



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Propuesta de un tren de
tratamiento para el agua
residual de la industria vinícola**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Jorge Eduardo Medina Barrientos

DIRECTOR(A) DE TESIS

Dr. Luis Antonio García Villanueva



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Junio 2022



Agradecimientos

A mi familia.

A mi mamá Marisol, gracias por tu cariño y amor, por tu apoyo incondicional, por enseñarme el buen camino en esto llamado vida, por siempre acompañarme en las etapas más difíciles, por siempre estar ahí para mí con un abrazo, un beso, con tus palabras que son mi guía para encontrar la luz de mi camino.

A mi papá Jorge, gracias por enseñarme que todo en esta vida cuesta, que todo requiere de un esfuerzo, gracias por ser un ejemplo de vida para mí. Gracias por tus palabras de aliento y motivación durante cada etapa de mi vida.

A mi hermana Mayte, gracias por ser mi más grande ejemplo a seguir, por enseñarme lo que es la vocación por tu trabajo, por siempre cuidar de mí. Eres pieza clave de mi formación académica y personal, gracias por estar para mí siempre, por ser mi confidente en este camino. Eres una extraordinario mujer y profesionalista.

A mis abuelos, gracias por su cariño y por todo lo que me dieron, siempre les prometí que llegaría a ser un profesionalista, y aunque ya no están aquí, les agradezco por todo. Un abrazo y un beso hasta donde quiera que se encuentren.



A mis familiares, gracias a toda esa familia que siempre me apoyo en este sueño y que siempre tuvieron palabras de aliento para mí.

A mis amigos.

Gracias a todas esas personas que he conocido a lo largo del camino, gracias a ellos a los que puedo llamar amigos, han sido una pieza clave para llegar a donde estoy. Por siempre escucharme, por hacerme reír, por ayudarme cuando la carrera parecía ponerse más difícil, por apoyarme en todo momento y no dejarme dar por vencido. Gracias por los consejos académicos y personales. Siempre agradeceré su amistad.

A todas las personas que han sido parte de mi vida, a las que, aunque nuestro tiempo de convivencia haya sido breve o largo, han formado parte de mí.

Gracias por inspirarme a ser una mejor persona y un mejor profesional, por siempre alentarme en este camino, por enseñarme el amor a la ingeniería, y por nunca dejarme dar por vencido, siempre agradeceré todo lo que me enseñaste. Gracias por enseñarme una parte de lo que es el océano.

A la *Universidad Nacional Autónoma de México* y a la *Facultad de Ingeniería*, por haber sido mi máxima casa de estudios durante mi formación académica, gracias por el prestigio que me han brindado, espero poder poner siempre en alto a mi amada universidad.



También quiero agradecer al *Dr. Luis Antonio García Villanueva*, quien me dio la oportunidad de realizar este proyecto con él, gracias por su paciencia y guía en la realización de este trabajo. Gracias no solo por haber sido mi asesor, si no, por ser desde hace varios años un tutor y un ejemplo para mí, gracias por escucharme y aconsejarme siempre. Gracias por confiar en mí, siempre le estaré agradecido por sus palabras de apoyo que me dieron el valor para sobrellevar las situaciones difíciles que se me presentaron.

A mis profesores, a todas las personas que me han formado académicamente, a los buenos y malos profesores que me he encontrado, siempre aprendí algo de cada quien, a los que siempre confiaron en mí y me impulsaron a seguir mi sueño, a los que ya no están hoy aquí. Muchas gracias.



Índice

Lista de tablas	III
Lista de figuras	IV
Introducción	1
Resumen	2
Capítulo 1. Problemática	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivo general	5
1.3 Objetivos específicos	5
1.4 Limitaciones y alcances	5
Capítulo 2: Marco teórico	6
2.1 La vid	6
2.2 El vino como historia	8
2.2.1 El vino en México	11
2.3 El vino	14
2.3.1 Proceso de elaboración del vino	14
2.3.2 Clasificación del vino	21
2.4 Regiones geográficas y consumo vinícola en México	23
2.5 Generación de aguas residuales de la industria del vinícola	26
Capítulo 3: Normatividad nacional e internacional	28
3.1 Marco legal en México en materia vinícola	28
3.1.1 Normas Oficiales Mexicanas (NOM's)	30
3.1.2 Normas Mexicanas (NMX's)	32
3.1.3 Normativa Internacional	34



3.2 Marco legal en México para aguas residuales de la industria vinícola	35
Capítulo 4: Caso de estudio: Propuesta para tratamiento de aguas residuales de la industria vinícola	38
4.1 Descripción del caso de estudio	38
Capítulo 5: Diseño del tren de tratamiento	42
5.1 Propuesta del tren de tratamiento	42
5.1.1. Tratamiento primario	43
5.1.2. Tratamiento secundario	57
5.1.3. Desinfección y destino final	62
Capítulo 6: Discusión de resultados	66
Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones	67
Referencias bibliográficas	68
Glosario de términos	73



Lista de tablas

Tabla 3.1. Órganos Reguladores y Asociaciones _____	35
Tabla 4.1. Caracterización de los efluentes utilizados _____	39
Tabla 5.1. Leyes de entrada y salida _____	50
Tabla 5.2. Obtención del volumen del tanque _____	51
Tabla 5.3. Dimensiones por ancho de garganta canal Parshall _____	53
Tabla 5.4. Dimensiones para la relación tirante-gasto en canal Parshall _____	53
Tabla 5.5. Criterios de diseño para tanques de sedimentación primaria _____	54
Tabla 5.6. Parámetros de diseño para el sedimentador secundario _____	62



Lista de figuras

Figura 2.1. Ilustración de planta de la vid	6
Figura 2.2. Áreas de cultivo de la vid	7
Figura 2.3. Evolución de la producción nacional en miles de toneladas/año	24
Figura 2.4. Regiones Vitivinícolas en México	25
Figura 3.1. Distintivo “Hecho en México”	30
Figura 3.2. Etiqueta de vino mexicana	33
Figura 4.1. Límites permisibles para aguas residuales	40
Figura 4.2. Límites permisibles para metales y cianuros	41
Figura 5.1. Diagrama de tren de tratamiento propuesto	43
Figura 5.2. Dimensiones del canal Parshall	52
Figura 5.3. Remoción de DBO y SS en función de la carga superficial	55
Figura 5.4. Balance de masa en el tanque de aireación y en el sedimentador secundario	61
Figura 5.5. Relación de parámetros y desinfectante	63
Figura 5.6. Alternativas básicas para el tratamiento y disposición de lodos	65



Introducción

El proyecto de investigación que a continuación se presenta está basado en la metodología de investigación acerca de la importancia de la *vid* en México, de su generación de agua residual y del diseño de un tren de tratamiento de agua residual que permita una descarga final segura. Se diseñaron los elementos que conforman el tren de tratamiento con información que sirva como consulta para profesionistas, estudiantes y toda persona que necesite de esta información.

El proyecto está formado por siete capítulos los cuales se desarrollan de la siguiente manera:

- En el primer capítulo se hace el planteamiento del problema y la importancia de la solución ante este problema, al igual que los objetivos y las limitaciones y alcances del proyecto.
- En el segundo capítulo se presentan las generalidades e historia de la uva como materia prima, las diferentes variedades de uva utilizadas para la elaboración de vinos en México y el mundo, así como la introducción del vino en la cultura de diversas parte del mundo.
- En el tercer capítulo se hace una comparativa entre las normativas y regulaciones que se tienen en México y otros países productores de vino acerca de este producto y su manejo de las aguas residuales producidas por la industria vinícola.
- En el cuarto capítulo se hace la descripción del caso de estudio del proyecto, sus características físico-químicas del efluente a tratar y los valores límites que se deben alcanzar de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-2021 para su uso final de riego.
- En el quinto capítulo se hace la descripción del tren de tratamiento por lodos activados, al igual que el diseño de todos los elementos que lo conforman y las recomendaciones de diseño necesarias para cada proceso del tren de tratamiento.



- En el capítulo seis se hace la discusión de resultados del tren de tratamiento de acuerdo con información consultada para observar la eficiencia de remoción de materia orgánica durante los diferentes procesos del tren de tratamiento.
- En el capítulo siete se presentan las conclusiones y recomendaciones para la aplicación de la propuesta del tren de tratamiento propuesta en este proyecto.

Resumen

En México ha crecido la producción del vino, actualmente se encuentra en los 21 millones de litros anuales, si para producir un litro de vino se generan 14 litros de agua residual, esto representa un gran problema para la industria.

Por lo que se propone un tren de tratamiento para el agua residual de la industria vinícola, esto con el objetivo de dar una solución a esta problemática.

Debido a la gran concentración de materia orgánica que presentan estos efluentes, se hace una propuesta de tren de tratamiento aerobio por el método de lodos activados Ya que con esto se puede remover un gran porcentaje de la DBO que se presentan en la caracterización del efluente.

Los resultados de este trabajo presentan una alternativa de tratamiento de efluentes vinícolas con el que cual se llegan a niveles permisibles establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021, para su uso final de riego. Presentando un diseño desde el tratamiento primario hasta su desinfección y destino final de lodos.

Este trabajo es una propuesta técnica para un tratamiento de aguas residuales en la industria vinícola, que pudiera servir para futuros proyectos en donde se aborde la problemática de la generación de aguas residuales vinícolas y su tratamiento.



Capítulo 1. Problemática

1.1 Planteamiento del problema

La vid es un árbol caducifolio perteneciente a la familia de las Vitáceas. Es uno de los cultivos más antiguos, antes que el mismo hombre. En un principio, solamente era consumida por el hombre como alimento en forma de uva fresca. En su evolución, se comenzó a conservar en forma de pasas, hasta que se descubrió el vino, el cual es la bebida resultante de la fermentación alcohólica total o parcial del jugo de la uva fresca. (Juárez, 2013)

La vid, puede ser cosechada en variadas condiciones climáticas, sin embargo, las circunstancias más favorables son un ambiente templado y seco. Las mejores zonas para la cosecha vinícola se localizan en las regiones comprendidas entre las latitudes 30° a 50° latitud norte y 30° a 40° latitud sur. Los países que se encuentran dentro de estas dos zonas geográficas son: Italia, Francia, Portugal, España, Grecia, Estado Unidos de América, México, Chile, Argentina, Sudáfrica y Australia. (Silva, 2016).

El cultivo de la vid ha tenido grandes manifestaciones a lo largo de la historia. Se tienen registros que datan aproximadamente del año 5,000 a. C., en el cual la cultura egipcia ya practicaba el cultivo de la vid. Siendo los griegos y los romanos quienes contribuyeron en gran parte a la propagación de la cultura vinícola. (Silva, 2016).

En América, se propagó el cultivo de la vid derivado de la conquista por parte de España, en el que las embarcaciones provenientes de la península ibérica contenían grandes cantidades de barricas con vino. Con el paso del tiempo, en México se fomentó el cultivo de la vid y la consecuente producción del vino. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018).

Actualmente, en México, existe el “Consejo Mexicano Vitivinícola” el cual se encarga de regular las 6,474 hectáreas (SAGARPA, 2018) destinadas a la producción de vino, siendo Baja California la que concentra el mayor porcentaje de producción. (INEGI, 2018)



A lo largo de los años, en México, se ha ido consolidando la industria vitivinícola, empezando por el Valle de Guadalupe, Baja California, el cual ha sido galardonado en diversas ocasiones por la calidad de sus vinos. Debido a esto, cada año incrementa la producción de vinos, la cual se sitúa en 21 millones de litros anuales (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018).

A medida que la industria crece en el país, es necesario analizar los impactos ambientales que ésta puede llegar a tener, ya que, para producir un litro de vino, se necesitan 720 litros de agua (SIAPASAN, 2020). De los cuales, cada litro de vino produce un aproximado de 14 litros de agua residual desde su cosecha, hasta su venta final. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018).

Esto quiere decir, que aproximadamente en 2018 se destinaron 15,120 millones de litros de agua para la producción del vino. Y se generaron aproximadamente 294 millones de litros de aguas residuales provenientes de la industria vitivinícola, de los cuales no se tienen registros de PTAR destinadas al tratamiento de estas aguas. (SIAPASAN, 2020)

La principal problemática se presenta en las características de esta agua residual, ya que contiene una elevada concentración de materia orgánica debido a su origen, característica que causaría un grave problema al entorno si se vertiera directo en algún cuerpo receptor de agua.



1.2 Objetivo general

Proponer un tren de tratamiento para el agua residual de la industria vinícola, con base en la normatividad nacional vigente para su disposición final.

1.3 Objetivos específicos

Realizar una revisión bibliográfica sobre la industria vinícola en medios electrónicos para la actualización de la información sobre el tema.

Identificar los contaminantes presentes en el agua residual de la industria vinícola para la selección del uso final del agua tratada para riego.

Investigar las diferentes operaciones y/o procesos unitarios para la propuesta del tren de tratamiento adecuado del agua residual de la industria vinícola.

1.4 Limitaciones y alcances

Se considerará los datos de alguna industria vinícola en México.

La propuesta considerará el uso final del agua tratada, de acuerdo con las necesidades de la industria.



Capítulo 2: Marco teórico

2.1 La vid

La vid es un arbusto, sarmentoso y trepador, que pertenece a la familia de las Vitáceas (Vitaceae). Cuyo nombre científico es "*Vitis vinífera*". En las vides se distinguen diversas partes del arbusto como se muestra en la Figura 2.1, una parte enterrada, formada por raíces de van de mayor a menor grosor conocidas como *cabellera*. Otra parte aérea que conforma: el *tronco*, *brazos* y *sarmientos* los cuáles duran varios años, y las *hojas*, *frutos* y *zarcillos*, cuya duración es de aproximadamente un año. La zona que une ambas partes, *subterránea* y *aérea*, se conoce como *cuello*. (Hidalgo, 2003)

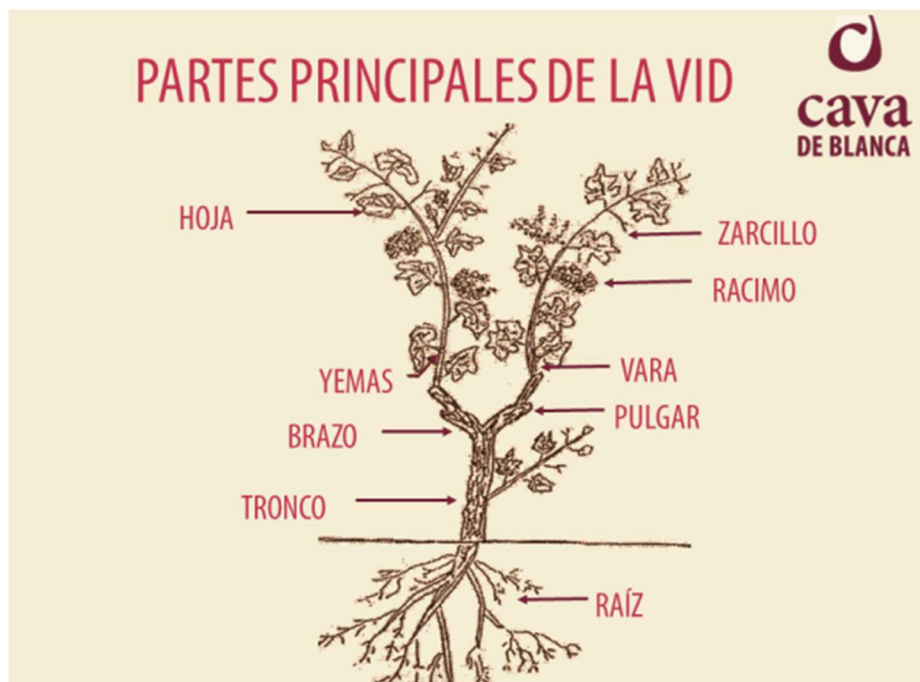


Figura 2.1. Ilustración de planta de la vid (Consejo Mexicano Vinícola, 2020)

Se conoce como *viña* o *viñedos* al grupo de vides delimitadas por una finca o parcela.



De la vid, se pueden tener dos fermentaciones posibles; de las mejores cosechas de uvas se separan y se obtiene el *vino*, el cual es la bebida obtenida por la fermentación del fruto de la vid, específicamente de las pertenecientes a la familia *Vitis vinifera*. (Maillard, 2003)

De igual forma, una vez obtenido el vino, se reposa durante un período corto y se pasa a destilación en alambiques de cobre. Teniendo como destilación el aguardiente de vino, se lleva al añejamiento en barriles de roble, lo que da como resultado el *brandy*. (Torres Brandy, 2021)

La vid puede vegetar y prosperar con éxito bajo variadas y adversas condiciones climáticas, pasando por climas de mucho frío o mucho calor, en zonas casi desérticas o cubiertas de nieve. Sin embargo, las circunstancias que le son más favorables las proporciona un ambiente templado y seco, condiciones que se encuentran en los hemisferios norte y sur, con notoria luminosidad, largos veranos e inviernos no demasiado duros. (Silva, 2016)

La *Vitis vinifera* como se ha mencionado, encuentra sus mejores zonas para la cosecha en las regiones comprendidas entre las latitudes 30° a 50° latitud norte y 30° a 40° latitud sur. En la Figura 2.2. se muestran los países que se encuentran dentro de estas dos zonas geográficas son: Italia, Francia, Portugal, España, Grecia, Estado Unidos de América, México, Chile, Argentina, Sudáfrica y Australia. (Juárez, 2013)

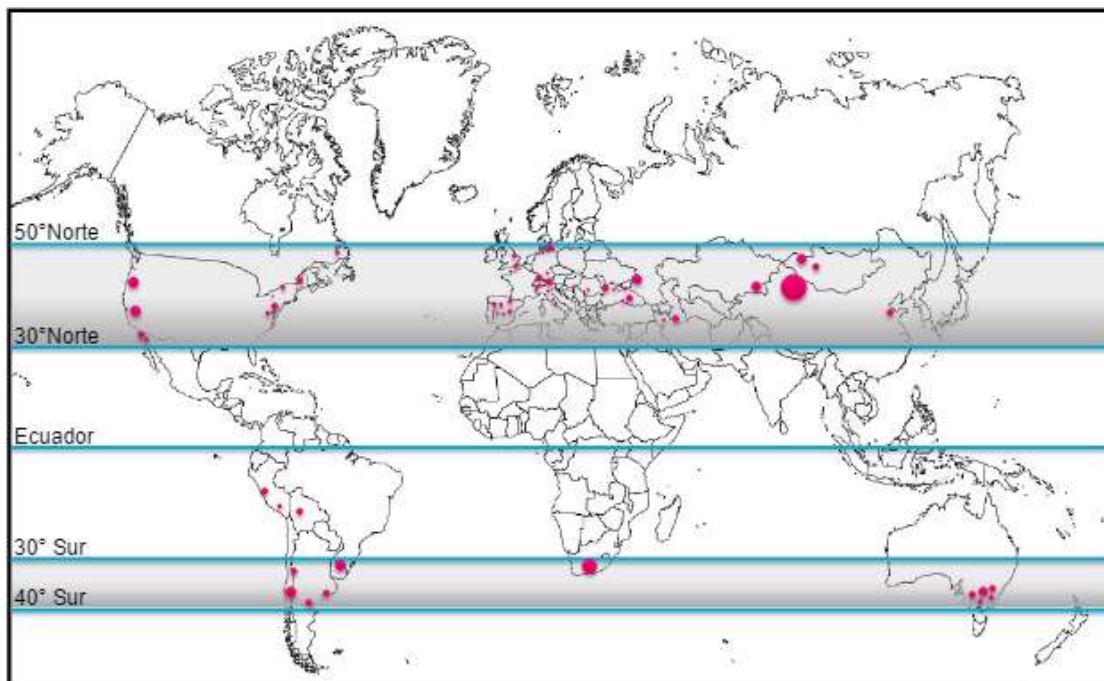


Figura 2.2. Áreas de cultivo de la vid (Piqueras J, 2014)

2.2 El vino como historia

La vid es uno de los cultivos más antiguos que se conocen, aún más antiguos que el mismo hombre. En un principio se tomó como un alimento, sin embargo, con su evolución se descubrió una bebida, el vino. (Juárez, 2013)

La invención del vino se remonta a épocas prehistóricas, tal vez al nacimiento de las primeras civilizaciones. La humanidad, es representada por seres que trabajan, discuten, aman y sufren, y en esas escenas siempre aparece acompañada de una jarra de vino. (Johnson y Robinson, 2003)

El desarrollo de la viticultura inicia casi junto con los orígenes del hombre, quien, al volverse sedentario, inició la agricultura de la vid, entre otros alimentos. Algunos autores citan que la vid se originó en Asia, distribuyéndose posteriormente al resto del mundo.



Desde su creación, el vino ha tenido una alta consideración social, siendo la bebida predilecta para eventos de gran importancia en la historia (Silva, 2016)

La más antigua manifestación de la existencia del género *Vitis*, data de hace más de 63 millones de años, en el Pleistoceno, con el descubrimiento de una hoja fósil de una ampelídea en la localidad de Sézanne, Marnne en Francia. (Juárez, 2013)

La era del vino comienza hace seis o siete mil años en Sumeria, el país de mayor antigüedad en Mesopotamia. De ahí se propagó la actividad agrícola de la vitivinicultura a las regiones de los ríos Tigris y Éufrates. En Ur, la antigua capital de Mesopotamia, fueron descubiertas tablillas de barro cocido, con una edad estimada de 2,750 años, en las que en escritura cuneiforme se describen varios procesos de la elaboración del vino. Cuando los fenicios, quienes colonizaron el Mediterráneo hacia el año 1,100 a.C., y los griegos hicieron lo propio, 350 años después; el vino llegó a los países donde se establecería: Italia, Francia y España. (Picornell y Melero, 2012)

Los vinos griegos, aparecen documentados y alabados en textos antiguos. Los vinos de las listas del mar Egeo fueron muy apreciados por sus características. Los griegos industrializaron la producción del vino en el Sur de Italia, los etruscos lo hicieron en la Toscana y más al Norte, posteriormente los romanos. (Picornell y Melero, 2012)

Para el hombre el vino era un producto de consumo habitual, llegando a ser necesario en cierto punto, como acompañamiento en los alimentos. A medida que las ciudades crecían y aumentaba la riqueza de la burguesía, comenzó a crecer la demanda de vinos de más calidad. (Silva, 2016)

La importancia del vino se ve reflejada en antiguos escritos, en donde se encuentran abundantes citas acerca de la vid y el vino, por ejemplo, en la Biblia se pueden observar citas que parten como testimonio de la práctica de la viticultura en la vida cotidiana. A continuación, se presentan algunos ejemplos de ello:



“El vino fortalece si se bebe con moderación. ¿Qué vida es la de los que del todo carecen de vino? Fue creado para alegría de los hombres. Alegría del corazón y bienestar del alma es el vino bebido a tiempo con sobriedad” (Eclesiástico, 31, 32-36).

Gén 27, 28 “Que Dios te conceda el rocío del cielo, la fertilidad de la tierra, abundancia de trigo y de vino”

Las mitologías del Mundo Antiguo también mencionan el vino e incluso, existían divinidades dedicadas a su culto. Como es el ejemplo de la mitología griega, en donde Dionisio es uno de los considerados dioses olímpicos, es el dios de la fertilidad y el vino. En Egipto, el dios del vino era Osiris, al que se evocaba como el vino “lágrimas de Horus” o “sudor de Ra” (dios del sol).

Debido a las plagas, y al impacto que tuvo en Europa las dos guerras mundiales se vio en declive la viticultura en el Viejo Continente, ya que su producción no podía abastecer la demanda del mercado mundial y sus vinos perdían valor. (Silva, 2016)

Antes de los 60's en su mayoría, los vinos eran multivarietales (es decir, vinos compuestos de dos o más tipos de uvas). Los vinos en Francia se elaboraban por zonas, esto significa que el productor que tenía su bodega realizaba su vino y en la etiqueta, colocaba el nombre del vino, el año de cosecha, el nombre de la bodega y nombraban el terreno del cual provenía; pero, no se nombraban las uvas que lo componían. (Silva, 2016)

Los vinos del Nuevo Mundo no podían competir con la jerarquía de los nombres del Viejo Mundo, es por eso, que, en Estados Unidos, principalmente en California donde se producían excelentes vinos, se apostó por una idea que había nacido en Alemania: colocar en las etiquetas de los vinos qué uvas los componían. Y elevaron aún más la apuesta: hacer vinos de un solo tipo de uva. Fue entonces que los consumidores dejarían de hablar de Pomerol, Borgoña o Bordeaux, si no, de Merlot, Pinot Noir, Malbec, entre otros. Es así como hoy en día Estados Unidos se ha convertido en una potencia mundial y se han esparcido por todo el mundo los vinos varietales. (Silva, 2016)



2.2.1 El vino en México

Desde la llegada de la vid a la península ibérica a manos de los griegos hace 2,700 años aproximadamente fue parte fundamental de la dieta de los españoles. En 1492 cuando los navíos se dirigían al descubrimiento del Nuevo Mundo, llevaron consigo una gran cantidad de barricas con vino. (Silva, 2016)

Antes de la llegada de los españoles, en México ya existía la uva, sin embargo, se desconocía el proceso para elaborar el vino. Fue a partir de la colonización de América que comenzó la historia del vino en México al ritmo de las imposiciones de su metrópoli. (Nieto, 2010)

Las primeras vides europeas que se plantaron en México fueron traídas por los conquistadores y misioneros españoles, y se encuentran en los campos de Baja California. Ésta fue plantada por los misioneros que necesitaban vino para celebrar la misa, cuando los jesuitas llegaron a la península de Baja California, convirtieron las zonas desérticas en cultivos de la vid, dando paso a la viticultura en México. (Strang y Hanicotte, 2007)

Cuando México fue conquistado por Hernán Cortés, éste se convirtió en gobernador de Nueva España en el siglo XVI, fue entonces que ordenó que cada colono plantara 1,000 pies de vid por cada cien aborígenes. Gracias a esto, el vino en México gozó de gran aceptación y poco a poco dejó de ser únicamente utilizado en misas, por los reyes y gente del poder, esto debido a la calidad de la uva y, por ende, del vino, el cual incrementó considerablemente y alcanzó una gran fama. Tal fue el hecho, que el Rey Felipe II en 1595, prohibió la siembra de nuevos viñedos y la producción del vino por el temor de que compitiera con el producido en España. (Nieto, 2010)

Juan de Grijalva es considerado el primer europeo que bebió vino acompañado de varios señores aztecas. Fue en una expedición que realizó por la costa de Cozumel, en “las playas a las que llamó Santa María de las Nieves, primer nombre español en México”. Recibió a emisarios de Moctezuma Xocoyotzin, noveno señor Mexica. En algunos



documentos se menciona que en esta comida ofrecida por Grijalva fue el 24 de junio de 1517. (Silva, 2016)

Silva (2016) menciona que algunos historiadores comentan que el 17 de agosto de 1521, una vez caída la capital del imperio azteca en poder de la armada de Hernán Cortés, el capitán dispuso de un banquete para celebrar su victoria sobre Cuauhtémoc, en el cual la principal bebida fue el vino.

En América, y en las tierras conocidas como Nueva España, los colonizadores encontraron uvas silvestres, diferentes de la *Vitis vinífera* europea, especie apropiada para producir vinos de grato sabor. (Silva, 2016)

Se conoce información que menciona los lugares en donde fueron sembrados los primeros viñedos en la Nueva España, se sabe que la cultura de la vid se propagó a Puebla, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Oaxaca y Baja California. Tiempo después fue llevado a tierras de las provincias de Nueva Galicia, Nueva Vizcaya y Nueva Extremadura. (Strang y Hanicotte, 2007)

Miguel Hidalgo y Costilla, pionero de la guerra de independencia, promovió la viticultura en Guanajuato. Durante su participación como párroco de Dolores entre los años 1803 y 1810, fomentó el cultivo de la vid y, por lo tanto, la producción del vino. (Silva, 2016)

El siglo XIX fue el más decadente para el vino mexicano ya que Silva (2016) cita que la Guerra de Independencia y los conflictos armados en contra de Estados Unidos afectaron la producción de la vid, y ésta se volvió irregular.

Silva (2016) refiere que, durante 1822, después del término de la guerra de independencia, se vio marcada la mayor época de decadencia del vino mexicano, es por lo que, Agustín de Iturbide, emperador de México, trató de fortalecer el mercado vinícola aplicando impuestos de hasta el 35% a los vinos importados, tratando así de favorecer la producción nacional, a la cual le redujo aún más los impuestos.



De acuerdo a Silva (2016), en 1843, Antonio López de Santa Anna, en conjunto con su ministro de gabinete, Lucas Alemán, fundó la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo, en donde se fomentó el cultivo de la vid, dando difusión a las viñas del territorio mexicano.

En 1907, un grupo de familias llegadas de Rusia se asentaron en un predio del Valle de Guadalupe, antes conocido como ex Misión de Guadalupe fundado por el fray Félix Caballero en las misiones que tuvieron pie en 1834, allí las familias sembraron trigo para después ser cambiado por vides. Éstos fueron los iniciadores de la producción de vino en el Valle de Guadalupe, ubicado al noreste de Ensenada, área geográfica donde se elaboran algunos de los mejores vinos de México. (Silva, 2016)

Los vinos mexicanos empezaron a producirse seriamente hasta 1920, sin embargo, no se logró que tuvieran buena calidad. En el año de 1948, se consolidó la vitivinicultura mexicana creándose la Asociación Nacional de Vitivinicultores A.C., que afilió inicialmente a 15 empresas. Entre los años 1950-1954 se incorporaron 14 empresas más. (Nieto, 2010)

En febrero de 2009, se dio una fusión entre la Asociación Nacional de Vitivinicultura A.C. (ANVAC) y el Comité Nacional Sistema Producto Uva (CNSP) para juntar los 60 años y 6 años, respectivamente, de experiencia y crear el Consejo Mexicano Vitivinícola A.C. Este Consejo se encuentra legal y debidamente constituido y registrado ante todas las autoridades competentes desde el 26 de junio de 2009, esto, con el fin de favorecer la industria vitivinícola mexicana. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018).

Actualmente el Consejo Mexicano Vitivinícola agrupa a los productores de uva del país, a las empresas y organizaciones que se dedican a procesar la vid, así como la obtención de sus derivados, como lo son la uva pasa, el jugo de uva, el brandy y todos los vinos producidos en México. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018).



2.3 El vino

Del latín “*vinum*”, el vino es una bebida que se obtiene a partir de la uva. El proceso implica la fermentación alcohólica, total o parcial, del mosto de ésta a través de la acción metabólica de levaduras que transforman los azúcares del fruto en etanol y gas en forma de dióxido de carbono. Usualmente el contenido de alcohol por volumen es entre 10% y 15%. (Silva, 2016).

2.3.1 Proceso de elaboración del vino

La elaboración de vinos se considera en dos etapas: la viticultura que es el cuidado de las uvas en el campo y la vinificación que es la transformación de la uva en vino. (Juárez, 2013).

Existen dos tipos de vinificación, la de los vinos de mesa (blanco, tinto y rosado) y las vinificaciones especiales (vinos generosos, espumosos, etc.). Es necesario hacer énfasis que el clima, la variedad de la uva y el método de vinificación determinan el tipo y la calidad del vino a obtener. (Nieto, 2010)

En México se producen vinos tintos de mesa varietales, en donde se utiliza una sola variedad de uva en su elaboración; entre los de mayor consumo se encuentran: Cabernet Sauvignon, Pinot Noir, Zinfandel y Merlot, aunque la mayoría de los vinos de marca son mezclas de diferentes variedades de uva. (Nieto, 2010)

Para la elaboración de cada tipo de vino se realizan operaciones diferentes en su proceso, sin embargo, se describirá el proceso general.



Vendimia

La vendimia es el proceso de recolección de aquellas uvas destinadas a la producción del vino. El tiempo apropiado para realizar la cosecha varía dependiendo de los siguientes factores; variedad de la uva, región, estación del año, volumen de producción y posible uso de la vendimia. Para fijar la fecha exacta del corte de la uva, es necesario determinar la madurez del fruto en el viñedo, utilizando los índices de madurez. (Oreglia, 1978)

Se llama índices de madurez a la relación azúcar/acidez, que sirven para conocer el momento oportuno para efectuar la cosecha. (Oreglia, 1978).

El estado de maduración será distinto según el tipo de vino que se vaya a elaborar (siempre y cuando las condiciones climáticas no precipiten la decisión) la recolección debe realizarse de acuerdo con el tipo de vino que se quiere elaborar: (Freixenet México 2009)

- Para vinos blancos frescos, antes de la maduración fisiológica
- Para vinos tintos coloreados, después de la maduración fisiológica

Recepción

Durante la recepción de la uva en la bodega, se deben realizar las siguientes actividades:

- El control de la variedad de las uvas y de su estado de sanidad.
- La entrada de las uvas entregadas y la descarga.
- El transporte de las uvas hacia las tolvas de dosificación para la extracción del mosto.
- El pesado de la cosecha y la determinación de los azúcares.

El contenido de azúcar se efectúa por medio de refractometría, muestreándose en diferentes niveles del contenedor, verificando que el peso no esté alterado por agua o por piedras. (Nieto, 2010)



Despalillado y Estrujado

Es la operación que consiste en separar las bayas de sus raspones. La despalilladora, está compuesta por un cilindro perforado en el interior, del cual gira un eje rotativo provisto de batidores. El despalillado es una práctica generalizada en la mayoría de las bodegas ya que permite evitar la maceración del raspón. Es necesario despalillar antes de estrujar las uvas. (Juárez, 2013)

El estrujado consiste en reventar las bayas de la uva para permitir la salida del jugo que está contenido en las pequeñas vacuolas intercelulares, favoreciendo los fenómenos de difusión y disolución de los pigmentos que caracterizan a cada vino. Estos compuestos se encuentran en la parte interna del hollejo, y el estrujado facilita su salida debido a que la uva está lo suficientemente molida y, por lo tanto, se aumenta la superficie de contacto entre el mosto y los hollejos. (Nogera-Pujol, 1973)

Encubado

Esta operación consiste en introducir el mosto en los recipientes o cubas en donde se va a llevar a cabo los procesos de sulfitado, de maceración, fermentación, entre otros.

Las cubas pueden ser de madera, cemento armado, metal y materiales sintéticos. La madera que mejor cumple esta función es el roble. (Nieto, 2010)

Sulfitado

Consiste en la adición de anhídridos sulfurosos al vino en cualquiera de las siguientes formas: anhídrido sulfuroso gaseoso (SO_2), metabisulfito de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) o metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) estos se encuentran en forma de pastillas o soluciones al 6% de anhídrido sulfuroso; este agente antiséptico inhibe a las bacterias y permite la selección de las levaduras. (Usseglio Tomasset, 1986)



El sulfitado hace más resistente el mosto a las oxidaciones, este compuesto en términos generales se debe adicionar para vinos tintos, de 30 a 150 ppm. (Nieto, 2010)

Prensado

Consiste en la aplicación de presión por medio de una prensa tanto a uvas como a racimos, orujos, con el objetivo de extraer el mosto. El líquido procedente del prensado es más rico en taninos y en materia colorante. El prensado normalmente inicia con una presión suave y a medida que aumenta el número de prensadas aumenta la presión. (Juárez, 2013)

Fermentación alcohólica

En los vinos tintos, se lleva a cabo en presencia de sólidos, de manera que se pueda extraer color de los hollejos. Inicialmente puede ser muy tumultuosa, pero a medida que existe una mayor conversión de azúcar, la rapidez de transformación disminuye. En la mayoría de los casos, la fermentación continúa hasta que el vino está seco, y en función de la riqueza del mosto, la concentración final de alcohol se encuentra en el rango de 11 a 14.5% en volumen. La fermentación puede comenzar a una temperatura de 20°C, aunque durante el proceso puede aumentar hasta 30°C. Las levaduras dejan de superar cuando la temperatura rebasa los 35°C. Una buena extracción de color requiere fermentaciones con altas temperaturas. Sin embargo, fermentaciones más frías permiten un mejor crecimiento de colonias de levaduras y dan lugar a grados alcohólicos más altos. Cuando mayor es la temperatura, menor es el tiempo que dura la fermentación. La fermentación se puede comenzar a una temperatura de 20°C y permitir que ascienda de manera natural hasta 30°C para potenciar la extracción, al final del proceso la temperatura se puede reducir a 25°C para asegurar una fermentación completa hasta que el mosto quede seco. (Flanzy, 2003)



Extracción

El sistema tradicional de elaboración de vinos tintos consiste en que las partes sólidas y líquidas fermenten conjuntamente en depósitos abiertos. Los sólidos ascienden con el CO₂, lo cual es un inconveniente, ya que los hollejos requieren estar en contacto con el mosto para que la extracción de color y taninos tenga lugar. (Juárez, 2013)

Remontado

Es un proceso que consiste en extraer el mosto de la parte inferior y bombearlo hacia la parte superior para que entre en contacto de nuevo con los hollejos. Esta operación también tiene la ventaja de airear el mosto, lo cual incrementará las colonias de levaduras. (Juárez, 2013)

Maceración

Depende del tipo de vino a elaborar, se pueden dejar los hollejos hasta que la fermentación alcohólica haya terminado, hasta que se haya extraído suficiente color, aroma, sabor y taninos. El tiempo de maceración puede ir desde 2 a 3 días hasta más de 28. (Juárez, 2013)

Fermentación maloláctica

Normalmente sigue a la fermentación alcohólica y debido a esto a veces se le denomina segunda fermentación. La fermentación comienza a una temperatura de 20°C, y se controla para que no rebase los 25°C. Las levaduras no están implicadas. El ácido málico se transforma en un ácido suave, el ácido láctico. La fermentación maloláctica puede ser inducida por calentamiento de los depósitos. (Nieto, 2010)



Coupage

Es una operación importante a la hora de elaborar vino. Una vez que la fermentación ha terminado habrá diferentes depósitos con vinos procedentes de distintos viñedos, diversas partes de la finca e incluso cepas de diferente edad. Las distintas variedades, que han sido vendimiadas en función de la evolución de la maduración, se fermentarán de manera separada. La mezcla o coupage de estos depósitos se llevará a cabo con la finalidad conseguir un estilo y tipo de vino con una calidad determinada. Las razones fundamentales para el coupage son las de obtener un producto final mejor que la suma de sus partes, incluso la de eliminar ciertas anomalías. (Juárez, 2013)

Añejamiento

Los vinos requieren de cierto tiempo para poder madurar. Existen dos tipos de añejamiento: el natural y el artificial. El natural, es obra del tiempo y, por lo tanto, es lento. El artificial busca factores y condiciones creadas, tratando de suplir el tiempo. Se debe tener en cuenta que no todos los vinos pueden ser añejados, solamente aquellos selectos que cumplan con una buena composición química. (Nieto, 2010)

El proceso de añejamiento cambia dependiendo del tipo de vino. En el añejamiento natural se distinguen una etapa de crianza o maduración en vasijas de madera o en toneles, y donde el vino se despoja, adquiere claridad y estabilidad, desarrollando sus cualidades gustativas; todo esto gracias a las reacciones que se llevan a cabo con el oxígeno presente. La presencia de este elemento tiene diferentes formas de llegar al vino, ya que puede pasar a través de la madera, incorporarse en el momento de efectuar los trasiegos o simplemente mezclarse con el aire de la superficie del líquido. (DOF, 2019)

El recipiente clásico de la maduración de los vinos ha sido durante siglos la vasija de madera. Ésta no es un material inerte con respecto al vino, sino que lo modifica de manera tal que se le considera como un elemento indispensable para la evolución normal de los



grandes vinos. Los vinos tintos de calidad se elaboran con una cantidad meticulosa de SO_2 se someten a la fermentación maloláctica y se les practica los trasiegos y correcciones, una vez lograda la estabilización en sus aspectos fisicoquímicos y microbiológicos, en vasijas comunes, se les envía a los recipientes de madera. (Marqués del Atrio, 2021)

Las barricas más comúnmente utilizadas en la industria tienen una capacidad de 225 a 250 l; deben de ser de roble, ya que es la única madera que transfiere al vino elementos aromáticos capaces de afinar los caracteres organolépticos de éste. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018).

La duración de esta etapa del vino en contacto con la madera es de uno a dos años, ya que es el tiempo necesario para que la madera ceda al vino todos los elementos que mejoran la calidad. Para poder garantizar la calidad del vino las barricas deben estar bien lavadas y desinfectadas, ya que en caso contrario pueden ser causa de contaminaciones microbiológicas, que provocan, en el menor de los casos, un sabor a moho o a vinagre en el vino (Juárez, 2013)

Embotellado

Igual que para el añejamiento en madera, no todos los vinos son apropiados para una larga crianza en botella, pero eso sí, al término de su producción, el vino tiene que pasar a ésta ya que sólo en ella puede alcanzar su plena madurez. Para que un vino esté a punto de ser embotellado debe ser resistente al aire y estable desde el punto de vista biológico y químico, de modo que no se deba temer la aparición de enturbiamiento, decoloraciones o de fermentaciones en la botella. Todo esto depende de las medidas del acabado aplicadas al vino: de las clarificaciones, de los trasiegos, en caso necesario, de un tratamiento por frío para vinos que contengan azúcar residual y del control del embotellado estéril. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018).



2.3.2 Clasificación del vino

De acuerdo al Consejo Mexicano Vitivinícola, (2018), existen diversas clasificaciones para el vino, puede ser por su color, por el contenido de azúcar, por el contenido de alcohol, entre otros. Las clasificaciones más utilizadas son las siguientes:

Clasificación general: Es la más usada y clasifica a los vinos según su forma de elaboración. (Juárez, 2013)

- ❖ Vinos tranquilos: Su contenido alcohólico oscila entre 9° y 14.5°, generalmente son secos y estos a su vez se clasifican en tres:
 - Blancos: Obtenidos a partir de uvas blancas o de la pulpa de uvas tintas (se separa la pulpa del hollejo).
 - Rosados: Obtenidos a partir de uvas tintas a las que se les ha separado parcialmente el hollejo, también puede provenir de la combinación de uvas blancas y tintas.
 - Tintos: Obtenidos a partir de uvas tintas a las cuales no se les ha separado el hollejo.

- ❖ Vinos especiales: Suelen ser dulces o semidulces, muy pocos son secos, generalmente con un alto contenido alcohólico en muchos de estos casos es debido a la adición de este. (Viveros Barber, 2018)
 - Generosos (Contenido alcohólico entre 14° y 23°)
 - Licorosos generosos (Contenido alcohólico entre 13.5° y 23°)
 - Dulces naturales
 - Mistelas (Con sabor a mosto, contenido alcohólico entre 13° y 23°)
 - Espumosos naturales (Contiene gas carbónico)
 - Gasificados (Gas carbónico incorporado artificialmente)



- De aguja (Desprende burbujas sin llegar a formar espuma)
- Enverados (Contenido alcohólico inferior a 9° y superior a 7°)
- Chacolís (Por causas meteorológicas no maduran normalmente)
- Derivados vínicos (Vinos aromatizados, vermouths, aperitivos vínicos)

Clasificación por edad: Está basada en diferenciar los vinos de acuerdo con el periodo de reposo en bodega antes de salir al mercado. (Juárez, 2013)

- ❖ Vinos jóvenes (vinos genéricos): Son aquellos que no han tenido ningún tipo de crianza en madera o la crianza ha sido mínima, conservan mucho las características varietales de las uvas de las que proceden, su consumo recomendado es entre los 12 y los 24 meses después de la vendimia, es frecuente encontrar blanco, rosado y tinto. (Viveros Barber, 2018)
- ❖ Vinos crianza: Son aquellos que han pasado un mínimo de crianza entre madera y botella, son vinos que desarrollan además de las características varietales de las que proceden, otras características organolépticas debidas a este periodo de envejecimiento, su consumo recomendado es entre los 3 y los 10 años existiendo casos de vinos que duran hasta 20 años, generalmente estos vinos son tintos, algunos son blancos y muy escasos rosados. (Viveros Barber, 2018)
 - Crianza: Mínimo seis meses en madera y hasta dos años en botella, también puede ser un año en madera y uno en botella o 18 meses en madera y seis meses en botella.
 - Reserva: Mínimo un año en madera y hasta tres años en botella.
 - Gran reserva: Mínimo dos años en madera y hasta cinco en botella.

Clasificación por grado de dulzura: Se basa en el contenido de azúcares, los valores aquí presentados son medios, cada país, región o Denominación de Origen, determina con exactitud en que rango se encuentra cada tipo. (Juárez, 2013)



- ❖ Vinos secos: Son aquellos que contienen < 5 g/L de azúcares.
- ❖ Vinos semisecos: Son aquellos que contienen de 5 a 15 g/L de azúcares.
- ❖ Vinos abocados: Son aquellos que contienen de 15 a 30 g/L de azúcares.
- ❖ Vinos semidulces: Son aquellos que contienen de 30 a 50 g/L de azúcares.
- ❖ Vinos dulces: Son aquellos que contienen de > 50 g/L de azúcares.

Se conoce como vino fortificado, por otra parte, a la bebida a la que se añade brandy antes o durante la fermentación. El oporto, el marsala y el jerez son ejemplos de vinos fortificados. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018).

2.4 Regiones geográficas y consumo vinícola en México

México es uno de los países más importantes en la producción de uva, en el 2017 ocupaba la posición 29 en el ranking mundial de productores de uva fresca, con un volumen de 340,000 ton/año. La mayor parte de esta producción se destina a la uva de mesa. (SAGARPA, 2018)

A continuación, en la Figura 2.3 en donde se observa el comportamiento que ha tenido en los últimos años la producción de la uva en México. En color morado se muestra la producción nacional total de uva y en color lila la producción para uso industrial en el país.

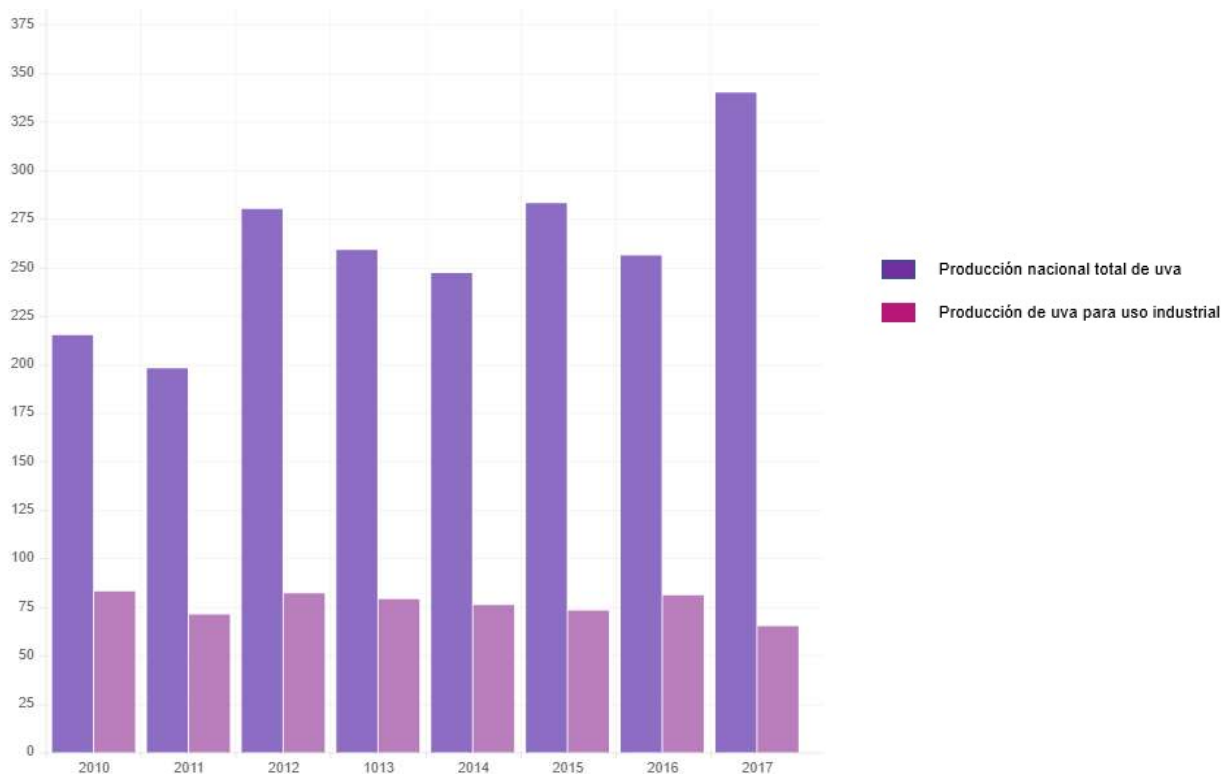


Figura 2.3. Evolución de la producción nacional en miles de toneladas/año (SAGARPA, 2018)

En los últimos años, el vino mexicano se ha consolidado como uno de los productos mexicanos más reconocido en el territorio nacional e internacional. En la Figura 2.4. se muestran los 12 estados productores en México, en los cuales se cultivan 18 variedades de uvas. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2021)



Figura 2.4. Regiones Vitivinícolas en México (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2021)

El consumo de vino en México, ha tomado gran relevancia en los últimos años gracias a la participación del Consejo Mexicano Vitivinícola, el cual ha fomentado el cultivo de la vid, así como incentivar la producción de vino mexicano. De acuerdo con sus datos, el consumo de vino se ha duplicado en los últimos cinco años, ya que ha pasado de 450 a 950 mililitros per cápita. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2021)

Sin embargo, la producción de vino en México, solo permite satisfacer el 30% de la demanda interna, por lo que el resto de la demanda se satisface de vinos importados. Según el Sistema de Información de Arancelaria, en 2015 el 53% de los vinos importados provino de Chile, en segundo lugar, con 30.79%, de España y en tercer lugar con 10.73% de Estados Unidos. El resto de vinos importados en cantidades significativas provinieron de Argentina, Francia, Uruguay e Italia. (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018)



2.5 Generación de aguas residuales de la industria del vinícola

Al analizar el contexto de la industria vitivinícola, es necesario analizar los impactos ambientales que ésta puede llegar a generar, uno de ellos, es la generación de aguas residuales, ya que, para producir un litro de vino, se necesitan de 720 litros de agua (SIAPASAN, 2020). De los cuales, cada litro de vino genera un aproximado de 14 litros de agua residual en sus diferentes etapas. (CMV, 2018)

Estos efluentes proceden de las diferentes etapas de la producción del vino: recepción, prensado de la uva, extracción del mosto, limpieza de las prensas, lavado del orujo y filtros a vacío; en vinificación, la fermentación, clarificación y estabilización por el lavado de tanques de proceso, limpieza de filtros y tratamiento de descalcificación de las aguas de refrigeración; en envasado, la limpieza de botellas, lavado de cintas transportadoras y derrames del producto. (Corndorchem envitech, 2019)

Debido al alto contenido de materia orgánica de estas aguas residuales, el efluente debe pasar por un debido tren de tratamiento. Si ésta no tiene un tratamiento, la fracción orgánica esencialmente la soluble como azúcar, ácidos, alcohol y polifenoles, provocarían una gran concentración de contaminación si se vierte en un cuerpo de agua. (Corndorchem envitech, 2019)

En la industria vinícola se debe distinguir el agua residual generada en las bodegas o elaboración de vino y destilerías alcohólicas o tratamiento de subproductos derivados de la elaboración de la uva. En este caso, se centrará en los vertidos líquidos de las bodegas de la industria. La naturaleza del efluente es principalmente orgánica, y puede contener las siguientes características:

- Elevada carga contaminante orgánica, proveniente de la materia seca del mosto y microorganismo; compuesta de colorantes, taninos, proteínas, ácidos orgánicos, glúcidos y macroorganismos vivos o muertos (levaduras, bacterias lácticas y acéticas, hongos).



- Residuo mineral precipitado en el proceso de fermentación y estabilización después del enfriamiento del vino.
- Alta concentración de DBO₅ y DQO.
- pH ácido en los vertidos provenientes de la bodega y básico en los de la planta de embotellado.
- Sólidos en suspensión en forma coloidal.
- Desinfectantes como cloro y sus compuestos.
- Residuos de productos fitosanitarios que se encuentran en la uva.

Estos efluentes tienen una gran irregularidad en cuanto a caudales, composición de las aguas residuales y concentración de contaminantes, dependiendo de las horas del día, épocas del año, ya que influyen factores como la frecuencia de entrada de materia prima, volumen de producción de acuerdo a la demanda de la época. (Corndorchem envitech, 2019)



Capítulo 3: Normatividad nacional e internacional

3.1 Marco legal en México en materia vinícola

En México existen cuatro órganos reguladores que emiten diversas disposiciones que integran el marco jurídico de la *Vitis vinífera*, el problema radica en que no existe una entidad que recopile todo el marco jurídico aplicable, por lo que, se complica el acceso a la información de las regulaciones para la *Vitis vinífera*, además de que cada uno de los organismos reguladores se encargan de una etapa o parte de la producción, y cada uno se rige bajo sus propias regulaciones. (De la Rosa, 2017)

En 1943 fue promulgada la Ley Vitivinícola que procuraba regular a la industria, procesos, métodos, comercio, entre otros aspectos, la cual no se encuentra vigente actualmente. Esta Ley existía con el propósito de dar certeza y prestigio a la vitivinicultura mexicana, hoy en día, la regulación vigente más importante se refiere a la NOM-142-SSA1/SCFI-2014 (Secretaría de Salud, 2014), la cual habla acerca de las especificaciones generales de las bebidas alcohólicas, apoyándose solo en algunos otros ordenamientos. (De la Rosa, 2017)

Denominación de Origen

Se entiende como Denominación de Origen al certificado legal de carácter internacional que se le da a un producto, y su calidad o características que se le otorgan de acuerdo con la región en donde se produce, transforman y elabora en todas sus etapas del proceso el producto en el lugar de origen. (Secretaría de Relaciones Exteriores, 2015)

Según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), México está adherido desde 1964 al Arreglo de Lisboa, relativo a la protección de denominaciones de origen y su registro internacional. A nivel nacional, el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual es el encargado de protegerlas y regularlas en los productos. (SRE, 2015)



La principal ventaja de la Denominación de Origen es que le garantiza al consumidor un nivel de calidad constante y características específicas del producto, buscando darle un valor agregado por prestigio y distinción, lo que puede impactar en la preferencia del consumidor. (SRE, 2015)

En la actualidad, México cuenta con 14 Denominaciones de Origen (DO). En el sector de bebidas: tequila, mezcal, bacanora, sotol y charanda. En artesanías: talavera, Olinalá y ámbar de Chiapas. En la hortofruticultura: café de Chiapas, café de Veracruz, mango Ataulfo, vainilla de Papantla, chile habanero de Yucatán y arroz de Morelos. (SRE, 2015)

Como se puede observar, no existe ninguna Denominación de Origen respecto a la *Vitis vinífera* y sus derivados. Acerca de estos existen opiniones divididas, ya que algunos creen que debería de existir una DO para el vino mexicano, especialmente en Baja California, lo cual algunos piensan que esto le traería beneficios al sector vitivinícola. Sin embargo, otro sector de la vitivinicultura opina que someterse a una DO significaría limitar la creatividad y experimentación por parte de los productores, ya que piensan que México es un país que aún se encuentra en vías de desarrollo en la producción del vino y no sabrían en que aspectos entrarían o no las variedades de uva que existen en las regiones. (Forbes, 2021)

Hecho en México

Hecho en México, es el distintivo que pueden recibir alimentos, bebidas, artesanías, y demás productos. Este logo tiene el objetivo de fortalecer el mercado mexicano, con lo que les permite ser reconocidos por los consumidores nacionales e internacionales. (Secretaría de Economía, 2018)

Toda persona física con actividad empresarial o las personas morales que elaboren productos en el país pueden obtener el sello que se muestra en la Figura 3.1. Esto siempre y cuando cumpla con las obligaciones que establece la Secretaría de Economía, entre las cuales se encuentra que, el bien debe ser obtenido en su totalidad o producido enteramente en México, entre otras. (Secretaría de Economía, 2018)



Figura 3.1. Distintivo "Hecho en México" (Secretaría de Economía, 2018)

3.1.1 Normas Oficiales Mexicanas (NOM's)

NOM-142-SSA1/SCFI-2014 Bebidas alcohólicas, Especificaciones sanitarias, Etiquetado sanitario y comercial.

La presente Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las especificaciones sanitarias y disposiciones de etiquetado sanitario y comercial de las bebidas alcohólicas que se comercialicen en el territorio nacional. (Diario Oficial de la Federación, 2016)

- El agua empleada en la elaboración de bebidas alcohólicas debe ser potable y cumplir con lo señalado en el reglamento y en la norma correspondiente. De ser necesario podrá utilizarse agua destilada o desmineralizada.
- En la elaboración de bebidas alcohólicas se deben seguir las buenas prácticas de fabricación.
- La información contenida en las etiquetas de las bebidas alcohólicas preenvasadas debe presentarse y describirse en forma clara, evitando que sea falsa, equívoca o que induzca a error al consumidor con respecto a la naturaleza y características del producto.



- Las bebidas alcohólicas pre envasadas deben presentarse con una etiqueta en la que se describa o empleen palabras, ilustraciones u otras representaciones gráficas que se refieren al producto, permitiéndose la descripción gráfica de la sugerencia de uso, empleo, preparación, a condición de que aparezca una leyenda alusiva al respecto.
- En las etiquetas de las bebidas alcohólicas deberán figurar los siguientes requisitos: Nombre o marca comercial del producto, nombre o denominación genérica del producto, indicación de la cantidad conforme a la NOM-030-SCFI-1993 Información comercial. Declaración de cantidad en la etiqueta-Especificaciones, nombre, denominación o razón social y domicilio fiscal del productor o responsable de la fabricación del producto, leyenda que identifique el país de origen “Hecho en México”, contenido de alcohol, porcentaje de alcohol en volumen, información del lote, leyendas precautorias e información adicional (opcional).
- Los productos objeto de esta norma se deben envasar en recipientes de tipo sanitario, elaborados con materiales inocuos y resistentes a las distintas etapas del proceso, de tal manera que no reaccionen con el producto o alteren sus características físicas, químicas y sensoriales.

Esta norma se complementa con las Normas Oficiales presentadas a continuación:

NOM-120-SSA1-1994 Bienes y Servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.

La presente Norma Oficial Mexicana establece las buenas prácticas de higiene y sanidad que deben observarse en el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas. (Diario Oficial de la Federación, 2016)

NOM-002-SCFI-1993 Productos pre envasados. Contenido neto, tolerancias y métodos de verificación.



La presente Norma Oficial Mexicana establece las tolerancias y los métodos de prueba para la verificación de los contenidos netos de productos pre envasados y los planes de muestreo usados en la verificación de productos que declaran su contenido neto en unidades de masa o volumen. (Diario Oficial de la Federación, 2016)

NOM-030-SCFI-1993 Información comercial. Declaración de cantidad en la etiqueta-Especificaciones.

La presente Norma Oficial Mexicana establece la ubicación y dimensiones del dato cuantitativo referente a la declaración de cantidad, así como las unidades de medida que deben emplearse conforme al Sistema General de Unidades de Medida y las leyendas: contenido, contenido neto y masa drenada, según se requiera en los productos preenvasados que se comercializan en territorio nacional. (Diario Oficial de la Federación, 2016)

3.1.2 Normas Mexicanas (NMX's)

NMX-V-012-1986. Bebidas alcohólicas. Vinos. Especificaciones.

Esta Norma Mexicana establece las especificaciones que deben cumplir las Bebidas alcohólicas denominadas vinos.

- Cada envase del producto debe llevar una etiqueta o impresión permanente, visible e indeleble con los siguientes datos: nombre del producto, nombre comercial o marca registrada, contenido neto, grado alcohólico, nombre o razón social del fabricante o propietario de registro y domicilio donde se elabore el producto, la leyenda “Hecho en México”, el número de registro, se puede especificar la clasificación a la que pertenece el vino, además los vinos se pueden fechar como se muestra en la Figura 3.2.



Figura 3.2. Etiqueta de vino mexicana (Secretaría de Economía, 2009)

- En el embalaje deben anotarse los datos necesarios para identificar el producto y todos aquellos otros que se juzguen convenientes, tales como las precauciones que deben tenerse en el manejo y uso de los embalajes.
- El producto objeto de esta Norma se debe envasar en recipientes de tipo sanitario, elaborados con materiales resistentes a las condiciones habituales del envasado y almacenaje, de tal naturaleza que no reaccionen y no se disuelvan, alterando las características físicas, químicas y sensoriales, ni que produzcan sustancias tóxicas en el producto. (Diario Oficial de la Federación, 2016)
- Para el embalaje del producto objeto de esta Norma se deben usar cajas de cartón o envolturas de algún otro material apropiado, que tengan la debida resistencia y que ofrezcan la protección adecuada a los envases para impedir su deterioro exterior, a la vez faciliten su manipulación en el almacenamiento y distribución de estas, sin exponer a las personas que los manipulen.
- El producto terminado debe almacenarse en locales que reúnan los requisitos sanitarios que señala la Secretaría de Salud.

NMX-V-030-1986. Bebidas alcohólicas. Vinos generosos. Especificaciones.

Esta Norma Mexicana establece las especificaciones que deben cumplir las Bebidas Alcohólicas denominadas "Vinos Generosos", tales como: Moscatel, Quinado, tipo Málaga, tipo Madeira, tipo Jerez, tipo Oporto, tipo Manzanilla y Amontillado. (DOF, 2016)



3.1.3 Normativa Internacional

Como punto de partida en el estado que se encuentra la regulación del *Vitis vinifera* en México, se realizará la comparativa con los principales productores de vino en América y Europa, siendo: Argentina, Chile, España y Francia respectivamente.

Los vinos europeos están apegados a reglas muy estrictas y leyes claras acerca de la producción y cultivo de la vid establecida por ley y la elaboración del vino, lo permitido y lo no permitido. Son países con grandes tradiciones en el tema y lo demuestran en sus legislaciones. (De la Rosa, 2017)

Los vinos americanos por el contrario son mucho más experimentales, las reglas no son tan claras ni tan definidas y su proceso es más moderno. (De la Rosa, 2017)

El prestigio de la vitivinicultura chilena se debe a la creación de un reglamento en 1969. La legislación en Chile regula las formas de cultivo, procedimientos de elaboración y tipos de vino, dando un completo seguimiento a todo el proceso de elaboración del vino. (De la Rosa, 2017)

La actividad vitivinícola en Argentina es más reciente y está regulada por el Instituto Nacional de Vitivinicultura, el cual garantiza la legitimidad y calidad de los vinos.

Argentina y Chile han sabido aprovechar la experiencia europea creando Organismos únicos, que regulan el sector vitivinícola.

En la Tabla 3.1. se muestra una comparativa de los órganos reguladores y asociaciones encargadas del vino en México, Argentina, Chile, España y Francia.



Tabla 3.1. Órganos Reguladores y Asociaciones (De la Rosa, 2017)

Órganos reguladores y Asociaciones				
México	Argentina	Chile	España	Francia
4 Órganos Reguladores	1 Órgano Regulador	1 Órgano Regulador	2 Órganos Reguladores	2 Órganos Reguladores
9 Asociaciones	No hay asociaciones	3 Asociaciones	9 Asociaciones	14 Asociaciones
1 Consejo Regulador			68 Consejos Reguladores	57 Consejos Reguladores

Los vinos de España y Francia tienen sin lugar a duda una tradición y una calidad sustentada en una sólida regulación, cada uno con sus respectivos sistemas de regiones reglamentadas por Denominaciones de Origen y bajo la reglamentación de la Unión Europea. Los vitivinicultores españoles y franceses tienen el soporte de sus Instituciones Oficiales con sistemas de información accesible, incentivos gubernamentales, subsidios, son respaldados por sus Consejos Reguladores los cuales se encargan de fomentar y controlar la calidad de los vinos, promocionar su imagen, defender los intereses del sector y de aplicar las normativas de su respectiva zona vitivinícola. (De la Rosa, 2017)

3.2 Marco legal en México para aguas residuales de la industria vinícola

NOM-001-SEMARNAT-2021. Establece límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpo receptores propiedad de la nación.

Esta norma establece la concentración de los contaminantes básicos y tóxicos para las descargas de agua residual en aguas y bienes nacionales como ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras, suelo y humedales naturales; donde las concentraciones de los contaminantes pueden variar dependiendo del uso del cuerpo receptor. Se especifican



los límites máximos permisibles para contaminantes básicos y para metales pesados y cianuros. (SEMARNAT, 2021)

El límite máximo permisibles para la concentración de contaminantes patógenos para las descargas de agua residual vertidas a cuerpos receptores, así como descargas vertidas al suelo, es de entre 100 y 500 NMP (Número Más Probable) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual. (SEMARNAT, 2021)

El potencial hidrógeno permisible (pH) es de 6.9 unidades. (SEMARNAT, 2021)

NOM-002-ECOL-1996 Establece límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

La concentración de contaminantes en las descargas de agua residual a los sistemas de alcantarillado no debe ser superior a lo indicado en la norma. (SEMARNAT, 2015)

Las unidades del potencial hidrógeno (pH) no deben ser mayores de 10 ni menores de 6, mediante medición instantánea. (SEMARNAT, 2015)

El límite máximo permisibles de temperatura es de 40°C, mediante medición instantánea; se permitirán descargas a temperaturas mayores siempre y cuando se demuestre al municipio que esté a cargo del alcantarillado correspondiente por medio de un estudios sustentando, que no daña al sistema. (SEMARNAT, 2015)

No se deberán descargar al alcantarillado residuos o sustancias consideradas peligrosos, conforme a las normas oficiales mexicanas correspondientes. Los municipios podrán fijar condiciones particulares de descarga a los responsables de las descargas de agua residual a los sistemas de alcantarillado de manera individual o colectiva. (SEMARNAT, 2015)

NOM-003-ECOL-1997 Establece límites permisibles de contaminantes en las descargas de agua residual tratada que se reúse en servicios públicos.

Las entidades públicas son responsables de su tratamiento y reúso; en caso de que el tratamiento se realice por terceros, serán responsables del cumplimiento de esta norma



desde la producción del agua tratada hasta su reúso incluyendo la conducción misma. (SEMARNAT, 2015)

Los límites máximos permisibles se establecen en función del tipo de reúso que pueden ser servicios al público con contacto directo o con contacto indirecto u ocasional. (SEMARNAT, 2015)

Contacto directo: Llenado de lagos y canales artificiales recreativos con paseos en lancha, remo, canotaje y esquí; fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines. (SEMARNAT, 2015)

Contacto indirecto u ocasional: Tienen acceso restringido ya sea por barreras físicas o personal de vigilancia, se incluyen riego de jardines y camellones en avenidas, fuentes de ornato, campos de golf, abastecimiento de hidrantes de sistemas contra incendio, lagos artificiales no recreativos y panteones. (SEMARNAT, 2015)



Capítulo 4: Caso de estudio: Propuesta para tratamiento de aguas residuales de la industria vinícola

4.1 Descripción del caso de estudio

Los efluentes vitivinícolas son los residuos líquidos provenientes de la producción del vino y se caracterizan principalmente por generarse en grandes volúmenes, tener pH ácido, carbohidratos, polifenoles y alto contenido de materia orgánica, sólidos y etanol. Debido a estas características requieren tratamiento para ser desechados en el ambiente sin ocasionar efectos nocivos. (Cazares, 2020)

Para el caso de estudio, se analizará un caso basado en estudios realizados previamente por algunos investigadores del área.

Los efluentes vitivinícolas que se utilizaron provienen de una bodega ubicada Querétaro, México. Los parámetros que se analizaron para su caracterización físico-química de acuerdo con métodos estándar fueron pH, nitrógeno, DBO, carbohidratos (por el método de fenol-ácido sulfúrico) sólidos totales (ST), sólidos totales volátiles (STV), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos suspendidos volátiles (SSV) y ácidos grasos volátiles (por cromatografía de gases). (Buitrón et al., 2019)

Las características de los efluentes vitivinícolas utilizados para este caso de estudios se presentan en la Tabla 4.1, en donde destaca un alto contenido de DBO, debido a la alta carga de materia orgánica que se presenta en este tipo de efluentes.



Tabla 4.1. Caracterización de los efluentes utilizados (Cazares, 2020)

Parámetro	Valor
Caudal (m ³ /día)	2912 ± 25
DBO (g/L)	109.6 ± 0.6
DQO (g/L)	195.7 ± 0.4
pH	3.4 ± 0.1
Nitratos (g/L)	0.3 ± 0.02
CH Totales (g/L)	26.9 ± 0.6
SST (g/L)	52 ± 0.6
SSF (g/L)	9.7 ± 1.3
SSV (g/L)	42.4 ± 2.7
Etanol (g/L)	154 ± 3.5

Con esta propuesta del tren de tratamiento se busca respetar los límites establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-2021 para su uso final de riego que se muestran en la Figura 4.1 y 4.2 respectivamente.

De igual forma, esta agua tratada puede servir para diferentes usos, como recarga de mantos acuíferos, descarga a cuerpos receptores, entre otros. Sin embargo, esto conllevaría un tratamiento diferente, lo cual queda fuera del alcance del presente trabajo.



Límites Permisibles

Parámetros (*) (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Suelo								
										Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos			Cárstico		
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	30	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Grosas y Aceites	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21
										30	36	42	100	120	140	20	24	28
				100	120	140	85	100	120	60	72	84	150	180	210	80	72	84
				25	30	35	21	25	30	15	18	21	38	45	53	15	18	21
									NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	25	30
							15	18	21	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	10	15
Huevos de Helmintos (huevo/ltro)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1								
Excherchia coli (NMP/100 ml)	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	50	100	200
Enterococos fecales* (NMP/100 ml)	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	50	100	200
pH (UoH)	6.9																	
Color verdadero	Longitud de onda									Coeficiente de absorción espectral máximo								
	435 nm									7,0 m-1								
	525 nm									5,0 m-1								
	620 nm									3,0 m-1								
Toxicidad aguda (UT)	2 a los 15 minutos de exposición																	
N.A.: No Aplica P.M.: Promedio Mensual P.D.: Promedio Diario V.I.: Valor Instantáneo NMP: Número más probable UoH: Unidades de pH UT: Unidades de Toxicidad * Si Cloruros es menor a 1000 mg/L, se analiza y reporta DQO. * Si Cloruros es mayor o igual a 1000 mg/L, se analiza y reporta COC. * Si la conductividad eléctrica menor a 3500 µS/cm se analiza y reporta E. coli . * Si la conductividad eléctrica es mayor o igual a 3500 µS/cm se analiza y reporta Enterococos fecales. Las determinaciones de Conductividad eléctrica y de Cloruros no requieren la acreditación y aprobación de la entidad correspondiente.																		

Figura 4.1. Límites permisibles para aguas residuales (SEMARNART, 2021)



Límites Permisibles para Metales y Cianuros

Parámetros (miligramo por litro)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Suelo								
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos			Cáritico		
										P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.
				0.1	0.15	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.1	0.15	0.2	0.1	0.15	0.2
		0.4		0.1	0.15	0.2	0.2	0.3	0.4	0.05	0.075	0.1	0.1	0.15	0.2	0.05	0.075	0.1
		3	1	1.5	2	2	2.50	3	2	2.5	3	1	1.50	2	1	1.5	2	
		6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	
		1.5	0.5	0.75	1	1	1.25	1.5	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1	
		0.02	0.005	0.008	0.01	0.01	0.015	0.02	0.005	0.008	0.01	0.005	0.008	0.01	0.005	0.008	0.01	
		4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	
		0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	
		20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	
Parámetros medidos de manera total	P.M: Promedio Mensual P.D: Promedio Diario V.I: Valor Instantáneo																	

Figura 4.2. Límites permisibles para metales y cianuros (SEMARNART, 2021)



Capítulo 5: Diseño del tren de tratamiento

Los tratamientos biológicos son particularmente adecuados para el tratamiento de las aguas residuales de la industria vinícola, ya que la mayoría de los componentes orgánicos del efluente residual son fácil o moderadamente biodegradables. (Ojeda, 2018)

Los tratamientos biológicos pueden dividirse en dos grupos, los procesos aerobios y anaerobios. (Buitrón, 2019) El alto contenido orgánico de estos efluentes vinícolas hace que el tratamiento aerobio sea más atractivo para una mejor eficiencia en la remoción del alto contenido de DBO.

5.1 Propuesta del tren de tratamiento

Para el diseño del tren de tratamiento se propone un Sistema aerobio, éstos se componen de procesos biológicos en los cuales, los distintos microorganismos requieren de oxígeno disuelto en el medio para su metabolismo y acción sobre las partículas orgánicas que componen a este tipo de aguas residuales. La presencia del oxígeno hace que este elemento sea el aceptor de electrones en las distintas reacciones involucradas. Para este tren se propone el proceso de lodos activados debido a la alta carga orgánica que presenta la caracterización del efluente, este tipo de sistemas se aplican debido a su facilidad de operación y a su gran efectividad en la remoción de la materia orgánica. (Ojeda, 2018)

En la Figura 5.1. se muestra el diagrama de la propuesta del tren de tratamiento que se abordará en este capítulo.

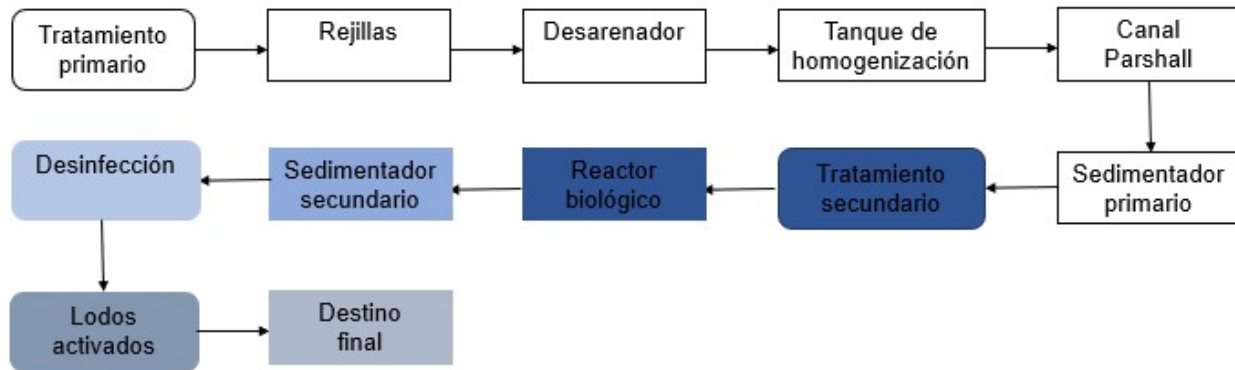


Figura 5.1. Diagrama de tren de tratamiento propuesto. (Elaboración propia)

5.1.1. Tratamiento primario

Rejillas

Se instalarán rejillas de limpieza manual para remover restos como trapos, sólidos, ramas, etc., que pueden dañar las bombas u obstruir las tuberías y/o canales ubicados aguas abajo de ellas. Se colocarán dos unidades de rejillas, de modo que sea posible dejar una de ellas fuera de servicio para realizar las labores de mantenimiento.

La velocidad mínima del agua en el canal es de 0.5 m/s para evitar la sedimentación de sólidos y velocidad máxima del paso del agua entre rejillas de 0.75 m/s, para evitar que los sólidos retenidos sean arrastrados. Con una inclinación de rejillas de 60° respecto a la horizontal.

Para el emparrillado se propone un Espesor $S = 0.005$ m, Separación entre barras $e = 0.025$ m

Ancho del canal = 0.50 m

$$Q = A * v$$



$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0.0337 \text{ m}^3/\text{s}}{0.5 \text{ m/s}} = 0.0674 \text{ m}^2$$

Donde;

V = velocidad antes de la reja

Q = gasto o caudal

A = área del canal

Tirante del canal a partir del área obtenida

$$A = b * y$$

$$y = \frac{A}{b} = \frac{0.0674 \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}} = 0.1348 \text{ m}$$

Donde;

y = tirante hidráulica en el canal

b = ancho del canal

A = área del canal

Cálculo de la suma de las separaciones entre las barras (bg)

$$b = \left(\frac{bg}{e} - 1 \right) (S + e) + e$$

$$500 = \left(\frac{bg}{25} - 1 \right) (5 + 25) + 25$$

$$bg = 420.83 \text{ mm}$$



Donde;

b = ancho del canal

bg = suma de la separación entre barras

S = espesor de las barras (mm)

e = separación entre barras (mm)

Número de barras

$$n = \left(\frac{bg \text{ (mm)}}{e \text{ (mm)}} \right) - 1$$

$$n = \left(\frac{420.83 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \right) - 1 = 15.83 \rightarrow 16 \text{ barras}$$

Donde;

bg = suma de la separación entre barras

n = número de barras

e = separación entre barras

Velocidad de acercamiento, aguas arriba

$$Va = \frac{Q}{(W - db)h}$$

$$Va = \frac{0.0337 \text{ m}^3/\text{s}}{(0.5 \text{ m} - 0.005 \text{ m}) 0.1348 \text{ m}} = 0.505 \text{ m/s}$$

Donde;

Va = velocidad de acercamiento

Q = gasto o caudal



W = ancho del canal

H = tirante hidráulico

db = espesor de la barra

Velocidad a través de la reja

Área de la reja:

$$Ar = b * db * h$$

$$Ar = 16 * 0.005 \text{ m} * 0.1348 \text{ m} = 0.01078 \text{ m}^2$$

$$Vr = \frac{Q}{A - Ar}$$

$$Vr = \frac{0.0337 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0674 \text{ m}^2 - 0.01078 \text{ m}^2} = 0.5952 \text{ m/s}$$

Donde;

Vr = Velocidad a través de la reja

Q = gasto o caudal

A = área del canal

Ar = área de la reja

b = número de barras

h = tirante hidráulico

db = espesor de la barra



Pérdida hidráulica

$$h_L = \frac{1}{0.7} * \frac{Vr^2 - Va^2}{2 * g}$$
$$h_L = \frac{1}{0.7} * \frac{\left(0.5952 \frac{m}{s}\right)^2 - \left(0.505 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.00723 m$$

Donde;

h_L = pérdida hidráulica

Vr = velocidad a través de la reja

Va = velocidad de acercamiento

g = gravedad

Desarenador

Se supone un diámetro de partículas de aproximadamente 0.60 mm. El caudal de diseño para los canales desarenadores será de 0.0337 m³/s. Con una velocidad horizontal en el tanque de 0.3 m/s, una profundidad de 1.5 metros y un ajuste de longitud adicional por turbulencia a la entrada del canal de un 35% a la longitud teórica.

$$A = \frac{Qd}{V \text{ flujo}}$$

$$A = \frac{0.0337 \frac{m^3}{s}}{0.3 \frac{m}{s}} = 0.112 m^2$$

Donde;

A = área del tanque

Qd = caudal de diseño



V flujo = velocidad del flujo

Para obtener w que representa el ancho del desarenador:

$$w = \sqrt{\frac{A}{H}}$$
$$w = \sqrt{\frac{0.112 \text{ m}^2}{1.5 \text{ m}}} = 0.273 \text{ m}$$

Donde;

w = ancho del canal

A = área del tanque

H = profundidad del tanque

Cálculo del tirante.

$$h = 2w$$

$$h = 2(0.273 \text{ m}) = 0.546 \text{ m}$$

Donde;

h = tirante del canal

w = ancho del desarenador

De acuerdo con la equivalencia del Método de Arkhangelski para la velocidad de caída de la partícula, se determina que para un diámetro de partícula de 0.60 mm se tendrá una velocidad de sedimentación de $W = 6.48 \text{ cm/s}$.



$$L = \frac{V_0 * h}{W}$$

$$L = \frac{50 \frac{cm}{s} * 54.6 cm}{6.48 \frac{cm}{s}} = 4.21 m$$

$$L_{real} = L * 35\% = 5.68 m$$

Donde;

L = longitud del canal

Vo = velocidad inicial

h = tirante del canal

W = velocidad de sedimentación

Tanque de homogenización

Se tomará en cuenta el gasto de diseño 0.0337 m³/s.

En la Tabla 5.1 se proponen las leyes de entrada y salida.



Tabla 5.1. Leyes de entrada y salida (Elaboración propia)

Hora	Ley de entrada % del gasto	Entrada acumulada	Ley de Salida % del gasto	Salida acumulada	Diferencia
0-1	12	12	0	0	12
1-2	31	43	0	0	43
2-3	23	66	0	0	66
3-4	22	88	0	0	88
4-5	15	103	0	0	103
5-6	40	143	0	0	143
6-7	58	201	0	0	201
7--8	60	261	0	0	261
8-9	62	323	100	100	223
9-10	52	375	100	200	175
10-11	57	432	100	300	132
11-12	65	497	100	400	97
12-13	65	562	100	500	62
13-14	82	644	100	600	44
14-15	80	724	100	700	24
15-16	67	791	100	800	-9
16-17	76	867	100	900	-33
17-18	75	942	100	1000	-58
18-19	80	1022	100	1100	-78
19-20	90	1112	100	1200	-88
20-21	34	1146	0	1200	-54
21-22	23	1169	0	1200	-31
22-23	21	1190	0	1200	-10
23-24	10	1200	0	1200	0

$$Qd = 0.0337 \frac{m^3}{s} = 121.32 m^3/h$$

Donde;

Qd = Gasto de diseño

En la Tabla 5.2 se muestran las entradas y salidas del gasto de acuerdo con la propuesta anterior.



Tabla 5.2. Obtención del volumen del tanque (Elaboración propia)

Hora	Ley de entrada % del gasto	Entrada acumulada	Ley de Salida % del gasto	Salida acumulada	Diferencia
0-1	14.558	14.558	0	0	14.558
1-2	37.609	52.168	0	0	52.168
2-3	27.904	80.071	0	0	80.071
3-4	26.690	106.762	0	0	106.762
4-5	18.198	124.960	0	0	124.960
5-6	48.528	173.488	0	0	173.488
6-7	70.366	243.853	0	0	243.853
7--8	72.792	316.645	0	0	316.645
8-9	75.218	391.864	121.32	121.32	270.544
9-10	63.086	454.950	121.32	242.64	212.310
10-11	69.152	524.102	121.32	363.96	160.142
11-12	78.858	602.960	121.32	485.28	117.680
12-13	78.858	681.818	121.32	606.6	75.218
13-14	99.482	781.301	121.32	727.92	53.381
14-15	97.056	878.357	121.32	849.24	29.117
15-16	81.284	959.641	121.32	970.56	-10.919
16-17	92.203	1051.844	121.32	1091.88	-40.036
17-18	90.990	1142.834	121.32	1213.2	-70.366
18-19	97.056	1239.890	121.32	1334.52	-94.630
19-20	109.188	1349.078	121.32	1455.84	-106.762
20-21	41.249	1390.327	0	1455.84	-65.513
21-22	27.904	1418.231	0	1455.84	-37.609
22-23	25.477	1443.708	0	1455.84	-12.132
23-24	12.132	1455.840	0	1455.84	0.000

$$V_{\text{tanque}} = \text{Máximo acumulado} + |\text{Máximo déficit}|$$

$$V_{\text{tanque}} = 316.645 \text{ m}^3 + 106.762 \text{ m}^3 = 423.407 \text{ m}^3$$

Donde;

V_{tanque} = volumen del tanque



Canal Parshall

Para mantener el flujo constante a una velocidad de tal manera que el desarenador cumpla con su función se instalarán canales tipo Parshall. Con base en tablas de diseño y la capacidad en relación del gasto de entrada, en este caso $0.0337 \text{ m}^3/\text{s}$ [33.7 l/s]

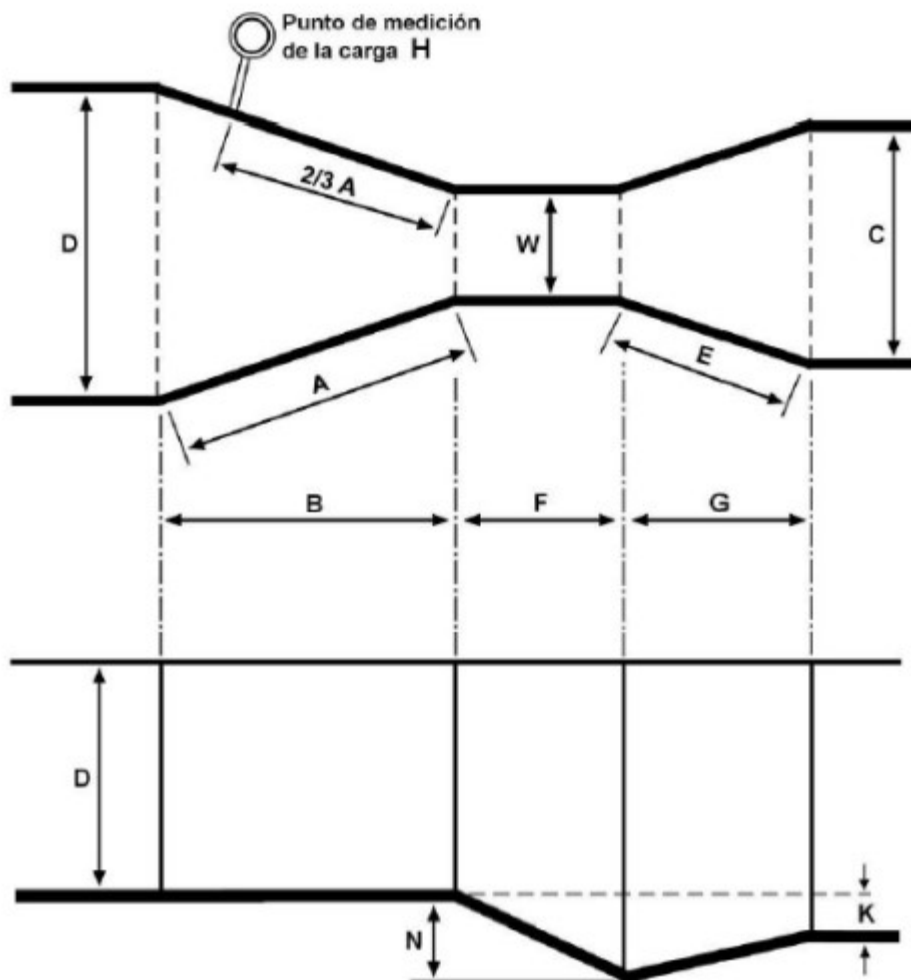


Figura 5.2. Dimensiones del canal Parshall (De Azevedo, *et. al.* 1976)

En la Figura 5.2. se muestra un diseño clásico con sus dimensiones de un Canal Parsahll.

En la Tabla 5.3 se muestra los parámetros de diseño de acuerdo al “Manual de Hidráulica” (De Azevedo, *et. al.* 1976), dependiendo al ancho de garganta se cuenta con una



capacidad en L/s, por lo que para esta propuesta de diseño en la que se cuenta con un $Q_d = 33.7$ L/s, se elige una Ancho de garganta (W) de 6'' (15.2 cm)

Tabla 5.3. Dimensiones por ancho de garganta canal Parshall (De Azevedo, et. al. 1976)

W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
Pulg	cm	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1''	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3''	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	45.7	15.2	30.5	2.5	5.7
6''	15.2	61.0	61.0	39.4	40.3	61.0	30.5	61.0	7.6	11.4
9''	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	76.3	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 1/2'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9

Tabla 5.4. Dimensiones para la relación tirante-gasto en canal Parshall (Aponte, 2019)

Tamaño		H min (cm)	Q min (l/s)	H máx (cm)	Q máx (l/s)
Pulg	cm				
1''	2.5	1.50	0.08	21.00	5.28
3''	7.6	2.00	0.27	25.12	27.78
6''	15.2	3.19	0.83	39.11	115.33
9''	22.9	3.27	1.67	60.95	166.67
1'	30.5	3.06	2.50	75.32	333.33
1 1/2'	45.7	4.60	3.33	88.56	555.56
2'	61.0	4.60	12.08	76.01	933.33

De acuerdo con la Tabla 5.4 se puede observar que las dimensiones elegidas del canal Parshall satisfacen las condiciones necesarias para el Gasto de diseño y para un Gasto extraordinario que pudiera ocurrir de 100 l/s, de esta forma se asegura el correcto funcionamiento del canal en el tren de tratamiento.



Sedimentador primario

Para diseñar el sedimentador primario se tomarán en cuenta los criterios de diseño que se muestran en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Criterios de diseño para tanques de sedimentación primaria (Metcalf, 2005)

Parámetro	Intervalo	Valor Típico
Tiempo de retención, en h	1.5 – 2.5	2.0
Carga superficial, en m^3/m^2 d		
Gasto medio	32 - 48	
Gasto máximo ext.	80 - 120	100
Carga sobre el vertedor en m^3/m d	125 - 500	250
Dimensiones, en m		
Rectangular		
Profundidad	3 - 5	3.6
Longitud	15 - 90	25 - 40
Ancho	3 - 24	6 - 10
Velocidad de la rastra	0.6 – 1.2 m/min	1.0
Circular		
Profundidad	3 - 5	4.5
Diámetro	3.6 - 60	12 - 45
Pendiente del fondo	60 – 120 mm/min	80
Velocidad de la rastra	0.02 – 0.05 rpm	0.03

La elección de una tasa adecuada de carga superficial en $m^3/m^2 \cdot d$, depende del tipo de material en suspensión a sedimentar. Las tasas de carga superficial recomendadas proporcionan tiempos de retención entre 2.0 y 2.5 horas, con base en el gasto medio de diseño.



Es importante tener controlada la temperatura en el tanque de sedimentación para evitar la formación de corrientes de densidad.

Para el caso de estudio, el gasto de diseño es de $Q_d = 0.0337 \text{ m}^3/\text{s}$ buscando remover un 60% de los sólidos suspendidos.

En la Figura 5.3, se observa que para tener una remoción de sólidos suspendidos de aproximadamente 60%, la carga superficial necesaria es de aproximadamente $35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

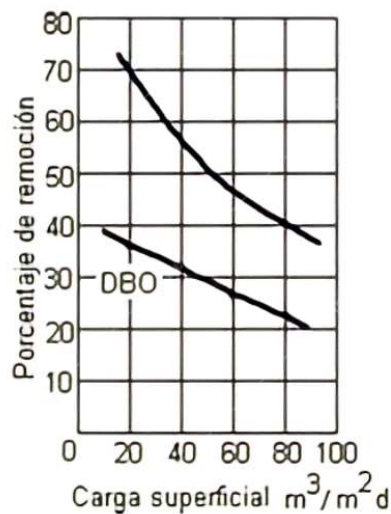


Figura 5.3. Remoción de DBO y SS en función de la carga superficial (Metcalf, 2005)

Hay que tener presente que las tasas de carga superficial deben ser lo suficientemente bajas para garantizar un buen desempeño en caso de presentarse condiciones de gasto máximo extraordinario.

Por lo tanto:

$$Q_d = 0.0337 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.0337 \left(\frac{3600 \text{ s} * 24 \text{ hr}}{1 \text{ día}} \right) = 2,911.68 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Donde;

Q_d = gasto de diseño

El área requerida del Sedimentador (A_s) será de:



$$As = \frac{Qd \left(\frac{m^3}{d} \right)}{\text{Carga superficial} \left(\frac{m^3}{m^2 d} \right)}$$

$$As = \frac{2,911.68 \left(\frac{m^3}{d} \right)}{35 \left(\frac{m^3}{m^2 d} \right)} = 83.19 m^2 = 85 m^2$$

Donde;

Qd = gasto de diseño

Carga superficial = carga superficial necesaria

Usando un diseño de tanque circular, el diámetro es:

$$d = \sqrt{\frac{4As}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * (85 m^2)}{\pi}} = 10.4 m$$

Donde;

d = diámetro del tanque

As = área de superficie del tanque

Tomando en cuenta una profundidad de 3 m, el volumen del tanque (V) es:

$$V = As (m^2) * H(m)$$

$$V = 85 m^2 * 3 m = 255 m^3$$

Donde;

V = volumen del tanque



As = área de superficie del tanque

H = profundidad del tanque

El tiempo de retención (tr) a gasto de diseño es:

$$tr = \frac{V (m^3)}{Qd \left(\frac{m^3}{d}\right)}$$

$$tr = \frac{255 (m^3)}{2,911.68 \left(\frac{m^3}{d}\right)} = 0.08758 \text{ días} = 2.1 \text{ hr}$$

Donde;

tr = tiempo de retención

V = volumen del tanque

Qd = gasto de diseño

5.1.2. Tratamiento secundario

Los lodos activados se tratan de un proceso meramente biológico, que permite el desarrollo de depuración de origen natural en los que los microorganismos son capaces de devorar-depurar agua contaminada en su estado natural, mediante el ya mencionado proceso aerobio, a través de la aireación prolongada y la recirculación de fangos activados que elimina las sustancias biodegradables que están disueltas en el agua residual. En otras palabras, se fomenta un cultivo de tal manera que, al mezclarse con la materia orgánica, esta última representa su alimento. Cabe destacar que, al tratarse de un proceso mecánico, produce el oxígeno necesario para que dichos microorganismos realicen su trabajo de manera óptima, con ello se quiere decir que los microorganismos se encargan de transformar los contaminantes biológicos en biomasa, dióxido de carbono y agua.



Este proceso inicia en el tanque de aireación, es aquí cuando se genera un contacto entre los microorganismos y al agua residual tratada, dando resultado a nuevas bacterias, formando flóculos, conocidos como lodos activados.

Tamaño del reactor

Para el diseño del reactor, se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros de diseño.

$$\Theta_c = 5 \text{ d}$$

$$Q_d = 2,911.68 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Y = 0.60 \text{ g/g (valor supuesto de acuerdo a Metcalf y Eddy, 1995)}$$

$$S_o = 69,760 \text{ mg/L}$$

$$X = 52,000 \text{ mg/L}$$

$$k_d = 0.06 \text{ d}^{-1} \text{ (valor supuesto de acuerdo a Metcalf y Eddy, 1995)}$$

Primero se procede a calcular la DBO_5 soluble en el efluente utilizando los siguientes parámetros:

El efluente debe contener 150 mg/l o menos de DBO.

$$\text{DBO}_5 \text{ del efluente} = \text{DBO soluble del afluente que escapa al tratamiento} \\ + \text{DBO}_5 \text{ de los sólidos suspendidos del efluente}$$

$$\text{DBO}_5 \text{ de los sólidos suspendidos del efluente} = 150 \text{ mg/l} * (0.68) = 102 \text{ mg/l}$$

$$150 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = S + 102 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$S = 48 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Donde;

S = DBO soluble del efluente



Para calcular el volumen del reactor se utiliza la siguiente ecuación:

$$Vr = \frac{\theta_c * Q * Y * (S_o - S)}{X (1 + kd^{\theta_c})}$$

$$Vr = \frac{(5 d) \left(2,911.68 \frac{m^3}{s}\right) (0.60) \left(69,760 - 48 \left(\frac{mg}{l}\right)\right)}{\left(52,000 \frac{mg}{l}\right) (1 + 0.06 * 5)} = 9,007.95 m^3$$

Donde;

Vr = volumen del reactor

θ_c = tiempo medio de retención celular

Q = caudal de diseño

Y = parámetro cinético para el crecimiento de biomasa por unidad de sustrato consumida

S_o = DBO del afluente tomando en cuenta un 36% de remoción del DBO en el sedimentador primario

S = DBO₅ soluble

X = Sólidos suspendidos totales

kd = coeficiente

Sin embargo, el valor teórico de Y se verá reducido a otro valor Y_{obs}, ya que no todos los microorganismos se encuentran en la fase de crecimiento exponencial. El valor de Y_{obs}, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + kd^{\theta_c}}$$

$$Y_{obs} = \frac{0.6}{1 + (0.06 * 5)} = 0.4615$$

Donde;



Θ_c = tiempo medio de retención celular

Y = parámetro cinético para el crecimiento de biomasa por unidad de sustrato consumida

Con el valor de Y_{obs} , se calcula la producción diaria de lodo activado con la siguiente expresión:

$$P_x = Y_{obs} Q(S_o - S) \left(1,000 \frac{g}{kg}\right)^{-1}$$

$$P_x = (0.4615) \left(2,911.68 \frac{m^3}{d}\right) \left(69,760 - 48 \left(\frac{mg}{l}\right)\right) \left(1,000 \frac{g}{kg}\right)^{-1} = 14,637.91 kg/día$$

Donde;

Y_{obs} = parámetro cinético para el crecimiento de biomasa por unidad de sustrato consumida

Q = caudal de diseño

S_o = DBO del afluente tomando en cuenta un 36% de remoción del DBO en el sedimentador primario

S = DBO₅ soluble

De los lodos activados producidos diariamente será necesario desechar alguna porción, mientras que el resto será recirculado al tanque reactor. La cantidad de lodo de desecho generado se calcula como:

Cantidad de lodo de desecho = Cantidad de lodo producido – SS perdidos en el efluente

$$Cantidad\ de\ lodo\ desechado = \left(14,637.91 \frac{kg}{día}\right) - \left(2,911.68 \frac{m^3}{día}\right) \left(500 \frac{mg}{l}\right) \left(\frac{1kg}{1000g}\right)$$

$$Cantidad\ de\ lodo\ desechado = 13,182.07 kg/día$$

Tiempo de detención hidráulica del reactor:



$$\theta = \frac{V_r}{Q}$$

$$\theta = \frac{9,007.95 \text{ m}^3}{2,911.68 \text{ m}^3/\text{d}} = 3.09 \text{ días}$$

Donde;

V_r = volumen del reactor

Q = caudal de diseño

En la Figura 5.4. se muestra un diagrama típico del funcionamiento del tanque de aireación propuesto.

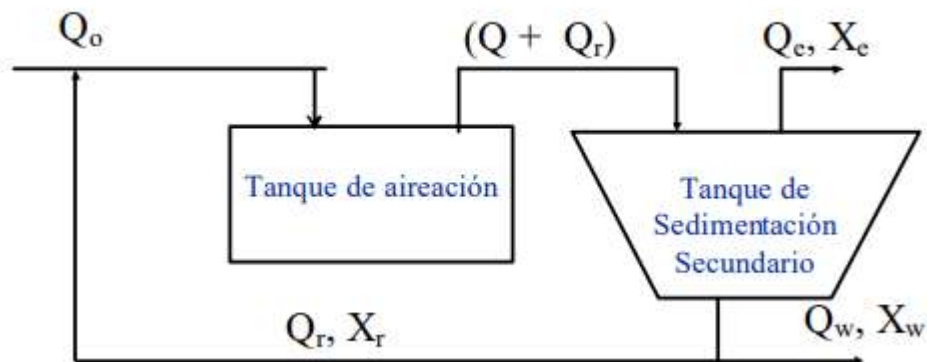


Figura 5.4. Balance de masa en el tanque de aireación y en el sedimentador secundario (Metcalf y Eddy, 1995)

Sedimentador secundario

La función del sedimentador secundario es la de separar los lodos activados del líquido-mezcla. Esta separación de sólidos es el último paso, antes de la descarga requerida para la producción de un efluente estable, bien clarificado y con bajo contenido en DBO, DQO y sólidos totales.



Para el sedimentador secundario se basará en las recomendaciones de (Metcalf y Eddy, 1995), con los parámetros calculados previamente se hace la siguiente propuesta de diseño mostrada en la Tabla 5.6.

Parámetro	Valor
Superficie	3,994 m ²
Profundidad	5.8 m
Tiempo de retención	18 h
SSLM	8,000 mg/L
Flujo de sólidos limitante	3.7 kg/m ² *h
Carga de superficie	0.32 m ³ /m ² *h

Tabla 5.6. Parámetros de diseño para el sedimentador secundario (Elaboración propia)

5.1.3. Desinfección y destino final

Desinfección

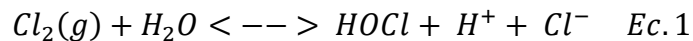
El último paso de un tratamiento de aguas residuales es la desinfección. El propósito de la desinfección del efluente es destruir cualquier organismo patógeno que pudiera haber sobrevivido al proceso de tratamiento. (Ramalho, 2003)

La remoción de DBO y SST tiene el objetivo de proteger al ecosistema al cual llegará como uso final el agua tratada.

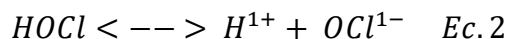
El desinfectante más común en los tratamientos de aguas residuales es el cloro. La demanda de cloro del agua residual es mayor que la del agua potable. El desinfectante debe ser tóxico para los microorganismos a concentraciones mucho menores que sus límite de toxicidad para los humanos y animales. (Ramalho, 2003)



El cloro destinado a la aplicación de este tratamiento de aguas residuales será de forma gaseosa (Cl_2), y tendrá la siguiente reacción química:



En la Ec. 1 el ácido hipocloroso ($HOCl$) y el ión hipoclorito (OCl^{1-}) se relacionan por:



Esta relación es gobernada principalmente por el pH y la temperatura, como se muestra en la Figura 5.5.

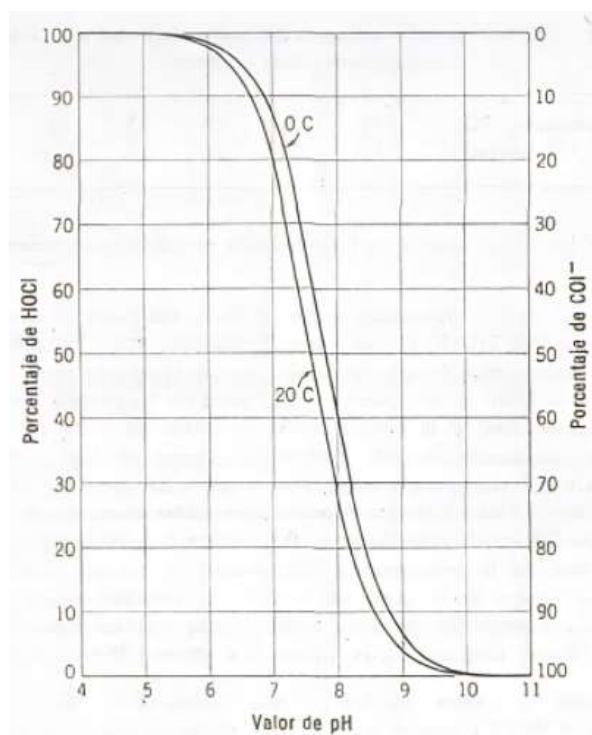


Figura 5.5. Relación de parámetros y desinfectante (García, 2020)

El valor de la demanda de cloro se determina en laboratorio realizando pruebas con el agua a desinfectar, mientras que el cloro residual está fijado por la normatividad en materia de control de la calidad del agua.



Destino final de lodos activados

Durante la parte del tratamiento secundario se observa una gran cantidad de lodos residuales generados por los procesos del tratamiento por lo que éstos deben tener un tratamiento al ser considerados desechos peligrosos.

Aproximadamente el 97% de los lodos retirados del proceso de tratamiento es agua. Por lo que el tratamiento de lodos consiste en la separación del agua de los residuos sólidos y esta agua que es separada es regresada al sistema de tratamiento de agua residual. (Ramalho, 2003)

Los procesos básicos para el tratamiento del lodo son los siguientes:

- **Espesamiento.** Es la separación de la mayor cantidad posible de agua por gravedad o flotación.
- **Estabilización.** Es la conversión de sólidos orgánicos en formas más refractarias (inertes) con el propósito de que puedan manejarse o usarse como acondicionadores de suelo sin causar daño o peligro a la salud. Se usa un proceso de oxidación bioquímica denominado digestión.
- **Acondicionamiento.** El lodo se trata con sustancias químicas o calor para que el agua pueda separarse rápidamente.
- **Deshidratado.** Se sujeta el lodo a vacío, presión o secado para separar el agua.
- **Reducción.** Mediante procesos de oxidación química se reduce el volumen de lodo, convirtiendo los sólidos a formas más estables por medio de incineración.

En la Figura 5.6. se muestra un diagrama de desinfección.

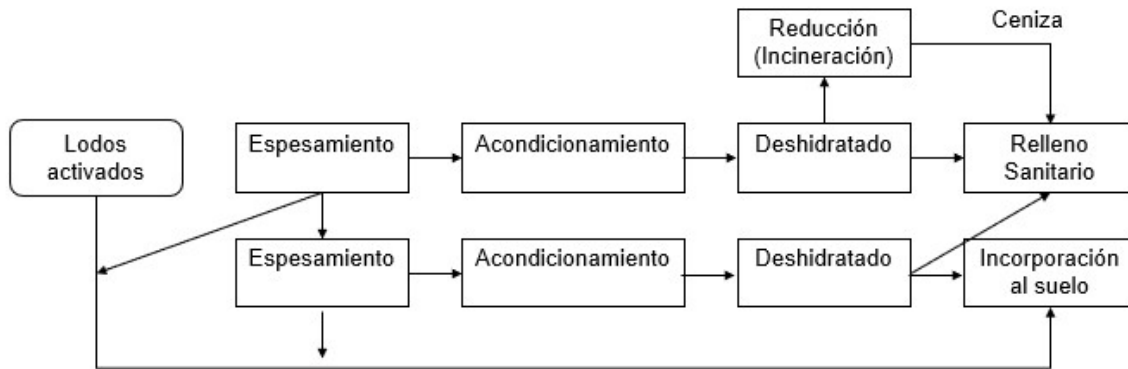


Figura 5.6. Alternativas básicas para el tratamiento y disposición de lodos (Ramalho, 2003)



Capítulo 6: Discusión de resultados

De acuerdo con (Alpírez, *et. al.* 2017) en donde se realizó la evaluación del funcionamiento y eficiencia de un sistema de lodos activados, a partir de un reactor a escala de laboratorio bajo condiciones controladas en mediciones de aproximadamente tres meses, en los cuales se obtuvo como resultado una remoción de DQO de 54%, de Sólidos Suspendidos de 70% y de DBO de 83%, se puede observar que el tratamiento por lodos activados en aguas residuales de gran carga orgánica es el más efectivo para la reducción de los contaminantes para su disposición final del efluente.

Como se puede observar en el desarrollo del tren de tratamiento, en el tratamiento primario se es posible remover hasta el 36% de DBO del efluente de acuerdo con información de (Metcalf y Eddy, 1995), esta remoción es llevada a cabo en el sedimentador primario.

El resto de DBO del efluente es removido en el tratamiento secundario, en donde de acuerdo con (Alpírez, *et. al.* 2017) se puede llegar a una remoción total del 83% de la DBO en condiciones normales de la planta, sin embargo, todos los procesos pueden ser optimizados para alcanzar una mayor eficiencia de remoción en los contaminantes.

Los resultados de este trabajo presentan una alternativa de tren de tratamiento que puede ser efectiva en efluentes del tipo vitivinícola, y con ellos hacer frente a la problemática que estas aguas residuales presentan para México y su normativa vigente sobre los tratamientos de aguas residuales de la industria. De manera puntual, en las normativas actuales, no se cuenta con regulaciones tan precisas para la industria vitivinícola ni para sus descargas de aguas residuales.

Es por ello que se hace esta investigación para un adecuado tratamiento y uso final de los efluentes procedentes de esta industria.



Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

1. El tren de tratamiento para el agua residual de la industria vinícola, se propuso con base en la normatividad nacional vigente para su disposición final. Este de acuerdo con investigaciones de diversos autores se propuso el tratamiento por lodos activados al ser uno de los tratamientos más efectivos en la remoción de alta concentración de materia orgánica.
2. Posteriormente se realizó una revisión bibliográfica sobre la industria vinícola en medios electrónicos. En donde se observaron las deficiencias de normativas vigentes y regulaciones en las descargas de agua residual provenientes de los diversos procesos de la elaboración del vino.
3. En los contaminantes presentes en el agua residual de la industria vinícola se observaron un alto contenido de DBO, DQO, Sólidos totales debido a los procesos de la industria vinícola.
4. De esta forma, se investigaron las diferentes operaciones y/o procesos unitarios para el tratamiento de aguas residuales de la industria vinícola. Llegando a una propuesta integral del tratamiento de estas aguas residuales.

Para una propuesta técnica de un tratamiento de aguas residuales, se recomienda llevar a cabo todas las pruebas correspondientes para cada efluente vinícola a tratar y optimizar los procesos de acuerdo a las necesidades que presente cada proyecto.

Finalmente, es fundamental hacer conciencia acerca de la reutilización del agua. Es importante que el agua residual sea tratada y de esta forma se pueda continuar con su ciclo natural, un elemento como éste que es necesario para toda forma de vida, se debe cuidar y respetar.



Referencias bibliográficas

Acosta-Zamorano, Dinora, Macías-Carranza, Víctor, Mendoza-Espinosa, Leopoldo, & Cabello-Pasini, Alejandro. (2013). Efecto del agua residual tratada sobre la composición química de Uva Tempranillo (*Vitis vinifera*) en Baja California, México. *Agrociencia*, 47 (8), 767-779. Recuperado en 08 de octubre de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000800003&lng=es&tlng=es)

[31952013000800003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000800003&lng=es&tlng=es)

Albacete, N° 27, 2012. <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos-> Consultada en fecha (10 noviembre de 2021)

Alpírez, J., Avilés, K., Castillo, H., Pinzón, I., Mary Poveda, R., & Vallester, E. (2017). Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio. *Revista De Iniciación Científica*, 3(1), 50 - 57. Recuperado a partir de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1697>

Buitrón, Germán & Martínez-Valdez, Francisco & Ojeda, Felipe. (2019). *Biogas Production from a Highly Organic Loaded Winery Effluent Through a Two-Stage Process*. *BioEnergy Research*. 12. 10.1007/s12155-019-09984-7.

Cañedo Núñez, S. (1994). *Aspectos de la uva y el vino en México*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/pmig2016/0211590/Index.html>

Carballo, J. (2018). *Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables integrales para una industria vitivinícola*. [Proyecto Final Integrador, Universidad Nacional de San Martín]. https://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/177/1/PFI_3IA_2018_CJE.pdf



Cazares Granillo, M. (2020). *Evaluación del efecto de la temperatura en un proceso anaerobio de dos etapas para el tratamiento de efluentes vitivinícolas*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2020/agosto/0802686/Index.html>

Consejo Mexicano Vitivinícola (19 de septiembre de 2021). *Línea del tiempo – 72 años trabajando en pro de la industria vitivinícola de México*. <https://uvayvino.org.mx/linea-de-tiempo/>

Cordorchem envitech. (15 de enero de 2022). *Tratamiento de aguas residuales en la industria del vino*. <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-en-la-industria-del-vino/>

Cordón Ruete, M. & Ordieres Mere, J. (2002). *Análisis de las características de las aguas residuales de bodegas de producción de vino y la problemática de adecuación de un tratamiento biológico apropiado*. https://www.aepro.com/files/congresos/2002barcelona/ciip02_1111_1119.1976.pdf

Diario Oficial de la Federación (2015). *NOM-142-SSA1/SCFU-2014, Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial*.

Diario Oficial de la Federación (2021). *NOM-001-SEMARNAT-2021 Establece límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpo receptores propiedad de la nación*.

Embajada de México en Argentina. (2015). *Denominaciones de origen de México*. <https://embamex.sre.gob.mx/argentina/index.php/comunicadosprensa/232-denominaciones-de-origen-de-mexico>

Freixenet México (2009) *Recolección de vendimia*. <https://www.freixenetmexico.com.mx/>

Forbes México (2021). *¿El vino mexicano cuenta con Denominación de Origen?* <https://www.forbes.com.mx/forbes-life/gourmet-vino-mexicano-cuenta-con-denominacion-de-origen/>



Gaitan Olano, D. (2018). *Desarrollo de software para el diseño hidráulico de canaleta parshall como estructura para mezcla rápida en el tratamiento del agua-caso aplicativo en municipios de la provincia de Alto Magdalena* [Tesis de Licenciatura, Universidad Piloto de Colombia].

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5751/TESIS%20CANAL%20PARSHALL.pdf?sequence=1>

GRAINGER, Keith, (2005). *Producción de vino: desde la vid hasta la botella*. España, Acribia S.A.

González, G. Navarro, A. de Borbón, L. Albornoz, L. Hidalgo, A. (2002) *Caracterización química de efluentes de bodegas Mendoza (Argentina)*. Facultad de Ciencias agrarias.

Jiménez Torres, G. (2014). *Diseño de un reactor biológico de fangos activados*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Almería].

http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3717/2111_Disen%20de%20un%20reactor%20biologico%20de%20fangos%20activos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Juárez Aguirre, L.I. (2013). *La industria vitivinícola y su relación con la Ingeniería Química* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

<http://132.248.9.195/ptd2013/mayo/0693555/Index.html>

León González, G. (2012). *Reactivación de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el municipio de Medellín de Bravo, Ver.* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2012/mayo/0680389/Index.html>

MAILLARD Christian & MAISONDIEU Dominique. (2003) *El vino: del análisis a la elaboración*. 1ª edición. Zaragoza (España): Acribia Editorial, 233 páginas.

Metcalf & Eddy. (1971). *Ingeniería de Aguas Residuales*. Editorial. LCT



Nieto Godínez, Y. (2010). *Manual del vino mexicano: Su historia, características y proceso tecnológico*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptb2011/agosto/0672039/Index.html>

Ojeda González, F. (2018). *Evaluación de un proceso anaerobio en dos etapas para la producción de metano a partir de efluentes vitivinícolas*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2018/noviembre/0783156/Index.html>

PICORNELL BUENDÍA, M.R. y MELERO MARTÍNEZ, J.M: “*Historia de cultivo de la vid y el vino; su expresión en la Biblia*”, en ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Superior

Piqueras, Juan. *La vid y el vino en España: Edades Antigua y Media*. Publicaciones de la Universidad de Valencia (PUV), 2014. Digitalia, <https://www-digitaliapublishing-com.pbidi.unam.mx:2443/a/37236>

Pszczółkowski, Philippo & Ceppi de Lecco, Consuelo (2011). *Manual de vinificación. Guía práctica para la elaboración de vinos*. Universidad Católica de Chile.

Ramalho, R.S. (1996). *Introduction to Wastewater Treatment Processes*. Academic Press, Inc.

Ruíz. F. (2010). *Tratamiento de efluentes en bodegas*. (Recuperado de <https://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/41515-Tratamiento-de-efluentes-en-bodegas.html>)

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2018). *Plan rector 2018*. https://uvayvino.org.mx/html/docs/plan_rector_2018.pdf

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2017). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257085/Potencial-Uva.pdf>



Silva Saldivar, O. (2016). *La industria vitivinícola en México, una oportunidad de mercado para el país* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2016/abril/0744053/Index.html>

Sistema del agua de San Martín de Hidalgo (SIAPASAN), (28 de septiembre de 2021). *Cuánta agua se necesita para producir un litro de vino*. <https://siapasan.gob.mx/2021/03/11/cuanta-agua-se-necesita-para-producir/>

Universidad del Claustro de Sor Juana (2020). *El mercado del vino en México*. <https://www.elclauastro.edu.mx/claustromia/index.php/mundo-foodie/item/485-el-mercado-del-vino-en-mexico>

Villegas Vélez, M.B. (2019). *Evaluación de la tratabilidad de aguas residuales de industria vinícola a escala de laboratorio mediante filtros intermitentes de arena*. [Trabajo Fin de Máster, Universidad Politécnica de Valencia]. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/136751/Villegas%20V%20E9lez_memoria_P1_80456580.pdf?sequence=5

VINETUR-La revista digital del vino (11 de octubre de 2021). *La vid, el origen del vino*. <https://www.vinetur.com/2017032827627/la-vid-el-origen-del-vino.html>

Vino Mexicano (12 de septiembre de 2021). *Historia del vino Mexicano*. <https://vinomexicano.org.mx/historia-del-vino-mexicano/>

Vitivinicultura (27 de octubre de 2021). *CLASIFICACIÓN DE LOS VINOS: Edad, Color, Azúcar residual y Alcohol*. <https://www.vitivinicultura.net/clasificacion-de-los-vinos.html>



Glosario de términos

Agua residual.- Aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Agua tratada.- Agua residual que ha sido sometida a un proceso de purificación para eliminar las características no deseables.

Barrica.- Recipiente de madera utilizado para la crianza de vino.

Canal Parshall.- Estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado.

DBO.- Demanda Bioquímica de Oxígeno que determina la cantidad de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en una muestra durante un periodo de tiempo.

DBO₅.- Demanda Bioquímica de Oxígeno que estima la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días

Desinfección.- Proceso químico que mata o erradica los microorganismos, virus y protozoos impidiendo el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa que se encuentren en el objeto de estudio.

DQO.- Demanda Química de Oxígeno que determina la cantidad de oxígeno disuelto requerida para oxidar la materia orgánica en una muestra por medio de un agente químico.

Efluente.- Corrientes residuales en forma líquida, sólida o gaseosa originados durante los procesos industriales.

Fermentación alcohólica.- Proceso anaeróbico realizado por las levaduras y algunas clases de bacterias que transforman el azúcar en alcohol etílico y dióxido de carbono.

Gasto.- Cantidad hidráulica que se define como el volumen de agua que pasa por una sección de un conducto en un determinado tiempo.



Lodos activados.- Proceso de tratamiento de aguas residuales que se fundamenta en la utilización de microorganismos que crecen en el agua residual, convirtiendo la materia orgánica disuelta en productos más simples como nuevas bacterias, dióxido de carbono y agua.

Materia orgánica.- Materia conformada por compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas, animales y sus productos de residuo en el ambiente natural.

Tirante hidráulico.- Distancia vertical del punto más bajo de la sección del canal a la superficie libre del agua.

Tren de tratamiento.- Es la combinación de procesos unitarios o sistemas empleados para alcanzar un objetivo específico de tratamiento.

Vid.- Planta vivaz y trepadora de la familia de las vitáceas, con tronco retorcido, vástagos muy largos, flexibles y nudosos, cuyo fruto es la uva.