



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**EFFECTO DEL PROCESO DE VINIFICACIÓN SOBRE LA
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, COMPUESTOS FENÓLICOS Y
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE VINO BLANCO Y
TINTOS MEXICANOS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:
GARCÍA PEÑA YATZIRI GUADALUPE**

**ASESORA:
M. C. SELENE PASCUAL BUSTAMANTE**

**COASESORA:
DRA. MA.ANDREA TREJO MÁRQUEZ**

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. MEX

2016



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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE**

**ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la: Trabajo de Tesis

Efecto del proceso de vinificación sobre la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y propiedades fisicoquímicas de vino blanco y tintos mexicanos.

Que presenta la pasante: **Yatziri Guadalupe García Peña**
Con número de cuenta: **308083376** para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de Noviembre de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
VOCAL	I. A. María Guadalupe López Franco	
SECRETARIO	M. en C. Selene Pascual Bustamante	
1er. SUPLENTE	M. en C. Leticia Zúñiga Gómez	
2do. SUPLENTE	M. en C. Enrique Fuentes Prado	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

IHM/cga*



AGRADECIMIENTOS

Se hace un profundo y sincero agradecimiento a la vinícola queretana “La Redonda” por proporcionar las muestras que hicieron posible la realización de esta tesis.





DEDICATORIAS

A Dios y a la Virgen por esta vida maravillosa.

A mis padres Rosy y Beto, por ser ejemplo de vida, valentía, valores, amor, perseverancia y éxito; sobre todo por haber formado una familia maravillosa e increíble.

Mami: Gracias por todo lo que soy ahora, por apoyarme en todo momento, por estar en casi todos mis desvelos de la escuela, por siempre estar pendiente de mí y darme tanto amor. No fuiste mi maestra en clase, pero he tenido a la mejor maestra de la vida, me has enseñado tanto.

Pá: Te agradezco por estar siempre presente, desde mi primer día de kínder hasta el primero en la Universidad, por hacer todo lo posible para que siempre este bien y feliz, por darme tanto sin a veces merecerlo y sobre todo gracias por siempre querer que tus hijos lleguen más y más alto.

A mi hermano (Holl), por ser mi paz y la persona más importante de mi vida, por esa alegría que me das a cada momento, por todas las pláticas que compartes conmigo y todas esas hermosas experiencias que hemos compartido, por ser un humano tan querido y por haberme dado calma en los momentos cuando tenía mucha tarea o mientras escribía mi tesis.

A Víctor, por estar en mi camino y compartir cada paso, por hacer este equilibrio que me hace tan feliz. Por seguir mis locuras y compartir mis sueños, por estar siempre ahí para darme un abrazo, siempre para darme ánimo. Amor, no sé qué hubiera sido la Universidad sin ti, sin duda fue de las mejores etapas de mi vida.

A la maestra Araceli Gaspar, por ser esa voz que a veces muchos necesitamos escuchar, por el tiempo que aquella ocasión me brindo y que sin duda fue fundamental para que esto tuviera un final feliz, además por ser una profesora excepcional, siempre comprometida con la enseñanza y el bienestar de sus alumnos.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haber sido mi segundo hogar desde el nivel medio superior y tener entre sus aulas a maestros con vocación y comprometidos con la enseñanza y el futuro del país.

A *La Redonda*, por permitir la realización de este estudio en su empresa y por despertar en mí la inquietud de aprender tanto como pudiera acerca de este procedimiento tan minucioso y perfecto que es la vinificación.

Al enólogo Augusto Caire, por su disponibilidad, profesionalismo y enseñanzas, sobre todo por los consejos que ayudaron a que este trabajo se llevara a cabo de la mejor manera.

A Selene Pascual y a la Dra. Andrea Trejo, por su asesoramiento en la realización de este trabajo, por todo el apoyo recibido desde que iniciamos el curso de postcosecha, así como por hacer que cada grupo que entra al taller forme lazos importantes de amistad y compañerismo.

A los sinodales: I.B.Q. Saturnino Maya, I.A. Guadalupe López, M. en C. Selene Pascual, M. en C. Leticia Zúñiga y M. en C. Enrique Fuentes, por su compromiso, responsabilidad y tiempo dedicado en la revisión del presente trabajo, así como de sus valiosas observaciones.

A la familia Ramírez Becerra: (A María), por ser una angelito que cuida de esta familia tan maravillosa. (A Argel, Sr. Francisco y Sra. Lety) por su hospitalidad, apoyo y por siempre recibirme con los brazos abiertos, gracias por esta bonita amistad que me han brindado.

A mis amigos de la P9 (Pedro de Alba): Pablito, Mez, Ale, Erika y Adri por ser mis mejores amigos, con los que he pasado momentos maravillosos, buenas experiencias, ratos de fiesta, de risas y hasta de lágrimas, y por siempre mantenernos unidos a pesar de la distancia.

A mis amigos de la Uni: Karen, Bolo, Brenda, Karen Ramírez, Jimena y Mariana por haber sido parte importante en este camino lleno de exámenes y retos, por siempre unirnos para que todos saliéramos adelante. ¡Juntos como hermanos!

A mis amigos postcosechos: Chucho, Carlitos, Erika, Chio, Sam y Walter, por haber hecho que la parte experimental pasara rápido, por crear ese ambiente tan agradable, como de hogar dentro del taller, y claro está que gracias por esa bonita amistad que formamos y esas experiencias tan divertidas que vivimos en los viajes realizados.

Al taller de postcosecha por haber sido como mi primer hogar durante 7 meses, por ser tan cálido y acogedor, y por a veces mandarnos ratitos de descanso.



Índice de contenido.

I. Índice de figuras	iii
II. Índice de tablas	v
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
1. ANTECEDENTES	5
1.1 Historia de la vid y el vino	5
1.2 Importancia económica	7
1.3 La uva y su transformación en vino	10
1.3.1 Clasificación botánica	10
1.3.2 Estructura del grano de uva	11
1.3.3 Variedades de uva utilizadas para vinificación	12
1.3.4 Principios básicos de vinificación	14
1.4 Proceso de vinificación	17
1.4.1 Proceso de vinificación en tinto	17
1.4.2 Proceso de vinificación en blanco	19
1.4.3 Descripción de las operaciones unitarias en el proceso de elaboración en tinto y en blanco.	21
1.5 Tipos de vino	22
1.6 La composición química de los vinos	24
1.7 Compuestos químicos y fisicoquímicos a estudiar y sus cambios durante el proceso de vinificación	31
1.7.1 Ácidos	31
1.7.2 Fenoles	35
1.8 Aporte nutritivo del vino y beneficios para la salud	40
1.9 Legislación	42
1.9.1 Norma Oficial Mexicana NOM- 142-SSA1-1995	43
1.9.2 Tratamientos enológicos	44
2. OBJETIVOS	45
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	46



3.1 Cuadro metodológico	46
3.2 Material de estudio	47
3.3 Muestreo durante el proceso de vinificación	47
3.4. Evaluación de parámetros físicoquímicos y químicos durante el proceso de elaboración de vinos tintos y blancos	50
3.5 Técnicas analíticas	51
3.5.1. Parámetros químicos	51
3.5.2 Capacidad antioxidante (Método ABTS).....	53
3.5.3 Parámetros físicoquímicos	54
3.6 Tratamiento estadístico.....	57
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1 Efecto de las diferentes etapas del proceso de vinificación en los parámetros químicos, físicoquímicos y capacidad antioxidante de un vino blanco joven a granel	59
4.1.1 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en el contenido de fenoles en un vino blanco joven a granel	59
4.1.2 Efecto del proceso de vinificación de un vino blanco joven sobre la capacidad antioxidante	61
4.1.3 Efecto del proceso de vinificación en un vino blanco joven sobre los parámetros físicoquímicos.....	63
4.2 Efecto de las diferentes etapas del proceso de vinificación en los parámetros químicos, físicoquímicos y capacidad antioxidante de dos vinos tintos jóvenes comercializados a granel.....	70
4.2.1 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en el contenido de fenoles en vinos tintos jóvenes comercializados a granel.....	70
4.2.2 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en el contenido de antocianos en vinos tintos jóvenes a granel.....	74
4.2.3 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en el contenido de taninos en vinos tintos jóvenes a granel	77
4.2.4 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en la capacidad antioxidante en vinos tintos jóvenes a granel.....	80
4.2.5 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en los parámetros físicoquímicos en vinos tintos jóvenes a granel.....	83
5. CONCLUSIONES	92



6. RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS	94

I. Índice de figuras

Figura 1. Escena de vendimia en el antiguo Egipto durante la Dinastía 18..	5
Figura 2. Mosaico romano donde se representa un lugar con tres personas pisando la uva, mientras que el mosto sale por unos conductos hasta los recipientes inferiores.	6
Figura 3. Principales países en la producción mundial de vino en el año 2012.	7
Figura 4. Porcentaje de consumidores mexicanos de alcohol de entre 20 y 65 años.....	8
Figura 5. Porcentaje de bodegas de vinificación productoras en México.	9
Figura 6. Estructura de uva madura.....	11
Figura 7. Fermentación alcohólica.	15
Figura 8. Fermentación maloláctica.	16
Figura 9. Diagrama de vinificación en tinto.	18
Figura 10. Diagrama de vinificación en blanco.....	20
Figura 11. Compuesto fenólico: Resveratrol, 3,5,4-trihidroxystilbene.....	27
Figura 12. Cambios sucesivos en el pH y en el nivel de ácido málico cuando la fermentación maloláctica tiene lugar.....	33
Figura 13. Casa vitivinícola La Redonda (A) y obtención de muestras (B).	47
Figura 14. Diagrama de proceso de vinificación en tinto y etapas de muestreo: fermentación trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración enfriamiento (FE).	48
Figura 15. Diagrama de proceso de vinificación en blanco y etapas de muestreo: fermentación trasiego (FT), clarificación (CI) y estabilización tartárica (ET).	49
Figura 16. Determinación de compuestos fenólicos. (A) Curva patrón con solución de ácido gálico y (B) Espectrofotómetro (Marca Thermopectronic).	51
Figura 17. Tubos de ensayo para la identificación de antocianos.	52
Figura 18. Evaluación de taninos en muestras de vinos.	53
Figura 19. Curva patrón a distintas concentraciones (0, 300, 240, 180, 120 y 60 mM) de una solución madre del antioxidante estándar Trolox (4Mm (1mg/1mL).	54
Figura 20 . Potenciometro utilizado para la medición del pH del vino.....	54



Figura 21. Medición del pH en las muestras de vino.....	55
Figura 22. Determinación de acidez fija, evaporación de la muestra (A) y titulación de la muestra (B).....	56
Figura 23. Destilación del vino para su posterior valoración con NaOH.....	57
Figura 24 . Contenido de fenoles totales en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco varietal.	60
Figura 25. Capacidad antioxidante en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco varietal.	62
Figura 26. Contenido de acidez total en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco varietal	65
Figura 27. Contenido de acidez fija en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco mezcla.....	66
Figura 28. Contenido de acidez volátil en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco varietal.....	68
Figura 29. pH obtenido en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica en vino blanco varietal.	69
Figura 30. Contenido de Fenoles Totales en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto varietal (A) y en vino tinto monovarietal Cabernet Sauvignon (B).....	71
Figura 31. Contenido de antocianos en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto varietal (A) y en vino tinto monovarietal Cabernet Sauvignon (B).....	75
Figura 32. Contenido de taninos en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto mezcla (A) y en vino tinto 100% Cabernet Sauvignon (B).	78
Figura 33. Capacidad antioxidante en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto mezcla (A) y en vino tinto 100% Cabernet Sauvignon (B).	81
Figura 34. Contenido de acidez total en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego, clarificación, estabilización tartárica y filtración-enfriamiento en vino tinto mezcla (A) y en vino tinto 100% Cabernet Sauvignon (B).	84



Figura 35. Contenido de acidez fija en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto mezcla (A) y en vino tinto 100% Cabernet Sauvignon (B).....	86
Figura 36. Contenido de acidez volátil en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto mezcla (A) y en vino tinto 100% Cabernet Sauvignon (B).....	87
Figura 37. pH obtenido en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto mezcla (A) y en vino tinto 100% Cabernet Sauvignon (B).....	89

II. Índice de tablas

Tabla 1. Composición del racimo de uva (Características, porcentaje (%) y propiedades)12	
Tabla 2. Características de las variedades de uvas tintas estudiadas.....	13
Tabla 3. Características de las variedades de uvas blancas estudiadas.....	14
Tabla 4. Descripción de las operaciones unitarias en el proceso de vinificación en tinto y en blanco.....	21
Tabla 5. Composición química del vino.....	24
Tabla 6. Contenido medio de vitaminas en vinos.....	25
Tabla 7. Ácidos orgánicos involucrados en la acidez del vino.....	26
Tabla 8. Clasificación de los fenoles según su estructura química.....	28
Tabla 9. Orígenes y evoluciones de los ácidos involucrados en la acidez de un vino durante el proceso de vinificación.....	32
Tabla 10. Médios directos e indirectos de acidificación.....	34
Tabla 11. Probabilidad de oxidación de polifenoles en mosto y vino en el proceso de vinificación.....	38
Tabla 12. Normas Oficiales Mexicanas que complementan la NOM-142-SSA1-1995.....	43
Tabla 13. Clarificantes, conservadores y antioxidantes permitidos por la NOM 142-SSA1-1995.....	44
Tabla 14. Análisis de varianza ANOVA para la vinificación de vinos tintos en la casa vitivinícola "La Redonda".....	58
Tabla 15. Análisis de varianza ANOVA para la vinificación de vino blanco en la casa vitivinícola "La Redonda".....	58



RESUMEN

La vinificación, es el proceso encargado de la transformación de las uvas en vino por el fenómeno químico biológico de la fermentación alcohólica (Izquierdo *et al.*, 2008). El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales y propiedades fisicoquímicas durante las diferentes etapas del proceso de dos vinos tintos, un vino monovarietal 100% Cabernet Sauvignon, un vino a partir de mezcla de uvas (Tempranillo, Sirah, Malbec y Merlot) y un vino blanco el cual se desarrolló a partir de mezclas de uvas (Sauvignon Blanc, Chenin Blanc, Chardonay y Moscatel), producidos en la casa vinícola de la Redonda en Querétaro y comercializados a granel. En el caso de la vinificación en tinto se estudiaron cuatro etapas: fermentación-trasiego, clarificación, estabilización tartárica por frío y finalmente filtración-enfriamiento. En la vinificación en blanco se estudiaron tres etapas: fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica por frío; las muestras se almacenaron a -20°C con una atmósfera de nitrógeno para su conservación.

El contenido de fenoles totales se realizó mediante el método de Folin Ciocalteu, la capacidad antioxidante se obtuvo con el método ABTS por espectrofotometría (Fogliano *et al.*, 1999), taninos (Hidalgo, 2010) y antocianinas (Bordeu & Scapa, 1998) se evaluarón por método espectrofotométrico y finalmente las propiedades fisicoquímicas (acidez total, acidez fija, acidez volátil y pH) se evaluaron conforme a las normas mexicanas (NMX-V-015-NORMEX-2006 y NMX-F-317-S-1978).

De acuerdo con los resultados obtenidos se observó que el tipo de vinificación empleado y el control de las variables en el proceso determinan que tanto porcentaje de fenoles y capacidad antioxidante se pierdan durante la vinificación; siendo significativo entre las etapas de fermentación-trasiego a clarificación obteniendo para el caso de vino blanco alrededor del 50%, seguido por el vino



tinto mezcla y finalmente el vino 100% Cabernet Sauvignon que también perdió más de la mitad de sus fenoles pero solo un cuarto de su capacidad antioxidante. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos se encontró que en el proceso de vinificación existen dos puntos importantes en la disminución de estos parámetros. En el vino blanco el primer y único punto está representado por la etapa que va de la fermentación trasiego a la clarificación, el cual provocó una disminución en la acidez total, acidez fija y acidez volátil, así como un aumento en el pH. En los vinos tintos el primer punto de efecto, también estuvo representado por la etapa que involucra la fermentación trasiego y la clarificación que tuvo como consecuencia la disminución de la acidez total, la acidez volátil y el aumento de su pH; el segundo punto lo representan las etapas que se encuentran entre la clarificación y la estabilización tartárica e influyó notablemente en la acidez fija de los vinos tintos. Siendo los vinos tintos los que presentaron mayor disminución en acidez y aumento de pH. Concluyendo que el proceso de vinificación afectó en mayor medida la cantidad de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y los parámetros fisicoquímicos y por ende la calidad del vino blanco mezcla, mientras que el vino que menos se vio afectado por la vinificación fue el vino 100% Cabernet Sauvignon.



INTRODUCCIÓN

El ser humano a través de los años ha aprendido a transformar los alimentos y bebidas para su conservación, lo que le ha permitido sobrevivir a través del tiempo, algunos de estos alimentos fueron encontrados de manera accidental, como fue el caso del vino, el cuál fue industrializado desde el año 4000 a 6000 a.C en Mesopotamia y tiempo después fue comercializado por todo el planeta convirtiéndose en una bebida primordial para el hombre, con un sentido social, cultural y/o religioso y con una gran importancia a la salud (Piqueras, 2014).

Actualmente, la industria mexicana vitivinícola está integrada por más de cien bodegas y productores de uva para vino con una inversión en campo que supera los 800 millones de pesos; ubicados en las diferentes zonas: Baja California, Coahuila, Querétaro, Zacatecas, Guanajuato y Aguascalientes (CMV, 2014). En particular Querétaro representa un elemento clave en la producción del vino mexicano, debido a que sus condiciones geográficas (altitud de 2000 msnm y temperatura de 25-18°C) permiten a los productores obtener cosechas sanas y eficientes, por lo que al año, este estado registra una producción total de aproximadamente 29.9 millones de pesos (CMV, 2014 & Forbes, 2014). Sin embargo esta zona se caracteriza por ser una región donde se obtiene una acidez total elevada (Flores *et al.*, 2005).

Se sabe que la aceptación por parte del consumidor, se basa en el color, sabor y cuerpo de un vino (Girotti *et al.*, 2006); sin embargo, la importancia de su consumo se basa también en sus aportes benéficos al organismo, investigaciones científicas comprueban que tomar una copa de vino tinto al día disminuye los niveles de colesterol, mejora la circulación y previene la aparición de algunos tipos de cáncer (Zoecklein *et al.*, 2001), debido a que el vino es rico en antioxidantes, especialmente en compuestos polifenólicos; la importancia de estos compuestos recae en los flavonoides, principalmente antocianinas y taninos condensados



(Yang *et al.*, 2001; Issuree *et al.*, 2009). Sin embargo, a pesar de que estos compuestos se encuentran ausentes en el vino blanco, estudios recientes sugieren que el vino blanco también puede proteger de las enfermedades cardiovasculares de manera similar al vino tinto. Más específicamente se ha informado que los vinos blancos tienen la capacidad de inhibir *in vitro* la agregación plaquetaria y disminuir la formación de peróxido, mientras los estudios clínicos indican que este tipo de vinos tiene un efecto cardioprotector (Cordova *et al.*, 2005; Rajdl *et al.*, 2007 & Xanthopoulou *et al.*, 2010).

No obstante, ciertas operaciones tecnológicas como los diferentes tratamientos de clarificación y fermentación, u operaciones que implican la exposición al oxígeno como la filtración, centrifugación, descube, trasiego, bombeo, etc. permiten una disminución en el contenido de polifenoles (Sims *et al.*, 1995; Castellari *et al.*, 1998; Vidal *et al.*, 2001).

Por lo anterior, existen pocos estudios científicos sobre la variación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos durante la elaboración de vino, además no se ha realizado un estudio exhaustivo para evaluar el efecto del proceso de vinificación en la acidez del vino en esta región central del país, por lo que el objetivo de este proyecto fue evaluar los cambios de estos parámetros durante las diferentes etapas del proceso de vinificación de vinos tintos y blancos jóvenes producidos por la casa la Redonda en Querétaro, obteniendo con este estudio información que permitiría documentar el efecto del proceso sobre estos parámetros químicos y fisicoquímicos.



1. ANTECEDENTES

1.1 Historia de la vid y el vino

La vid ya existía en el mundo cuando el hombre hace su aparición. En su evolución, sin duda los granos de uva fueron tomados como alimento fresco, más adelante de manera accidental, se descubre una nueva y agradable bebida que apaga la sed, a la vez que reconforta y euforiza: el vino (Hidalgo, 2003).

El actual reparto de la *Vitis* en el mundo, se explica mediante la teoría Wegener, que surge de la creación de los continentes a partir de uno (Pangea) hace 250 millones de años, donde la formación de cordilleras pudieron impedir o propiciar la traslación de las vides, explicando así, la existencia de *Vitis vinifera* y el resto de los géneros vitáceos en los continentes de Asia y América (Hidalgo, 2003).



Figura 1. Escena de vendimia en el antiguo Egipto durante la Dinastía 18. Tumba de Nakht en Tebas. 1300 a.C. Fuente: Piqueras, 2014.

La más antigua manifestación de la existencia de la vid, se remonta a la edad de los restos fósiles de hojas y semillas del periodo terciario (Reyes *et al.*, 1992). Los primeros testimonios del cultivo de la vid son de hace más de 7000 años a.C., siendo la cuenca del mar Mediterráneo y sur de los mares Caspio y Negro la cuna de esta bebida; es en la zona del Cáucaso y Asia Menor donde se inicia la civilización del viñedo y la producción del vino,

tal y como la conocemos hasta hoy (Figura 1). Sin embargo, fueron los fenicios y más tarde los egeos quienes extendieron el cultivo de la viña y el vino por todo el Mediterráneo (Álvarez, 1991; Hidalgo, 2003).



Figura 2. Mosaico romano donde se representa un lugar con tres personas pisando la uva, mientras que el mosto sale por unos conductos hasta los recipientes inferiores. Museo Nacional de Arte Romano de Mérida.

Fuente: Piqueras, 2014.

Existen diversos indicios de actividad vitícola, como los grabados descubiertos en Mesopotamia (Figura 2), en los que se muestran “industrias” de vino a escala completa (4000 a 6000 años a. C.); o como las vasijas halladas en Grecia, que se empleaban para transportar el vino a lugares donde no existía el cultivo de la vid. Fue con la dominación romana, que el comercio del vino se

extendió por Europa, Asia, África y el lejano oriente (Reyes *et al.*, 1992). Posteriormente en la Edad Media, el cultivo del viñedo y la elaboración del vino estuvieron más asociados a rituales religiosos y fue hasta finales del siglo XVIII, donde la elaboración del vino tomo fines de comercialización, llevando a cabo el

almacenamiento de vinos embotellados con el propósito de añejarlos, siendo en Burdeos (Francia) donde se inicia su evaluación. Tiempo después el uso del vidrio y el corcho para la conservación de esta bebida alcohólica al final del siglo XVII, fue muy importante (Reyes *et al.*, 1992).

Más tarde el control científico o metodológico de los vinos se inició con los estudios de Pasteur, sobre los tipos de alteraciones que sufren los vinos, los primeros estudios microbiológicos sobre la fermentación de los vinos y sobre el efecto del calor en los procesos de añejamiento (Reyes *et al.*, 1992).

Finalmente, el desarrollo de la vid no podría limitarse a Europa, por lo que España se convierte en cuna y origen de la vitivinicultura americana, con dos focos principales de penetración por Nueva España (México) en el año 1522 y por el Perú en 1547 o 1548 (Hidalgo, 2003). Se cree que el primer vino fue traído por



Juan de Grijalva en mayo de 1518, posteriormente fue el conquistador Hernán Cortés el que estuvo ligado con las primeras prácticas vitivinícolas. Finalmente en 1939 se inicia la ruta ascendente del cultivo, propiciando el surgimiento de la industria vitivinícola en nuevas regiones como: Baja California, Sonora, Querétaro y otras de menor importancia (Reyes *et al.*, 1992). Y es así como hoy día el consumo del vino de mesa está en cada rincón del mundo y se ha vuelto una tradición civilizada y una delicia que todos podemos disfrutar.

1.2 Importancia económica

De acuerdo a datos de la OIV (2013) la producción de vino en el mundo en el periodo de 2000-2012 ha estado liderada por Francia, Italia, España y EUA (Figura 3). Teniendo Francia una producción aproximada de 42 millones de hectolitros (mhl) situándose a la cabeza de esta clasificación mundial, por delante de Italia y España, cuyas producciones estimadas ascienden a 30.5 y 40 millones de hectolitros respectivamente. Considerando la producción mundial de vino de 252 millones de hectolitros (mhl), Francia, Italia y España representan el 44% de la producción mundial.

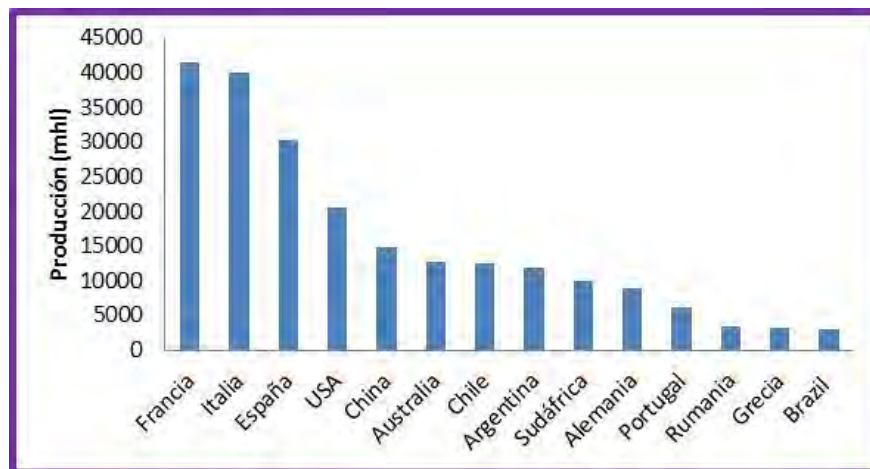


Figura 3. Principales países en la producción mundial de vino en el año 2012.

Fuente: OIV (2013).



Por otro lado, México ocupó el lugar 25 de 68 países productores de vino con una producción de 10.1 millones de litros, lo cual representó 0.38% del total registrado por la FAO en el año 2002 (Salomón, 2004).

Por lo tanto, la demanda de vino en nuestro país ha venido creciendo a ritmos del 12% anual durante la última década, sin embargo, el crecimiento está sustentado por el mercado de vinos importados (CMV, 2014). Según la Secretaría de Economía (2013) el panorama actual del mercado de vino mexicano se caracteriza por la existencia de una intensa competencia, solo el 30% de vino que se consume en nuestro país es mexicano. Las importaciones mexicanas proceden, sobre todo, de España, Chile y Francia, mientras que los vinos nacionales han tenido un desarrollo menor. Además de que el mercado sigue teniendo una base de consumo muy marginal equivalente a un poco más de medio litro per cápita anual, es decir, que solo el 17% de la población mexicana consume vino (CMV, 2014), como puede verse reflejado en la Figura 4.

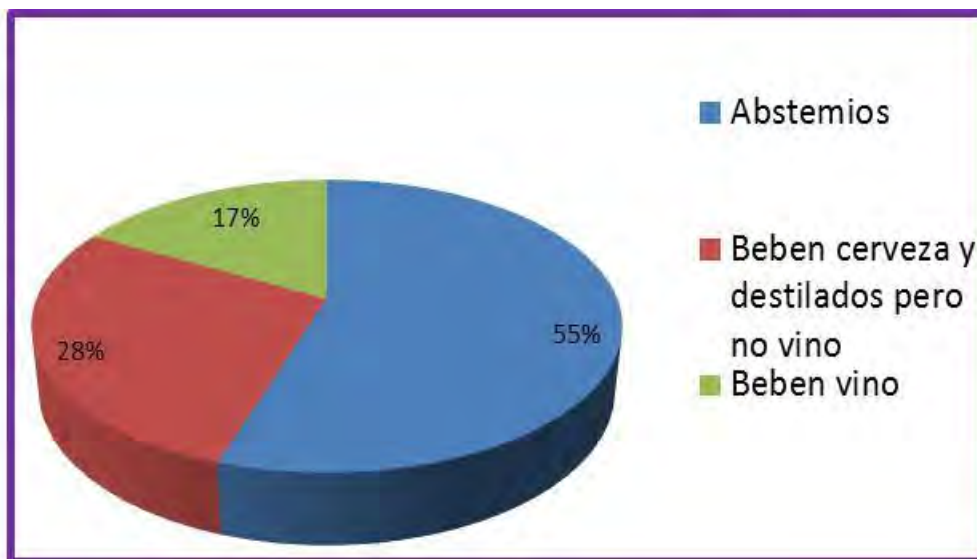


Figura 4. Porcentaje de consumidores mexicanos de alcohol de entre 20 y 65 años.

Fuente: Consejo Mexicano Vitivinícola (2014).



Actualmente, la industria mexicana representa 3076 hectáreas en producción y está integrada por más de cien bodegas y productores de uva para vino, ubicados en las diferentes zonas vitivinícolas: Casi el 80% de ellas en Baja California, y el resto en Coahuila, Querétaro, Zacatecas, Guanajuato y Aguascalientes, como se puede mostrar en la Figura 5. En su conjunto, ofrecen más de 350 etiquetas de vino (CMV, 2014).

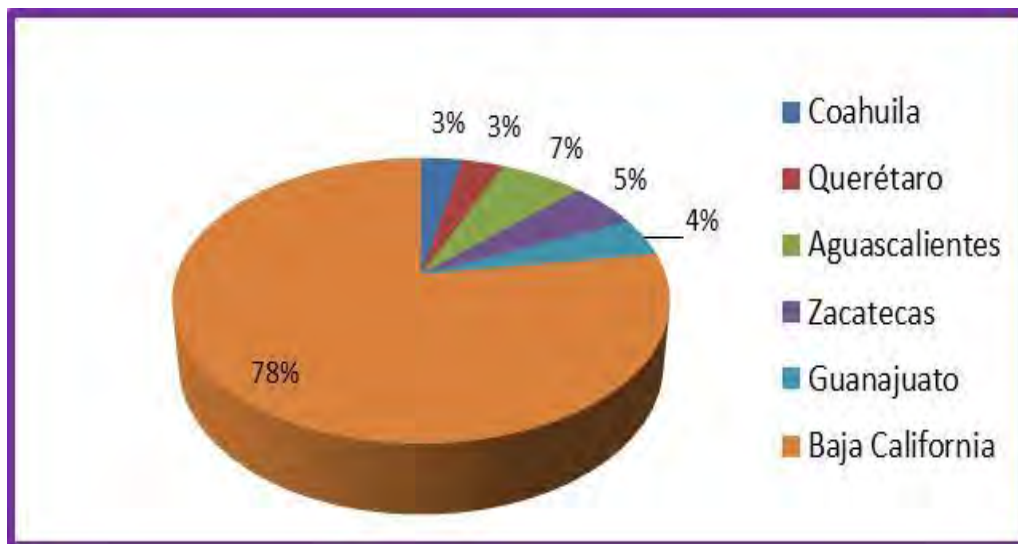


Figura 5. Porcentaje de bodegas de vinificación productoras en México.

Fuente: Consejo Mexicano Virivinícola (2014).

Fue en el Estado de Querétaro, situado en la zona centro del país, donde se llevó a cabo la presente investigación, en este lugar se distinguen al menos dos regiones vitícolas, una de ellas correspondiente al Valle de San Juan del Río, cuyo clima es semiseco templado y donde predominan los suelos planos, profundos con tendencia arenarcillosa; y la otra región está situada dentro de los municipios de Tequisquiapan y Ezequiel Montes, donde se ubica la casa vitivinícola “La Redonda”, aquí existen mayores condiciones de aridez, con suelos en pendientes y más calcáreos (De la Cruz *et al.*, 2012)



Querétaro representa un elemento clave en la producción del vino mexicano, debido a que sus condiciones geográficas (altitud de 2000 msnm y temperatura de 25-18°C) les permiten a los productores obtener cosechas sanas y eficientes. En este estado se cosechan 216.5 hectáreas de uvas, las cuales se concentran en los municipios de El Marqués, Ezequiel Montes, San Juan del Río y Tequisquiapan. Al año, Querétaro registra una producción total de 2,090 toneladas de vino, que suman aproximadamente 29.9 millones de pesos (CMV, 2014; Forbes, 2014).

1.3 La uva y su transformación en vino

1.3.1 Clasificación botánica

La vid puede ser muy bien descrita como una planta trepadora, vivaz, de tronco retorcido, de hojas grandes divididas en cinco lóbulos algo profundos. Esta planta puede llegar a vivir hasta 100 años siendo productiva (Álvarez, 1991).

Botánicamente la vid, pertenece a la familia de las *Vitaceas*, siendo las plantas de esta familia las lianas y arbustos de tronco herbáceo y a veces con cepa tuberosa. Dentro de los catorce géneros que componen esta familia, se encuentra el género *vitis* originario de las zonas templadas del hemisferio norte; este género, investigadores lo dividen en dos subgéneros: *Muscadinia* y *Euvitis*. La primera no tiene importancia enológica (Álvarez, 1991; Reynier, 1989).

Por su parte el subgénero *Muscadinia* comprende tres especies, localizadas en el sureste de los Estados Unidos y en México y el *Euvitis* comprende más de 30 especies que se distribuyen en tres grupos según su origen. Obteniendo así el grupo de América del Norte con unas veinte especies, las cuales no son muy aptas para la producción de uva, a excepción de *V. labrusca*, el grupo asiático con veinte especies, de poca o ninguna utilidad directa para el cultivo, y el europeo, con una única especie, la vinífera, de cuyos frutos de una excelente calidad se obtienen el vino (López, 2005; Reynier, 1989; Sánchez, 2013).



1.3.2 Estructura del grano de uva

Las uvas contienen todo lo que es básicamente necesario para elaborar vino: la pulpa, que es rica en azúcares (glucosa o dextrosa y la d-fructosa o levulosa) y las levaduras, que están en los hollejos (Bryce, 2000; Grainger & Tattersall, 2005).

Si efectuamos un corte transversal en una uva, como se muestra en la Figura 6 observaremos tres zonas: la correspondiente al hollejo (cáscara); la pulpa, que puede tener color o no, y por último las semillas. El hollejo está formado por el epicarpio; la pulpa por el mesocarpio y el endocarpio, este último está recubriendo las semillas o pepitas (Reyes *et al.*, 1992).

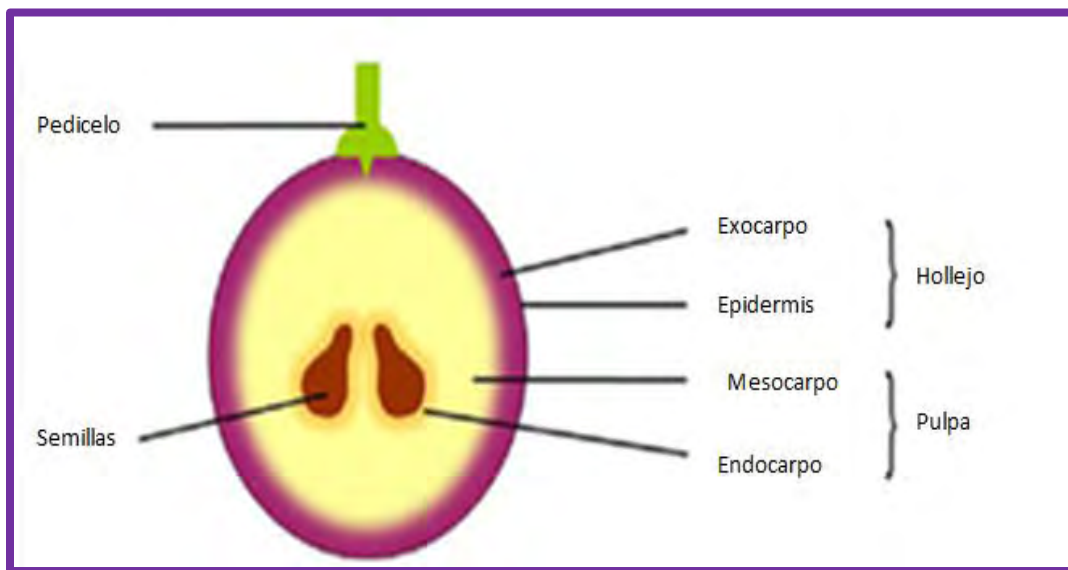





Figura 6. Estructura de uva madura.

Fuente: Conde (2007).

En la Tabla 1 se menciona la composición del racimo de uva, se indican las partes más importantes que lo conforman y que son utilizadas para el proceso de vinificación, así como su descripción y porcentaje.



Tabla 1. Composición del racimo de uva (Características, porcentaje (%) y propiedades).

Parte	Características	%	Propiedades
Raspón o escobajo 	Alimenta y sostiene los granos o frutos.	3-6%	Es rico en compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y taninos que pueden aportar un carácter amargo al vino.
Pulpa 	La pulpa contiene agua, azúcares, ácidos, proteínas y minerales.	83-91%	Los ácidos más abundantes son, el tartárico que durante la maduración se convierte en el ácido principal. También se encuentran otros ácidos como el acético y cítrico pero en pequeñas cantidades.
Hollejo 	Formado por seis a ocho capas de células.	7-12%	Se encuentran polifenoles, como los antocianos (uvas tintas) y flavonas (uvas blancas) que aportan el color a la baya y otros como los taninos.
Semillas o pepitas 	Las uvas generalmente tienen cuatro semillas, originadas en los óvulos.	0-6%	Son ricas en sustancias astringentes y ácidos grasos, que si llegan a escapar de su envoltura alteran desfavorablemente al sabor de los vinos.

Fuente: Flanzy (2003); Gtainger & Tattersall (2005); Reyes *et al.* (1992).






La vendimia de uvas sanas y maduras es considerado como el resultado final de un ciclo anual vitícola satisfactorio, que dará paso al comienzo del trabajo en bodega (Grainger & Tattersall, 2005).

1.3.3 Variedades de uva utilizadas para vinificación

Además existen numerosas variedades de uva, *Vitis vinifera* tiene actualmente alrededor de cuatro mil variedades distintas, las cuales serán utilizadas de acuerdo al tipo de vino que se desee obtener, pues cada una tiene un aspecto y sabor distintos (Grainger & Tattersall, 2005). En la Tabla 2 y 3 se describen las características de uvas empleadas en la elaboración de vino.







Tabla 2. Características de las variedades de uvas tintas estudiadas.

Variedad	Características del cultivo	Características proporcionadas al vino
<p>Cabernet Sauvignon</p> 	<p>Burdeos, Francia, se considera su hogar, tiene brote muy vellosos. Posee hojas jóvenes, vellosas, abultadas. Los racimos son pequeños y cónicos, tiene bayas esféricas, pequeñas, negras y duras. La pulpa es firme y crujiente con un sabor astringente.</p>	<p>Proporciona vinos aptos para la crianza, con un intenso sabor y penetrante aroma a violetas, bayas y pimienta verde, evolucionando a matices especiados, hongos y animales. Cuenta posiblemente con la mayor estructura fenólica de las variedades tintas existentes.</p>
<p>Malbec</p> 	<p>Esta variedad de uva presenta taninos suaves unidos a una acidez aceptable. Posee un racimo mediano, a menudo bastante suelto.</p>	<p>Produce vinos de gran intensidad aromática y frescor de frutas rojas.</p>
<p>Merlot</p> 	<p>Originaria de Bourdeos, posee hojas de color verde oscuro, un racimo cónico alargado. Las bayas son esféricas, pequeñas o medianas, de color azul negruzco.</p>	<p>Da vinos con un aroma a violeta y bayas rojas, evolucionando hacia tonos de hongos y animales. Se utilizan a menudo como vino de mezcla.</p>
<p>Sirah</p> 	<p>Variedad mediterránea, es de alta calidad y se adapta a zonas cálidas. Tiene un racimo compacto, mediano y cilíndrico. Las bayas son pequeñas, ovoides y color azulado, la piel es medianamente espesa.</p>	<p>Proporciona vinos oscuros y muy robustos con aromas a grosella negra, violeta y ahumados, dotados de una riqueza en taninos, cuando son jóvenes, y ricos cuando se han desarrollado.</p>
<p>Tempranillo</p> 	<p>Variedad española de mayor calidad y fama. El nombre Tempranillo procede de su maduración temprana. Produce unos vinos tintos de importante carga polifenólica cuando está bien cultivada.</p>	<p>Genera un inconfundible aroma a frutos negros y a regaliz. El sabor es muy afrutado, de carácter neutro y con rasgos de mora. De color rojo violáceo cuando es joven y rojo rubí cuando madura.</p>

Fuente: Álvarez (1991); Arozarena (1998); Aguilar & Gris (2012); Hidalgo (2003); Nieto (2010); Sánchez (2013).



Tabla 3. Características de las variedades de uvas blancas estudiadas.

Variedad	Características del cultivo	Características proporcionadas al vino
<p>Chardonnay</p> 	<p>Originaria de Borgoña y Champaña, considerada como una de las variedades blancas de mayor calidad, con excelente evolución en botella. El grano es pequeño, redondo y adquiere un tono miel cuando madura. De sabor dulce y fresco y aroma poco penetrante.</p>	<p>Los vinos jóvenes presentan aromas a flores blancas, mantequilla fresca y miel, evolucionando hacia matices tostados, confitados y de nuez. Su color es dorado verdoso intenso, y con gran equilibrio en boca y sensaciones grasas.</p>
<p>Chenin Blanc</p> 	<p>Antigua variedad francesa, posee hojas de color verde grisáceo, racimos de tamaño mediano y compacto, bayas medianas de piel gruesa y doradas.</p>	<p>Produce vinos secos, afrutados y vinos intensos con aromas a membrillo, evolucionando hacia tonos tostados y canela.</p>
<p>Moscatel</p> 	<p>Variedad de maduración media. De destino preferente como uva de mesa. Los granos son grandes, lisos, redondos y la piel es de color blanco. Con un característico aroma y sabor dulce.</p>	<p>Apta para la elaboración de vinos dulces, con tonos que van desde el amarillo dorado hasta el azabache, con aromas a pétalos de rosa, azahar, geranio, vainilla y uvas pasas.</p>
<p>Sauvignon Blanc</p> 	<p>Variedad blanca originaria de Francia. Es una planta con brotación temprana y resistente al frío. Posee racimos pequeños o medianos y de forma cilíndrica, con bayas de tamaño mediano, forma ovalada y se pueden encontrar bayas verdes o de color amarillo-dorado.</p>	<p>Produce vinos elegantes, secos y ácidos, de un aroma intenso y peculiar a cassis, pomelo, pedernal, y sobre todo a boj <orina de gato> inconfundibles.</p>

Fuente: Álvarez (1991); Arozarena (1998); Aguilar & Gris (2012); Hidalgo (2003); Nieto (2010); Sánchez (2013).

1.3.4 Principios básicos de vinificación

Después de seleccionar las variedades de uvas a utilizar se lleva a cabo una viticultura de calidad, que involucra la maduración fisiológica de la uva, como contenido de azúcar, acidez, taninos y compuestos que forman el aroma y el



gusto, las uvas son recolectadas y llevadas a la bodega para iniciar la vinificación, que es el proceso encargado de la transformación de las uvas en vino por el fenómeno químico biológico de la fermentación alcohólica. Existiendo dos tipos de vinificación, la de los vinos de mesa (blanco, tinto y rosado) y las vinificaciones especiales (vinos generosos, espumosos, etc.) (Izquierdo *et al.*, 2008). En la actualidad, diversos autores (NMX-V-012-NORMEX, 1986; Reyes *et al.*, 1992; OIV, 2012) coinciden en definir al vino como el líquido resultante, exclusivamente de la fermentación alcohólica total o parcial del jugo de uvas o mosto, en contacto o no con sus orujos.

Este líquido resultante surge debido a que en la fermentación alcohólica (Figura 7) los azúcares presentes en la pulpa de la uva (glucosa y fructosa) con ayuda de las enzimas de las levaduras transforman los azúcares en alcohol (etanol), con gran desprendimiento de dióxido de carbono (CO_2) y además se libera calor (Izquierdo *et al.*, 2008; Reyes *et al.*, 1992).

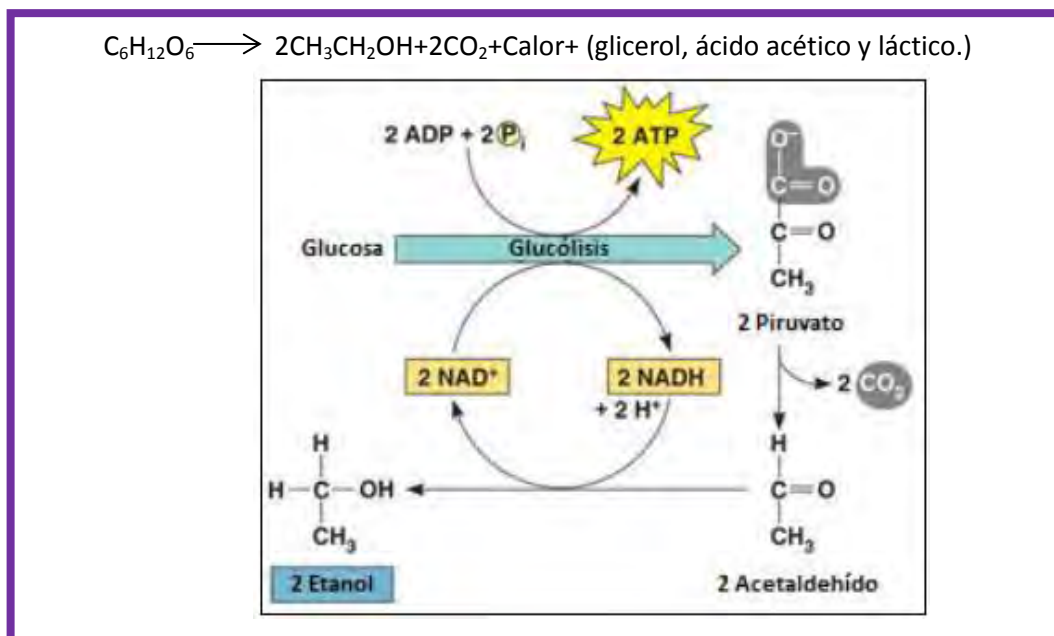


Figura 7. Fermentación alcohólica.

Fuente: Michaud, (1990), Grainger & Tattersall, (2005).



Seguida de esta fermentación se encuentra la fermentación maloláctica (Figura 8), también llamada segunda fermentación, la cual se llevará a cabo al finalizar la fermentación alcohólica, y es producida por bacterias lácticas, principalmente (*Lactobacillus*, *Pediococcus* y *Leuconostoc*), que disminuyen la acidez excesiva de los vinos, mejorando además su sabor y estabilidad microbiológica. Esta fermentación puede ser inducida por calentamiento de depósitos o inoculando con cepas bacterianas lácticas e inhibida al mantener al vino frío o adicionando anhídrido sulfuroso (Izquierdo *et al.*, 2008).

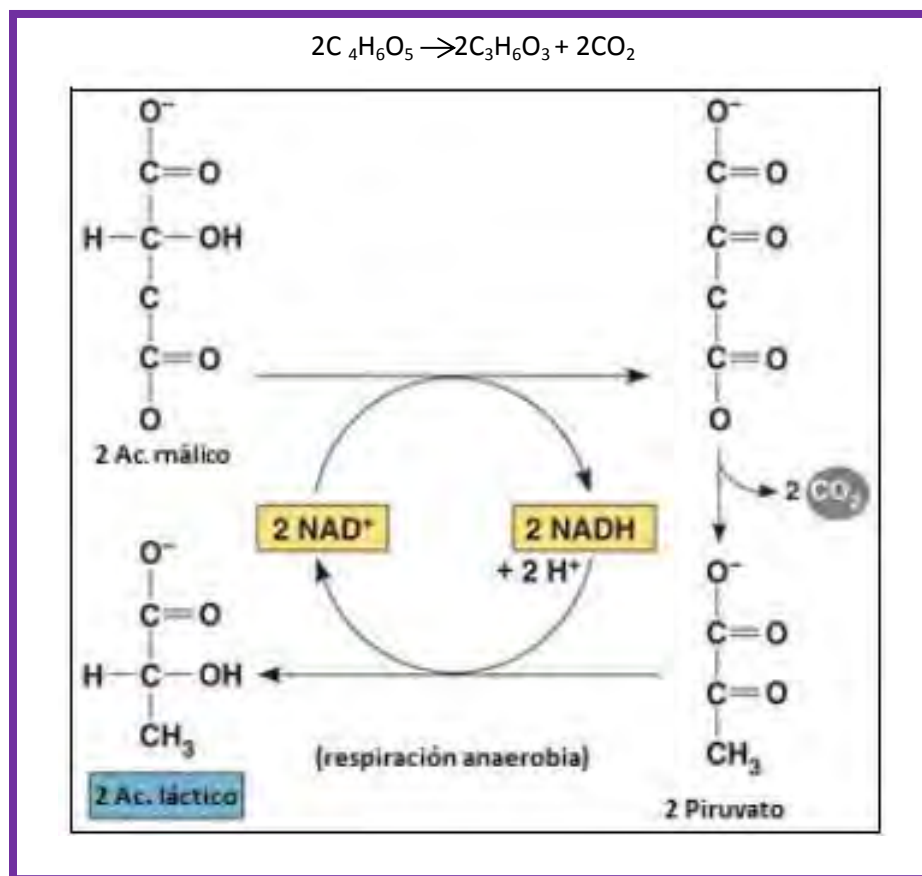


Figura 8. Fermentación maloláctica.

Fuente: Michaud (1990).



1.4 Proceso de vinificación

A continuación se describe en que consisten los dos tipos de vinificación antes mencionadas (blanco y tinto) y sus principales características.

1.4.1 Proceso de vinificación en tinto

La vinificación en tinto es un arte en comparación con la vinificación en blanco en donde los resultados son más predecibles. La razón de esto es que la composición y calidad del vino tinto depende de un mayor número de variables en el proceso de vinificación, tales como el tiempo y temperatura de contacto del mosto con los hollejos durante la fermentación, diversos métodos de extracción del color, la duración y tipo de envejecimiento en barrica del vino (Bryce, 2000).

Existen dos características fundamentales que diferencian una vinificación en tinto de una vinificación en blanco, la primera es que el tinto es un vino de maceración, es decir, que la fermentación alcohólica del mosto debe estar acompañada de la disolución de los orujos, donde éstos (especialmente los hollejos) aportan al vino tinto, los pigmentos responsables del color y los elementos aromáticos que le confieren sus características propias. Y la segunda característica es la fermentación maloláctica, que es un factor indispensable para obtener la estabilidad biológica de los vinos tintos, porque el ácido málico es el constituyente más fácil de descomponer por las bacterias (Aleixandre, 1996).

Particularmente, en México se producen vinos tintos de mesa varietales, entre los de mayor consumo se encuentran: Cabernet Sauvignon, Pinot Noir, Ruby Cabernet y Merlot (Reyes *et al.*, 1992).

En la Figura 9, se encuentra el diagrama de proceso de vinificación en tinto, en donde se pueden observar las operaciones unitarias.

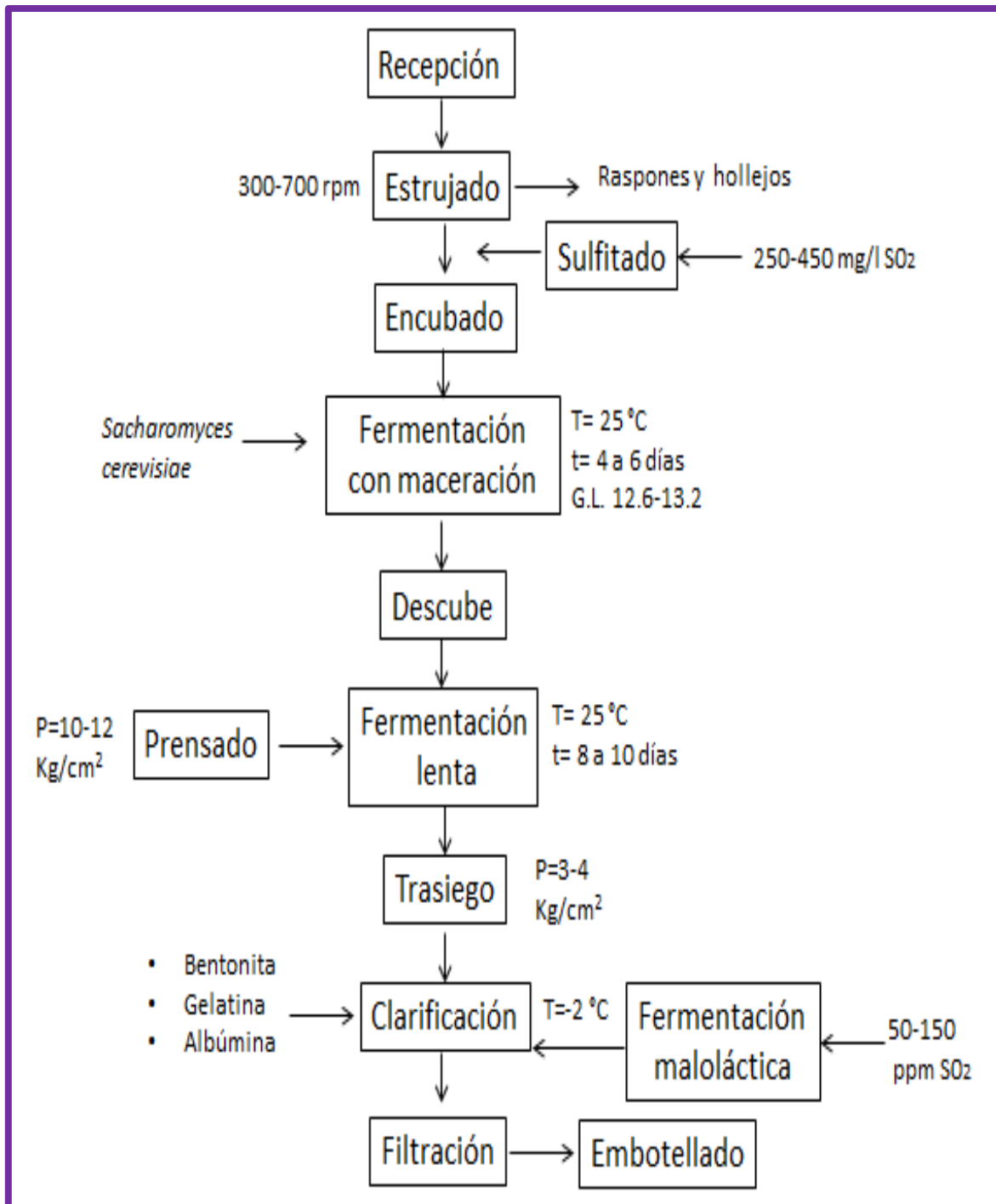


Figura 9. Diagrama de vinificación en tinto.

Fuente: Elaborado a partir de Reyes *et al.* (1992).



1.4.2 Proceso de vinificación en blanco

Sin embargo, la vinificación en blanco no es menos importante y se considera un proceso que requiere de tecnología más refinada, pues la enología de los blancos, expresándola con una frase un poco arriesgada, es la inversa de los tintos (Casp & González, 1998). Pues, los tintos soportan una persistencia moderada de un nivel oxidante en varias fases de su preparación, se obtienen por maceración más o menos intensa, son provechosamente más o menos envejecibles, están con frecuencia dotados de mucho cuerpo y apreciados por su color. Los blancos en cambio exigen condiciones del todo opuestas: requieren un ambiente absolutamente reductor, exigen ser preparados en ausencia de maceración con los orujos, no son racionalmente conservables en botas de madera, por lo regular no mejoran organolépticamente por una conservación más allá del primer año, son ligeros de cuerpo y de color tenue (Casp & González, 1998).

En la Figura 10 se encuentra el diagrama de proceso de elaboración de vino tinto, en donde se podrán observar las operaciones unitarias.

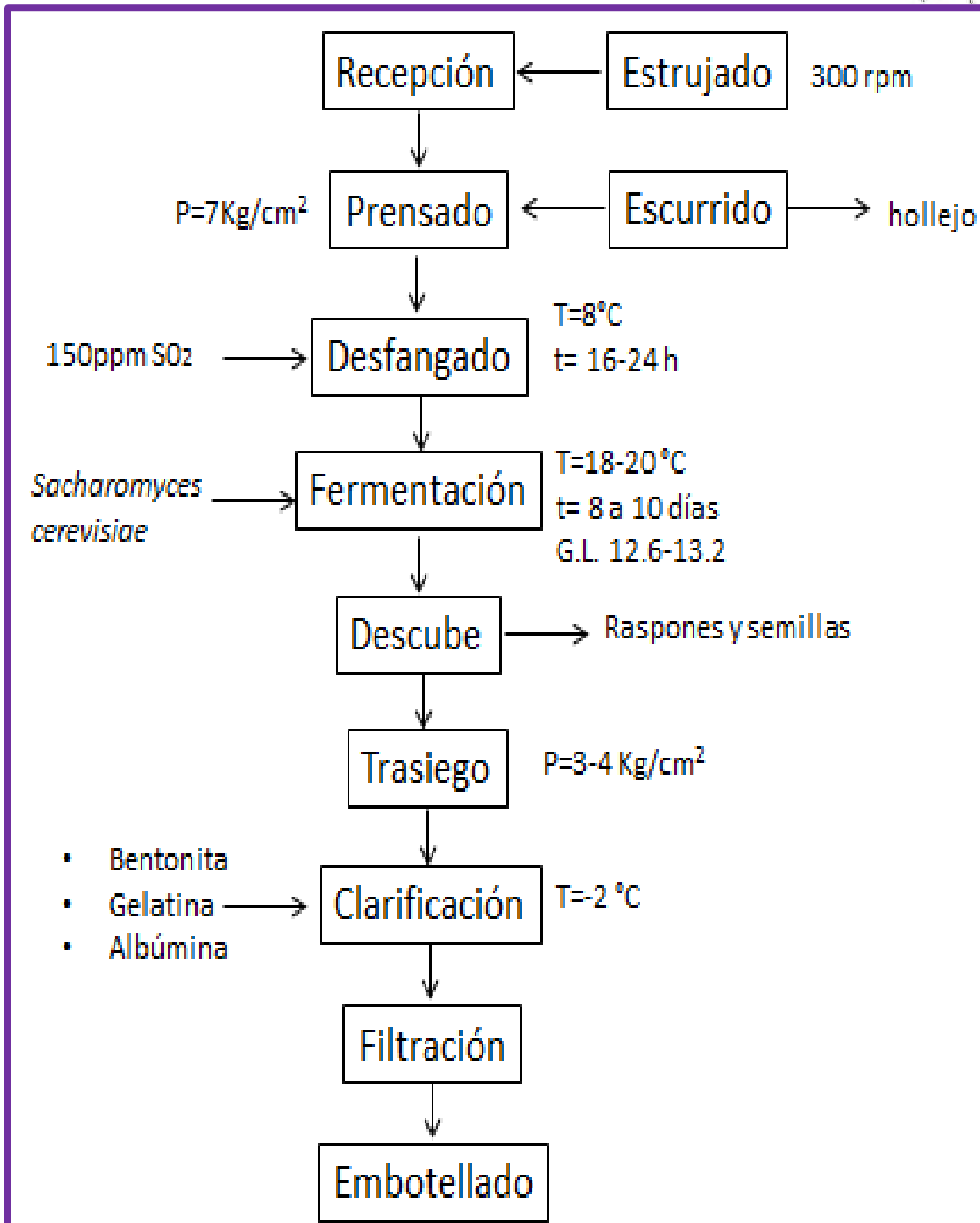


Figura 10. Diagrama de vinificación en blanco

Fuente: Elaborado a partir de Reyes *et al.* (1992).



1.4.3 Descripción de las operaciones unitarias en el proceso de elaboración en tinto y en blanco.

Como se puede notar, la situación de los vinos blancos es radicalmente distinta en ciertas partes del proceso respecto a los vinos tintos, debido a que ciertas operaciones no se realizan para ambos vinos, por ende se presenta a continuación, la importancia de cada una de las operaciones unitarias, resaltándose cuando están ausentes en determinado tipo de vino.

Tabla 4. Descripción de las operaciones unitarias en el proceso de vinificación en tinto y en blanco.







Operación unitaria	Proceso de vinificación	
	BLANCO	TINTO
Vendimia	Consiste en cosechar las uvas; para conocer el momento oportuno de la cosecha se utilizan los índices de madurez (azúcar/acidez o glucosa/fructosa).	
Recepción	Es la primera operación, dónde se llevan a cabo: el control de la variedad y sanidad, la entrada y la descarga, el transporte hacia las tolvas de dosificación y el pesado de la cosecha.	
Estrujado	Es reventar las bayas de la uva para permitir la salida del jugo.	
Ecurrido	Tiene por objeto separar el mosto del hollejo triturado para evitar su maceración.	 * En vinos tintos no se realiza el escurrido
Prensado	Consiste en extraer el mosto que está en las uvas y el mosto residual de las uvas molidas.	 * En vinos tintos no se realiza el prensado
Encubado	Es introducir el mosto en las cubas en donde se va a llevar a cabo la fermentación.	Es introducir el mosto en los recipientes o cubas en donde se van a llevar a cabo los procesos de sulfitado, maceración y fermentación, etc.
Sulfitado	 *En vinos blancos se realiza el desfangado.	Es la adición de anhídrido sulfuroso al vino, haciendo más resistente al mosto a las oxidaciones.
Desfangado	Consiste en clarificar el mosto, utilizando sulfuroso, para separar las partículas en suspensión.	 *En vinos tintos no se realiza esta operación.



Tabla 4. Descripción de las operaciones unitarias en el proceso de elaboración en tinto y en blanco (Continuación).

Operación Unitaria	Proceso de vinificación	
Fermentación con maceración	 *En vinos blancos, no es necesaria.	Consiste en la permanencia más o menos prolongada del mosto, en contacto con las partes sólidas del grano de la uva.
Fermentación lenta	Se da el acabado al vino, se agotan los azúcares hasta dejar el vino seco, si así se desea.	
Trasiego	Es el proceso de pasar el mosto o vino de un depósito a otro, eliminando cualquier sedimento.	
Descube	Es la separación del vino recién formado de las partes sólidas constituidas por partes de raspones y semillas.	
Fermentación Maloláctica	 *En vinos blancos, por lo general no ocurre, sin embargo, se puede presentar cuando el vino tiene una acidez elevada.	Se le conoce como la transformación causada por cepas de bacterias del género <i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i> y <i>Pediococcus</i> , donde el ácido málico se transforma en ácido láctico y dióxido de Carbono.
Clarificación	Es el proceso donde se eliminan los compuestos que le impiden tener limpidez al vino, se realiza mediante la adición de clarificantes como la albumina de huevo, el agar-agar, o bentonita.	
Estabilización Tartárica en frío.	Consiste en enfriar el vino a una temperatura cercana a su punto de congelación y almacenarlo comúnmente por una semana, con el propósito de reducir la solubilidad de las sales de tartrato, forzando así su separación.	
Filtración	Es una técnica general de clarificación que consiste en la separación de las sustancias sólidas en suspensión.	
Embotellado	Para que un vino esté a punto de ser embotellado debe ser resistente al aire y estable química y biológicamente de modo que no presente enturbiamientos, decoloraciones o fermentaciones.	

Fuente; Bryce, (1995); Aleixandre, (1996); Grainger & Tattersall, (2005); Reyes *et al.*, (1992); Ibeas, *et al.*, (2015).

1.5 Tipos de vino

Una vez obtenido el vino, se puede clasificar de acuerdo a las numerosas clases que se basan en el color, aroma, cuerpo, graduación alcohólica, etc (Aleixandre, 1996). En México los vinos se clasifican de acuerdo a la NMX-V-012-NORMEX-1986, dicha clasificación de vinos se describe en seguida



❖ . **Vino de marca**

Los vinos de marca son aquellos en que los propietarios no destacan en la etiqueta, ni el origen de vino ni la o las variedades de la uva empleada, sino únicamente la marca.

❖ **Vino varietal**

Estos vinos contienen el 100% de una variedad de uva.

❖ **Vino de origen**

Son los vinos que se caracterizan por darle importancia a la región en donde fueron producidas las uvas, de las que contendrá el 100 %, a su vez se pueden clasificar en tres tipos:

- Tipo I Vino blanco: Es el producto de la vinificación de los mostos de uvas blancas o de mostos blancos de uvas tintas evitando su maceración.
- Tipo II Vino tinto: Es el producto de la vinificación de los mostos o de uvas tintas, con maceración más o menos prolongada de sus orujos, o de la vinificación de mostos de uvas cuyo jugo es tinto.
- Tipo III Vino rosado: Es el producto de la vinificación de los mostos de uvas rosadas o de uvas tintas con maceración parcial de sus orujos.

❖ **Vino seco, semiseco o dulce.**

De acuerdo al contenido de materias reductoras que son expresadas en azúcar invertido g/L, el vino, se puede clasificar en:

- Seco, cuando su contenido es <10 g/L.
- Semiseco o semidulce, cuando su contenido es >10 y <30 g/L.
- Dulce, cuando su contenido es mayor de 30 g/L.

❖ **Vino de crianza o de reserva.**

- Sin crianza, son los vinos que no se envejecen, los vinos del año.

Si el vino se decide envejecer, surgirá la siguiente clasificación:

- Crianza, es un vino de un año en bodega de roble.
- Reserva, un vino con un año en bodega y dos años en botella.
- Gran Reserva, es un vino con dos años en bodega y tres en botella.



1.6 La composición química de los vinos

Si bien, el vino es un producto de transformación de materia vegetal por microorganismos vivos. Su composición y evolución están directamente ligadas a fenómenos bioquímicos, lo que pone de manifiesto la extrema complejidad de su composición química (Aleixandre, 1996) En la Tabla 5 se mencionan los principales compuestos de los vinos así como de sus concentraciones.

Tabla 5. Composición química del vino.

Compuesto	g/L
Agua	750 a 900
Polisacáridos	2 a 4
Alcoholes	69 a 121
Polioles	5 a 20
Ácidos orgánicos	3 a 20
Polifenoles	2 a 6
Compuestos nitrogenados	3 a 6
Minerales	0,6 a 2,5
Vitaminas	0,2 a 0,7

Fuente: Flanzky (2003).

A continuación se describen las características de los principales compuestos en el vino.

❖ Agua

El agua, es considerado como el componente mayoritario del vino, representado alrededor del 70-90% en volumen. En esta se encuentran disueltas todas las sales minerales, microelementos y oligoelementos que la vid tomó del suelo durante su proceso de crecimiento (Sánchez, 2013).

❖ Azúcares

La uva contiene de un 15 a un 25% de azúcares. En las uvas perfectamente maduras, la relación glucosa/fructosa es aproximadamente 0,95. Durante la fermentación la mayor parte de las levaduras fermentan la glucosa. En los vinos se van a encontrar principalmente las hexosas (glucosa y fructosa) y pentosas como arabinosa y xilosa (Aleixandre, 1996).



❖ Alcoholes y polialcoholes

El alcohol etílico, la glicerina y el 2,3-butanodiol son sustancias con una o más funciones alcohol, formadas por la fermentación alcohólica. Los cuales se describen a continuación:

Después del agua, que representa de un 85 a un 90%, el alcohol etílico o etanol es el componente más importante del vino. Representa de 70 a 120 g/L.

La glicerina o glicerol, es un producto que se forma al principio de la fermentación (5-10 g/L). A este compuesto corresponde en boca la sensación táctil de suavidad, al igual que el cuerpo del vino, que lo diferencia de la extrema ligereza del agua.

El 2,3-butanodiol se encuentra en los vinos de 0,3 a 1,5 g/L (Aleixandre, 1996).

❖ Vitaminas

En el vino, las vitaminas cumplen la función de ser los factores de crecimiento indispensables para las levaduras y las bacterias. Los contenidos medios en vitaminas se presentan a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Contenido medio de vitaminas en vinos.

Vitamina	Concentración (mg/L)
Tiamina (vitamina B ₁)	0,10
Rivoflavina (vitamina B ₂)	0,18
Ácido pantoténico	0,98
Nicotinamida PP	1,89
Piridoxina (vitamina B ₆)	0,47
Mesoinositol	334
Cobalamina (vitamina B ₁₂)	0,06
Biotina (vitamina H)	2,1

Fuente: Flanzky (2003).



❖ Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos del vino proceden por un lado de las uvas, encontrándose principalmente en la pulpa de las bayas (ácido L (+) tartárico, ácido L (+) málico, ácido D (-) málico, ácido cítrico, ácido L (+) ascórbico, ácido oxálico, ácido glicólico y ácido fumárico) y, por otro lado proceden de los fenómenos fermentativos (ácido L (+) láctico, ácido L (-) láctico, ácido succínico, ácido pirúvico, ácido ceto-glutárico, ácido citramálico, ácido glicérico, ácido dimetil glicérico, ácido fórmico). Todos estos ácidos constituyen la acidez que soporta el color, el aspecto sensorial y el estado higiénico de los vinos (Flanzy, 2003). Cuando tienen demasiada acidez, el vino presenta una agresividad molesta. Si el vino es insuficiente ácido, es frágil, de color mate y de sabor pastoso. El sabor ácido que se percibe viene condicionado por la abundancia de protones, es decir por la acidez real o pH (Flanzy, 2003). A continuación en la Tabla 7 se describen los ácidos más representativos involucrados en la acidez de un vino.

Tabla 7. Ácidos orgánicos involucrados en la acidez del vino.

Nombre del ácido	Descripción
Ácido tartárico	Ácido específico de la uva y el vino. Representa la tercera o cuarta parte de los ácidos del vino. Sus características más importantes: <ul style="list-style-type: none">• Es el ácido más fuerte (el que libera más iones H^+).• Su adición a la vendimia está autorizada, sin embargo solo es útil cuando se tienen uvas con acidez muy baja.
Ácido málico	Es un ácido frágil, fácilmente metabolizado, es decir, degradado por las células. Su principal característica es que regula la acidez final del vino.
Ácido cítrico	Poco abundante en la uva, de 150 a 300 mg/L.
Ácido succínico	Se encuentra en cantidades de 0,5 a 1 g/L.
Ácido láctico	No existe en la uva, se encuentra en el vino porque procede de la fermentación.
Ácido acético	El ácido acético es volátil y se vuelve a encontrar en el destilado.

Fuente: Aleixandre (1996).



❖ **Compuestos polifenólicos**

Desde el punto de vista químico, los compuestos fenólicos son caracterizados por un núcleo bencénico que lleva uno o varios grupos hidroxilos (Figura 11). Los cuáles tienen propiedades antioxidantes, antisépticas y anticancerígenas. Importantes bajo el punto de vista organoléptico ya que, le confieren amargor y astringencia al vino lo cual se ha tomado como un atributo para evaluar la calidad del mismo (Aguilar & Gris, 2012). Estos fenoles, proceden de la uva que contiene esencialmente compuestos no flavonoides en la pulpa y flavonoides en los hollejos, semillas y los raspones. De esta manera la transformación tecnológica condiciona la extracción de los polifenoles a partir de las diferentes partes del racimo, contribuyendo así de manera esencial a la composición fenólica de los vinos (Flanzy, 2003).

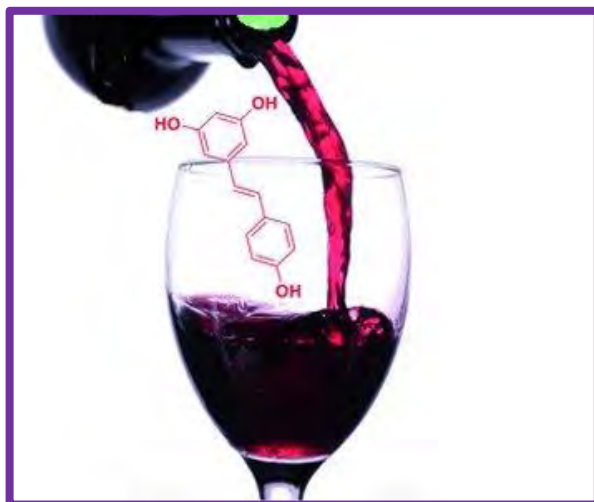


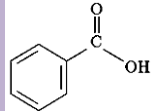
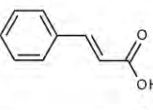
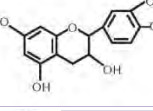
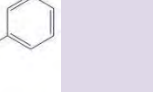
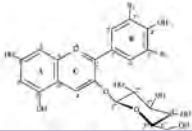
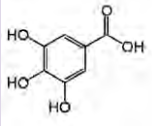
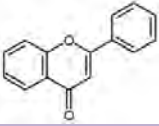
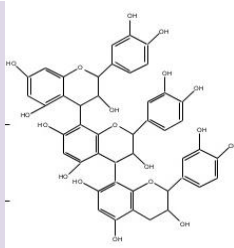
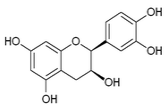
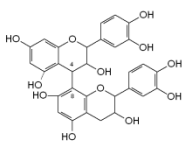
Figura 11. Compuesto fenólico: Resveratrol, 3, 5,4-trihidroxystilbene.

Fuente: Wiley-VCH (2012).

Su clasificación está basada sobre la distinción entre compuestos no flavonoides y flavonoides como se indica en la Tabla 8, la cual se detalla a continuación.



Tabla 8. Clasificación de los fenoles según su estructura química.

Fenoles	Clasificación	
Compuestos no flavonoides	Ácidos fenólicos	Ácidos benzóicos 
		Ácidos cinámicos 
	Taninos hidrolizables	
	Estilbenos	
Compuestos Flavonoides	Antocianos	
	Taninos	
	Flavonoles o flavonas	
	Taninos condensados	 Procianidina
	Catequinas	
	Proantocianidinas	

Fuente: Flanzly (2003); Aleixandre (1996).



1) Compuestos no flavonoides

Esta denominación abarca a los ácidos fenoles, divididos en ácidos benzoicos (C6-C1) y ácidos cinámicos (C6-C3), pero también a otros derivados fenólicos como los estilbenos (Flanzy, 2003).

a) Los ácidos fenoles o ácidos fenólicos

En la uva, los ácidos fenoles son principalmente ácidos hidroxicinámicos que se encuentran en las vacuolas de las células del hollejo y de la pulpa. Dado su bajo contenido en los vinos, aporta una acción benéfica de contención en la actividad bacteriana, sin interferir en la actividad de las levaduras. De aquí el hecho que los vinos tintos se defienden mejor que los blancos de los ataques bacterianos (Aleixandre, 1996). Según Aleixandre (1996), los ácidos fenólicos encontrados hasta la actualidad se clasifican en dos grupos:

- **Los ácidos benzoicos.** Se consideran derivados del ácido *p*-hidroxibenzoico y son: ácido *p*-hidroxibenzoico, ácido protocatéquico, ácido gálico, ácido vainílico, ácido siríngico, ácido salicílico, y ácido gentísico.
- **Los ácidos cinámicos.** Se consideran derivados del ácido *p*-cumárico o ácido *p*-oxicinámico, y son: ácido *p*-cumárico, ácido cafeico y ácido ferúlico.

Cabe mencionar que los vinos tintos tienen mayor cantidad de ácidos fenólicos que los blancos. Los contenidos más elevados corresponden al ácido siríngico y al ácido *p*-cumárico (30 mg/L), después al ácido vainílico y al cafeico (15 mg/L).

b) Los estilbenos

Son compuestos que están presentes exclusivamente en los hollejos de las uvas, en concentraciones muy variables. Como ejemplo de estos compuestos se puede mencionar al resveratrol (3, 5, 4- trihidroxiestilbeno) (Flanzy, 2003).

2) Compuestos Flavonoides

Son los polifenoles de mayor importancia enológica, tanto cualitativa como cuantitativamente, están presentes tanto en los vinos blancos (en pequeñas



proporciones que no influyen prácticamente en el color), como en los vinos tintos, en proporciones muy superiores (hasta unos 15-20 mg/L). Este grupo incluye a los antocianos, taninos, flavonoles y flavanonoles (Aleixandre, 1996).

a) Antocianos

Los antocianos (del griego *anthos* flor y *kyanos* azul) están localizados en la pulpa y en el hollejo (en las 3 ó 4 primeras capas celulares del hipodermo), contribuyen de manera dominante al color de las especies tintas y vinos tintos, estando ausentes en las uvas y vinos blancos (Flanzy, 2003). Los antocianos del género *Vitis* son el cianidol, el peonidol, el petunidol, el delfinidol y el malvidol, pero el contenido y la composición de antocianos varían enormemente en función de la especie y la variedad. Además en la vinificación seguirá disminuyendo su contenido notablemente debido a mutaciones en función del envejecimiento, del nivel de óxido-reducción, y de la tecnología utilizada (Aleixandre, 1996; Flanzy, 2003).

b) Taninos

El grupo de los taninos comprende compuestos fenólicos muy diferentes entre ellos, pero con la característica común de precipitar las proteínas. Este modo de actuar afecta además de a las proteínas de los vinos a su carga enzimática. De acuerdo con Aleixandre, 1996 en la uva y en el vino hay dos grupos de taninos:

- **Taninos hidrolizables (o gálicos).** Son los utilizados en el vino con fines tecnológicos, o los que se encuentran en el corcho de los tapones. El ácido gálico o también llamado ácido tánico es el constituyente principal del tanino aditivo. También se puede encontrar en los raspones, pepitas y en los hollejos.
- **Taninos condensados.** Son los que se encuentran mayoritariamente en la uva y el vino.

c) Los flavonoles

Al igual que los antocianos y los taninos forman parte del grupo de los flavonoides. Los flavonoles o flavonas que tienen en el carbono 3 un grupo OH como los



antocianos y taninos condensados. Están presentes tanto en los vinos blancos (en pequeñas proporciones que no influyen en el color), como en los vinos tintos, en proporciones muy superiores(hasta unos 15-20 mg/L) (Aleixandre, 1996).

d) Flavanoles y flavonas

Los compuestos pertenecientes a esta familia han sido identificados en el hollejo de uva blanca. Estos son la astilbina y la engelina, las cuales representan el 5% de los compuestos fenólicos totales del hollejo de la uva (Flanzy, 2003).

Sin embargo, la cantidad y tipo de compuestos fenólicos en un vino va a depender de factores como la edad, pues los vinos jóvenes contienen fundamentalmente compuestos fenólicos de pequeño o mediano peso molecular (catequina, epicatequina, algunas procianidinas, la quercitina, y los ácidos gálico e hidroxicinámico) (Shahidi & Naczka, 2004; Rodríguez *et al.*, 2007); o de factores como el origen del vino, pues se ha demostrado ya con estudios que el contenido global en compuestos fenólicos, expresados en equivalente de ácido gálico, varía entre 50 y 350 mg/L en los vinos blancos y entre 800 mg/L y 4g/L en los tintos (Flanzy, 2003), además el tipo de fenoles en cada uno difiere, pues los compuestos fenólicos más abundantes en el vino blanco, son los ácidos hidroxicinámicos (Myers & Singleton, 1979), mientras que en los vinos tintos se encuentran los ácidos hidroxibenzoicos y ácidos hidroxicinámicos, flavanoles, antocianinas, flavonoles, estilbenos y taninos (que representan más de la mitad de los compuestos fenólicos totales) (Van-Leeuw *et al.*, 2014).

1.7 Compuestos químicos y fisicoquímicos a estudiar y sus cambios durante el proceso de vinificación

1.7.1 Ácidos

Como ya se señaló los ácidos involucrados en la acidez de un vino son: el ácido tartárico, ácido málico, cítrico, succínico, láctico y acético. A continuación en la Tabla 9 se indican los principales cambios a los que están expuestos estos ácidos durante la vinificación.



Tabla 9. Orígenes y evoluciones de los ácidos involucrados en la acidez de un vino durante el proceso de vinificación.

Nombre del ácido	Orígenes y evoluciones
Ácido tartárico	Se puede adicionar en la vendimia, si existiese una adición voluntaria y autorizada, solo sería útil si se tienen uvas con acidez muy baja.
Ácido málico	Sus principales cambios durante el proceso son: <ul style="list-style-type: none"> • Bajo la acción de las levaduras, disminuye de un 20 a un 30% en el transcurso de la maduración y durante la fermentación alcohólica. • En la fermentación maloláctica, las bacterias lácticas lo transforman en ácido láctico y carbónico. • Este ácido llega prácticamente a cero en tres etapas: Maduración de la uva, fermentación alcohólica y fermentación maloláctica.
Ácido cítrico	Las bacterias lácticas lo descomponen a ácido acético, aumentando la acidez volátil.
Ácido succínico	Lo forman levaduras durante la fermentación. Es estable a las fermentaciones bacterianas y no evoluciona durante la conservación del vino.
Ácido láctico	A continuación se describen sus tres posibles orígenes: <ul style="list-style-type: none"> • Formación por las levaduras en la fermentación alcohólica. • Formación por las bacterias durante la fermentación maloláctica, a expensas del ácido málico.
Ácido acético	Las vías de formación del ácido acético son: <ul style="list-style-type: none"> • La fermentación alcohólica. La cantidad que se forma suele ser baja (de 0,15 a 0,30 g/L expresado en H₂SO₄) y va a depender de la cantidad de acidez, sustancias nitrogenadas y azúcares y de las condiciones de la fermentación como temperatura, aireación, etc. • La fermentación maloláctica, que irá siempre acompañada de una pequeña formación de acidez volátil (de 0,1 a 0,2 g/L), y procede sobre todo de la formación del ácido cítrico. • Las alteraciones bacterianas, las bacterias acéticas al contacto con el aire, oxidan el alcohol, produciendo cantidades altas de ácido acético.

Fuente: Aleixandre (1996).

La mayor parte de los vinos tienen una acidez total o titulable (como ácido tartárico), entre 0.55-0.85 %, y es en la fermentación maloláctica donde se puede reducir 0.1-0.3%, incrementando el pH en 0.1 a 0.3 unidades (Reyes *et al.*, 1992).



Además de los cambios de acidez que se presentan durante la fermentación maloláctica y alcohólica (Tabla 9), también se manifestaran cambios en el pH de los mostos, siendo los factores que contribuyen a este efecto, la conversión de ácido málico en ácidos más débiles, y la extracción de potasio de las partes sólidas de la uva (Bryce, 2000). A continuación en la Figura 12 se muestra en un ejemplo de los cambios sucesivos en el pH y en el nivel de ácido málico cuando la fermentación maloláctica tiene lugar después de la fermentación alcohólica.

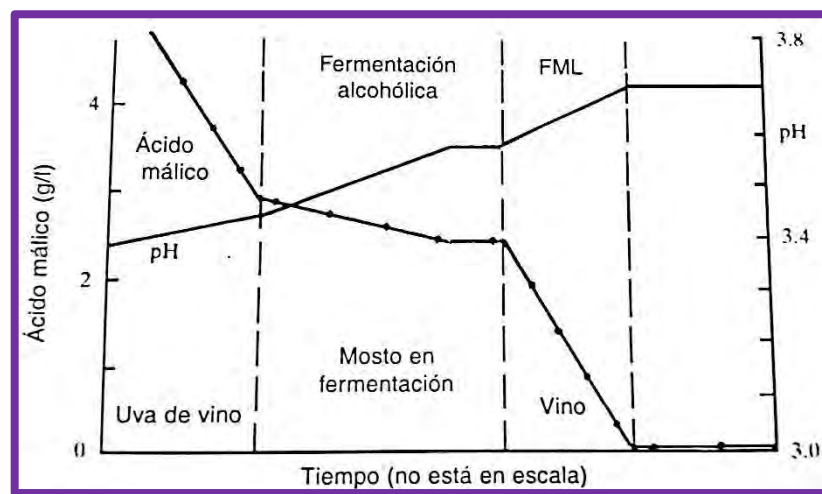


Figura 12. Cambios sucesivos en el pH y en el nivel de ácido málico cuando la fermentación maloláctica tiene lugar.

Fuente: Bryce (2000).

Al mismo tiempo que los orígenes y evoluciones a los que los ácidos estarán expuestos naturalmente, existen modificaciones manuales realizadas a la acidez del mosto debido a la gran variedad de situaciones y climas, pues a veces resulta que el estado de madurez de las uvas es insuficiente para la producción de vinos de mesa equilibrados y armoniosos, que exigen una acidez moderadamente elevada o más en concreto un pH bajo (Bryce, 2000). Para remediar esta diferencia de calidad, se puede, en ciertas condiciones y dentro de ciertos límites, corregir el mosto bien por exceso (desacidificación), o bien por defecto acidificación (Aleixandre, 1996). En seguida se pondrán en claro ambos casos:



a) Desacidificación

La desacidificación o reducción de acidez, se lleva a cabo en regiones frías donde las uvas no maduran lo suficiente y tienen demasiado ácido (Bryce, 2000). Según Hidalgo (2010) y Aleixandre (1996) los métodos más utilizados son:

- ❖ Mezcla con mostos de acidez deficiente
- ❖ Desacidificación biológica, mediante la utilización de levaduras con alto poder desacidificante, como del género *Schyzasacharimyces pombe*.
- ❖ Empleo de resinas aniónicas.
- ❖ Desacidificación por vía Química, donde los principales productos son: Carbonato Cálcico (disminuye 1,5%), Bicarbonato potásico (disminuyen 0,9%) y Bicarbonato sódico (disminuye 1,2%).

Además durante la vinificación se puede presentar una pérdida de acidez, debida a la fermentación alcohólica y fermentación maloláctica.

b) Acidificación

La acidificación es por el contrario la corrección, que es a menudo necesaria en las regiones cálidas, para obtener vinos equilibrados, de color vivo, agradables al paladar y de buena conservación. Esta acidificación se puede realizar cuando la acidez total del mosto, expresada en ácido tartárico, sea inferior a 4 g/L, y el pH superior a 3,6. Los medios indirectos y directos de acidificación se expresan en la Tabla 10.

Tabla 10. Médios directos e indirectos de acidificación.

Medios directos	Medios indirectos
Mezcla de uvas de buena acidez con uvas de acidez deficiente.	Anticipación de la vendimia antes de su madurez completa.
Empleo de jugo de uvas verdes	Recolección de los racimos verdes de segunda floración.
Adición exclusiva de ácidos orgánicos autorizados como: Ácido tartárico, ácido málico, ácido cítrico y ácido láctico.	Empleo de anhídrido sulfuroso es considerado como un fijador de la acidez, al bloquear un posible desarrollo de la fermentación maloláctica. En los vinos sulfitados hay un aumento de acidez fija.

Fuente: Aleixandre (1996); Hidalgo (2002).



Si bien el control de la acidez volátil (que corresponde esencialmente al ácido acético), durante la vinificación es fundamental, pues un alto nivel en el vino puede llegar a conferir un sabor a vinagre (Jackson & Lombard, 1993; Viela *et al.*, 2013). Es por ello que durante la vinificación existen prácticas para disminuir el ácido acético como:

- Procurar el mínimo contacto con el aire, cuando los vinos que tienen un alto contenido de bacterias del ácido acético y estén siendo movidos durante trasiego, remontado, clarificación y embotellado (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998).
- El mantenimiento de condiciones anaeróbicas al cubrir el vino con un gas inerte, llenar completamente los contenedores, o el uso correcto de dióxido de azufre (SO₂) (Du Toit & Pretorius, 2002)).
- Con la filtración y la clarificación la microflora natural que hay en las uvas, incluyendo bacterias de ácido acético, se pueden reducir. Esto también disminuiría los números que serán "traídos" a las operaciones subsiguientes de vinificación; sin embargo, el recuento microbiano de un vino puede ser reducido por trasiego y esto también debe incluir una reducción de bacterias de ácido acético (Viela *et al.*, 2013; Du Toit & Pretorius, 2002).

1.7.2 Fenoles

Los procesos de vinificación conducen a medios (mosto, vino) en perpetua evolución. Así, la composición fenólica del vino depende a la vez de la materia prima y del tipo de vinificación adoptado, que influye por una parte sobre fenómenos físicos como la difusión de compuestos desde las partes sólidas hacia el mosto, o la extracción de los compuestos del prensado o de los toneles y por otra parte influye sobre los fenómenos químicos, bioquímicos y de interacción molecular en los cuales están implicados los polifenoles como: la oxidación, degradación y condensación (Flanzy, 2003), que a continuación se describen.



a) Fenómenos de disolución, difusión y extracción

❖ **La disolución** se efectúa desde el momento de la trituración del grano ya que las antocianinas son solubles en medios acuosos, y esta solubilidad se ve afectada positivamente con el aumento en la concentración de etanol (Reyes *et al.*, 1992).

❖ **La difusión** se entiende como el paso del colorante a través de la membrana celular que lo contiene y dependerá de factores como el contenido de SO_2 , la temperatura, el porcentaje de etanol y la hogenización del mosto (Flanzy, 2003). Comienza en el estrujado de la uva y se prolonga hasta el prensado. Donde la extracción máxima de color se logra cuando se establece el equilibrio entre el color en la fase líquida y en la fase sólida. Y es aquí donde la disolución de las antocianinas en el vino llega a un máximo que coincide con el equilibrio del color entre la fase sólida y la líquida, y luego comienza a disminuir paulatinamente debido a la adsorción de pigmentos en las semillas y levaduras, además de que las antocianinas se transforman en compuestos incoloros debido a que el medio de fermentación es reductor. (Reyes *et al.*, 1992; Flanzy, 2003).

❖ Fenómenos de extracción

La principal preocupación de todo vinicultor es la extracción y difusión en el mosto de los compuestos fenólicos y los aromas, con el fin de obtener un vino completamente armonioso y agradable al consumidor. Son principalmente los taninos y los antocianos, los que presentan cinéticas de extracción. Los antocianos son extraídos rápidamente, alcanzando una concentración máxima los primeros días ya que se degradan lentamente, mientras que los taninos son extraídos con un tiempo de latencia, por lo que va aumentando su concentración progresivamente con el tiempo de contacto. Las operaciones físicas de extracción irán aumentando su eficacia al final de la fermentación o durante la maceración post-fermentativa, pues es aquí donde estará presente el alcohol, que trabajara como disolvente (Flanzy, 2003).



Por otro lado, además de los fenómenos de difusión, disolución y extracción involucrados en la pérdida de fenoles ya descritos, existen también fenómenos químicos y bioquímicos.

b) Fenómenos químicos y bioquímicos

Los procesos de degradación y de evolución de los polifenoles que se producen durante la vinificación son regidos principalmente por dos tipos de mecanismos. El primero hace intervenir reacciones bioquímicas, catalizadas por diferentes enzimas, mientras que el segundo lleva consigo fenómenos químicos o no enzimáticos (Flanzy, 2003; Hidalgo, 2003).

❖ Fenómenos bioquímicos (oxidación)

Las uvas permanecen protegidas del oxígeno atmosférico que las rodea, gracias a la barrera del hollejo que las protege, pero al empezar la transformación de este fruto en vino, desde el primer instante de rotura de los granos de uva y hasta el final de la vida del vino, la acción del oxígeno está presente en su evolución; generalmente de forma negativa (Hidalgo, 2003). La oxidación es conocida como uno de los principales problemas de la vinificación, que da lugar a fenómenos que conducen a la formación de pigmentos pardos denominados “pardeamientos enzimáticos”, pérdida de vinosidad y desarrollo de amargor. Una vez que se presenta, la calidad del vino está dañada de forma permanente (Bryce, 2000).

Los principales compuestos que experimentan modificaciones debidas a las enzimas de la uva son los compuestos fenólicos; la principal enzima de la uva que degrada polifenoles es la polifenoloxidasas. Las polifenoloxidasas se encuentran en todas las uvas en proporciones diferentes, actuando sobre las sustancias fenólicas (Aleixandre, 1996) son fundamentalmente dos:

- La Tirosinasa. Se encuentra tanto en uvas sanas como en podridas.
- La Lacasa o *p*-fenoloxidasas. Es segregada por el hongo *Botrytis cinerea*. Su poder oxidante es superior al de la Tirosinasa oxidando fuertemente los compuestos fenólicos del vino.



❖ **Fenómenos químicos** (oxidación)

Se presentan dos reacciones químicas importantes en el proceso de vinificación: las reacciones iniciadas por las o-quinonas procedentes de la oxidación enzimática, que conducen al pardeamiento, especialmente en los mostos y en los vinos blancos; y las reacciones de adición de los taninos y de los antocianos que intervienen en la maduración de los vinos tintos, que transformarán los compuestos fenólicos de la uva (antocianos y flavanoles) en otras especies (Flanzy, 2003). La probabilidad de oxidación de polifenoles en mosto y vino son diferentes en cada etapa de la vinificación, a continuación en la Tabla 11 se resaltan las más importantes.

Tabla 11. Probabilidad de oxidación de polifenoles en mosto y vino en el proceso de vinificación.

Caso de mostos o vinos	Probabilidad de oxidación en las etapas del proceso	Oxidación de polifenoles en mosto y vino en la vinificación
En general	Alta	Durante el escurrido de la vendimia estrujada, la penetración de oxígeno es más importante, debido a la presencia de oxidasas, que se encuentran en las partes sólidas de la uva. Sus índices aumentan con la maceración y la trituración mecánica de los hollejos. Pero es en la manipulación post-fermentación en donde la oxidación causa mayores daños. Finalmente el embotellamiento puede ser una fuente importante de oxidación en vinos de mesa si el espacio de cabeza de la botella rellena contiene aire, puesto que se disuelve en el vino.
	Baja	Sin embargo el desfangado ofrece un vino menos sensible a la acción del oxígeno como consecuencia de la eliminación de las oxidasas. Por su parte el enfriamiento hará que el oxígeno sea soluble y además disminuirá la probabilidad de oxidación debido a que la velocidad de oxidación depende de la temperatura y aproximadamente se duplica por cada incremento de 10°C.



Tabla 11. Probabilidad de oxidación de polifenoles en mosto y vino en el proceso de vinificación (Continuación).

Caso de mostos o vinos	Probabilidad de oxidación en las etapas del proceso	Oxidación de polifenoles en mosto y vino en la vinificación
Blancos	Alta	En la vinificación en blanco casi toda la oxidación tienen lugar durante el estrujado . El enriquecimiento de los mostos en compuestos fenólicos, que resulta, después de una maceración o de un estrujado muy fuerte, favorece el pardeamiento. Otra etapa en el proceso de vinificación en la que se presenta este fenómeno es en el prensado , en donde a presiones de 10 a 12 Kg/cm ² el mosto tiene tendencia a oxidarse.
	Baja	El sulfitado realizado después del estrujado reduce una parte de las quinonas formadas y limita los efectos de la oxidación.
Tintos	Alta	Después de los primeros días de fermentación, durante los cuales todo el oxígeno disponible es consumido por las levaduras, se observa que las pérdidas en ácidos hidroxicinámicos, en antocianos y en flavanones son ligeramente superiores cuando el remontado se realiza en presencia de aire. Sin embargo, la composición de los vinos en taninos parece estar poco afectados por las condiciones del remontado.

Fuente: Aleixandre (1996); Bryce (2000); Flanzky (2003).

Es imposible impedir que el mosto y el vino tengan contactos con el aire. Sin embargo desde el punto de vista de obtención de la máxima calidad y el aseguramiento de la protección del vino contra la oxidación, se recomienda vigilar principalmente cuatro aspectos durante la vinificación: la cantidad de oxígeno disuelto; la presencia de un contenido suficiente de SO₂; el control de la temperatura, considerado de suma importancia, pues, la actividad oxidasa aumenta de forma considerable a altas temperaturas, manteniendo todas las operaciones de vinificación a 15°C se inhibe en gran medida su actividad y por último el control del pH, debido a que la actividad de las oxidasas es mucho más rápida a niveles altos de pH, de ahí que cuanto más bajo sea el pH, más lenta será la actividad de la oxidasa (Aleixandre, 1996; Bryce, 2000; Flanzky, 2003).



c) Fenómenos de interacciones moleculares

Este fenómeno sucede principalmente con los taninos, ya que tienen como propiedad fisicoquímica la de unirse con las proteínas en solución acuosa y precipitarlas. Esta propiedad puede ser aprovechada en las operaciones tecnológicas de clarificación para precipitar y eliminar los compuestos fenólicos indeseables. Es preciso resaltar que el fenómeno de acomplejamiento depende de la estructura y de la conformación de la proteína así como del tamaño del polifenol (Flanzy, 2003).

En ésta investigación se llevó a cabo la clarificación por encolado con el clarificante proteico conocido como albúmina de huevo. En este tipo de clarificación hay dos etapas

- La reacción de la cola, generalmente con los polifenoles del vino, antocianos y taninos, que coagulan y la insolubilizan.
- La separación de la cola que arrastra impurezas en su caída.

La explicación más sencilla es la atracción electrostática, en la que el agente clarificante que tiene una determinada carga eléctrica reacciona con los constituyentes del vino que tienen carga opuesta, precipitando la combinación neutralizada. Por lo tanto este tipo de sedimentación arrastrara a las partículas de enturbimienta pero a su vez se llevará consigo polifenoles que permitieron que los sólidos indeseables coagularan y precipitaran (Aleixandre, 1996; Bryce, 2000)

1.8 Aporte nutritivo del vino y beneficios para la salud

La historia acerca de que el vino tiene efectos beneficiosos a la salud se remonta a la antigüedad. Casi todas las culturas han empleado el vino con propósitos medicinales, directamente o como disolvente. Solía incluirse en la Farmacopea, actualmente sólo como excipiente. Y hasta ha sido declarado como "el más antiguo de los medicamentos" por el historiador de la medicina Salvatore P. Lucia, de la Escuela de Medicina de la Universidad de California en San Francisco, en su *A History of Wine as Therapy* (Flanzy, 2003; Rodríguez, 1998).



Sin embargo, siempre ha tenido sus aspectos negativos que han sido bien conocidos por la presencia de alcohol y su consumo excesivo. Esta dualidad fue existiendo a lo largo del tiempo (Flanzy, 2003). Y es así como se han ido presentado infinidad de estudios para comprobar los efectos positivos del vino.

Principalmente ha habido resientes y rigurosos estudios epidemiológicos sobre los franceses, una población que se podría considerar de alto riesgo debido a factores relativos a su dieta y estilo de vida, como el consumo elevado de alimentos ricos en colesterol y consumo de tabaco, han demostrado que estas personas tienen menores tasas de enfermedades cardiovasculares y de mortalidad que individuos cuya dieta normal no incluye el vino.

Hoy en día los investigadores han buscado encontrar respuestas científicas a todos estos beneficios que el vino ha ido aportando a lo largo de los años, y han sido sustentadas por diversos estudios que han sido encaminados hacia las propiedades biológicas de los componentes del vino, hablando principalmente de sus componentes fenólicos, pues éstos son un medio muy importante para demostrar los efectos fisiológicos propios del vino (Flanzy, 2003). Ya que una de las propiedades esenciales de estos compuestos fenólicos es el ser antioxidantes, gracias a la movilidad que posee el hidrógeno fenólico que los convierte en elementos de radicales libres oxigenados, y es especialmente esta capacidad de comportarse como antioxidantes, la que es utilizada para justificar sus efectos positivos sobre la mutagénesis, la cancerogénesis experimental, y la arteroesclerosis (Flanzy, 2003).

Pues, los fenoles al ser antioxidantes, tienen la capacidad de proteger un gran número de sistemas in vitro, ex vivo, e in-vivo, de los ataques de peligrosas sustancias, tanto endógenas como exógenas, a las cuales estamos expuestos diariamente. La mayoría de estas sustancias son radicales libres, considerados



como especies químicas que contiene uno o más electrones desapareados en sus orbitales externos. Como consecuencia, son extremadamente reactivas (Boots *et al.*, 2008), y son muy propensas a interactuar con muchas moléculas como los lípidos de membrana y el DNA y, dañándolas a menudo irreparablemente (Zoecklein *et al.*, 2001).

Y es por éstas razones que se consideran a los constituyentes fenólicos como los responsables de otorgar al vino sus propiedades benéficas, los principales constituyentes fenólicos del vino con capacidad antioxidante son: derivados de ácidos fenólicos; ácidos cinámicos y tirosina; estilbenos; flavonoides y proantocianidinas (Vélez *et al.*, 2012). Entre los antioxidantes del vino y de las uvas que se ajustan a la categoría de eliminadores de radicales, son los ácidos salicílico y benzoico. Pero existen muchos otros que poseen las características estructurales *orto*- o *para*- hidroxilo de las hidroquinonas, como el ácido gálico, la epicatequina, la quercitina, y la cianidina (Zoecklein *et al.*, 2001).

1.9 Legislación

La historia nos demuestra que se han implementado múltiples y variadas regulaciones de la *Vitis vinífera* y que cumplir con ellas no ha sido fácil. México tuvo la vitivinicultura más antigua de América en la época colonial, y a la vez la más reciente en todo el continente, ya que realmente los vinos mexicanos que ahora conocemos, solo existen desde hace poco más de cincuenta años (De la Rosa, 2012).

En 1943 fue promulgada la Ley Vitivinícola que procuraba regular toda la industria, procesos, métodos, comercio, entre otros aspectos, y que actualmente no esta vigente. Habiendo existido esta Ley que pretendía dar certeza y prestigio a la vitivinicultura mexicana, hoy prácticamente la regulación más importante es la NOM-142-SSA1-1995 de la Secretaría de Salud (De la Rosa, 2012).



1.9.1 Norma Oficial Mexicana NOM- 142-SSA1-1995.

La NOM-142-SSA1-1995 establece las especificaciones sanitarias y disposiciones de etiquetado sanitario y comercial de las bebidas alcohólicas que se comercialicen en el territorio nacional, observándose obligatoria en el territorio nacional para las personas físicas o morales que se dedican a su proceso o importación.

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas (Tabla 12).

Tabla 12. Normas Oficiales Mexicanas que complementan la NOM-142-SSA1-1995.

Norma	
NOM-117-SSA1-1994	Bienes y Servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
NOM-120-SSA1-1994	Bienes y Servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.
NOM-127-SSA1-1994	Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.
NOM-002-SCFI-1993	Contenido neto, tolerancias y métodos de prueba.
NOM-030-SCFI-1993	Declaración de cantidad en la etiqueta- Especificaciones.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1-1995.



1.9.2 Tratamientos enológicos

La NOM-142-SSA1-1995, también indica los clarificantes, conservadores y antioxidantes permitidos para los vinos elaborados con mosto de uva parcialmente fermentado y al nuevo vino en proceso de fermentación, los cuales se indican en la Tabla 13.

Tabla 13. Clarificantes, conservadores y antioxidantes permitidos por la NOM 142-SSA1-1995.

Clarificantes	Antioxidantes y conservadores
-Polivinilpirrolidona	-Ácido ascórbico y sus sales
-Grenetina (gelatina)	-Ácido isoascórbico y sus sales de sodio y calcio
-Silice de diatomáceas	-EDTA
-Carbón activado	- α tocoferol
-Ácido tánico	-Heptilparabeno
-Albúmina de huevo	-Ascorbato de sodio
-Bentonita	-Dioxido de azufre
	-P-hidroxibenzoato
	-Ácido sórbico y sus sales
	-Ácido benzoico y su sal de sodio
	-Metabisulfito

Fuente: Elaborado a partir de Secretaría de Economía, Competitividad y Normatividad (2013).



2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar los cambios en la capacidad antioxidante, contenido de fenoles y propiedades fisicoquímicas durante las diferentes etapas del proceso de vinificación de vinos tintos y blancos jóvenes producidos por la casa la Redonda en Querétaro y comercializados a granel.

Objetivo Particular 1.

Evaluar el efecto de las diferentes etapas (fermentación-trasiego, clarificación, estabilización tartárica por frío y filtración-enfriamiento) del proceso de vinificación en los parámetros químicos (fenoles totales), fisicoquímicos (pH, acidez fija, volátil y total) y capacidad antioxidante de un vino blanco joven que permita establecer la relación con la calidad final del producto comercializado a granel.

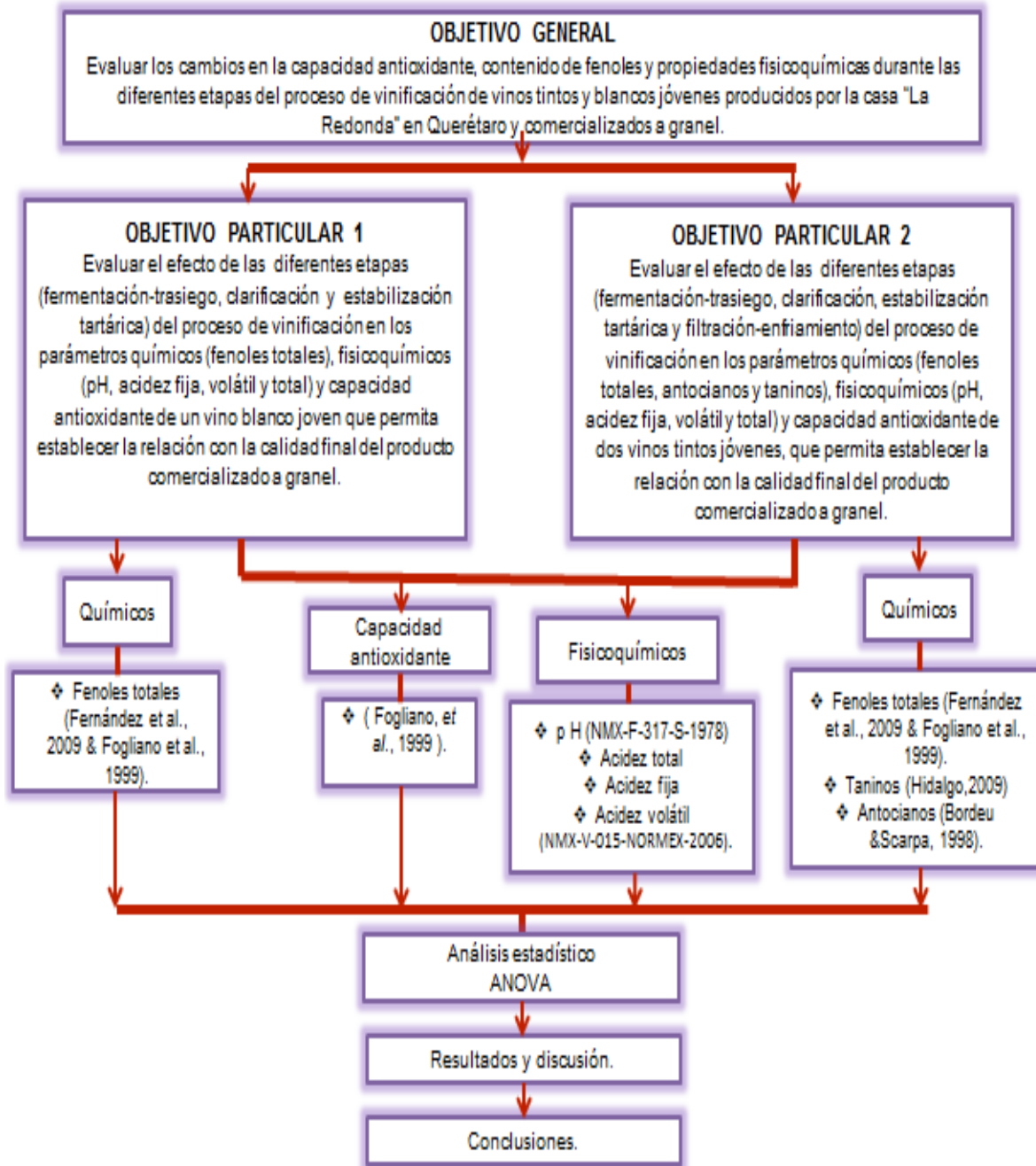
Objetivo Particular 2.

Evaluar el efecto de las diferentes etapas (fermentación-trasiego, clarificación, estabilización tartárica por frío y filtración-enfriamiento) del proceso de vinificación en los parámetros químicos (fenoles totales, antocianos y taninos), fisicoquímicos (acidez fija, volátil y total) y capacidad antioxidante de dos vinos tintos jóvenes, que permita establecer la relación con la calidad final del producto comercializado a granel.



3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1 Cuadro metodológico





3.2 Material de estudio

Los vinos utilizados para el presente estudio se clasifican como jóvenes y fueron elaborados en el periodo 2014-2015, provenientes de la casa productora “La Redonda” ubicada en Querétaro (Figura 13.A). El estudio se realizó en el proceso de elaboración de dos vinos tintos uno monovarietal 100% Cabernet Sauvignon y otro a partir de mezcla de uvas (Tempranillo, Sirah, Malbec y Merlot), también se estudió un vino blanco el cual se desarrolló a partir de mezclas de uvas (Sauvignon Blanc, Chenin Blanc, Chardonay y Moscatel).

3.3 Muestreo durante el proceso de vinificación

Las muestras fueron obtenidas de un tanque de almacenamiento de acero inoxidable (Figura 13.B).



Figura 13. Casa vitivinícola La Redonda (A) y obtención de muestras (B).

El estudio se llevó a cabo en dos tipos de vinificación (tinto y blanco), en donde los vinos fueron muestreados y analizados en diferentes etapas consideradas por el enólogo como críticas durante el proceso. En el caso del tinto (Figura 14) se obtuvieron cuatro muestras de las etapas de: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica por frío (ET) y finalmente filtración-enfriamiento (FE).



A continuación (Figura 14), se encuentra el diagrama de proceso de vinificación en tinto, en donde se pueden observar las operaciones unitarias y las etapas de muestreo con las claves correspondientes.

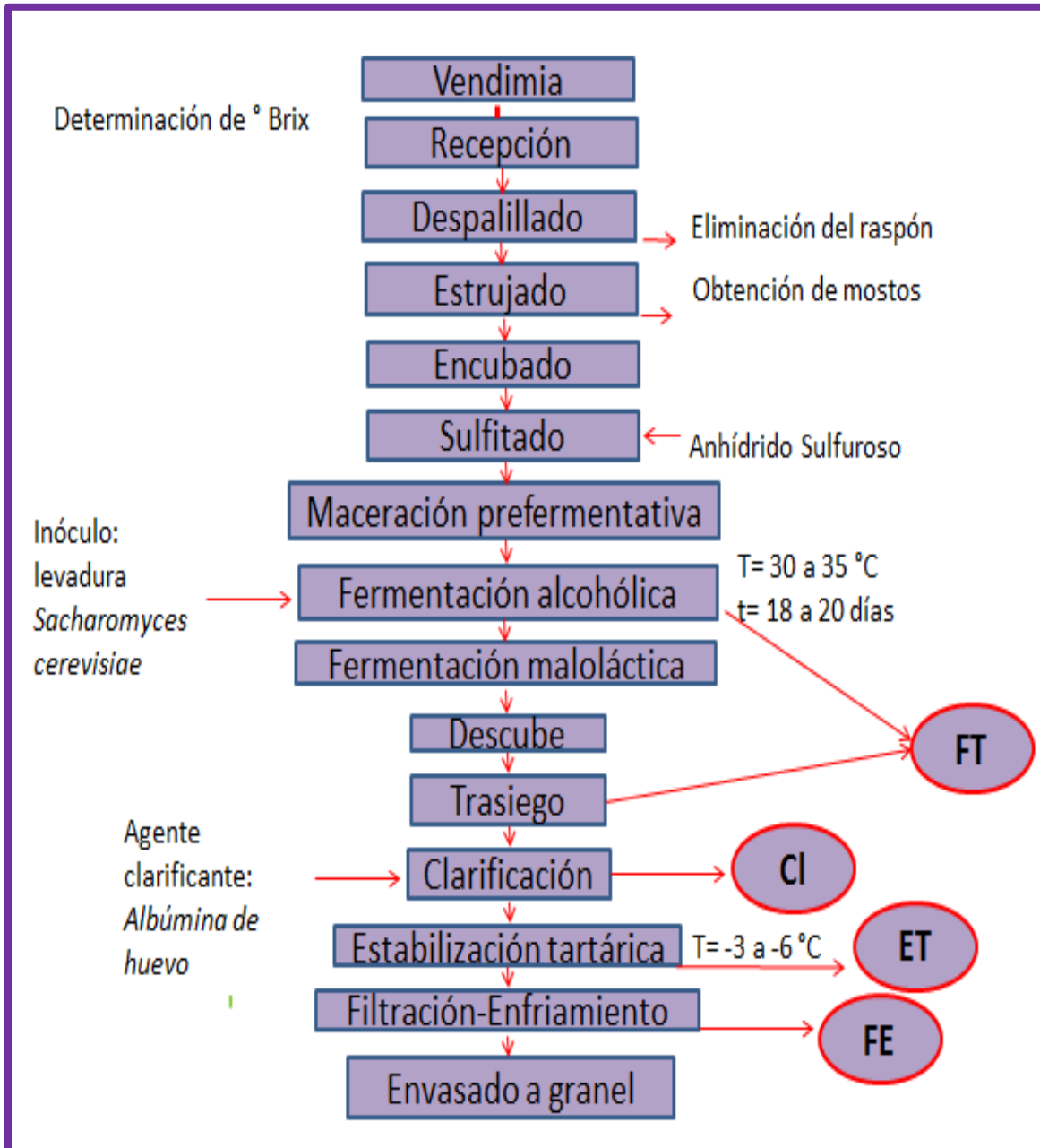


Figura 14. Diagrama de proceso de vinificación en tinto y etapas de muestreo: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE).

Fuente: Casa Productora “La Redonda” (2014); Reyes *et al.* (1992).



Referente a la vinificación en blanco (Figura 15) se obtuvieron tres muestras de las etapas de: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI) y estabilización tartárica por frío (ET), la cuarta etapa (filtración-enfriamiento) no fue necesaria, ya que el vino se consideró completamente libre de partículas en suspensión.

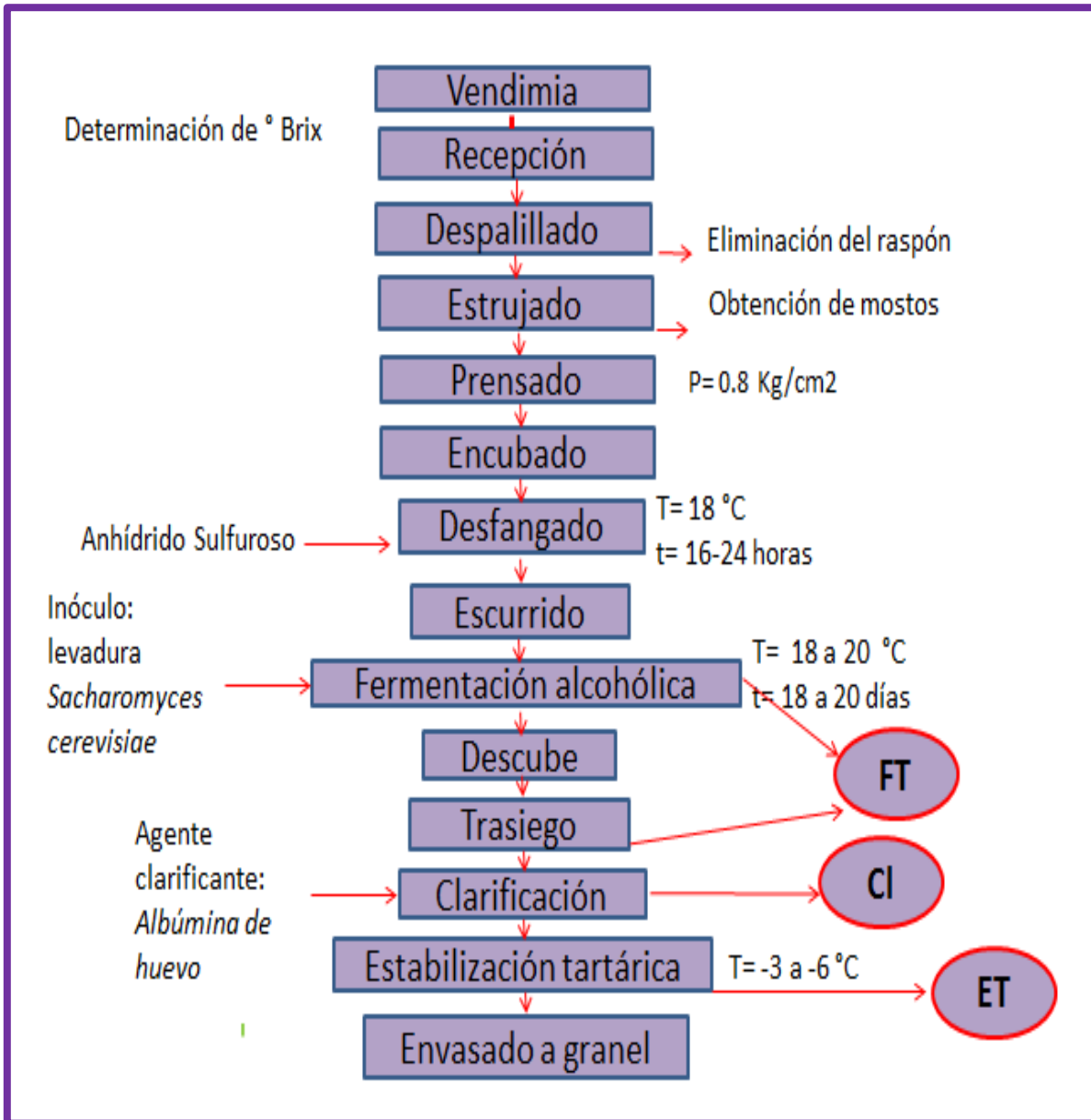


Figura 15. Diagrama de proceso de vinificación en blanco y etapas de muestreo: fermentación- trasiego (FT), clarificación (CI) y estabilización tartárica (ET).

Fuente: Casa Productora “La Redonda” (2014); Reyes et al. (1992).



Teniendo así un total de 11 muestras, las cuáles se colocaron en frascos ámbar de 250 mL, con atmósfera de nitrógeno y se sellaron con *parafilm* para evitar el contacto con el oxígeno. Finalmente se almacenaron a -20°C para su conservación.

3.4. Evaluación de parámetros fisicoquímicos y químicos durante el proceso de elaboración de vinos tintos y blancos

Las muestras de vino se evaluaron por triplicado para la determinación tanto de parámetros químicos (fenoles totales, antocianos y taninos), fisicoquímicos (pH, acidez fija, acidez volátil y acidez titulable), así como la capacidad antioxidante.

La evaluación de fenoles totales se realizó en los tres vinos mexicanos, ya que tanto el vino blanco como el vino tinto son considerados fuentes ricas en compuestos fenólicos, los cuales tienen aportes benéficos al organismo (Cordova, *et al.*, 2005 & Xanthopoulou *et al.*, 2010). Debido a la relación existente de estos componentes con la capacidad antioxidante, esta propiedad también fue evaluada en todos los vinos. Sin embargo, existen dos compuestos fenólicos de importancia enológica y aporte beneficioso a la salud: los antocianos y los taninos, los cuáles solo fueron estudiados en el vino tinto debido a que se encuentran ausentes en las uvas y vinos blancos (Flanzy, 2003). Finalmente se llevó a cabo la evaluación de los parámetros fisicoquímicos que involucraron la determinación de acidez total, acidez fija, acidez volátil y pH tanto en el vino blanco como en los dos vinos tintos ya que estos parámetros son de gran importancia en el equilibrio fisicoquímico u organoléptico del vino.



3.5 Técnicas analíticas

3.5.1. Parámetros químicos

❖ Fenoles Totales

El contenido de fenoles totales fue determinado mediante el método espectrofotométrico (índice de Folin-Ciocalteu). Los compuestos fenólicos, incluyendo los del vino se oxidan; este método se basa en la oxido-reducción de la muestra empleando el reactivo Folin-Ciocalteu y un medio alcalino en este caso una solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3). El reactivo Folin-Ciocalteu está formado por una mezcla de ácidos fosfotúngstico ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) y ácido fosfomolibdico ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$), que después de oxidar a los fenoles, se reduce a óxidos azules de tungsteno (W_8O_{23}), y molibdeno (Mo_8O_{23}). El máximo de absorción de esta coloración azul se logra a los 765 nm y va a ser proporcional a la cantidad total de fenoles (Fernández *et al.*, 2009; Fogliano *et al.*, 1999).

Para la determinación de los compuestos fenólicos se realizó una curva patrón con solución de ácido gálico (Figura 16 A), las muestras fueron leídas a 765 nm en un espectrofotómetro Thermospectronic (Figura 16 B), usando una celda de poliestireno de 1000 μL de capacidad y los resultados fueron expresados en mg GAE/mL.



Figura 16. Determinación de compuestos fenólicos. (A) Curva patrón con solución de ácido gálico y (B) Espectrofotómetro (Marca Thermo Spectronic).



❖ Antocianos

La determinación de antocianos se llevó a cabo por espectrofotometría. Este método indica que al agregar adiciones de bisulfito de sodio (NaHSO_3) se provocarán cambios en la absorbancia de los pigmentos no polimerizados pero no en los pigmentos no condensados o polimerizados como los taninos. Finalmente para que las antocianinas se presenten totalmente coloreadas (Figura 17) es necesaria la disminución del pH de la muestra (vino blancos $\text{pH} \approx 2.5$ y vinos tintos $\text{pH} \approx 3.5$), esto se puede conseguir agregando HCl y la lectura se realiza a 520 nm (Bordeu & Scappa, 1998).



Figura 17. Tubos de ensayo para la identificación de antocianos.

Los resultados se expresaron como mg/L de antocianos totales.

❖ Taninos

El método propuesto para la determinación de taninos se basa en una hidrólisis ácida de los compuestos flavanos-3-oles o 3-flavanoles, que al ser proantocianidinas forman compuestos con determinada absorbancia (Hidalgo, 2010).

A continuación la figura 18 muestra la evaluación de taninos en las muestras de vinos, las absorbancias de cada tubo se leyeron a 550 nm y los resultados se expresaron en mg/L de taninos totales.



Figura 18. Evaluación de taninos en muestras de vinos.

3.5.2 Capacidad antioxidante (Método ABTS)

La capacidad antioxidante se determinó empleando el método de Fogliano *et al.* (1999), que consiste en la decoloración del reactivo ABTS (2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) como resultado de la transferencia de un átomo de hidrógeno de un compuesto antioxidante como TROLOX o los propios antioxidantes del vino, la lectura de absorbancias es a 734nm y los resultados se expresaron como Mm equivalentes al trolox.

La solución del radical coloreado ABTS se obtuvo mediante la mezcla de 2 mL de ABTS (2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) concentrado a 200 mL de buffer PBS 0.01 M (pH 7.4), posteriormente se midió la absorbancia del ABTS diluido en buffer PBS a 734 nm (0.7000+/- 0.02).

Una vez teniendo la dilución del radical ABTS, se procedió a hacer una curva patrón (Figura 19), la cual se realizó mediante la preparación de soluciones a distintas concentraciones de una solución madre del antioxidante estándar Trolox. Los resultados se reportaron como Mm Trolox.



Figura 19. Curva patrón a distintas concentraciones (0, 300, 240, 180, 120 y 60 mM) de una solución madre del antioxidante estándar Trolox (4Mm (1mg/1mL).

3.5.3 Parámetros fisicoquímicos

❖ pH

El valor del pH del vino se determinó mediante una lectura directa, por medio del potenciómetro digital (marca HANNA modelo HI 208) (Figura 20), que se fundamenta en el método potenciométrico, que según la NMX-F-317-S-1978, es la medición electromagnética de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto. Para llevar a cabo la lectura de la muestra se sumergió el electrodo del equipo en el vino.



Figura 20 . Potenciómetro utilizado para la medición del pH del vino.



❖ **Acidez total**

La obtención de la acidez total se realizó mediante el método propuesto en la NMX-V-015-NORMEX-2006, que se basa en reacciones de neutralización, es decir, en la acción mutua entre ácidos y bases; a partir de soluciones alcalinas de concentración conocida que actúan cuantitativamente sobre soluciones de ácidos.

La acidez total se determinó mediante la adición de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N, hasta alcanzar un pH de 8.2, pues cuando las bebidas alcohólicas se valoran con una base fuerte, el punto final se encuentra entre 7.2 y 8.2 de pH. Esta acidez total determinada indica únicamente la suma de ácidos libres sin tener en cuenta su fuerza (Figura 21).



Figura 21. Medición del pH en las muestras de vino.



❖ Acidez fija

La acidez fija en los vinos se determinó mediante el método de la NMX-V-015-NORMEX-2006), que se fundamenta en la presencia de ácidos fijos, los cuáles son separados por evaporación (Figura 22 A), y posteriormente son titulados con una solución valorada de hidróxido de sodio NaOH (0.1N) (Figura 22 B).

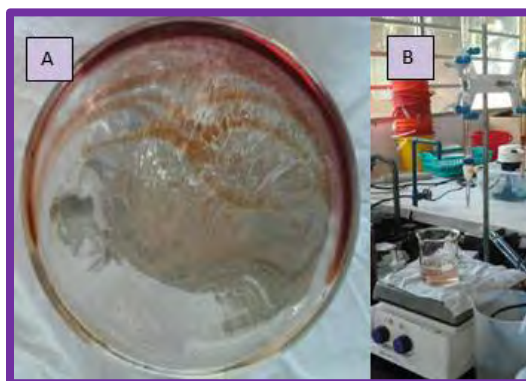


Figura 22. Determinación de acidez fija, evaporación de la muestra (A) y titulación de la muestra (B).

❖ Acidez volátil

La acidez volátil es la que contiene una bebida alcohólica como consecuencia de sus ácidos volátiles, entre los que se encuentra principalmente el ácido acético (NMX-V-015-NORMEX-2006).

Este método se fundamenta en la presencia de ácidos volátiles, los cuáles son separados de los ácidos fijos por arrastre de vapor (Figura 23) y finalmente son titulados con una solución de hidróxido de sodio.



Figura 23. Destilación del vino para su posterior valoración con NaOH.

Para la destilación se utilizaron 10 mL de vino libre de CO₂ y 300 mL de agua hirviendo. La destilación se llevó a cabo hasta la recuperación de 150 mL del destilado que posteriormente se tituló y los resultados se expresaron como g/L de ácido acético.

3.6 Tratamiento estadístico

El análisis estadístico que se realizó fue un análisis de varianza ANOVA descrito en las tablas 14 y 15; para determinar si existía diferencia significativa entre los parámetros evaluados de las diferentes etapas del proceso de vinificación en tinto y en blanco se aplicaron pruebas de rango múltiple (Duncan) con un nivel de significancia del 5%, utilizando el paquete estadístico, SPSS versión 20.



Tabla 14. Análisis de varianza ANOVA para la vinificación de vinos tintos en la casa vitivinícola "La Redonda"

Análisis de varianza ANOVA							
Etapas del proceso	Parámetros						
	Capacidad antioxidante	Fenoles totales	Antocianos	Taninos	Acidez fija	Acidez volátil	Acidez total
Fermentación-trasiego							
Clarificación							
Estabilización tartárica							
Filtración-Enfriamiento							

Cada análisis de los diferentes parámetros se realizaron por triplicado en cada etapa del proceso (n=3)

Tabla 15. Análisis de varianza ANOVA para la vinificación de vino blanco en la casa vitivinícola "La Redonda"

Análisis de varianza ANOVA					
Etapas del proceso	Parámetros				
	Capacidad antioxidante	Fenoles totales	Acidez fija	Acidez volátil	Acidez total
Fermentación-trasiego					
Clarificación					
Estabilización tartárica					

Cada análisis de los diferentes parámetros se realizaron por triplicado en cada etapa del proceso (n=3)



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de las diferentes etapas del proceso de vinificación en los parámetros químicos, fisicoquímicos y capacidad antioxidante de un vino blanco joven a granel

4.1.1 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en el contenido de fenoles en un vino blanco joven a granel

Los compuestos fenólicos, son sustancias muy importantes en la enología ya que constituyen el tercer grupo más abundante después del alcohol y los ácidos (Hernández & Tirado, 1991). Estos compuestos se pueden clasificar en dos tipos: no flavonoides y flavonoides. La importancia de los primeros desde un punto de vista enológico, radica en su relación con el gusto amargo de los vinos. En el caso de los segundos, resultan importantes por su relación con el pardeamiento, en especial de los vinos blancos y en menor medida por su participación en el gusto amargo (Peña, 2000). Además influyen directamente con el aroma, color, y cuerpo del vino; asimismo, proporcionan un beneficio al organismo, en contra de diversas enfermedades por ser una de las fuentes más importantes en cuanto al contenido de antioxidantes (Arnello, 1991; Fernández-Pachón *et al.*, 2006; Mercado *et al.*, 2013; Monagas *et al.*, 2006 & Muñoz *et al.*, 2007).

Por otro lado, se sabe que el contenido de fenoles en el vino depende de diferentes factores como la variedad de las uvas, proceso de elaboración y tiempo de almacenamiento, que provocan diferencias fundamentales y cruciales en la composición del vino en términos tanto de la naturaleza y cantidad de polifenoles (Psarra *et al.*, 2002; Paixão *et al.*, 2007), particularmente el proceso de elaboración del vino provoca una pérdida del contenido de los niveles de fenoles totales, pues ciertas operaciones tecnológicas lo permiten, tal es el caso de los diferentes tratamientos de clarificación y fermentación, u operaciones que implican



el consumo de oxígeno como la filtración, centrifugación, descube, trasiego, bombeo, etc. (Sims *et al.*, 1995; Castellari *et al.*, 1998; Vidal *et al.*, 2001).

Por lo que se estudió la concentración de fenoles totales en tres puntos del proceso de elaboración de un vino blanco varietal, como se muestra a continuación en la Figura 24.

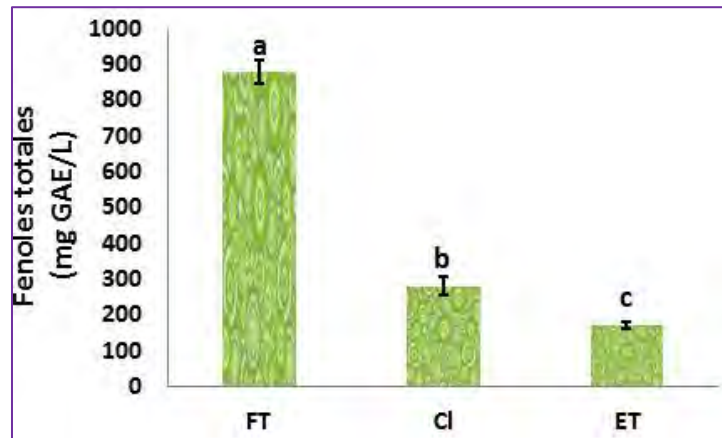


Figura 24 . Contenido de Fenoles Totales en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco varietal . Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Como se observa en la Figura 24 se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de fenoles totales para cada etapa del proceso con un porcentaje de disminución del 38.4% de la etapa de clarificación a estabilización tartárica, notándose en mayor medida una disminución de polifenoles en la etapa de clarificación con un 67.9%, esta disminución tiene su causa en dos factores; el primero proviene de la exposición del vino al oxígeno en dos etapas intermedias que existen entre la fermentación-trasiego y la clarificación que tienen que ver con la manipulación post-fermentación (el descube y el trasiego) en donde la oxidación causa mayores daños (Aleixandre, 1996) y el segundo con las proteínas que participan en la clarificación por encolado del vino, que tienen por objetivo arrastrar a las partículas de enturbiamiento, pero a su vez se llevan consigo polifenoles que permitieron que los sólidos indeseables coagularán y precipitarán (Aleixandre, 1996; Bryce, 2000), además es importante recordar que en este estudio se utilizó



como clarificante albúmina de huevo, la cual es bien conocida que arrastra una gran cantidad de polifenoles (Huerta, 2006). No obstante también la cantidad de compuestos fenólicos presentes en el vino dependerá de factores como la temperatura, prácticas de remontaje y mezclado, concentración de etanol, pH, etc. que se involucran durante el proceso de vinificación (Fernández *et al.*, 2007). Obteniendo una disminución de aproximadamente 80% en la concentración de fenoles de principio a fin del proceso, ya que el tipo de vinificación influye por una parte sobre fenómenos químicos, bioquímicos y de interacción molecular en los cuales están implicados los polifenoles como: la oxidación, degradación y condensación (Flanzy, 2003). Por otra parte en vinos blancos, un factor que alterará de manera importante la composición de compuestos fenólicos es la oxidación, debido a que es muy susceptible al pardeamiento oxidativo y a la oxidación enzimática y no enzimática (Simpson, 1982).

4.1.2 Efecto del proceso de vinificación de un vino blanco joven sobre la capacidad antioxidante

Algunos autores indican que tanto el vino blanco y el tinto son considerados como fuentes ricas en compuestos polifenólicos, que actúan ejerciendo acciones anti-inflamatorias y antioxidantes (Cordova *et al.*, 2005; Xanthopoulou *et al.*, 2010). Por lo demás hay estudios epidemiológicos recientes así como estudios *in vitro*, que sugieren que el vino blanco también puede proteger de las enfermedades cardiovasculares de manera similar al vino tinto. Más específicamente, se ha informado que los vinos y mostos blancos tienen también una capacidad significativa para inhibir *in vitro* la agregación plaquetaria (Fragopoulou *et al.*, 2003), mientras que los estudios clínicos (Rajdl *et al.*, 2007; Xanthopoulou *et al.*, 2010) también apoyan el efecto cardioprotector de los vinos blancos.

Por otra parte, este trabajo también tuvo como fin, el estudio del efecto de las etapas de vinificación en la capacidad antioxidante de un vino blanco (Figura 25),



por dos razones elementales, primeramente por los aportes benéficos que se le atribuyen en el organismo a esta propiedad y finalmente por la importancia de su relación existente con los compuestos fenólicos (Segovia, 2011).

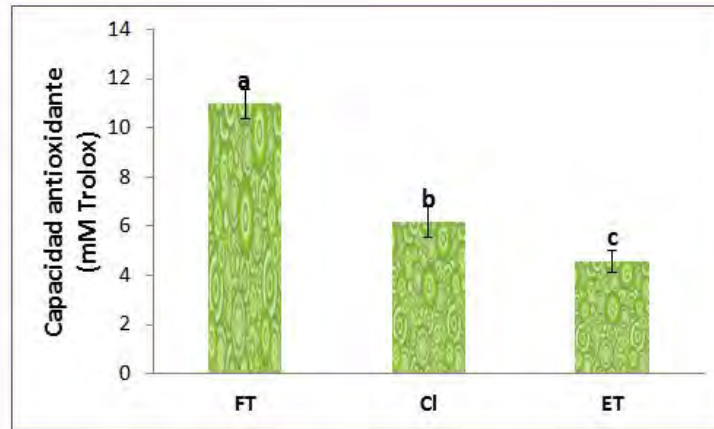


Figura 25. Capacidad antioxidante en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco varietal. Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la capacidad antioxidante se señala diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las tres etapas del proceso lo cual coincide con el contenido de fenoles totales, mostrándose una clara disminución de capacidad antioxidante durante la etapa que va de la fermentación-trasiego a la clarificación representada por el 44% y durante la etapa de clarificación a la etapa de estabilización tartárica con un 26%, encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$), siendo similar el comportamiento a lo observado en el contenido de fenoles, debido a que la capacidad antioxidante durante el proceso de vinificación se ve afectada por los mismos fenómenos físicos, químicos, bioquímicos y de interacción molecular que los polifenoles; resaltando principalmente los fenómenos bioquímicos (oxidación), pues la oxidación es uno de los procesos más importantes en el deterioro de los productos alimenticios y son precisamente los antioxidantes los encargados de prevenir su depreciación ocasionada por reacciones oxidativas (Baardseth, 1989., Flanzky, 2003; Soto *et al.*, 2008). Así como, se puede concluir que, el nivel de compuestos fenólicos se ve afectado por las tecnologías de vinificación, ocurriendo el mayor



descenso de la etapa que implica la fermentación a la clarificación, coincidiendo entonces con un estudio realizado por Girotti *et al.* (2006) en el que se demuestra que la capacidad antioxidante del vino disminuye durante la vinificación y se hace hincapié en que se experimenta el mayor descenso (aproximadamente del 30-50%) durante el procedimiento de aclaración, debido a los agentes clarificantes utilizados y al contacto con el oxígeno.

4.1.3 Efecto del proceso de vinificación en un vino blanco joven sobre los parámetros fisicoquímicos

En enología se distinguen distintas formas de acidez: acidez total, acidez volátil y acidez fija, cada una de ellas con una importancia distinta con respecto al equilibrio fisicoquímico u organoléptico del vino (Hidalgo, 2010). La acidez proviene principalmente de cuatro vías; la primera es regularmente el resultado de los ácidos procedentes de la uva (tartárico, málico, cítrico), la otra es la proveniente de las fermentaciones (láctico, succínico, acético, etc.), la tercera de las conservaciones (SO_2 , CO_2) y la última vía se deriva de las evoluciones naturales que se hacen durante la transformación de uva a vino (Blouin & Peynaud, 2003).

Debido a los cambios en la acidez que le ocurren durante las tres últimas vías al vino, además considerando que el lugar donde fueron elaborados estos vinos (Querétaro), se caracteriza por ser una región donde se obtiene una acidez total elevada y está acidez está relacionada directamente con el pH, pues conforme disminuye la acidez total de los vinos su pH aumenta (Dequin *et al.*, 1999); se propusieron estudiar estos parámetros fisicoquímicos tan representativos en la estabilidad y equilibrio de un vino. Por lo que en el presente trabajo se describirán los resultados obtenidos para la acidez total, acidez fija, acidez volátil y pH de 3 vinos, uno blanco (apartado 4.1.3) y dos tintos (apartado 4.2.3).



❖ **Acidez total**

La acidez tiene un papel esencial en la determinación biotecnológica, la estabilidad, las características sensoriales y el equilibrio gustativo de los vinos con el frescor, los sabores azucarados y tánicos (Blouin & Peynaud, 2003; Gil *et al.*, 2009). El sabor ácido presente en todos los vinos está más marcado en los blancos jóvenes, en teoría cuanto más septentrional sea el cultivo, aportando frescura y conjugando la sensación de equilibrio con el alcohol (Gil *et al.*, 2009).

Por su parte la acidez total de un vino de mesa, está representada por la suma de los ácidos volátiles (acético) y no volátiles (tartárico, málico, cítrico, láctico, succínico), cuando éste es valorado a un pH 7 (según la O.I.V. 2009) o pH 8,2 (según la NMX-V-015-NORMEX-2006). La acidez total se debe encontrar en un intervalo recomendado de 5.5 a 8.5 g/L de ácido tartárico (Jackson, 2008) y en un intervalo de 4.5 a 10 g/L de ácido tartárico según la NMX-V-15-NORMEX-2006, para ser considerado como un vino de buena calidad.

En la Figura 26 se muestran los resultados obtenidos de los cambios de la acidez total durante la vinificación en blanco, en donde se observa que el contenido de acidez total en las etapas de clarificación y estabilización tartárica no presentan diferencia significativa ($p \geq 0.05$) respecto a la acidez total en la fermentación-trasiego, sin embargo, la etapa de fermentación-trasiego si presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) respecto a las 2 etapas anteriores, obteniendo una disminución del 9.46% durante el proceso. Esta disminución en la acidez total del vino se explica, porque uno de los objetivos del enólogo es disminuirla a lo largo del proceso, pues se requiere que esta sea baja para obtener un balance en el sabor de los vinos además que, una menor acidez total se interpreta como una característica de buena calidad (Navarrete, 1998).



Por otra parte, como se puede notar según los rangos de acidez total óptimos mencionados anteriormente, éste vino presentó una acidez total muy elevada, pudiéndose atribuir a la región, sin embargo, se encuentra dentro de los límites establecidos por la NMX-V-15-NORMEX-2006 (4.5-10g/L de ácido tartárico) para ser considerado como un vino de buena calidad.

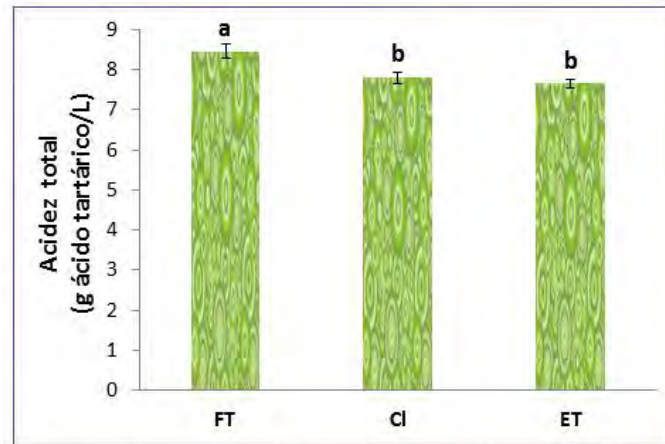


Figura 26. Contenido de acidez total en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco varietal. Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

❖ Acidez fija

Se considera que la acidez fija es la acidez total menos la acidez volátil, es decir, el conjunto de ácidos no volátiles contenidos en el vino, incluyendo los ácidos málico, tartárico, cítrico, láctico, succínico y los ácidos inorgánicos (Amerine & Ough, 1976; Zoecklein *et al.*, 2001). El conocimiento de la acidez fija se requiere en ciertas fórmulas utilizadas en Europa con el propósito de detectar la adición de agua al vino (Amerine & Ough, 1976; Usseglio, 1998). En México los límites establecidos para el contenido de acidez fija de acuerdo a la NMX-V-15-NORMEX-2006 es tener niveles mínimos de 4 g/L ácido tartárico, no especificando un máximo en cuanto al contenido.



En la Figura 27 se observan los resultados de acidez fija obtenidos en el vino blanco varietal durante el proceso en las etapas de fermentación trasiego, clarificación y estabilización tartárica.

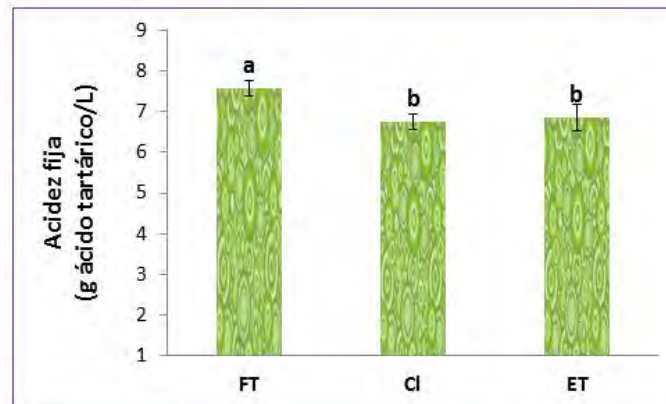


Figura 27. Contenido de acidez fija en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco varietal. Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Los resultados de acidez fija (g ácido tartárico/L) obtenidos en las dos últimas etapas del proceso evaluadas (clarificación y estabilización tartárica) no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$), sin embargo, si existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la primer etapa del proceso evaluada (fermentación-trasiego) respecto a la clarificación.

En la Figura 27 se observan los resultados de acidez fija obtenidos en el vino blanco varietal durante el proceso. Obteniendo una pérdida en el contenido de acidez fija del 11% debida principalmente a la etapa que va de la fermentación-trasiego a la clarificación.

La disminución de la acidez fija obtenida durante el proceso para la obtención de un vino, se explica a que debido a su exceso de acidez desde un inicio del muestreo el vino pudo ser sometido a una desacidificación biológica o química (Aleixandre, 1996).



Por otra parte las concentraciones de acidez fija en el vino blanco se encuentran de acuerdo a lo que establece la NMX-V-15-NORMEX-2006 (niveles mínimos de 4 g/L de ácido tartárico).

❖ **Acidez volátil**

La acidez volátil (AV) se deriva de los ácidos de la serie acética que se encuentran en el vino en estado libre y combinado en forma de sales (OIV, 2009). Se ha reportado que el ácido volátil mayoritario en vinos es el acético el cuál proviene de la fermentación alcohólica por levaduras, mientras que el ácido fórmico, butírico y propiónico están presentes en muy bajas concentraciones. Este ácido mayoritario actúa como un saborizante deseable el cual añade complejidad al olor y sabor del vino (Cabanis, 2003; Navarrete, 1998). En consecuencia, su producción se monitorea y se controla durante todo el proceso cuidadosamente y cuando se encuentra por encima de 0.8 g/L de ácido acético según la OIV (2009), o fuera de los límites legales que son 1.2 g/L de ácido acético según la NMX-V-15-NORMEX-2006, podría conferir un indeseable aroma a vinagre al vino, afectando negativamente la calidad del mismo (Viela *et al.*, 2013).

En la Figura 28 se muestran los resultados obtenidos de la acidez volátil de un vino blanco varietal, durante tres etapas del proceso, en donde se puede notar que los valores de acidez volátil disminuyeron desde la primera etapa evaluada, con el propósito de poder encontrarse dentro de los límites legales. Se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) únicamente en la etapa de fermentación-trasiego respecto a la clarificación, obteniendo una disminución en la acidez volátil del 35%.

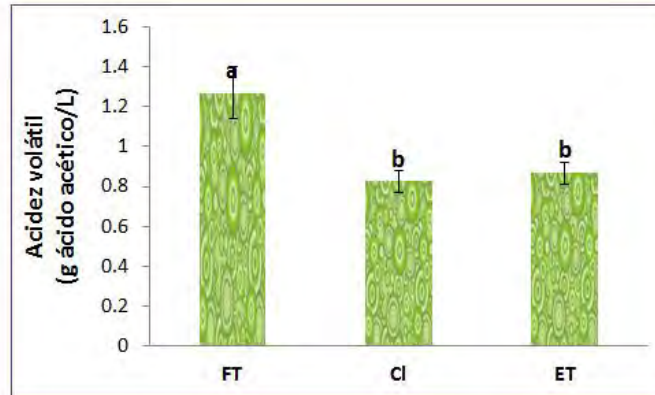


Figura 28. Contenido de acidez volátil en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI) y estabilización tartárica (ET) en vino blanco varietal. Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Esta disminución provocada por la etapa que va de la fermentación-trasiego a la clarificación, puede deberse a que es durante la etapa de fermentación donde el ácido acético se produce de diversas maneras principalmente por levaduras *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación de vinos nuevos (Ribereau-Gayon, 1998) y cuando el vino pasa a la etapa de clarificación es fundamental para el productor de vino reducir estos valores de acidez al inhibir el crecimiento no deseado de bacterias de ácido acético en el vino, controlando factores dentro del proceso de vinificación como el oxígeno y el pH (Du Toit & Pretorius, 2002). Por lo que se obtuvo un vino con una acidez volátil que se encuentra dentro de los límites (1.2 g/L de ácido acético) que no afectan la calidad de un vino, según la NMX-V-15-NORMEX-2006.

❖ pH

El pH está determinado por la concentración de iones H^+ liberados por los ácidos libres (Hidalgo, 2010). Este parámetro afecta notablemente el sabor de un vino debido a la influencia de los ácidos tartárico, málico y láctico (Blouin & Peynaud, 2003).



Por lo que generalmente se busca que el pH de un vino blanco se encuentre en aproximadamente 3.0-3.3, sin embargo, siempre se trata de evitar valores de pH en el vino mayores de 4.0 (Cabello, 2013).

A continuación en la Figura 29 se muestran los resultados obtenidos para el pH durante el muestreo de las 3 etapas del proceso en el vino blanco, en donde se puede observar que solo existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el pH obtenido durante la fermentación-trasiego con respecto a la clarificación y la estabilización tartárica en frío; registrándose un aumento de casi el 9% desde el inicio del proceso. El pH final del producto fue bajo, comparado con lo establecido por Cabello (2013) quién reporta un intervalo de 3.3 a 3.6.

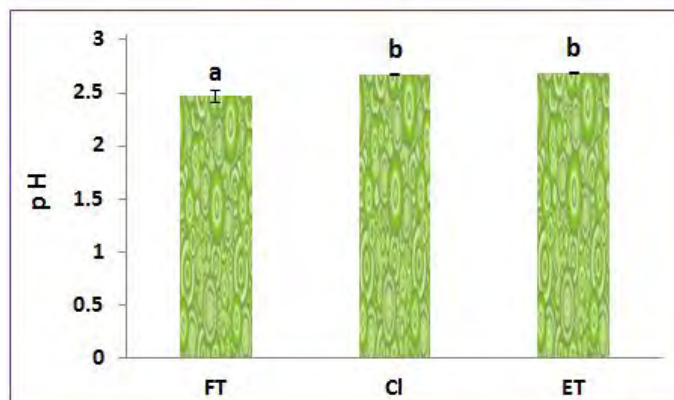


Figura 29. pH obtenido en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego, clarificación y eabilización tartárica en vino blanco varietal. Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

El aumento del 9% en este parámetro se puede explicar debido a que el pH tiene relación con la acidez del vino, pues dicho aumento en el pH es inversamente proporcional a la disminución en su acidez; esto se debe a que conforme disminuye la acidez total de los vinos su pH aumenta, ya que la acidez está determinada por la concentración de ácidos orgánicos presentes (ácido málico, tartárico, cítrico, etc.) (Dequin *et al.*, 1999).



4.2 Efecto de las diferentes etapas del proceso de vinificación en los parámetros químicos, fisicoquímicos y capacidad antioxidante de dos vinos tintos jóvenes comercializados a granel.

4.2.1 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en el contenido de fenoles en vinos tintos jóvenes comercializados a granel

Particularmente, los vinos tintos presentan mayores cantidades de compuestos fenólicos que los vinos blancos, ya que su jugo es fermentado junto con la cáscara de la uva (Waterhouse & Ann, 2002; Fragopoulou *et al.*, 2003). Si bien, los vinos tintos pueden contener hasta 3000 mg L^{-1} de compuestos fenólicos (Landrault *et al.*, 2001), los cuáles se pueden agrupar en ácidos hidroxibenzoicos y ácidos hidroxicinámicos, flavanoles, antocianinas, flavonoles, estilbenos y en taninos (que representan más de la mitad de los compuestos fenólicos totales) (Van-Leeuw, *et al.*, 2014). Estos componentes fenólicos, son considerados como los responsables de las diferencias entre los vinos tintos y blancos, como el color, sabor, sensaciones en boca, astringencia y amargor (Ivanova *et al.*, 2015) y al igual que los vinos blancos su contenido fenólico se verá afectado por la vinificación.

En la Figura 30 se presentan los resultados del contenido de fenoles obtenidos durante los cuatro puntos del proceso estudiado (fermentación-trasiego, clarificación, estabilización tartárica en frío y filtración enfriamiento), en dos vinos tintos: vino varietal (Figura 30.A) y vino monovarietal (Figura 30. B).

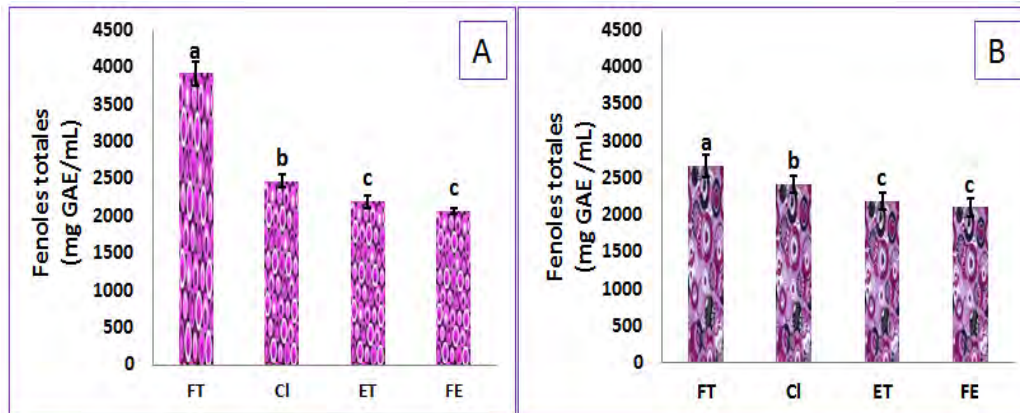


Figura 30. Contenido de Fenoles Totales en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto varietal (A) y en vino tinto monovarietal Cabernet Sauvignon (B). Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

De acuerdo a los datos representados en la Figura 30.A se obtuvo que el efecto del proceso de vinificación sobre el contenido de fenoles totales en el vino varietal presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las etapas de fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica en frío, mientras que el contenido de fenoles totales después de la filtración-enfriamiento no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con respecto a la etapa de clarificación, observándose por lo tanto, una disminución del 59% en el contenido de fenoles totales desde el inicio al fin del proceso. Para el caso de vino tinto monovarietal (Figura 30.B) también se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de fenoles en las primeras etapas de proceso: fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica en frío, mientras que el contenido de estos compuestos después del filtrado-enfriamiento no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con respecto a la etapa de clarificación, teniendo así una disminución de aproximadamente el 20% desde que comienza la vinificación. Obteniendo entonces una diferencia importante entre el inicio del proceso de vinificación y el final para ambos vinos, siendo alrededor del 40% mayor en el vino varietal que en el monovarietal. Sin embargo la última etapa evaluada del proceso no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el contenido de fenoles totales para ambos vinos, coincidiendo este comportamiento constante



en la última etapa evaluada con el trabajo realizado por Girotti *et al.* (2006) donde la estabilización tartárica y filtración que se encuentran en los puntos que el evaluó (muestreo-filtración) no causan efecto alguno en el contenido de fenoles totales.

Tal divergencia en los porcentajes de disminución es debida a que la composición fenólica del vino va a depender a la vez de la materia prima y del tipo de proceso de vinificación adoptado, pues ésta va a influir por una parte sobre fenómenos físicos como la difusión de compuestos desde las partes sólidas hacia el mosto, y por otra parte influye sobre los fenómenos bioquímicos y químicos en los cuales están implicados los polifenoles como la oxidación, la degradación y la condensación (Gallego, 2009). Sin embargo, el comportamiento de la disminución del contenido de fenoles fue el mismo, es decir, que la etapa que mayor contenido de fenoles presentó en la evaluación para ambos vinos fue la fermentación-trasiego y posteriormente estos compuestos fueron disminuyendo conforme iba avanzando el proceso hasta quedarse en un punto constante en la última etapa. Pues ambos vinos se vieron sometidos a operaciones que afectan de manera importante la composición de fenoles (Rodríguez *et al.*, 2007).

Respecto al primer descenso significativo observado para ambos vinos, durante la fermentación-trasiego a la clarificación se puede decir que entre estos puntos existen otras etapas que conllevan a una importante disminución de fenoles, estas etapas son: fermentación maloláctica, descube y trasiego. Por su parte en la fermentación maloláctica, los compuestos fenólicos van a influir en el crecimiento de bacterias lácticas, especialmente *Oenococcus oeni*, algunas especies de los géneros *Lactobacillus* y *Pediococcus*, por lo que algunos de ellos van a ser degradados por estas bacterias como consecuencia de su crecimiento en el mosto y vino (Muñoz *et al.*, 2005). Ahora bien, el descube y el trasiego son operaciones que implican el contacto con el oxígeno. En lo que respecta la disminución del contenido en la clarificación, puede ser debida a que diferentes agentes de afinado



eliminan el exceso de compuestos fenólicos respectivamente (Girotti *et al.*, 2006) pues, las proteínas hacen que precipiten los fenoles durante la clarificación y finalmente provocan el descenso en la composición fenólica.

Concluyendo por lo tanto que el contenido final de fenoles totales para los tres vinos estudiados fue diferente, debido a que estos contenidos en el vino dependerán de diferentes factores, como pueden ser la variedad de uvas, extracción, tipo de almacenamiento, etc. (Ávalos *et al.*, 2001; Corder *et al.*, 2006), pero principalmente se notó que la tecnología de elaboración del vino es uno de los factores que afectan la cantidad de fenoles y es una variable que se puede controlar (Atanackovic *et al.*, 2012), pues varios autores (Sims *et al.*, 1995; Castellari *et al.*, 1998; Vidal *et al.*, 2001) demuestran que ciertas operaciones tecnológicas permiten una disminución del contenido de los niveles de fenoles totales, como los diferentes tratamientos de clarificación y fermentación, u operaciones que implican el consumo de oxígeno como la filtración, centrifugación, descube, trasiego, bombeo, etc.

Por otra parte, la importancia de los compuestos fenólicos desde el enfoque con la salud, recae en los flavonoides, siendo principalmente las antocianinas y los taninos condensados, los más estudiados, ya que presentan importantes beneficios a diversas actividades farmacológicas, tales como anti-inflamatorio, anti-alérgico, anti-viral (Issuree *et al.*, 2009), antioxidante y antimicrobial (Yang *et al.*, 2001). Además, estos componentes fenólicos, son considerados como los responsables de las diferencias entre los vinos tintos y blancos, como el color, sabor, sensaciones en boca, astringencia y amargor (Ivanova *et al.*, 2015) ya que se encuentran ausentes en los vinos y uvas de especie blanca (Flanzy, 2003).

Es por esta razón que se llevó a cabo el estudio del efecto de las etapas del proceso de vinificación en tinto de estos compuestos tan representativos de los fenoles, el cual se muestra a continuación.



4.2.2 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en el contenido de antocianos en vinos tintos jóvenes a granel

Las antocianinas o antocianos son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos unidos por una cadena de 3 Carbonos (Durst & Wrolstad; 2001). En la vid se encuentran presentes solamente 5 antocianidinas que son: malvidina, petunidina, delphinidina, peonidina y cianidina, que en la naturaleza se encuentran unidas a azúcares, principalmente glucosa, formando antocianinas (Cheynier *et al.*, 2000 & Morales, 2001). Las antocianinas son consideradas como los pigmentos responsables del color rojo de los vinos tintos jóvenes, las cuales son encontrados principalmente en la cáscara y pulpa de las uvas, ofreciendo una capacidad antioxidante significativa (Muñoz *et al.*, 2004). Asimismo estos compuestos, al igual que los fenoles tienen efectos terapéuticos relacionados con su actividad antioxidante, pues estudios con fracciones de antocianinas provenientes del vino han demostrado que estas son efectivas en atrapar especies reactivas del oxígeno, además de inhibir la oxidación de lipoproteínas y la agregación de plaquetas (Ghiselli *et al.*, 1998; Garzón, 2008).

Por lo que se llevó a cabo la cuantificación de estos pigmentos hidrosolubles durante las etapas de vinificación de dos vinos tintos, presentando los resultados en la Figura 31.

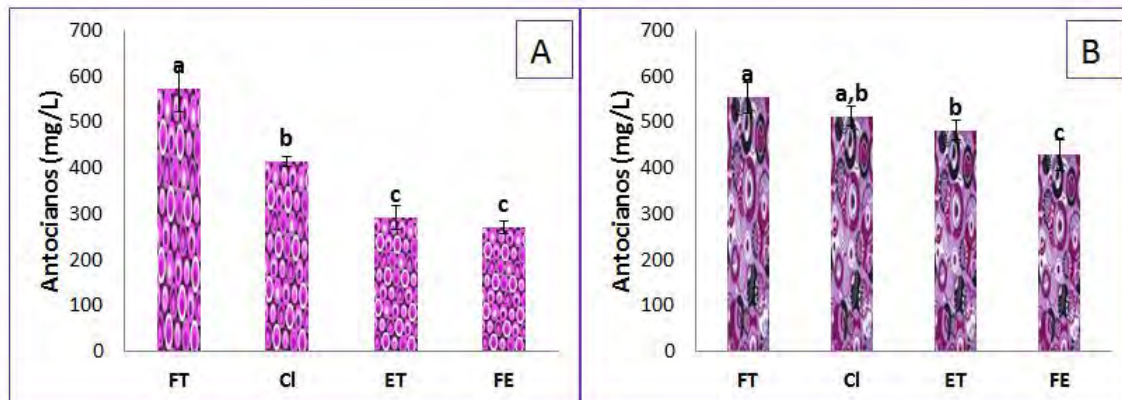


Figura 31. Contenido de antocianos en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto varietal (A) y en vino tinto monovarietal Cabernet Sauvignon (B). Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la Figura 31.A se expresan los resultados obtenidos para el vino varietal, en donde se aprecia diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de antocianos para las etapas de fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica en frío no siendo así para la etapa de filtración-enfriamiento. Obteniendo una disminución de antocianinas de aproximadamente 50% desde la etapa de fermentación hasta el enfriamiento; siendo la etapa de fermentación-trasiego a clarificación y la etapa de clarificación a estabilización tartárica donde se obtuvieron mayores pérdidas en el contenido de antocianos, con más del 25% en cada una. En cuanto al vino tinto monovarietal (Figura 31.B) se obtuvo una disminución del 20% de principio a fin del proceso, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en todas las etapas del proceso; sin embargo, las etapas que más influyeron en la disminución del contenido de estos compuestos fueron las mismas que para el vino tinto varietal, provocando una disminución en el contenido de antocianos de aproximadamente 7% en cada una.

Este comportamiento del contenido de antocianinas en ambos procesos es debido a que, durante la elaboración del vino, las antocianinas alcanzan un nivel máximo después de pocos días de maceración, seguido por la disminución de su



contenido durante la fermentación, pues según ésta progresa, el nivel de antocianinas disminuye debido a la polimerización entre taninos y antocianinas (Shahidi & Naczk, 2004), posteriormente existe una disminución en la estabilización y el almacenamiento como resultado de la co-precipitación con sales de ácido tartárico en una forma de material coloidal, la adsorción en las paredes celulares de levadura, la eliminación durante la filtración (este fenómeno solo se pudo notar durante el proceso de elaboración del vino mezcla, concordando con los estudios de Girotti, 2006 donde también observa una disminución de compuestos fenólicos, que en este caso fueron antocianinas, durante esta etapa de filtración, debido a su absorción en el soporte de la filtración y el consumo de oxígeno que existe), otra etapa que influye en la degradación de estos compuestos es la clarificación pues las distintas polaridades de los agentes de afinado definen la capacidad para retener o absorber diferentes antocianinas y otros fenoles (González *et al.*, 2014).

No obstante, es importante considerar que además de estos fenómenos que afectan a las antocianinas durante la vinificación, se suman a su disminución en cada etapa, otros factores como el oxígeno y la temperatura, pues estos compuestos son altamente inestables y susceptibles a la degradación oxidativa que sucede a través de varios procesos en la elaboración del vino e inestables debido a diversos factores involucrados durante el proceso como la temperatura, pues se ha encontrado que antocianinas son relativamente estables hasta 25°C y por encima de este punto la degradación de los complejos parece ser inevitable, (Czibulya *et al.*, 2015).

Como bien se pudo observar el contenido de antocianinas para cada vino fue distinta, esto debido a que se trataba de vinos trabajados con variedades diferentes de uva lo que implica en primer lugar esta divergencia en cuanto a la cantidad y composición de las antocianinas que se encontraban presentes en las



uvas antes de que fueran destinadas a la elaboración de cada vino tinto (Mazza, 1995), también se debe a que tanto se ven afectados estos pigmentos del vino por algunas de las operaciones realizadas durante el proceso de elaboración del vino (maceración, fermentación y añejamiento) (Somers & Evans, 1979), o por algunas variaciones de pH, concentración de SO_2 , temperatura y tiempo de almacenamiento (Dallas & Laureano, 1994; Garzón, 2008).

4.2.3 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en el contenido de taninos en vinos tintos jóvenes a granel

Existen otros compuestos muy importantes en cuanto a la composición de fenoles, el grupo de taninos, que comprende compuestos fenólicos muy diferentes entre ellos, pero se caracterizan por ser sustancias capaces de dar combinaciones estables con las proteínas y con otros polímeros vegetales como los polisacáridos. Esta propiedad para combinarse, explica su perfil astringente causado por las precipitaciones de las proteínas de la saliva (Usseglio, 1998).

Particularmente, los taninos son moléculas fenólicas grandes, divididas en dos clases: taninos condensados y taninos hidrolizables. Por su parte, los taninos condensados o proantocianidinas deben su nombre al hecho de que, al ser calentadas en medio ácido y en presencia de oxígeno, dan lugar a antocianidinas (Peña, 1999), se encuentran presentes en todas las partes sólidas del racimo (piel, pepitas, raspón) y se disuelven con el vino en la maceración; su concentración oscila entre 1 y 4 g/L (Méndez, 1987; Méndez, 2005). Y bien, los taninos hidrolizables están basados en fenoles no flavonoides encontrándose en forma de ésteres (Zoecklein *et al.*, 2001), se disuelven bien en agua y alcohol, y no se encuentran presentes en la uva, sino que proceden del roble en contacto con el vino durante el proceso de envejecimiento (Méndez, 2005), así que en los vinos estudiados en el presente trabajo, al ser vinos jóvenes no se encuentran presentes los taninos hidrolizables.



En la Figura 32 se muestran los resultados obtenidos del efecto de las etapas de vinificación sobre el contenido de taninos en dos vinos tintos, un vino tinto varietal (Figura 32.A) y un vino tinto monovarietal (Figura 32.B).

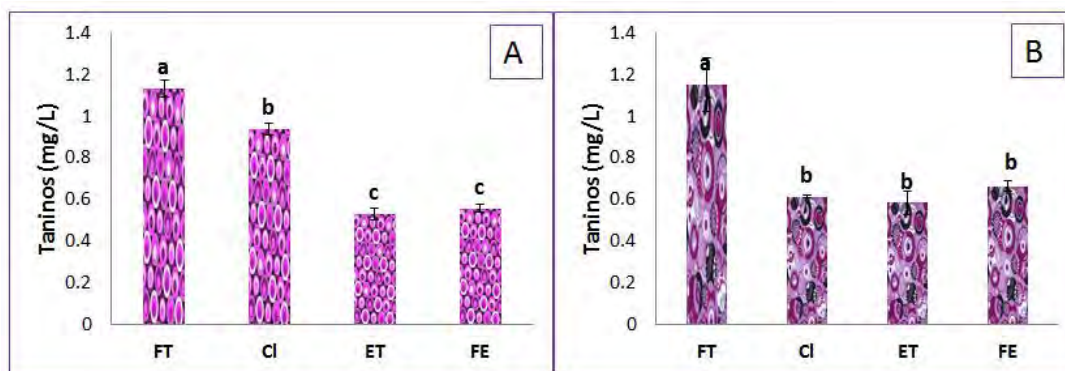


Figura 32. Contenido de taninos en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (Cl), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto varietal (A) y en vino tinto monovarietal (B). Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

De acuerdo con los resultados de taninos obtenidos para vino tinto varietal (Figura 32.A), se observó que el contenido de taninos presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las tres primeras etapas del proceso. Teniendo una disminución del 16.8% de la fermentación-trasiego a la clarificación y una disminución del 43.6 % de la clarificación a la estabilización tartárica. Sin embargo no se obtuvo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) para la última etapa del proceso (filtración-enfriamiento). Finalmente resultando una disminución de aproximadamente 50% a lo largo del proceso. Sin embargo, para el vino monovarietal (Figura 32.B), solo se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la fermentación-trasiego respecto a la clarificación, la etapa de estabilización tartárica y filtración-enfriamiento no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$), resultando entonces que la concentración de estos compuestos disminuyó cerca del 40% del principio al término del proceso. Por lo tanto se obtuvo en ambos vinos un porcentaje importante de disminución, pues cerca de la mitad del contenido de taninos se perdió durante el proceso. El vino varietal presentó una disminución del 17% de la etapa de fermentación-trasiego a la etapa de clarificación comparado con el casi



50% que se obtuvo en las mismas etapas con el vino monovarietal; respecto a la etapa de clarificación a estabilización tartárica, en el vino varietal se obtuvo una disminución del 43% y en el vino monovarietal el contenido no fue significativo ($p \geq 0.05$).

La razón de este comportamiento tanto para antocianinas como para taninos podría deberse a que su acción durante la clarificación y estabilización se centra principalmente en las antocianinas polimerizadas y los taninos poliméricos, la consecuencia organoléptica es la disminución de astringencia por eliminar los taninos más reactivos con las proteínas (Molina, 1994). Pues bien, de acuerdo con un estudio realizado por González *et al.* (2014) en general el contenido total de polifenoles de los vinos es disminuido en la clarificación, y es principalmente con el uso de albúmina de huevo como clarificante donde el descenso es más notorio, recalcando que este comportamiento es debido al efecto de este clarificante sobre los taninos, por lo demás, coincidiendo con Cosme *et al.* (2009), quienes declararon que la albúmina de huevo y gelatina de bajo peso molecular pueden llegar a remover del 20-28 % de los taninos condensados en el vino. Sin embargo, el diferente comportamiento observado en los diferentes vinos podría ser relacionado con las diferencias en la composición de los mismos, pues varios autores indican que las interacciones entre taninos y proteínas están influenciadas por las concentraciones y las características de ambos compuestos, tales como el tamaño molecular y la estructura (González *et al.*, 2014; Karamanidou *et al.*, 2011; Maury *et al.*, 2001; Sarni-Manchado *et al.*, 1999; Versari *et al.*, 1998).

Por otro lado la acidez puede provocar problemas en el contenido de taninos, principalmente un aumento de acidez, o un pH menor a 3,2; debido al aumento de la concentración de protones, que se unirán al tanino cargado negativamente provocando como consecuencia la producción de ácido tánico. Lo que provocará la disminución del tanino activo que es el que se une a las proteínas cargadas



positivamente, causando su floculación y posterior clarificación (Molina, 1994; Huerta, 2006). Por lo que se podrá observar más adelante, que los 2 vinos tintos permanecieron bajo estas condiciones desfavorables de pH y acidez durante todo el proceso.

4.2.4 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en la capacidad antioxidante en vinos tintos jóvenes a granel

Una de las fuentes más importantes de antioxidantes es el vino, principalmente el vino tinto, el cual tiene como propiedades beneficiosas, la disminución del riesgo coronario y prevención de enfermedades crónicas asociadas al estrés oxidativo, como la arterioesclerosis, artritis, demencia y cáncer, han sido atribuidas a su alto contenido de compuestos bioactivos, polifenoles que permiten prevenir reacciones oxidativas de degradación (Katalinic *et al.*, 2004; Monagas *et al.*, 2006 & Salazar *et al.*, 2011). Asimismo, se considera que los vinos tintos tienen un efecto más protector que los vinos blancos, debido a su mayor contenido en compuestos antioxidantes que son liberados de la piel de la uva y las semillas (Shafiee *et al.*, 2003; Ginjom *et al.*, 2010), conteniendo principalmente flavan-3-oles, antocianinas y ácido tánico, aunque se cree que la propiedades antioxidantes de los vinos tintos están vinculados con la concentración total de polifenoles y no con su concentración individual (Makris *et al.*, 2003).

En los vinos tintos se evaluó la actividad antioxidante, los resultados se muestran en la Figura 33 donde se puede observar que el vino varietal de uvas presentó mayor actividad antioxidante en comparación con el vino monovarietal, sin embargo la cantidad de fenoles al final del proceso fue menor en el vino varietal.

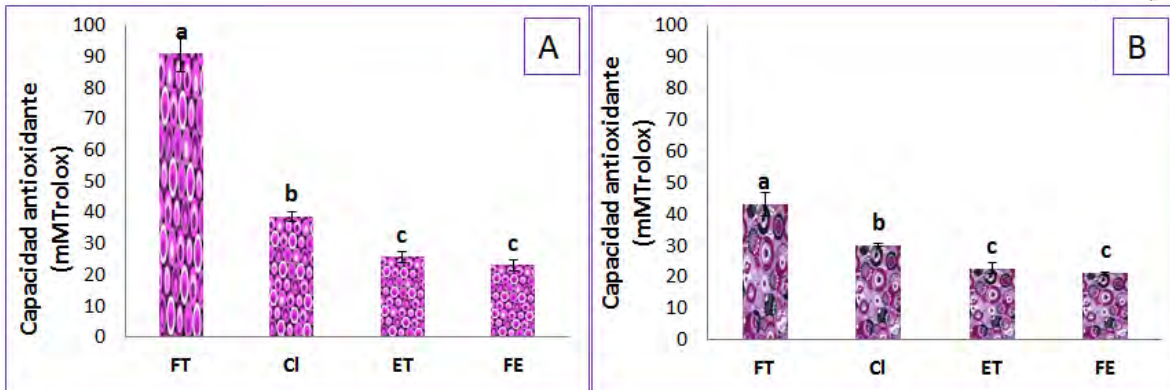


Figura 33. Capacidad antioxidante en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE en vino tinto varietal (A) y en vino tinto monovarietal (B). Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Al evaluar el efecto del proceso de vinificación sobre la capacidad antioxidante de vino tinto varietal (Figura 33.A) se observó que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para las tres primeras etapas (fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica) no siendo así para la última etapa del proceso (filtración-enfriamiento), con una disminución del 57.4% de la fermentación-trasiego a la clarificación, seguida por una disminución del 33.4% de la clarificación a la estabilización tartárica. Teniendo de principio a fin del proceso una disminución aproximadamente del 70%. Finalmente en los resultados para el proceso de vino tinto Cabernet Sauvignon (Figura 33.B) se obtuvo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para las tres primeras etapas del proceso: fermentación- trasiego, clarificación y estabilización tartárica, no siendo así para la última etapa (filtración-enfriamiento); resultando una tendencia a disminuir la concentración de aproximadamente el 50% conforme avanza la vinificación; esto se puede deber a que el contenido de antioxidantes en uva o vino está en directa relación con el contenido de diferentes polifenoles (Zuñiga, 2005), pues la estructura química de dichos compuestos les permite actuar como antioxidantes, neutralizando los radicales libres (Baiano *et al.*, 2009; Van-Leeuwa *et al*, 2014), es entonces que la disminución o cambios durante el proceso de la capacidad antioxidante se deberá a los procesos de degradación y de evolución de los polifenoles que se producen durante la vinificación, los



cuáles son regidos principalmente por dos tipos de mecanismos. El primero hace intervenir reacciones bioquímicas, catalizadas por diferentes enzimas, mientras que el segundo lleva consigo fenómenos químicos (Flanzy, 2003).

Por otro lado, los resultados obtenidos al inicio del muestreo coinciden con los encontrados por Girotti *et al.* (2006), donde la capacidad era la más grande al comienzo del muestreo (en la fermentación) y posteriormente fue decreciendo. En el presente estudio, el mayor porcentaje de disminución se presentó en el muestreo de los primeros puntos (fermentación-trasiego y clarificación), teniendo para el vino tinto varietal un 57.5% (41.8% fenoles) y para el vino tinto monovarietal un 30.20% (9% fenoles), no obstante se presentó un último descenso, de la etapa de clarificación a la etapa de estabilización tartárica representado con el 33.45% (30% fenoles) en el vino tinto varietal y con el 24.26%(9 fenoles) en el vino tinto monovarietal. Al comparar el porcentaje de los resultados obtenidos en fenoles totales y capacidad antioxidante para ambos vinos, se puede observar que el porcentaje de disminución fue mayor en la capacidad antioxidante que en fenoles totales, además que la cantidad de fenoles obtenidos para el vino tinto varietal fue menor a la cantidad obtenida en el vino monovarietal en las etapas de clarificación, estabilización tartárica y filtración-enfriamiento (no significativa ($p \geq 0.05$)), sin embargo, pese a la mayor cantidad de fenoles obtenidos, el vino varietal presentó casi la misma capacidad antioxidante (arriba de 20 Mm de trolox), el comportamiento de estos parámetros puede deberse a diversos factores, primero, a que la contribución de cada compuesto en particular depende no sólo de su concentración y de su calidad antioxidante, sino también de su interacción con otros componentes (Sánchez, 2013), a sí mismo que la actividad antioxidante es dada por la sumatoria de las actividades antioxidantes de los componentes individuales del producto, y se verá modificada a veces por el efecto sinergista o inhibidor de cada uno de ellos (Avalos *et al.*, 2003) también pudo ser debido probablemente a la oxidación de los compuestos



fenólicos con mayor efecto antioxidante como el galato de epicatequina, galato de epigallocatequina, quercetina, delphinidina, etc. (Maxwell, 1997), es decir, estos compuestos que están presentes en el vino en cantidades menores que otros fenoles afectan la capacidad antioxidante más que el índice total de fenoles totales (Maxwell, 1997 & Minussi *et al.*, 2003). No obstante, la composición fenólica de un vino tinto y a su vez su capacidad antioxidante, dependerán por supuesto de la concentración de compuestos fenólicos en pieles, pulpa y semillas (Baiano *et al.*, 2009 & Van-Leeuwa *et al.*, 2014), sin embargo, no todos los compuestos fenólicos muestran la misma capacidad antioxidante, y la composición fenólica de vino puede ser fuertemente afectada, no sólo cualitativamente sino también cuantitativamente, mediante métodos de cultivo, variedades de uva, la madurez en la cosecha, (Pérez & González, 2004) y también se verá afectada por las técnicas de vinificación y prácticas enológicas (Baiano *et al.*, 2009 & Van-Leeuwa *et al.*, 2014).

4.2.5 Evaluación del efecto del proceso de vinificación en los parámetros fisicoquímicos en vinos tintos jóvenes a granel.

❖ Acidez total

Los vinos tintos que se elaboran en el centro de México generalmente presentan concentraciones de acidez relativamente elevadas, debido a las temperaturas moderadas que se presentan durante el desarrollo del fruto, lo cual les confiere un sabor no deseable por las alteraciones causadas en sus propiedades organolépticas (Flores *et al.*, 2005). Sin embargo, se considera de suma importancia el control de este parámetro durante la vinificación, pues en una acidez razonablemente baja se encuentra el objetivo general de los “grandes vinos” ya que una acidez baja es un factor de estabilidad microbiológica y un factor que al mismo tiempo favorece la actividad de las levaduras (Blouin & Peynaud, 2003).



En la Figura 34 se pueden observar los resultados obtenidos en el estudio de la evolución de la acidez total durante cuatro diferentes etapas del proceso de dos vinos tintos, resultando tener diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las mismas etapas del proceso (fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica) y finalmente teniendo resultados similares en cada vino en las etapas de estabilización tartárica y filtración-enfriamiento al no presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

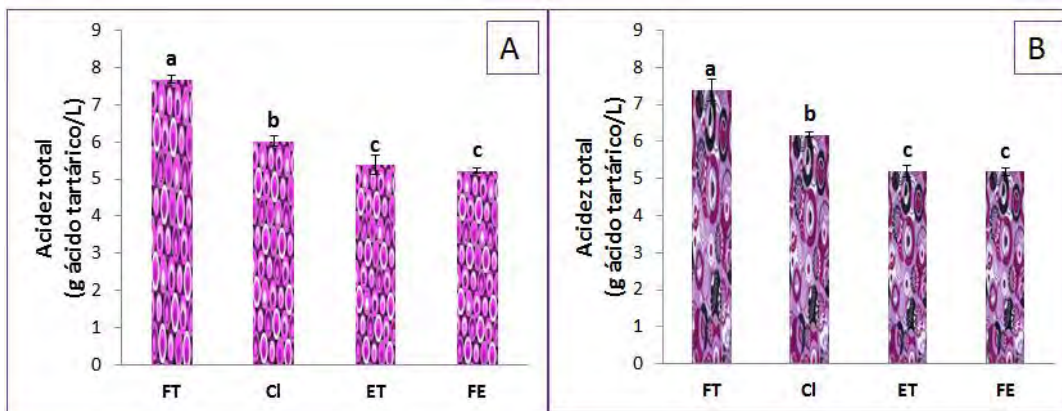


Figura 34. Contenido de acidez total en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego, clarificación, estabilización tartárica y filtración-enfriamiento en vino tinto varietal(A) y en vino tinto monovarietal (B). Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la Figura 34.A se muestran los resultados obtenidos de los cambios de la acidez total durante el proceso de un vino tinto varietal, en donde se puede notar que el contenido de acidez total en las etapas de fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$), sin embargo en la etapa de filtración-enfriamiento (5.22 g ácido tartárico/L) no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) respecto a la etapa de estabilización tartárica, teniendo por lo tanto una disminución del 32% durante el proceso, siendo la etapa de fermentación-trasiego a clarificación la que presentó la mayor disminución con un 21.5%, seguida de la etapa de clarificación a estabilización tartárica con una reducción del 10.7%. Los resultados obtenidos para el vino monovarietal (Figura 34.B), tienen el mismo comportamiento, pues se obtuvo que la única etapa que no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) fue la última etapa



del proceso (filtración-enfriamiento), obteniendo un porcentaje de disminución de principio a fin del proceso del 32%, representado por el 16% en la etapa de fermentación-trasiego a la clarificación y por el 16 % de la clarificación a la estabilización tartárica.

Cabe destacar que los dos vinos analizados se encuentran en la concentración deseable de acidez total, que representa la suma de los ácidos volátiles y no volátiles, en vino de mesa según la NMX-V-15-NORMEX-2006 (4.5-10 g/L de ácido tartárico). Sin embargo, la acidez presentada se considera al igual que en el vino blanco alta, atribuyéndosele a la región y también a que esta acidez es característica de los vinos que se consumen jóvenes, como los estudiados aquí (Juega *et al.*, 2013). Si bien el mayor porcentaje de acidez se obtuvo al inicio del muestreo durante la fermentación-trasiego y después disminuyó en ambos vinos notablemente al llegar a la clarificación, esto debido a que, durante estas etapas fue llevada a cabo la fermentación maloláctica, donde la actividad de las bacterias acidolácticas que realizan dicha fermentación disminuyen la acidez del vino a través de la conversión del ácido málico dicarboxílico a ácido láctico monocarboxílico (Juega *et al.*, 2013). Aunado a esto, se sabe que además de los orígenes y evoluciones a los que los ácidos están expuestos naturalmente, existen modificaciones manuales realizadas a la acidez del mosto debido a la gran variedad de situaciones y climas (Bryce, 2000), en este caso el vino pudo ser desacidificado posteriormente a la fermentación maloláctica mediante diversos métodos biológicos o químicos debido al exceso de acidez (Aleixandre, 1996).

❖ **Acidez fija**

A continuación en la Figura 35 se presentan los resultados obtenidos en el estudio de la acidez fija durante cuatro etapas del proceso de dos vinos tintos, resultando para ambos vinos tener el mismo comportamiento en cuanto a la diferencia significativa ($p \leq 0.05$), pues se obtuvo que tanto en el vino tinto varietal como en el vino tinto monovarietal, el contenido de acidez fija (g ácido tartárico/L) presentó



diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las etapas de fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica.

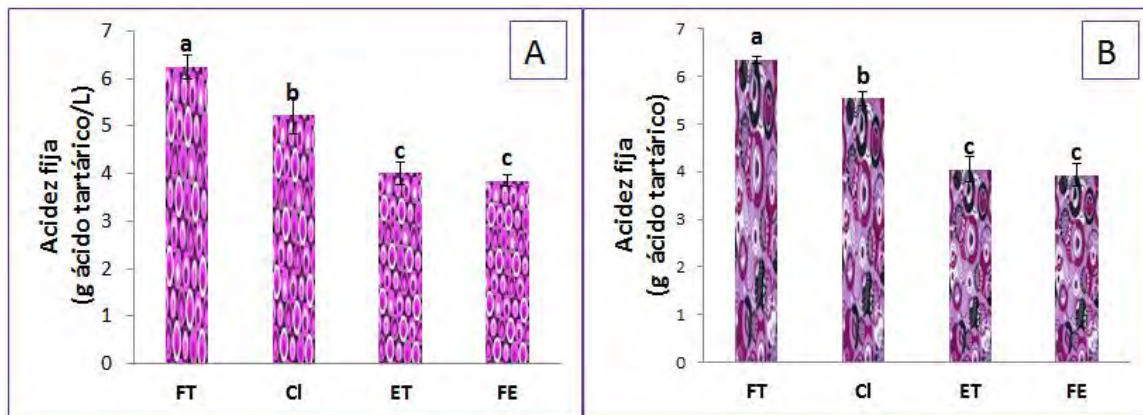


Figura 35. Contenido de acidez fija en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto varietal (A) y en vino tinto monovarietal (B). Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la Figura 35.A se encuentran los resultados obtenidos de los cambios de la acidez fija durante el proceso de un vino tinto varietal, en donde se observa que el contenido de acidez fija en las etapas de: fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica, presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$), teniendo una disminución del 38% de principio al fin del proceso. Siendo en la etapa de clarificación a la estabilización tartárica donde se obtuvo un porcentaje de disminución del 23.3% mientras que en la etapa que va de la fermentación-trasiego a la estabilización tartárica se obtuvo un 16%.

Por otro lado, en los resultados obtenidos para el vino monovarietal (Figura 35.B), se obtuvo que la única etapa que no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) fue la última etapa del proceso (filtración-enfriamiento), obteniendo porcentajes de disminución del 26.7% de la clarificación a la estabilización tartárica y 12.7% de la fermentación-trasiego a la clarificación. Finalmente obteniendo un porcentaje de disminución desde la primer a la última etapa evaluada del 40%.



La disminución de la acidez fija obtenida durante el proceso para ambos vinos, pudo ser causada por el proceso de fermentación maloláctica donde el ácido málico, por consecuencia del metabolismo de las bacterias lácticas, puede disminuir su concentración en vinos un 10.25% (Amerine & Oughi, 1974; Usseglio, 1998; De la Cruz *et al.*, 2012).

Por otra parte las concentraciones de acidez fija se encuentran de acuerdo a lo que establece la NMX-V-15-NORMEX-2006 (niveles mínimos de 4 g/L de ácido tartárico) en todos los vinos.

❖ Acidez volátil

La medida de la acidez volátil en vinos se utiliza rutinariamente como factor importante de calidad e indicador del avinagramiento del vino, y es expresada en g/L de ácido acético (Zoecklein *et al.*, 2001).

En la Figura 36 se encuentran los resultados obtenidos de la acidez volátil de dos vinos tintos durante cuatro etapas de la vinificación, en donde se observa en ambos vinos que, al igual que en el vino blanco, resultó una disminución solo en la primera etapa del proceso. Teniendo que, la etapa que presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) fue la fermentación trasiego respecto a la clarificación.

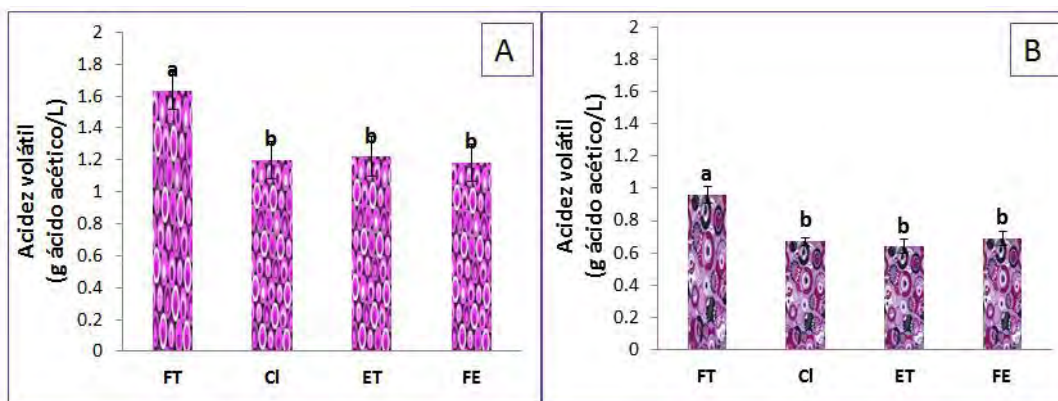


Figura 36. Contenido de acidez volátil en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto meza (A) y en vino tinto 100% Cabernet Sauvignon (B). Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).



En la Figura 36.A se indican los resultados obtenidos en el contenido de acidez volátil de un vino tinto varietal, teniendo que el contenido de acidez volátil (g ácido acético/L) únicamente presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la etapa de fermentación-trasiego respecto a la clarificación, notándose una disminución del 27%. Ocurriendo el mismo comportamiento con el vino tinto 100% Cabernet Sauvignon (Figura 36.B) pues también el contenido de acidez volátil solamente presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la fermentación-trasiego respecto a la clarificación, notándose una disminución del 30% a lo largo del proceso.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los dos vinos, se puede decir que la primer etapa evaluada (fermentación-trasiego) presentó el mayor nivel de acidez volátil, esto se pudo deber a que es en esta etapa donde el ácido acético es producido en los vinos de varias formas, pues se tienen datos de que rangos de 0.2 a 0.4 g/L se producen normalmente por *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación de vinos nuevos (Ribereau-Gayon, 1998), pero también puede ser formado por bacterias del ácido láctico durante la fermentación maloláctica o como un producto de bacterias de ácido acético (Boulton *et al.*, 1996). Sin embargo estos niveles de acidez volátil resultaron menores en la segunda etapa (clarificación), pues es de vital importancia mantener estos números lo más bajo posible, por lo que se obtuvo una disminución de entre el 27 y 30%, pues dentro del proceso existen condiciones y medidas que pueden ayudar al productor de vino a inhibir el crecimiento no deseado de bacterias de ácido acético en el vino, que incluyen un control del oxígeno, pH, aditivos como el SO_2 , así como operaciones de clarificación (Du Toit & Pretorius, 2002).

❖ pH en dos vinos tintos.

El pH de los mostos y de los vinos es de gran importancia en las prácticas enológicas y la calidad del vino. Pues por ejemplo, un pH bajo ayuda a que el



dióxido de azufre sea más efectivo como agente antimicrobiano, favorece el crecimiento de bacterias malolácticas deseables (*Oenococcus oeni*) sobre otras bacterias nocivas, hace que el equilibrio pigmentario del vino vire hacia pigmentos más rojos y púrpuras, genera un gusto en boca más fresco, sin embargo un vino con un pH más elevado se percibe como más suave y menos intenso en cuanto a su acidez o amargor, además se presenta una polimerización más lenta entre antocianos y polifenoles y se obtiene un color más inestable en el vino (Cabello,2013; Bordeu & Scarpa, 1998).

Es elemental tomar en cuenta los rangos en los que se encuentra el pH de un vino pues los vinos con pH mayores a 3.9 son susceptibles a la oxidación y pérdida del color, sin embargo valores de pH menores a 3.6, dan estabilidad al color rojo característico de las antocianinas (Almanza *et al.*, 2012). Al respecto, se ha reportado que el pH óptimo de un vino tinto debe ser de 3.3 a 3.6, pero puede variar entre 2.8-3.0 a 3.8-4 (Jackson & Lombard, 1993; Jackson, 2008).

A continuación en la figura 37, se pueden ver los resultados de pH obtenidos durante el muestreo de las cuatro etapas del proceso de vinificación de dos vinos tintos, un vino tinto varietal (Figura 35.A) y un vino tinto monovarietal (Figura 35.B).

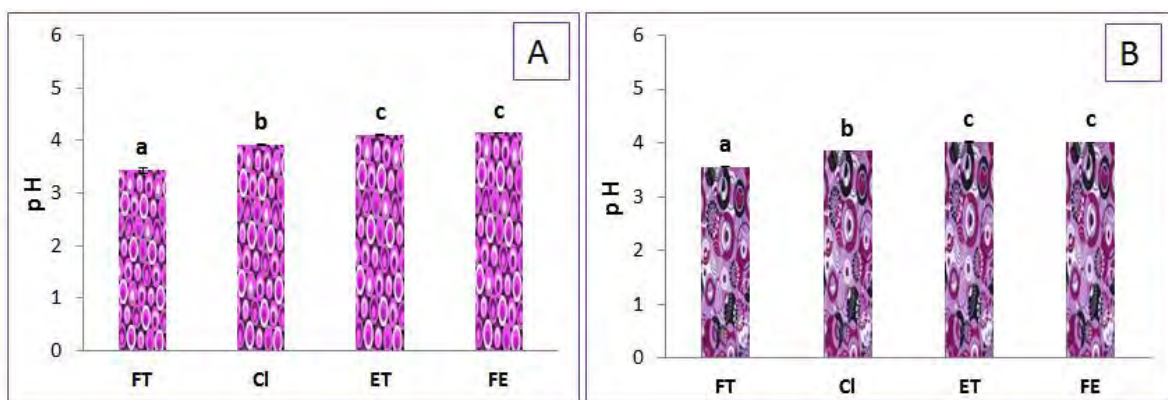


Figura 37. pH obtenido en diferentes etapas del proceso: fermentación-trasiego (FT), clarificación (CI), estabilización tartárica (ET) y filtración-enfriamiento (FE) en vino tinto varietal (A) y en vino tinto monovarietal (B). Las letras diferentes en cada barra indican la diferencia significativa ($p \leq 0.05$).



En la Figura 37.A se observa que el pH del vino varietal se mantuvo constante hasta las últimas dos etapas del proceso, no presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$), las etapas que sí presentaron cambios fueron las etapas de fermentación-trasiego y clarificación, siendo por tanto significativas ($p \leq 0.05$) la etapa de fermentación-trasiego respecto a la de clarificación y esta última respecto a la estabilización tartárica, teniendo como resultado un aumento del 23% de inicio a fin del proceso, representado por el 14% de la etapa de fermentación a la clarificación. Por otro lado se puede observar en la Figura 37.B, los resultados obtenidos para el vino monovarietal, en donde también existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el pH durante la fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica, sin embargo, la etapa de filtración-enfriamiento no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) respecto a la estabilización tartárica, resultando un aumento de casi el 8% en la etapa de fermentación-trasiego a clarificación y 4.5 % de la clarificación a la estabilización tartárica.

Primeramente es de importancia mencionar que los rangos de pH obtenidos para los vinos tintos, se encuentran dentro de los límites (3.8-4) según Jackson & Lombard (1993); Jackson (2008) y Cabello (2013), pues el pH óptimo para el crecimiento de bacterias en vino está entre 4.2 y 4.5. Por lo anterior, vinos con un pH mayor a 4.0 tienen un mayor potencial de padecer problemas microbiológicos que vinos con pH cercanos a 3.5.

A sí mismo, se puede decir que el comportamiento del pH en los dos vinos es semejante al obtenido en acidez total y acidez fija pues la diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre etapas resultó ser la misma, es decir que las etapas de fermentación-trasiego, clarificación y estabilización tartárica fueron diferentes en cuanto al contenido obtenido, la relación del comportamiento del pH con estos dos parámetros pudo ser debido a que dentro del rango normal del vino (2.8-4.0), el ácido tartárico está más ionizado (mayor número de cargas libres) que el ácido



málico, que a su vez está más ionizado que el ácido cítrico. Es decir, el ácido tartárico libera más protones (iones H^+) por lo que tiene una mayor influencia en los cambios de pH (Cabello, 2013).

También se puede observar que para ambos vinos el mayor porcentaje de aumento de pH se obtuvo durante las etapas de fermentación-trasiego y clarificación. Lo antes señalado fue debido a que además de los cambios de acidez que se presentan durante la fermentación maloláctica y alcohólica, también se manifestaran cambios en el pH de los mostos, pues los hollejos al estar en contacto con el mosto fermentando extraen de forma continua componentes alcalinos, principalmente potasio, sodio, calcio y magnesio, dando lugar a un ascenso de pH entre un 0,5 y 0,45. Es principalmente en la fermentación de los tintos donde puede ocurrir un considerable aumento del pH, siendo los factores que contribuyen a este efecto la disminución de la ionización de los ácidos orgánicos por la acumulación de alcohol, la conversión de ácido málico en ácidos más débiles, y la extracción de potasio de las partes sólidas de la uva (Bryce, 2000). Respecto al cambio ocurrido en la estabilización tartárica en los dos vinos tintos, se justifica debido a que el vino puede estar sometido a cambios en los niveles de potasio o calcio en el momento de la formación de cristales de tartato durante la estabilización tartárica del vino, contribuyendo estos cambios de niveles (principalmente de potasio) a los cambios en el pH debido al intercambio con H^+ (Ibeas *et al.*, 2015).



5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados anteriores se concluye lo siguiente:

- ❖ El proceso de vinificación en blanco tuvo efecto sobre el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante, mostrando la mayor concentración al inicio del proceso y una posterior disminución al ir avanzando la vinificación, obteniéndose mayor pérdida en la etapa que va de la fermentación-trasiego a la clarificación, mientras que el último punto de muestreo (filtración-enfriamiento) se mantuvo sin cambios.

- ❖ El proceso de vinificación en blanco fue la causa de la disminución del contenido de la acidez total, acidez fija y acidez volátil y del aumento de su pH., encontrándose que la etapa que va de la fermentación- trasiego a la clarificación fue la única que influyó en estos parámetros

- ❖ El proceso de vinificación en vinos tintos tuvo efecto sobre el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante, mostrando una disminución conforme avanzaban las etapas de elaboración, observándose la mayor pérdida en el proceso durante la fermentación-trasiego y la clarificación, seguido por un último descenso localizado en la etapa de clarificación a la estabilización tartárica en frío.

- ❖ Los parámetros fisicoquímicos (acidez total, acidez fija, acidez volátil y pH) en los vinos tintos se vieron afectados por el proceso de vinificación, siendo principalmente la etapa que va de la fermentación- trasiego a la clarificación la que influyó en mayor medida en la disminución de la acidez total y la acidez volátil y el aumento de pH. Sin embargo, la acidez fija fue mayormente afectada por las etapas que se encuentran entre la clarificación y la estabilización tartárica.



6. RECOMENDACIONES

- 1.- Realizar un análisis del perfil de compuestos polifenólicos por HPLC en el proceso de obtención de vinos jóvenes, para así conocer la existencia del tipo de compuestos fenólicos que se degradan durante el proceso de vinificación y como afectan en la disminución de su capacidad antioxidante.
- 2.- Comparar como se ve afectada la calidad de los compuestos fenólicos entre un vino joven embotellado y un vino joven distribuido a granel durante su proceso de vinificación.
- 3.- Realizar la presente investigación a nivel laboratorio para poder controlar y variar las etapas de clarificación y estabilización tartárica con diversas técnicas de estabilización y diferentes tipos de clarificantes, para seleccionar el que menos afecte en la disminución de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos.
- 4.- Ampliar el estudio, realizando la misma metodología en el proceso de vinos añejados, para determinar el porcentaje de cambios en los compuestos polifenólicos en esta etapa.



❖ REFERENCIAS

- ❖ Aguilar A. & Gris L. (2012). Estudio de la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y calidad sensorial de vinos tintos mexicanos procedentes de diferentes regiones. Tesis de Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
- ❖ Aleixandre B.J. (1996). Enología. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- ❖ Almanza, E., Figueroa, J., Alvarado, M., Herrera, M & Guzmán, S. (2012). Caracterización fisicoquímica de vinos tinto Malbec con diferente tiempo de añejamiento.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3 (7):1347-1360.
- ❖ Álvarez J. (1991). La viña, la vid y el vino. Trillas, México.
- ❖ Amerine, A.M & Ough, C.S. (1976). Análisis de vinos y mostos. Acribia. Zaragoza, España.
- ❖ Arnello, C. (1991). Determinación de los polifenoles en el vino. *In: 4ta Jornada vitivinícola*. Fundación Chile, Depto. Agroindustrial, Santiago, Chile
- ❖ Arozarena, I. (1998). El Análisis Sensorial como Instrumento de Evaluación de la Calidad de Vinos Tintos Mono varietales de Navarra y Aragón. Tesis de Doctorado. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.
- ❖ Atanackovic, M., Petrovic, A., Jovic, S., Gojkovic-Bukarica, L., Bursac, M & Cvejic, J. (2012). Influence of winemaking techniques on the resveratrol content, total phenolic content and antioxidant potential of red wines. Food Chemistry. 131 (1): 513–518.
- ❖ Ávalos, K., Sgroppo, S., Avanza, J. (2001). Actividad antioxidante y contenido en fenoles totales en vinos de origen nacional. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE. Argentina.
- ❖ Baardseth, P. (1989). Food additives and contaminants 6: 201-207.
- ❖ Baiano, A., Terracone, C., Gambacorta, G & La Notte, E. (2009). Phenolic content and antioxidant activity of primitivo wine: comparison among winemaking technologies. Journal of Food Science 74 (1): C258–C267
- ❖ Blouin, J & Peynaud, E. (2003). Enología práctica: conocimiento y elaboración del vino. Mundi-Prensa. 4ta ed. Madrid, España.
- ❖ Boots, A.W., Haenen, G.R., y Bast, A. (2008). Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. European Journal of Pharmacology. 585:325-337.
- ❖ Bordeu, S & Scarpa, B. (1998). Análisis químico del vino. Universidad Católica de Chile, Chile.
- ❖ Bryce R. (2000). Manual práctico de Enología, Acribia, España.



- ❖ Cabanis, J. (2003). *Enología: fundamentos científicos y tecnológicos*. Capítulo 1. Ácidos orgánicos, sustancias minerales, vitaminas y lípidos. 2da. Edición del francés. Flanzky, C.; Madrid, A.; Vicente & Mundi-Prensa. 2da. Edición. Madrid, España.
- ❖ Cabello, A. (2013). Influencia del pH sobre el vino. Página de vinos Pasini. De: Noble, A. (1998). Why do wines taste bitter and feel astringent? Fecha de consulta: 19 de septiembre 2015. Disponible en: <http://vinospasini.blogspot.mx/2013/03/influencia-del-ph-sobre-el-vino-2.html>.
- ❖ Casp, A; González, A. (1998). *Tecnología de los vinos blancos*. Mundi-Prensa, España.
- ❖ Castellari, M., Spinabelli, U., Riponi, C & Amati, A. (1998). Influence of some technological practices on the quantity of resveratrol in wine. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 206: 151–155.
- ❖ Wiley-VCH. (2012). Health preserving wonders of resveratrol. *Angewandte Chemie International*. Fecha de consulta: 23 de julio 2015. Disponible en: <http://www.chemistryviews.org>.
- ❖ Cheynier, V., Moutounet, M. & Sarni-machado, P. (2000). *Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos*. Mundi-Prensa Madrid, España.
- ❖ CMV. (2014). Consejo Mexicano Vitivinícola. Consultado el 7 mayo 2015. Disponible en: <http://www.uvayvino.org>
- ❖ Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A.C.P., Tavares, R.M & Sousa, M.J. (2007) Biochemical Changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine Quality. *Food* 1: 1-22.
- ❖ Corder, R; Mullen, W; Khan, N; Marks, S; Wood, E; Carrier, M & Crozier, A. (2006). Red wine procyanidins and vascular health. *Nature*. 444: 566.
- ❖ Cordova, A., Jackson, L., Berke-Schlessel, D & Sumpio, E. (2005) The cardiovascular protective effect of red wine. *Journal of the American College of Surgeons*. 200:428–439.
- ❖ Cosme, F., Ricardo-Da-Silva, J. M., & Laureano, O. (2009). Effect of various proteins on different molecular weight proanthocyanidin fractions of red wine during wine fining. *American Journal of Enology and Viticulture*. 60(1): 74–81.
- ❖ Czibulya, Z., Horvath, I., Kollar, L., Pour, M & Kunsagi-Mate, S. (2015). The effect of temperature, pH, and ionic strength on color stability of red wine. *Tetrahedron*. 71: 3027-3031
- ❖ Dallas, C. & Laureano, O. (1994). Effects of pH, sulphur dioxide, alcohol content, temperature and storage time on colors composition of a young



- portuguese red table wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 65:477-485.
- ❖ De la Cruz, A.M.A., Martínez, P.R.A., Becerril, R.A.E., Chavaro, O.M.S (2012). Caracterización física y química de vinos tintos producidos en Queretaro. *Rev. Filotec. Mex.* 35(5):61-67.
 - ❖ De la Rosa M. (2012). Regulaciones nacionales e internacionales sobre la producción de *Vitis vinifera*. Información para los vitivinicultores: resultados de la investigación. COFEPRIS Secretaría de Salud. México.
 - ❖ Dequin S, E Baptiste, P Barre (1999) Acidification of grape must by *Saccharomyces cerevisiae*. Wine yeast strains genetically engineered to produce lactic acid. *Amer. J. Enol. Viticult.* 50:45-50.
 - ❖ Durst R & Wrolstad, R. (2001) Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC. In: *Handbook of Food Analytical Chemistry*. New Jersey: John Wiley & Sons.
 - ❖ Du Toit, W & Pretorius, I. (2002). The occurrence, control and esoteric effect of acetic acid bacteria in winemaking. Department of Viticulture and Oenology, Institute for Wine Biotechnology, Stellenbosch University, ZA-7600, Stellenbosch, South Africa. *Annals of Microbiology*. 52, 155-179
 - ❖ Fernández- Pachón, M.S., Villaño, D., Troncoso, A.M., García P, M.C. (2006). "Determination of the phenolic composition of sherry and table white by liquid chromatography and their relation with antioxidant activity", *Analytica Chimica Acta*. 563 (1-2): 101-108.
 - ❖ Fernández V, Berrade M, Sulbarán B, Ojeda G y Peña J. (2009). Caracterización química y contenido mineral en vinos comerciales venezolanos. Facultad de Ciencias. Universidad del Zulia. *Rev. Fac. Agron.* 26:382-397.
 - ❖ Fernández, A., Muñoz, A., Cambillo, E., Ramos F & Alvarado, C. (2007). Efecto del consumo moderado de vino tinto sobre algunos factores de riesgo cardiovascular. *Acta Med Per.* 24(3).
 - ❖ Flanzky, C. (2003). *Enología. Fundamentos científicos y tecnológicos*. Mundi-Prensa. Madrid, España.
 - ❖ Flores, N., Martínez, R., Fernández, E., Gallegos, J., Díaz, M & Vásquez, S. (2005). Características fisicoquímicas en vinos tintos: método tradicional y maceración carbónica empleando dos cepas de la levadura *saccharomyces cerevisiae*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 4: 289-297.
 - ❖ Fogliano, V., Verde,V., Randazoo, G., Ritieni , A. (1999) Method for measuring antioxidant activity and its application to monitorin the antioxidant



- capacity of wine, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(3):1035-1040.
- ❖ Forbes México (2014). *Vino, el sabor de México en el mundo*. Fecha de consulta: 17 de Diciembre de 2014. Disponible en www.forbes.com.mx <http://www.forbes.com.mx/vino-el-sabor-de-mexico-en-el-mundo/>
 - ❖ Fragopoulou, E., Antonopoulou, S., Nomikos, T & Demopoulos, C. (2003). Structure elucidation of phenolic compounds from red/white wine with antiatherogenic properties. *Biochimica Biophysica Acta*. 1632:90–99.
 - ❖ Garzón, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. *Acta biol. Colomb.*, 13(3): pp??.
 - ❖ Ghiselli, A; Nardini, M; Baldi, A; Scaccini, C. (1998). Antioxidant activity of different phenolic fractions separated from an italian red wine. *J.Agric. Food Chem.* 46 (2): 361-367
 - ❖ Gil, M., García, F & García, P. (2009). *El vino y su servicio*. Ediciones Paraninfo, S.A. Madrid, España.
 - ❖ Ginjom, I., D'Arcy, B., Caffin, N & Gidley, M. (2010). Phenolic contents and antioxidant activities of major australian red wines throughout the winemaking process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58: 10133–10142.
 - ❖ Girotti, S., Fini, F., Bolelli, L., Savini, L., Sartini, E & Arfelli, G (2006). Chemiluminescent determination of total antioxidant capacity during winemaking. *The Journal Of Biological And Chemical Luminescence [Luminescence]*, 21:233–238.
 - ❖ González, G., Guzmán, F & Gil, G. (2014). Effect of fining on the colour and pigment composition of young red wines. *Food Chemistry* 157:385–392.
 - ❖ Grainger, K; Tattersall, H. (2005). *Producción de vino, desde la vid hasta la botella*. Acribia, España.
 - ❖ Hernández, A. & Tirado, E. (1991). Polifenoles en la parra, *In: Cuartas jornadas vitivinícolas*. Fundación Chile, Depto. Agroindustria. Santiago, Chile.
 - ❖ Hidalgo T.J. (2003). *Tratado de enología*. Tomo 1. Mundi-Prensa, España.
 - ❖ Hidalgo T.J. (2003). *Tratado de enología*. Tomo 2. Mundi-Prensa, España.
 - ❖ Hidalgo T.J. (2010). *Tratado de enología*. 2da. Mundi-Prensa, España.
 - ❖ Huerta I. (2006). Efecto del uso de distintos clarificantes sobre la composición fenólica de vinos cultivares Cabernet Sauvignon y Chardonnay. *Memoria Facultad de Ciencias Agronómicas*. Universidad de Chile.
 - ❖ Ibeas, V., Correia, A & Jordão, A. (2015). Wine tartrate stabilization by different levels of cation exchange resin treatments: impact on chemical



- composition, phenolic profile and organoleptic properties of red wines. *Food Research International*. 69:364–372.
- ❖ Ivanova, V., Hermosín, I., Borbála, B., Stefovad, M., Stafilovd, T., Vojnoskie, B., Dörnyeic, A & Kilárc, F. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity of Macedonian red wines. *Journal of Food Composition and Analysis*. 41:1-14.
 - ❖ Issuree, P; Pushparaj, P; Pervaiz, S & Melendez, A. (2009). Resveratrol attenuates ainduced inflammatory responses *in vitro* and *in vivo* by inhibiting phospholipase D and sphinosine kinase activities. *FASEB J*.23 (8).
 - ❖ Izquierdo, C. P. M, García,R.E., Gómez,A.S., Palop, H.M.L.L. (2008). Changes in the aromatic composition of Tempranillo wines during spontaneous maloláctica fermentation. *Journal of Food Composition and Analysis*. 21(8):724-730.
 - ❖ Jackson, D. & Lombard, P. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. A review. *Am. J. Enol. Viticul.* 44:409-430.
 - ❖ Jackson, R. S. (2008). *Wine Science. Principles and applications*. Elsevier. 3th. St. Catharine's, Ontario, Canada.
 - ❖ Juega, M., A, Costantini., Bonello, F., Cravero,M., Martinez, A., Carrascosa, A & García, M. (2013). Effect of malolactic fermentation by *Pediococcus damnosus* on the composition and sensory profile of Albariño and Caino white wines. *Journal of Applied Microbiology* 116: 586-595
 - ❖ Karamanidou, A., Kallithraka, S., & Hatzidimitrou, E. (2011). Fining of red wines: Effects on their analytical and sensory parameters. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 45(1):47–60.
 - ❖ Katalinic, V., Milos, M., Modun, D., Music, I & Boban, M. (2004) *Food Chemistry*. 86:593-600.
 - ❖ Landrault, N., Poucheret, P., Ravel, P., Gasc, F., Cros, G & Teissedre, P. (2001). Antioxidant capacities and phenolics levels of French wines from different varieties and vintages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49:3341–3348.
 - ❖ López M. (2005). *Viticultura, enología y cata. Para aficionados*. 4ta. Edición. Mundi-Prensa. Madrid, España.
 - ❖ Méndez, V. (1987). “Manual de enología práctica”. Ediciones Vicente. Madrid, España.
 - ❖ Makris, D., Psarraa, E., Kallithrakac, S & Kefalasa, P. (2003). The effect of polyphenolic composition as related to antioxidant capacity in white wines. *Food Research International*. 36:805–814.



- ❖ Maury, C., Sarni-Manchado, P., Lefebvre, S., Cheynier, V., & Moutounet, M. (2003). Influence of fining with plant proteins on proanthocyanidin composition of red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*.54 (2):105–111.
- ❖ Maxwell, S. (1997) Wine antioxidants and their impact on antioxidant function in vivo. In *Wine: Nutritional and Therapeutic Benefits*, Watkins TR (ed). ACS Symposium. American Chemical Society: Washington. 661:150–165.
- ❖ Mazza, G. (1995). Anthocyanins in grapes and grape products. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. 35:341-371.
- ❖ Méndez, J. Estudio de la Maduración Fenólica y Antociánica en Uvas Tintas de Bobal para Diferentes Condiciones Agrológicas. (2005). Tesis doctoral: Departamento de tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- ❖ Mercado, G; de la Rosa, L; Wall-Medrano, A; López, J.A; Álvarez, E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición hospitalaria*. 28 (1):1.
- ❖ Michaud, J. (1990). *El libro del vino mexicano*. San Ángel Ediciones. México.
- ❖ Minussi, R., Rossi, M., Bologna, L., Cordi, L., Rotilio, D., Pastore, G & Duran, N. (2003). Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Food Chem*.82: 409–416.
- ❖ Molina, R. (1994). *Clarificación de mostos y vinos*. Vicente Ediciones. Madrid, España.
- ❖ Monagas, M., Gómez, C., Bartolomé, B. (2006). “Evolution of the phenolic content of red wines from *Vitis vinifera* L. during ageing in bottle”, *Food Chemistry* 95(3): 405-412
- ❖ Morales, C. (2001). Caracterización de la composición fenólica de vinos del cv. Cabernet Sauvignon en cinco valles de Chile en dos temporadas. Memoria de Título Ing. Agr. Universidad de Chile, Fac. de Ciencias Agronómicas, Chile.
- ❖ Muñoz, A., Fernández, A., Ramos, F., Alvarado, C. (2007). Evaluación de la actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en vinos producidos en Perú. *Rev. Soc. Quím.* 73 (1): 30-40
- ❖ Muñoz, E; Wood, K; Bordelon, B & Watkins, B. (2004). Anthocyanin quantification and radical scavenging capacity of concord, Norton and



- marechal foch grapes and wines. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*.52 (22):540-561
- ❖ Muñoz, R., Moreno, M & De las Rivas, B. (2005). *Microbiología del vino*. Carrascosa, A., V., Muñoz, R. y González, R. (coordinadores), AMW Ediciones.
 - ❖ Myers, T & Singleton, V. (1979). The non flavonoid phenolic fraction of wine and its analysis. *American Journal of Enology and Viticulture*. 30: 98–102.
 - ❖ Navarrete, J. (1998) *L'oenologie*. Lavoisier. París.
 - ❖ Nieto, Y. (2010). *Manual del vino mexicano: su historia, características y proceso tecnológico*. Tesis de Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM
 - ❖ NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
 - ❖ NMX-V-012-NORMEX-1986. Bebidas alcohólicas-Vinos-Especificaciones. Norma mexicana.
 - ❖ NMX-V-015-NORMEX-2006. Bebidas alcohólicas. Determinación de acidez total, acidez fija y acidez volátil- Métodos de ensayo (Prueba). Norma mexicana.
 - ❖ NOM-142-SSA1-1995. Bienes y servicios. Bebidas Alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial. Norma Oficial Mexicana. OIV (2009a). *Compendium of international methods of wine and must analysis*. International Organization for grape and wine. 1:2. Electronic version. Paris, France.
 - ❖ OIV (2009b). Organización Internacional de la Viña y el Vino. *Compendium of international methods of analysis*. Volatile acidity. Method OIV-MA-AS313-02. Consultado el 20 julio 2015 en: <http://www.oiv.int/oiv/info/esmethodesinternationalesvin?lang=es>
 - ❖ OIV (2013). Organización Internacional de la viña y el vino. *Estadísticas del sector vitivinícola mundial*. Consultado 1 de Diciembre, 2014. Disponible en: <http://www.oiv.int>.
 - ❖ OIV (2012). *Organisation Internationale de la Vigne et du Vin Recueil des Méthodes Internationales d'Analyse des Vins et des Mouts*. 1. Ed. OIV. Paris, France.
 - ❖ Psarra, E., Makris, D., Kallithraka, S & Kefalas, P. (2002). Evaluation of the antiradical and reducing properties of selected Greek white wines: Correlation with polyphenolic composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82 (9):1014–1020.



- ❖ Pérez, S & González, S. (2004). Evolution of flavanols, anthocyanins, and their derivatives during the aging of red wines elaborated from grapes harvested at different stages of ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.52:1181–1189.
- ❖ Peña, A. (1999). Compuestos fenólicos en la enología. Seminario Internacional de Microbiología y Polifenoles del Vino. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.
- ❖ Peña, A. (2000). Composición fenólica de uvas y vinos. Aspectos generales. Departamento de Agroindustria y Enología. Grupo de Investigación Enológica (GIE). Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- ❖ Paixão, N., Perestrelo, R., Marques, J & Câmara, J. (2007). Relationship between antioxidant capacity and total phenolic content of red, rosé and white wines. *Food Chemistry*. 105 (1):204–214.
- ❖ Piqueras J.H. (2014) La vid y el vino en España: edad antigua y media. Universitat de Valencia, España.
- ❖ Reyes, A; Escamilla, M & Verde, R. (1992). Elaboración de los vinos de mesa: Enología 1 Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. México, D.F.
- ❖ Reynier, A. (1989). Manual de viticultura. Mundi-Prensa. España.
- ❖ Ribéreau-Gayon P, Glories Y, Maujean A, Dubourdiou D. (1998). *Traité d’Oenologie: 2. Chimie du vin, Stabilisation et traitements*. Paris: Dunod.
- ❖ Rajdl, D., Racek, J., Trefil, L & Siala, K. (2007). Effect of white wine consumption on oxidative stress markers and homocysteine levels. *Physiological Research*. 56:203–212
- ❖ Rodríguez, H., Landete, J., Rivas, B., Curiel, J., Félix, F., López, F., Gómez, C & Muñoz, R. (2007). Metabolismo de compuestos fenólicos por bacterias lácticas del vino. *ACE: Revista de enología*. Fecha de consulta: 15 de Mayo 2015. Disponible en: http://www.acenologia.com/ciencia81_1.htm.
- ❖ Rodríguez, M. (1998). El vino y la alimentación. *Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria* 2(2): 100-107.
- ❖ Salazar, R., Espinoza, G., Ruíz, C., Fernández, M & Rojas, R. (2011). Compuestos fenólicos, actividad antioxidante, contenido de resveratrol y componentes del aroma de 8 vinos peruanos. *Rev. Soc. Quím. Perú*. 77 (2): 135-143.
- ❖ Salomón, A. (2004). La producción de vino en México. *Comercio Exterior*.54. (9) Fecha de consulta: 13 Junio 2015 Disponible en: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/71/8/RCE8.pdf>



- ❖ Sánchez, E. (2013) Caracterización fisicoquímica y sensorial de vinos tintos de variedad tempranillo y Sirah procedentes de México, España y Argentina. Tesis de Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
- ❖ Sarni-Manchado, P., Deleris, A., Avallone, S., Cheynier, V., & Moutounet, M. (1999). Analysis and characterization of wine condensed tannins precipitated by proteins used as fining agent in Enology. *American Journal of Enology and Viticulture*. 50 (1):81–86.
- ❖ SE. (2013). Secretaría de Economía. Consultado el 10 octubre 2014. Disponible en: www.economia.gob.mx
- ❖ Segovia, M. (2011). Effect of the alcoholic and malolactic fermentation in the physicochemical characteristics of Black Spanish (*Vitis labrusca*) wine Tesis Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras.
- ❖ Shafiee, M., Carbonneau, M., Urban, N., Descomps, B & Leger, C (2003). Grape and grape seed extract capacities at protecting LDL against oxidation generated by Cu_2^+ , AAPH or SIN-1 and at decreasing superoxide THP-1 cell production. A comparison to other extracts or compounds. *Free Radical Research*. 37:573–584.
- ❖ Shahidi, F & Naczk. (2004). Phenolic compounds of beverages. Phenolics. Food and Nutraceuticals, CRC Press.
- ❖ Sims, C., Eastridge, J & Bates, R. (1995). Change in phenols, color, and sensory characteristics of muscadine wines by pre- and postfermentation additions of PVPP, casein, and gelatin. *Am. J. Enol. Vitic.* 46: 155–158.
- ❖ Somers, T. & Evans, M. (1977). Spectral evaluation of young red wines: anthocyanin equilibria, total phenolics, free and molecular SO_2 , “chemical age”. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 28:279-287.
- ❖ Soto, A., Rodríguez, J & Castañeda, A. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante de vinos mediante análisis de inyección en flujo con detección amperométrica. Congreso Nacional de Química analítica. UAEH. México.
- ❖ Usseglio, T.L. (1998). Química enológica. Mundi-Prensa, España.
- ❖ Van-Leeuw, R., Kevers, C., Pincemail, J., Defraignec, J., Dommesb, J. (2014). Antioxidant capacity and phenolic composition of red wines from various grape varieties: Specificity of Pinot Noir. *Journal of Food Composition and Analysis*. 36:40-50.
- ❖ Vélez, M., Uribe, L & Lenz, M. (2012). Papel del resveratrol de uva como antioxidante. *Luna Azul*. 34: 1909-2474.



- ❖ Versari, A., Barbanti, D., Potentini, G., Mannazzu, I., Salvucci, A., & Galassi, S. (1998). Physico-chemical characteristics of some oenological gelatins and their action on selected red wine components. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.78:245–250.
- ❖ Vidal, J., Dufourcq, T., Boulet, J & Moutounet, M. (2001). Les apports d'oxygène au cours des traitements des vins. Bilan des observations sur site. 1ère partie. *Rev. Fr. Oenol*.190: 24–30.
- ❖ Viela, A., Schuller, D., Falco, V., Mendes, A & Côte, M. (2013). *International Journal of Food Microbiology*. 141(3): 165–172
- ❖ Waterhouse, A & Ann, N. (2002). Wine phenolics by liquid chromatography and their relation with antioxidant activity. *Analytica Chimica Acta*. 563:1-2.
- ❖ Xanthopoulou, M., Fragopoulou, E., Kalathara, K., Nomikos, T., Haralabos, C. & Antonopoulou, S. (2010). Antioxidant and anti-inflammatory activity of red and white wine extracts. *Food Chemistry*. 120(3): 665–672.
- ❖ Yang, S; Shang, C; Jyh, W; Sheng, W & Pei, K. (2001). Antioxidant Activity of Extracts from Acacia confuse Bark and Heartwood. *J. Agric Food Chem*. 49: 3420-3424.
- ❖ Zoecklein, B., Fugelsang, K., Gump, B & Nury, F. (2001). Análisis y producción del vino. *Acribia*, España.
- ❖ Zuñiga, M. (2005). Caracterización de fibra dietaria en orujo y capacidad antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva. Memoria de título profesional. Universidad de Chile. Santiago de Chile.