



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

Evaluación del contenido de metanol y etanol (y sus derivados oxidados), en algunas bebidas alcohólicas derivadas de la caña de azúcar conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1/SCFI 2014.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUIMICO FARMACO BIOLGO

P R E S E N T A :

SALVADOR PEREZ SAUCEDO

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. José Ángel Rojas Zamorano

ASESOR

Q.F.B. Erick Abel de los Santos Mata

CIUDAD DE MÉXICO 2017





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTO

Esta tesis representa la culminación de un sueño que empezó hace algunos años. Este espacio es para agradecer en primer lugar a mis padres: Alicia y Salvador, por darme la vida, por la educación que me dieron a través de sus enseñanzas y sus valores,

A mis tíos: Rosalba y Roberto por estar a mi lado desde mi primer día de vida. Gracias por sus cuidados y por su cariño. Han sido como mis padres.

A mi hermano Roberto por su apoyo durante todos estos años.

Especial agradecimiento a todos los maestros que tuve durante toda mi educación escolar, desde el nivel más elemental hasta el superior. Porque cada uno de ellos, dejó una enseñanza en mí, buena o mala, pero que me ayudaron a forjar lo que hasta ahora he alcanzado. En especial quiero agradecer a mis maestros del CETIS 57, por todas sus enseñanzas.

Mi gratitud más grande a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México, por proporcionarme la estructura, los medios y los conocimientos durante mi estancia en el curso de la licenciatura Química Farmacéutico Biológica. Tuve una gran diversidad de maestros, de los que guardo un respetuoso recuerdo. En especial a la Maestra María Teresa Mendoza Mata, por todo su apoyo durante esta etapa de mi vida y particularmente en la conclusión de mi carrera.

Al Dr. José Ángel Rojas Zamorano por su apoyo durante mi estancia en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Sé que siempre confió, y que no defraudé su fe en mí. Gracias por acompañarme en la realización de este proyecto, por sus enseñanzas.

Por mi raza hablará el espíritu.

Salvador Pérez Saucedo

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEORICO	1
<i>El alcoholismo, un problema de salud en México.</i>	1
<i>La adulteración, falsificación y preparación clandestina, son un fenómeno presente en la producción de bebidas alcohólicas.</i>	2
<i>El metanol, principal componente nocivo en las bebidas alcohólicas clandestinas.</i>	3
<i>Bioquímica y patología de los efectos tóxicos del Metanol</i>	6
<i>Proceso de elaboración</i>	6
<i>Fermentación.</i>	6
<i>El proceso de destilación.</i>	7
<i>Bebidas alcohólicas destiladas.</i>	8
<i>Bebidas alcohólicas.</i>	10
<i>El alcohol destinado para consumo.</i>	10
<i>Aguardiente.</i>	10
<i>Bebidas espirituosas.</i>	11
<i>Aguardientes de caña de azúcar y melazas</i>	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
HIPÓTESIS	12
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS PARTICULARES	12
<i>Criterios de inclusión</i>	13
<i>Criterios de eliminación</i>	13
<i>Criterios de exclusión</i>	13
<i>Diseño del experimento</i>	13
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	13
<i>A. Determinación de furfural Método espectrofotométrico.</i>	13
<i>B. Determinación de metanol. Método espectrofotométrico volumétrico, colorimétrico o vía húmeda</i>	13
<i>C. Determinación de aldehídos. Método volumétrico vía húmeda</i>	14
<i>D. Determinación de esteres. Método volumétrico vía húmeda</i>	14
<i>E. Determinación de contenido alcohólico (%v/v). Método por densímetro digital</i>	14
RESULTADOS	16
<i>Determinación de espectros de infrarrojo</i>	16
<i>Evaluación de etiquetas, envase y embalaje, conforme a la NOM-142-SSA1/SCFI 2014</i>	21
<i>Etiquetado</i>	21
<i>Información que debe registrarse en la etiqueta, conforme a la NOM-142-SSA1/SCFI 2014.</i>	21
<i>Envase</i>	23
<i>Embalaje</i>	23
<i>Contenido de metanol</i>	24
<i>Contenido de esteres</i>	24
<i>Contenido de aldehídos</i>	25
<i>Contenido de furfural</i>	25

<i>Contenido de etanol</i>	26
ANÁLISIS DE RESULTADOS	26
<i>Etiqueta, recipientes y embalaje.</i>	26
<i>Análisis Químico Cuantitativo</i>	28
CONCLUSIONES	29
ANEXO	30
El Ron	31
<i>¿Qué es el Ron?</i>	31
<i>Breve Historia del Ron</i>	31
<i>Producción de jugo de caña</i>	32
<i>Melaza, obtención y procesamiento</i>	33
<i>Digestión</i>	33
<i>Maceración</i>	33
<i>Percolación</i>	33
<i>Obtención de la melaza</i>	33
<i>Calidad de la Melaza</i>	34
<i>Manejo de Melazas</i>	34
<i>Jugo de caña</i>	35
<i>Diferentes tipos de Melazas</i>	35
<i>Fermentación</i>	35
<i>Levaduras</i>	35
<i>Propagación de la Levadura</i>	35
<i>Destilación</i>	36
<i>Calidad del destilado</i>	37
<i>Envejecimiento del Ron</i>	37
<i>Los ésteres del ron determinan su sabor y buqué</i>	38
AGRADECIMIENTOS	40
LISTA DE REFERENCIAS CONSULTADAS	41

INTRODUCCIÓN

Uno de los graves problemas de salud que padecemos en nuestro país, es el alcoholismo. Las encuestas que se han realizado para evaluar tal hecho, han arrojado resultados que apuntan en el sentido de un incremento, no solo del consumo, además al grupo de sujetos consumidores, se le han sumado individuos cada vez más jóvenes. El problema con el consumo de bebidas alcohólicas por los adolescentes, es que se incurre, no sólo en el abuso, además en la negligencia de no asegurarse que el producto es adecuado y sin riesgos para la salud.

Por otra parte, la autoridad sanitaria reconoce que se ha incurrido en la producción, distribución, venta y consumo, de bebidas producidas clandestinamente, que pueden ser resultado de la adulteración, imitación y/o elaboración, con procedimientos muy dudosos, tanto en los métodos de producción, como los insumos utilizados para su manufactura.

En el presente trabajo de tesis, nos abocamos a investigar a una de esas bebidas producidas de forma clandestina, que el tesista ha observado que se consume en su comunidad y que él se formuló las preguntas base del presente trabajo: qué tanto cumplían con las exigencias sanitarias que la Norma Oficial Mexicana exige, y cuán peligrosa puede resultar su consumo.

MARCO TEORICO

[El alcoholismo, un problema de salud en México.](#)

El consumo de bebidas alcohólicas en nuestro país, constituye un problema de salud pública. No distingue género, estrato social, y es particularmente incidente en niños y adolescentes. Después de la aplicación de la Encuesta Nacional de Adicciones (ENA), durante los años 1990, 1994, 1998, 2003, 2009 y 2011, se llegó a la conclusión de que la población ha disminuido su percepción sobre riesgo del consumo, y por otra parte, la tolerancia social a la ingesta de estos productos, se ha incrementado (1). La encuesta realizada en 2008, observa que hubo un aumento de la relación abuso/dependencia, del 4.1 % en el 2002 a 5.5 % para el 2008. En los Centros de Integración Juvenil, de las 25 665 personas que solicitaron atención por primera vez en 2009, las principales sustancias que motivaron la solicitud de atención fueron el alcohol (19.9 %) y la cocaína (12.5 %), entre otras más. El nivel socioeconómico de la mayoría de los sujetos encuestados fue medio bajo (1). El Servicio Médico Forense informó, que en el año 2009, de las 18 724 defunciones registradas, el 24.4 % ocurrieron bajo la influencia de algún tipo de sustancia. El Sistema de Vigilancia Epidemiológica de las Adicciones (SISVEA), reporta que de las 6 560 sujetos atendidos, que si bien sólo el 3.4 % llegaron bajo la influencia de algún tipo de droga, más de la tercera parte revelaron que utilizaron alguna sustancia de riesgo en los últimos 30 días. El alcohol fue la droga de inicio más reportada, seguida del tabaco. La encuesta reconoció que para 29, 417 personas la droga de impacto más frecuente, a nivel nacional, fue el alcohol; al ser encuestados, del estrato de adultos de 35 o más años, el 55.3 % así lo reconoció (1).

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) de 2012, reveló cómo ha evolucionado el incremento en el consumo de alcohol, de forma diaria u ocasional, fue como la evidencia en las figura 1 y 2 (2).

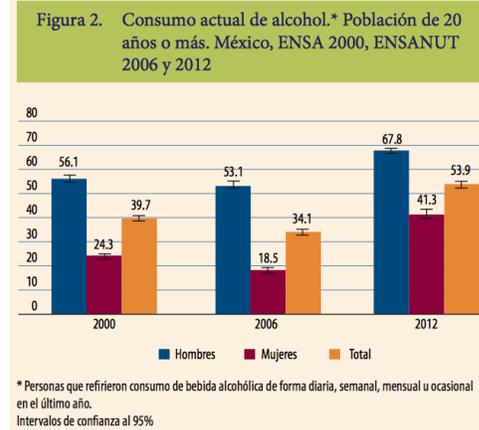
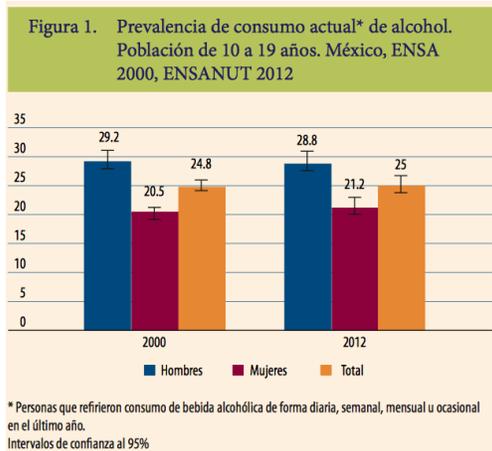


Figura 1 y 2. Histogramas que revelan el aumento en el consumo de bebidas alcohólicas, comparando los años 2000 y 2012. (11)

La adulteración, falsificación y preparación clandestina, son un fenómeno presente en la producción de bebidas alcohólicas.

Se reconoce que una proporción muy importante de las bebidas alcohólicas que se consumen en nuestro país, son de origen dudoso. Víctor Cardoso, en su artículo de La Jornada, describe que: “...La ilegalidad en el mercado de vinos y licores en el país, tanto por adulteración como por evasión de impuestos, abarca alrededor del 43 por ciento, y el impacto fiscal que provoca sólo por la evasión del Impuesto Especial a la Producción y Servicio (IEPS), se eleva a más de 6 mil 300 millones de pesos anuales...” y continúa. “...afecta tanto al gobierno, productores comercializadores y consumidores: el mercado ilegal de bebidas alcohólicas en el país, se eleva a 21 millones de cajas de 9 litros cada una, es decir, 189 millones de botellas, que equivalen al 43 por ciento del total del mercado nacional...” (3).

En los últimos años, la industria mexicana de bebidas alcohólicas ha crecido de manera estable. El volumen de productos vendidos, se incrementó sustancialmente debido a que en el mercado se encuentran en las bebidas que son mucho más económicas, posiblemente al incremento en la producción y distribución ilegal de estas sustancias (4). Una de las políticas públicas, que han fracasado, es pretender reducir los problemas derivados del abuso de alcohol, mediante el cobro de impuestos (5).

Por otra parte, la veracidad de la información comercial que proporciona el fabricante, con base en la Ley Federal de Protección al Consumidor (conforme lo establecen los artículos 32 y 34), es totalmente incierta en las bebidas de producción clandestina. Las características que las bebidas alcohólicas han de cumplir, se detallan en la Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1/SCFI 2014, que como se mencionó en un artículo periodístico (6), han sido letra muerta para las autoridades responsables de verificar y acreditar la información que se les proporciona a los consumidores. En el mismo artículo se menciona que: “...la propia autoridad ha declarado que millones de bebidas alcohólicas utilizan información y publicidad falsa en contra de los consumidores, sin que hagan algo para evitarlo...”. La ilegalidad en la producción abarca la falsificación de bebidas, como lo reconoce el artículo

aludido: “...Según la COFEPRIS, para febrero de 2007, en un solo operativo en el Estado de Hidalgo, en sólo dos colonias, Maestranza y San Pedro Sopalancando, “decomisó” más de 35 mil litros de bebidas alcohólicas, muchas de ellas bajo denominación de destilados de agave que resultaron ser “alcohol pintado”...” (6).

Las bebidas alcohólicas adulteradas y las falsificadas son diferentes. Las primeras, son aquellas a las que se les añaden sustancias que altera o modifican la composición original, y que las añadidas pueden ser potencialmente nocivos para el consumidor. En tanto que, en las falsificadas, se intenta imitar a un producto, que tiene características definidas, que fueron logradas, mediante un estricto control de calidad. En el proceso plagio, incluyen tanto a la etiqueta, al recipiente y al contenido, utilizando para ello, ingredientes de baja calidad y que podrían ser potencialmente perjudiciales para el consumidor. Al abaratar los costos de producción en la emulación, el beneficio económico es mayor.

Un producto falsificado puede identificarse, mediante la cuidadosa observación de la etiqueta y el envase, en los que se advierten variaciones en los tonos de color en la etiqueta, en la tipografía y en el material de fabricación de la misma. En algunos casos no es evidente, se confunden el producto original y la falsificación. Lo que puede dar certeza en la identificación y distinción entre el producto original y la copia, es el análisis químico. Por lo regular el metanol es uno de los principales componentes en las bebidas adulteradas, frecuentemente es añadido como parte del alcohol desnaturalizado, destinado a fines diferentes al consumo humano.

El metanol, principal componente nocivo en las bebidas alcohólicas clandestinas.

El metanol también se le conoce como alcohol metílico o de madera. Es un disolvente de uso frecuente en la industria química en la fabricación de anticongelantes, lacas, pinturas, barnices y removedores de pintura, entre otras aplicaciones. Los combustibles sólidos lo contienen también.

La intoxicación con esta sustancia ocurre, debido a que se absorbe con facilidad en el tracto digestivo de sus consumidores. Es frecuente que el producto se consuma en exceso, como toda droga de abuso. La mayor parte del metanol circula en el plasma. Se excreta principalmente gracias al riñón y al pulmón. El 90% restante es metabolizado en el hígado, primero a formaldehído y posteriormente a ácido fórmico, debido a la acción de las enzimas alcohol deshidrogenasa, y aldehído deshidrogenasa, para posteriormente ser eliminado por vía renal (6), como se muestra en la figura 3.

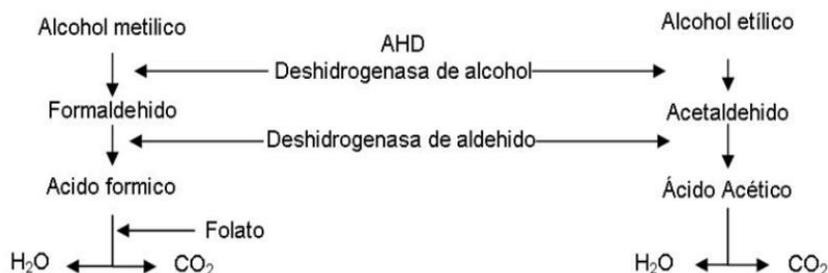


Figura 3. Rutas metabólicas del etanol y metanol. Tomado de (11).

Después del síntoma de embriaguez, la intoxicación puede manifestarse como una acidosis metabólica causada por los productos de degradación del metanol (formaldehído y ácido fórmico). La aparición de los síntomas ocurre, entre la primera y la septuagésima sexta horas posteriores a su ingesta. El ácido fórmico inhibe la respiración mitocondrial y produce hipoxia tisular y acidosis láctica (7, 10). Entre los síntomas iniciales, atribuibles a los catabolitos del metanol, suelen ser trastornos gastrointestinales inespecíficos, alteración en la visión, deterioro neurológico progresivo hasta la aparición de convulsiones o coma (7, 8, 9).

Las tablas siguientes, revelan cuáles son los efectos y síntomas más probables causados por la ingesta de etanol y metanol.

Tabla 1. Periodos en los que es probable la aparición de síntomas causados por el metanol. Niveles de 20 mg/dL revelan que ha habido contacto con ese alcohol. Superiores a 30 mg/dL son considerados potencialmente tóxicos. Tomado de (6, 7, 8, 9, 17).

Periodos posteriores a la ingesta de metanol	Síntomas que manifiestan los pacientes:
	Embriaguez, somnolencia y vértigo
	Los niveles de cata bolitos del metanol que se presentan pueden producir síntomas más severos. En ocasiones se confunden con la intoxicación etanólica.
De 8 a 24 horas	No se presenta sintomatología específica. Se confunde aún con la intoxicación etanólica.
De 12 a 30 horas	Cefalea, náuseas, vómito dolor abdominal, diarrea, mialgias, dificultad respiratoria, taquipnea, bradicardia e hipotensión.
48 horas	Visión borrosa, fotofobia.

Tabla 2. Síntomas más probables, en función de la dosis ingerida de etanol. Tomada de (14, 11).

Nivel de etanol ingerido:	Síntomas que se manifiestan
20 a 30 mg/dL	Alteraciones del estado de ánimo y del juicio crítico; afectado el control motor fino.
Primeros minutos	Deterioro de las funciones cognitivas, dificultad para el control motor.
De 12 a 24 horas	Posible presencia de ataxia y disartria. Alteración de la actividad mental y física. Posible euforia e impulsividad.
200 a 300 mg /dL	Nauseas, vómito severa alteración de la actividad mental

300 mg/dL	Coma hipotensión e hipotermia en bebedores no que no acostumbran beber.
400 a 900 mg/dL	Letal, aunque el consumidor sea un alcohólico crónico.

Los procesos fisiológicos de absorción y metabolismo del metanol y del etanol son semejantes. Utilizan las mismas enzimas (figura 4), Su catabolismo produce ácido fórmico y formaldehído, sustancias sumamente tóxicas. La oxidación desde el metanol hasta sus catabolitos, se produce a una tasa independiente de su concentración plasmática. Sin embargo la tasa de absorción es solo de la séptima parte, si se le compara con la oxidación del etanol. Se requieren varios días para que ocurra la oxidación y excreción completa del metanol (15, 16)

Debido a que el metanol ocasiona menos ebriedad que el etanol, puede conducir al abuso de esta sustancia, si lo que el consumidor busca embriagarse, haría más probable la intoxicación por metanol (7).

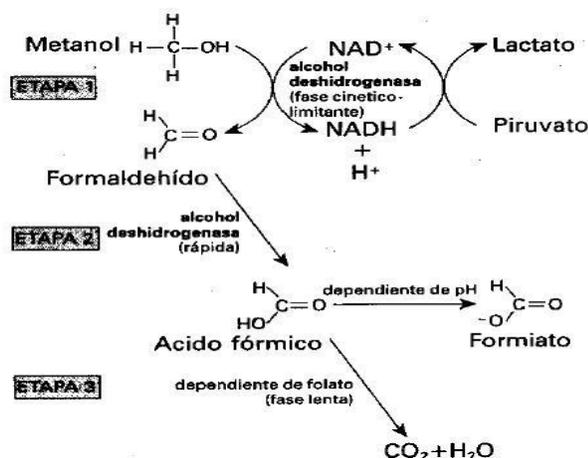
El periodo de latencia asintomático ocurre de las 8 a las 36 horas posteriores a la ingesta, y antes de que surjan los síntomas de la intoxicación. Si el individuo ingirió simultáneamente etanol en cantidades suficientes, pueden retrasarse o abortarse la aparición de signos y síntomas de la intoxicación por metanol, que a continuación se mencionan (11).

Figura 4. Metabolismo del metanol hasta sus derivados tóxicos. Tomado de (16)

- Cefalalgia
- Vértigo
- Vómito
- Dolor intenso en la mitad superior del vientre
- Dorsalgia Disnea
- Inquietud motora
- Extremidades frías y sudorosas
- Visión borrosa
- Hiperemia del disco óptico

El signo clínico más relevante es la presencia de acidosis metabólica causada por el ácido fórmico; cetonemia y cetonuria moderadas. Pude surgir en individuos asintomáticos un estado de coma repentinamente. En moribundos la respiración es lenta y jadeante, signo de la acidosis metabólica. La muerte es causada por la insuficiencia respiratoria, que puede ser repentina o después de muchas horas, posteriores al estado de coma.

Los pacientes que mueren por intoxicación de metanol, presentan necrosis pancreática. Las alteraciones de la vista, son



el signo más característico de la intoxicación. Empieza a manifestarse en poco tiempo de que inició la acidosis. Los signos característicos son: midriasis con pupilas no reactivas; y ceguera.

Bioquímica y patología de los efectos tóxicos del Metanol

El metanol tiene efectos similares a los del etanol. Se metaboliza de manera más lenta e incompleta que éste, por tal razón su acumulación es mayor y sus efectos son más prolongados.

Sus efectos se deben a los productos de su oxidación: formaldehído y formiato, que pueden ocasionar no sólo una grave acidosis, además inducir una grave lesión retiniana, e incluso producir ceguera permanente. La deshidrogenasa que interviene en el sistema de oxidación/reducción para los isómeros de retinal y retinol, en el ciclo de la rodopsina, es una enzima poco específica que actúa sobre algunos aldehídos y alcoholes. La rodopsina puede usar al etanol como sustrato, a grandes dosis de este alcohol, se altera la visión nocturna, y disminuye la agudeza visual, aunque estos efectos son reversibles.

Por su parte el metanol, se convierte en formaldehído, un potente inhibidor del proceso aeróbico y anaeróbico del metabolismo de la glucosa en la retina, condición que puede producir una lesión irreversible en la retina. La ingesta de 2 a 10 de gramos metanol, pueden causar ceguera total. La dosis mortal es de aproximadamente de 100 gramos (39).

La lesión ocular sucede por la afectación de las células ganglionares de la retina, por inflamación destructiva seguida de atrofia. A corto plazo la retina se congestiona y presenta edema. El resultado final es una ceguera bilateral que puede ser permanente (11).

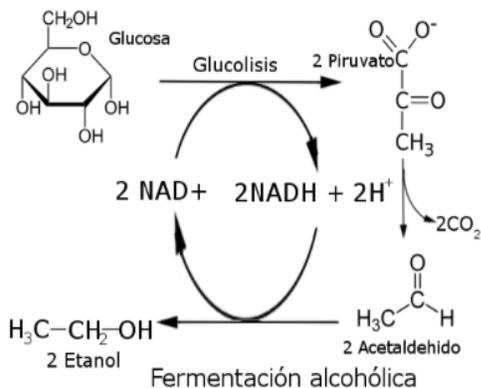
Proceso de elaboración

La producción de bebidas alcohólicas destiladas, básicamente consisten en los procesos: **Fermentación** de la materia prima; **destilación**, una o más veces, a fin de que contengan todos los componentes que le otorgan el sabor, olor y color que los caracterizan; y, en algunos casos **añejamiento**, que concluyen el proceso). Los sistemas que se utilizan en la elaboración de las bebidas alcohólicas son varios y dependiendo del método utilizado es la calidad del producto obtenido. Las bebidas alcohólicas de mejor sabor son los obtenidos por destilación con una maceración previa o no necesariamente. El procedimiento de elaboración de las bebidas alcohólicas está ampliamente diferenciado de la obtención de alcoholes industriales (24, 25).

Fermentación.

Cualquier material rico en carbohidratos, es una fuente potencial de alcohol etílico, que para propósitos industriales se obtiene por la fermentación de materiales que contienen sacarosa (melaza) o una sustancia que puede convertirse en monosacáridos, como el almidón. En la elaboración de muchas bebidas destiladas para el consumo, los granos de cereal son principal tipo de materia prima que se utiliza (24, 25).

Tienen su origen en un proceso de fermentación, que está descrito sucintamente en la figura 9. Todo líquido azucarado (mosto) sufre fermentación espontánea anaeróbica debido



a la acción de las levaduras. Los productos resultantes son el dióxido de carbono y el etanol. El ácido pirúvico por acción de la carboxilasa se descompone en dióxido de carbono y acetaldehído, que por reducción se transforma en etanol. En la fermentación también involucra también a la descomposición de un gran número de proteínas y otros compuestos presentes en el mosto. (24, 25)

Figura 5. Proceso de fermentación anaeróbica alcohólica. Tomado de (24).

La composición química del grano, que se utiliza como materia prima, varía considerablemente y depende en gran parte en los factores ambientales como las condiciones climáticas y la naturaleza del suelo. Otra variable es la malta (cebada germinada) que se utiliza. La malta por lo general corresponde a la cebada germinada, pero puede referirse al centeno, o al trigo, entre otros cereales (24).

El propósito del malteado es promover el crecimiento de las amilasas, enzimas que transforman el almidón del grano en azúcar (maltosa). Estas enzimas, también contribuyen al sabor y aroma del destilado (24). A la fermentación le precede la molienda, su función en el proceso es romper la pared celulósica protectora que rodea el grano, a fin de exponer al almidón a los procesos de cocimiento y conversión. El proceso de macerado consiste en cocer, (gelatinizar) y convertir el almidón en azúcar de grano (maltosa). Los destiladores tienen diversos procesos de maceración, pero en general se ajustan a los principios básicos, especialmente en el mantenimiento de condiciones sanitarias. Los equipos de cocción y conversión están provistos de vapor directo o indirecto, agitación con hélices o bastidores, serpentines de enfriamiento o un condensador barométrico (24).

El proceso de destilación.

La destilación es una operación unitaria, utilizada ampliamente en las industrias; de alimentos, química, petroquímica, farmacéutica, entre otras. Con ella se pretende separar a los componentes líquidos, totales o parcialmente miscibles, de una disolución, mediante la vaporización y condensación selectivas, a fin de lograr separarla en sus componentes individuales, aprovechando las diferencias en los puntos de ebullición de los componentes. Cuanto más diferentes esas temperaturas, será más eficaz la separación. El proceso fundamentalmente consiste en que una mezcla líquida en ebullición. De manera que se permitirá la separación de una fase de vapor, que será más rica en el o los componentes más volátiles que, al condensarse, formarán parte del **destilado**. En tanto que el líquido, que será parte del **residuo**, abundarán el o los componentes menos volátiles.

Cuando se realiza en una sola etapa, al proceso se le conoce como destilación simple. De hecho, este proceso puede repetirse, en dos o más ocasiones, hasta que el destilado sea preponderante en uno de los componentes más volátiles, o bien que el residuo sea más rico en uno de los menos volátiles. Cuando se quiere efectuar más eficientemente la destilación en varias etapas, se aplica la **destilación fraccionada**, empleándose para ello, una columna de fraccionamiento. En el proceso de destilación, pueden identificarse tres etapas: **A.** Inicia con un incremento paulatino de la temperatura, a tal hecho se le conoce como la **cabeza** de

la destilación. **B.** Cuando se estabiliza la temperatura y se mantiene constante, a este periodo se le identifica como el **corazón**. **C.** Y finalmente, cuando el periodo de temperatura constante cesa, y empieza a elevarse, inicia la **cola** de la destilación (38).

Bebidas alcohólicas destiladas.

Se sabe que los alquimistas egipcios, ya utilizaban una gran cantidad de aparatos para vaporizar líquidos para el tratamiento de los metales. Hay registros que muestran que calentaban el agua de mar en calderos cubiertos, y posteriormente obtenían las gotas que se condensaban en las tapaderas, a fin de utilizar esta agua para beber.

Los alquimistas árabes desarrollaron considerablemente la técnica, y de hecho fueron ellos los inventores del alambique, incluso esta palabra, proviene del árabe *al anbiq* (figura 5). También los alquimistas griegos del siglo I de nuestra era, utilizaban el alambique para destilar sustancias (38).

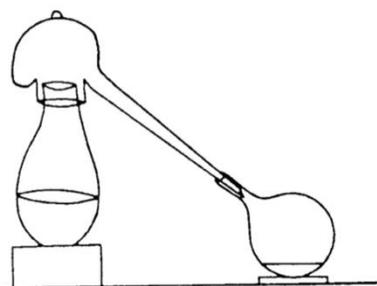


Figura 6. El alambique está formado por tres estructuras básicas: un recipiente donde se calienta el material a destilar; una ducto frío en él se condensará el vapor y una vasija para recolectar el líquido destilado. Tomado de: *Historia de la Destilación*, Valiente A, (38).

Los primeros métodos de destilación utilizaban un alambique que era un simple recipiente cerrado al que se le aplicaba calor. Los vapores se transferían a través de un tubo a una cámara de enfriamiento donde posteriormente se condensaban. Los alambiques contruidos en cobre, hierro o estaño eran los preferidos. A partir de estos, se produjeron destiladores, cuya fuente de calor era suministrada por un dispositivo, formado con paredes de arcilla o ladrillo, a los que se ajustaban las marmitas de cobre del destilador. Se aplicaba calor directo al cuerpo o retorta que contenía la mezcla fermentada y los vapores que se elevaban a la cabeza, pasaban a través de un tubo (el cuello) hasta un serpentín en los que se condensaban. El proceso de enfriamiento lo produce un serpentín de cobre, sumergido en un barril con agua fría. Las variaciones y mejoras de esta técnica dieron como resultado los alambiques de olla, algunos de los cuales todavía se utilizan en la producción de whisky (a partir de la malta) en Escocia, y brandy, derivado de la uva, en Francia (38).

En la preparación de bebidas alcohólicas, es el alambique el equipo que tradicionalmente se ha utilizado para realizar la destilación (figuras 7 y 8). El líquido a destilar se coloca en una caldera. Iniciado el proceso, los vapores que contienen a los alcoholes más volátiles, ascienden rápidamente hacia el capitel, el ensanchamiento de éste produce, que inicien su condensación, en tanto que los menos volátiles regresan a la caldera. Los que ascienden, continúan hacia el serpentín enfriado por agua y condensan. Este sistema con algunas modificaciones se utiliza en la elaboración del coñac, armagnac, jerez, brandy y whisky (figura 6). La destilación puede hacerse en una sola etapa (figura 6), o dos o más (Figura 7).

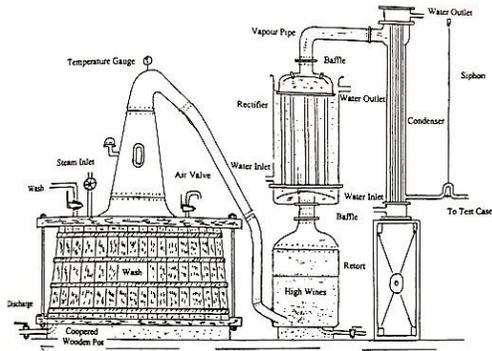


Figura 7. Alambique utilizado en la destilación de bebidas alcohólicas. Tomado de (27).

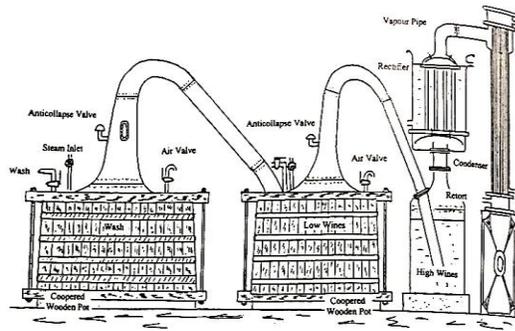


Figura 8. Alambique doble, utilizado en la destilación en dos etapas de bebidas alcohólicas. Tomado de (27).

En 1830 en Dublín, se diseñó el primer destilador continuo, conocido como: Destilador Coffey (figura 8). Se compone de dos columnas: en una de ellas, la masa fermentada se separa del alcohol y en la otra los vapores se rectifican hasta una concentración a prueba alta (94 a 96%).

Casi todos los fundamentos de la destilación están reconocidos e incorporados en el destilador Coffey. Los últimos adelantos no difieren fundamentalmente de los destiladores de Cellier-Blumenthal y Coffey (23, 25).

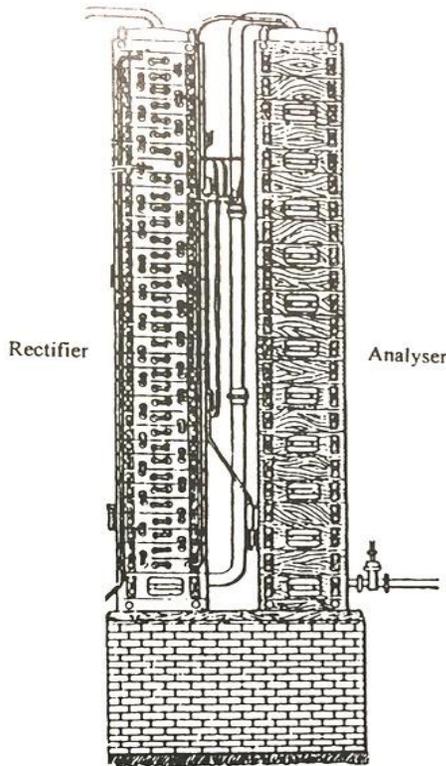


Figura 9. Destilador Coffey. Tomado de (16).

Otra técnica de, que en realidad corresponde a una destilación fraccionada, se efectúa mediante el destilador Coffey consiste en un equipo diseñado para efectuar una destilación en multi etapas. Consiste en dos columnas verticales: una de ellas se conoce como el analizador o separador, en tanto que la otra es el rectificador (figura 8). El rectificador contiene placas de tamiz y el serpentín bobinas de cobre que precalientan el líquido el analizador posee una serie de tamiz de placas de cobre intercaladas en el marco de madera. El líquido a destilar pasa por un serpentín, situado dentro del rectificador, es calentado por los vapores procedentes del analizador. Después es introducido en el analizador, que al ir descendiendo de plato en plato, contacta con el vapor que asciende en contracorriente, con lo cual el alcohol se va evaporando, y es arrastrado por estos vapores, y conducido a la base del rectificador. En éste, el vapor se condensa y gradualmente va aumentando la concentración de alcohol al ir ascendiendo por la columna, hasta obtener el producto final.

Tras varias fases de recalentamiento y refrigeración, se separa el alcohol del agua y de los restantes productos volátiles, tales como aldehídos y alcoholes superiores (24). Puesto que el alcohol y el agua son factores insignificantes en la intensidad del sabor, los destiladores se dirigen sobre todos constituyentes del sabor, es decir, los componentes que se denominan *congéneres*, que son las sustancias que se generan con el alcohol durante la fermentación y en el curso de la maduración.

Dentro de cada categoría del producto pueden presentarse algunas variaciones en sabor causadas por los tipos de materia prima y sus proporciones, los métodos de preparación, la selección de las cepas de las levaduras, las condiciones de fermentación, los procesos de destilación, técnicas de maduración y el mezclado.

Para obtener un producto de sabor agradable es necesario elegir la proporción adecuada de estos *congéneres*. Esto no puede lograrse con las técnicas de producción artesanales antes mencionadas, por lo tanto, la mayoría de las bebidas alcohólicas se mezclan para lograr uniformidad, un aroma balanceado y un sabor agradable (23, 24).

Bebidas alcohólicas.

El alcohol destinado para consumo.

Como aditivo en algunos alimentos, o utilizado para la preparación de bebidas, el etanol o alcohol etílico, es obtenido por destilación, redestilación, o rectificación, productos obtenidos de materias primas vegetales amiláceos o azucaradas, que han sufrido fermentación alcohólica previamente. El alcohol obtenido por este proceso, no debe tener olor ni sabores extraños según sea su graduación alcohólica (25).

Es usual que la cantidad de alcohol de los productos para el consumo, se exprese en porcentaje volumen a volumen, o grados Gay Lussac (⁰ GL). Las formas más comunes de producción son a partir de:

1. Destilados de orujo (término utilizado para denominar a cualquier tipo de aguardiente).
2. Destilados del vino: obtenidos por destilación de vinos y piquetas (producto obtenido mediante fermentación de orujos frescos de uva macerados en agua, o por agotamiento con agua de orujos de uva fermentada) y lías (proceso que ocurre después del embotellado, el vino realiza una segunda fermentación en la botella, para los vinos espumosos).
3. Destilado de cereales de grano: Obtenidos por destilación producto sacarificados y fermentados.

El alcohol obtenido por los métodos antes mencionados suele lograr una graduación alcohólica que oscila entre los 80 a 96° GL; en tanto que los alcoholes rectificadas, pueden llegar a una graduación de 96° (24).

Aguardiente.

Consiste en una bebida de gran riqueza alcohólica, procedentes de la destilación de materias vegetales previamente fermentadas de las cuales obtienen sus características peculiares, como aroma, sabor y graduación alcohólica (entre los 30⁰ y 80° GL). Se producen mediante la destilación de los líquidos resultantes de la fermentación (24).

1. Obtenida del vino o sus derivados o sus residuos (por ejemplo: coñac, pisco, amagnac, brandy jerezano, brandy italiano). Por ejemplo las aguardientes holandesas, que se obtienen de la destilación de vinos sanos
2. Producida a partir de sustancias azucaradas, como el ron.

3. Lograda a partir de amiláceas (cereales), por ejemplo en el whisky, el bourbon, la ginebra, el vodka, el aquavit, el tequila y el sake. Se obtienen por la destilación de los caldos fermentados de cereales totalmente malteados.
4. Derivada de fruta, como en las sidras de: manzana, cereza, ciruela, albaricoque y acreolas. Se obtienen por destilación de jugos de frutas previamente fermentados.
5. Flemas: orujos obtenidos por destilación de residuos de la vinificación.
6. Derivados de caña: se obtienen por destilación directa de los jugos y melazas fermentados de esta planta. (24).

Bebidas espirituosas.

Son preparados aptos para consumo humano, elaboradas con etanol de uso alimentario, de manera que se logre una graduación alcohólica específica de cada una.(29).

1. Pertenecen a este grupo el brandy, la ginebra, el vodka, el arrak, el ron y el whiskey, entre otros más. Su graduación alcohólica lograda es superior a los 30° GL.(29)
2. Licores: bebidas hidroalcohólicas obtenidas por maceración, infusión o destilación de diversas sustancias vegetales naturales, o por adición de extractos aromáticos, como esencias o aromas, o bien por la combinación de ambos métodos. Es decir, pueden ser edulcorados, saborizados y coloreados. La graduación alcohólica en estos productos es superior a los 30°.GL. Son obtenidos con base de frutas, o de su zumo. Ejemplo de éstos son: los licores de café, té, cacao, avellana, entre otros más.(29)
3. Anís: Es un licor obtenido por destilación de macerados de anís o badadiana con una posible adición sustancias aromáticas, como esencias, agregándoles o no azúcar. Su graduación alcohólica será superior a 30° GL. Al anís que se denomina “seco”, si se preparó con menos de 20 g/L azúcar, “semi seco” de 20 a 100g/L; y dulce, con más de 100g/L de azúcar (24).
4. Aperitivos no vínicos: elaborados por mezclas o destilación. Son disoluciones acuosas de alcoholes, diluidas o no, que se combinan con sustancias amargas o aromáticas vegetales, en las que además se les llega a edulcorar y colorear con aditivos específicos, La graduación alcohólica será superior a los 20° GL (24).

Aguardientes de caña de azúcar y melazas

La caña de azúcar, es una materia prima que frecuentemente se utiliza en la preparación de bebidas alcohólicas, a las que se les denomina aguardientes, existe una diversidad de estos productos:

- Aguardiente de caña (taifa o ron base): son los obtenidos por destilación de los jugos o jarabes de la caña de azúcar fermentados, con una graduación alcohólica de 54 a 80° GL.
- Aguardientes de melaza de caña: se obtienen por destilación de los jugos de melaza de caña fermentada.
- Destilados de caña: obtenidos por destilación fraccionada del jugo de caña y jarabes de caña previamente fermentados, o en una segunda destilación de aguardiente de caña. En este proceso, se logra una graduación alcohólica entre 80 y 95.5° GL.
- Destilados de la melaza de caña: obtenidos por destilación fraccionada de los caldos de melaza de azúcar de caña, o por subsecuentes destilaciones de los aguardientes de melaza de caña (24).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente tema de tesis fue sugerido por el autor de este trabajo, motivado por el alto consumo de bebidas alcohólicas de bajo costo, dudosa calidad e incierto origen, que observa en la comunidad circundante a su domicilio, localizada en el municipio de Nezahualcoyotl, del Estado de México.

Hay testimonios de numerosos casos de intoxicación, muy probablemente causada por su elevado consumo, y posiblemente a una mayor cantidad de sustancias tóxicas, si se comparan con las que tienen las bebidas alcohólicas que cumplen con la normatividad vigente.

Otro fenómeno frecuente que observó, fue que el consumidor, ante la alternativa de ingerir una bebida de mejor calidad, no la eligen, prefieren a las que más frecuentemente consumen, al parecer, más allá de la motivación debida al bajo costo, probablemente causado por el mayor efecto de embriaguez que les produce. Tales productos no cumplen con las especificaciones solicitadas en las autoridades sanitarias correspondientes.

En el presente trabajo, se realizarán pruebas cualitativas (características de la etiqueta, recipiente y embalaje) y cuantitativas (contenidos metanol, etanol y sus derivados oxidados), con base a la Norma Oficial Mexicana (NOM-142-SSAI/SCFI 2014):

Para poder abordar los procedimientos experimentales, propusimos a la siguiente hipótesis, y a partir de la cual, se delinearón los objetivos general y particulares, para lograr la meta en este trabajo.

HIPÓTESIS

La bebida alcohólica “Aguardiente de Caña Chilapa 1919”, cumple con las especificaciones que impone la Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSAI/SCF-2014, en cuanto al etiquetado, embalaje y contenido mínimo de sustancias potencialmente nocivas, a fin de garantizar un menor riesgo en su consumo.

OBJETIVO GENERAL

Se evaluarán las bebidas alcohólicas “Aguardiente de Caña Chilapa 1919” conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSAI/SCF-2014, para conocer si cumple lo que se estipula este documento, en cuanto a la etiqueta, recipiente, embalaje y el contenido de ciertas sustancias, como la presencia de alcoholes (etanol y metanol) y sus derivados de los procesos oxidativos (formaldehído, furfural, ácido fórmico, ésteres, acetaldehído y ácido acético, usando como blanco de comparación al Ron Bacardi Carta Blanca.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar el contenido de metanol, aldehídos y esterés en el Aguardiente de Caña Chilapa 1919 conforme al método de análisis establecido en la norma: NMX-V-005-NORMEX-2013.
- Evaluar el contenido de furfural en el Aguardiente de Caña Chilapa 1919 conforme al método de análisis establecido en la norma: NMX-V-004-NORMEX-2013.
- Evaluar el contenido alcohólico en el Aguardiente de Caña Chilapa 1919 conforme al método de análisis establecido en la norma: NMX-V-013-NORMEX-2013

Criterios de inclusión

Se analizarán solo productos de la marca “Aguardiente de Caña Chilapa 1919” de 355 mL y del Ron Bacardí Carta Blanca de 1.750 L, que se utilizará como producto de referencia.

Criterios de eliminación

No se analizará otro producto de los antes mencionados.

Criterios de exclusión

No se analizarán botellas de Aguardiente de caña Chilapa 1919 y Ron Bacardi Carta blanca que no contengan el volumen mencionado o que presenten la ruptura en el sello de la tapa, o alteraciones en la etiqueta del mismo.

Diseño del experimento

El presente trabajo de tesis, en función de las variables que se evaluarán, es experimental, retrospectivo, comparativo y transversal.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Las características físicas del producto (naturaleza del envase, condición de la etiqueta, calidad del embalaje), así como los niveles permitidos de determinadas sustancias (etanol, metanol, furfural, aldehídos, ésteres, entre otros), están descritos en el documento, NOM-142-SSAI/SCF-2014, que es la Norma Oficial Mexicana vigente, que debe servir de marco, para evaluar a una bebida alcohólica para su venta al público. En este documento se mencionan a las Normas Mexicanas (NMX), en las que debe apoyarse el análisis físico y químico, para evaluar adecuadamente, desde el punto de vista químico al producto. Tales NMX hubo que pagar por ellas para tener acceso, de manera que el procedimiento preciso experimental, no puede describirse a detalle, porque están protegidas por derechos de autor. De tal suerte que si el lector de esta tesis está interesado en replicar el procedimiento experimental que se emprendió en este trabajo, habrá de adquirir tales documentos.

Los métodos de se basaron tanto en la NOM mencionada, como en las NMX que más adelante se mencionan. Por tal razón, se propuso evaluar la condición del producto terminado, desde el punto de vista sanitario, así como el análisis químico para identificar la presencia y cantidad de diversas sustancias, por los siguientes métodos:

A. Determinación de furfural Método espectrofotométrico.

Esta sustancia es un derivado oxidado de la degradación del metanol. Su concentración varía, de acuerdo a la bebida alcohólica, tiempo de destilación, reacciones que se presentan durante el proceso de añejamiento. Aunque su concentración debe ser mínima, este compuesto le proporciona elementos para el sabor y el aroma del producto. El método se basa en la reacción colorida que resulta de la combinación del furfural con la anilina, en medio ácido, a 20 °C, analizado a una $\lambda = 520$ nm, conforme a lo que especifica la norma: NMX-V-004-NORMEX-2013.

B. Determinación de metanol. Método espectrofotométrico volumétrico, colorimétrico o vía húmeda

Esta sustancia está presente en todas las bebidas alcohólicas, en mayor o menor proporción, incluso, en ocasiones, en trazas. Proviene de la hidrólisis de las pectinas (cadena de núcleos galacturónicos que se esterifica con el alcohol metílico).

La hidrólisis del éster libera al metanol y al ácido péptico, poco soluble. El contenido de metanol, por lo tanto, es proporcional al contenido de pectinas de las materias primas vegetales que se utilizan en la fermentación.

Por medio de la reacción de oxidación con KMnO_4 en medio ácido, el HCOH formado, reacciona con el ácido cromotrópico para formar un compuesto colorido que puede ser registrado con una $\lambda = 575 \text{ nm}$. Conforme a los que establece la norma: NMX-V-005-NORMEX-2013.

C. Determinación de aldehídos. Método volumétrico vía húmeda

Los aldehídos se encuentran en la mayoría de las bebidas alcohólicas, son productos de degradación debido al proceso de oxidación resultante del añejamiento, durante el proceso de fermentación y destilación de los mostos. Su reacción con los alcoholes produce hemiacetales y acetales, catalizadas por el medio ambiente ácido. El método de análisis se basa en la reactividad del carbonilo con los agentes sulfatados, con los que forma el ácido etanol sulfúrico.

El contenido de aldehídos se determina de forma indirecta con el bisulfato de sodio con el que se evalúa el exceso de yodo. Conforme al procedimiento de la norma: NMX-V-005-NORMEX-2013.

D. Determinación de ésteres. Método volumétrico vía húmeda

Los principales ésteres que se encuentran en las bebidas alcohólicas, son el acetato y el lactato de etilo. Su determinación se basa en la titulación posterior a la saponificación, como lo especifica la norma: NMX-V-005-NORMEX-2013.

E. Determinación de contenido alcohólico (%v/v). Método por densímetro digital

Uno de los componentes más volátiles, que además le otorgan su naturaleza a la bebida, el etanol, se acompaña de otras sustancias como ésteres, aldehídos y otros alcoholes, sus congéneres. La cantidad de tales, comparadas con el etanol, es pequeña, de manera que la medición del porcentaje volumen a volumen, por medio de un densímetro digital o con un alcoholímetro, es válida. Si el contenido de genéricos es susceptible de alterar los resultados, habrá que destilarse previamente a la muestra, o bien utiliza alguna otra operación que proporcione resultados análogos. El procedimiento se sigue conforme a como lo determina la norma: NMX-V-013-NORMEX-2013.

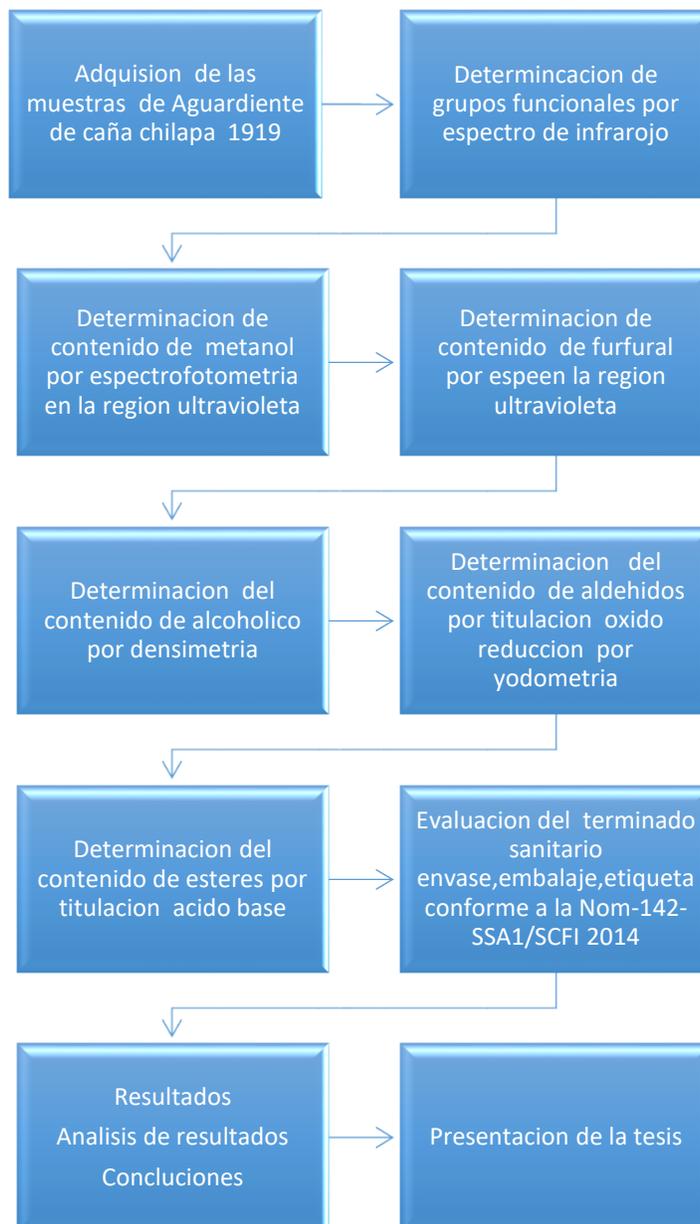
A Aquellas características del producto que revelaran cuál fue su probable origen y formas de fabricación: embalaje, etiqueta, envase y registro ante las autoridades sanitarias.

B Y en cuanto a la presencia y contenido, de las sustancias de las que se reconocen efectos tóxicos (metanol, formaldehído, ácido fórmico, acetaldehído, entre otros).

C Se eligió analizar a la bebida “Aguardiente de caña Chilapa 1919”, mostrada en estas fotos.

Figura 10. Imágenes del producto en estudio, en el que se advierten algunas características de la etiqueta, recipiente y color del contenido.





Las Normas donde se describen los métodos utilizados para la determinación de metanol, aldehídos, esteres y furfural, contenido alcohólico son las siguientes:

- Norma Mexicana NMX-V-005-NORMEX-2013 Bebidas Alcohólicas – Determinación de Aldehídos, Esteres, Metanol y Alcoholes Superiores-Métodos de Ensayo (Prueba).
- Norma Mexicana NMX-V-004-NORMEX-2013 Bebidas Alcohólicas – Determinación de Furfural-Métodos de Ensayo (Prueba).
- Norma Mexicana NMX-V-013-NORMEX-2013 Bebidas Alcohólicas – Determinación del Contenido Alcohólico (Por Ciento de Alcohol en Volumen a 20° C (% Alc. Vol,-Métodos de Ensayo (Prueba).

Las Normas antes citadas tienen un costo monetario

RESULTADOS

Determinación de espectros de infrarrojo

Mediante el uso de espectroscopia infrarroja (IR), se identificaron los grupos funcionales de interés mediante la interpretación de las bandas de absorción característica de cada grupo funcional en este caso se identificaron las bandas de absorción del grupo hidroxilo que presenta una banda de absorción, que comprende el intervalo de número de onda ($\bar{\nu}$, medida en cm^{-1}) de 3750 a 3300; el grupo aldehído: entre 3000 a 2700 cm^{-1} ; el grupo éster: entre 1900 a 1650 cm^{-1}

Para determinar las bandas de absorción se utilizaron como y una utilizó: Metanol con una pureza del 99.8% p/p, y una densidad de $\delta = 0.7915 \text{ g/cm}^3$. Etanol al 99% p/p y $\delta = 0.7974 \text{ g/cm}^3$. Acetaldehído al 99% p/p y $\delta = 1.1563 \text{ g/cm}^3$. Furfural al 99% y $\delta = 1.1563 \text{ g/cm}^3$. Los IR resultantes fueron:

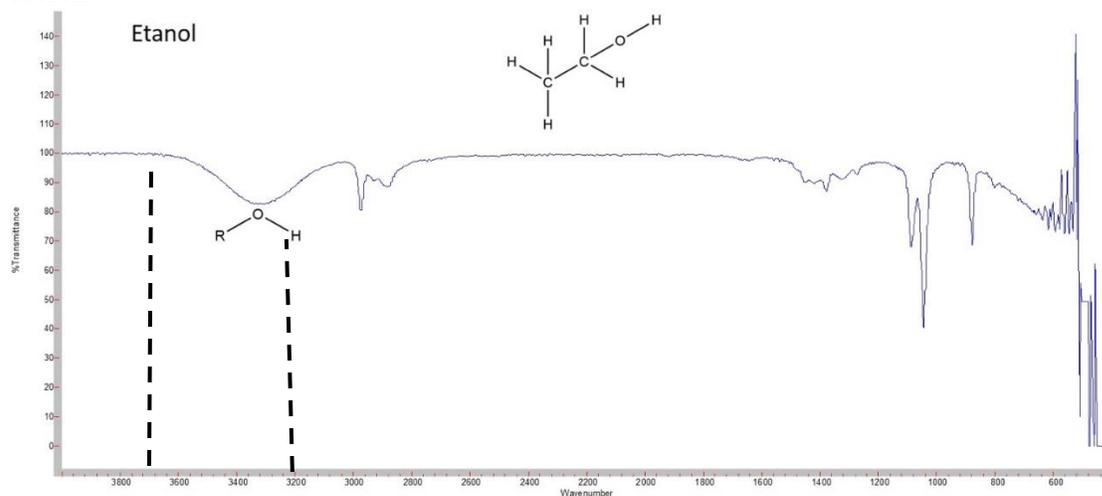


Figura 11 Espectro IR de Etanol con 99% de pureza con una densidad de 0.7974 g/cm^3

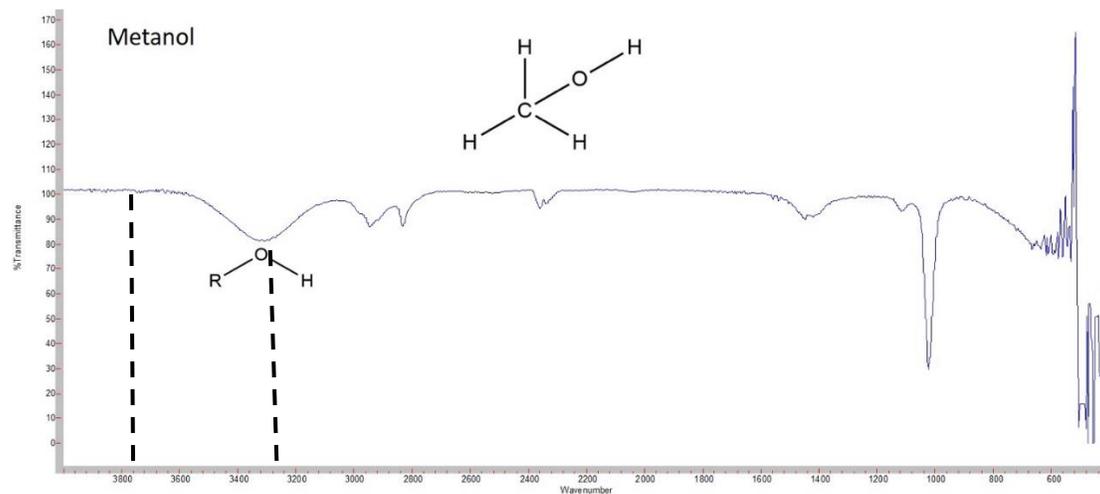


Figura 12 Espectro IR de Metanol con 99.8% de pureza con una densidad de 0.7915 g/cm^3

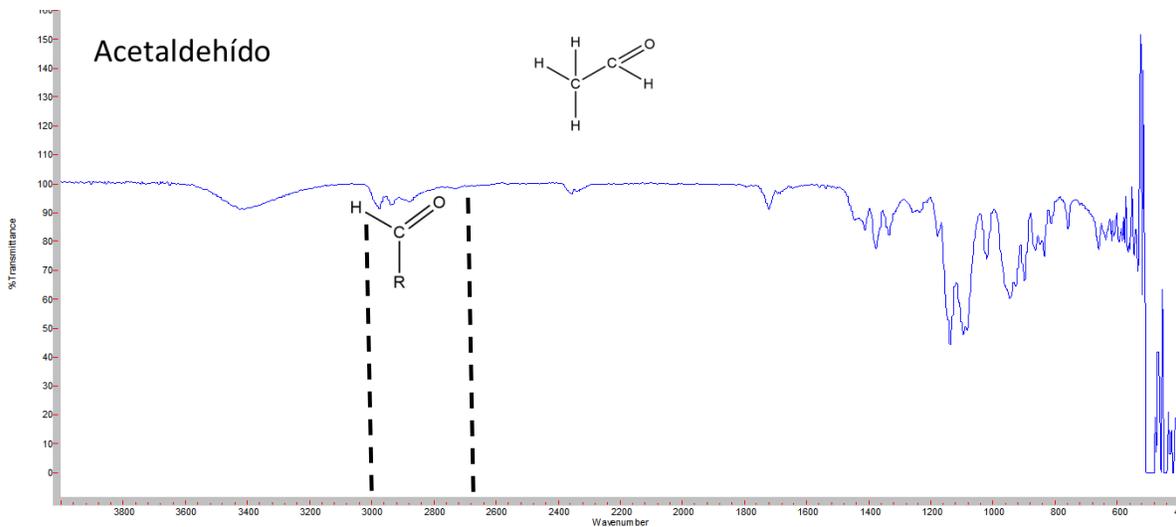


Figura 13 Espectro IR Acetaldehído con 99% de pureza y con densidad de 0.788 g/cm³

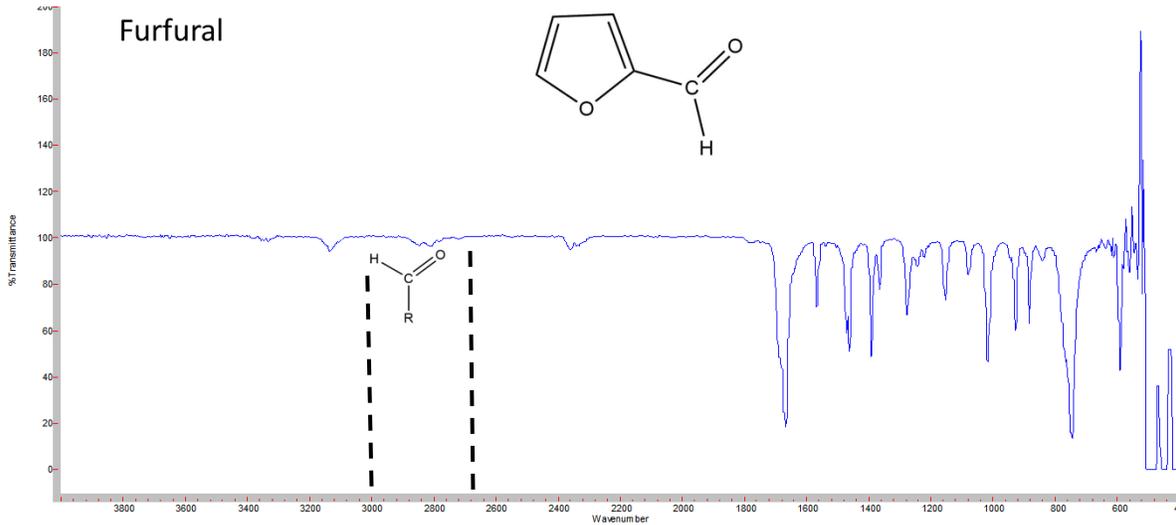


Figura 14 Espectro IR Furfural con 99% de pureza con una densidad de 1.1563 g/cm³

Se utilizó a la bebida “Ron Bacardí Carta Blanca”, como estándar de comparación. Se sabe de este producto, que se elabora de acuerdo a la normatividad sanitaria vigente. Incluso en el texto de la Norma Oficial Mexicana (NOM-142-SSA1/SCFI-2014) se reconoce participó en la elaboración y diseño de esta NOM: “...*NORMA Oficial Mexicana NOM-142-SSA1/SCFI-2014, Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial... En la elaboración de la presente Norma participaron los siguientes Organismos e Instituciones..., BACARDÍ Y CÍA., S.A. DE C.V...*”.

Se sometió al análisis IR a una muestra de esa bebida, y el resultado se observa en la siguiente figura, en la que se identificaron las bandas características de los grupos funcionales que antes se mencionaron (alcohol, aldehído y éster):

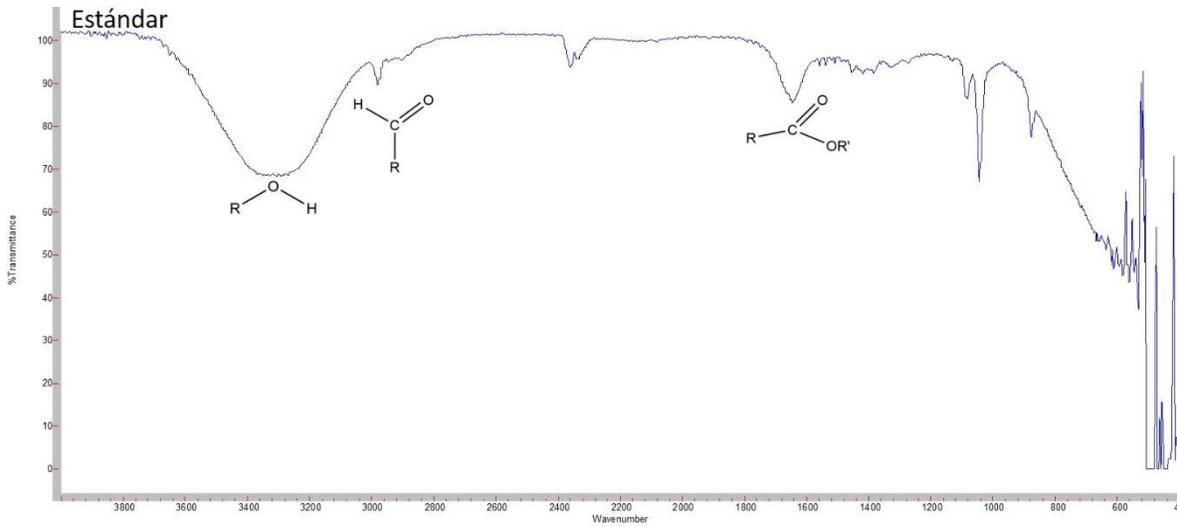


Figura 15 Espectro IR. Tomado de una muestra de Bacardi Carta Blanca. Con una graduación alcohólica del 40%

Se aplicó el mismo análisis a las muestras (seis en total), de la bebida “Aguardiente de Caña Chilapa 1919 de Chilapa” en las que se identificaron las bandas de los grupos mencionados:

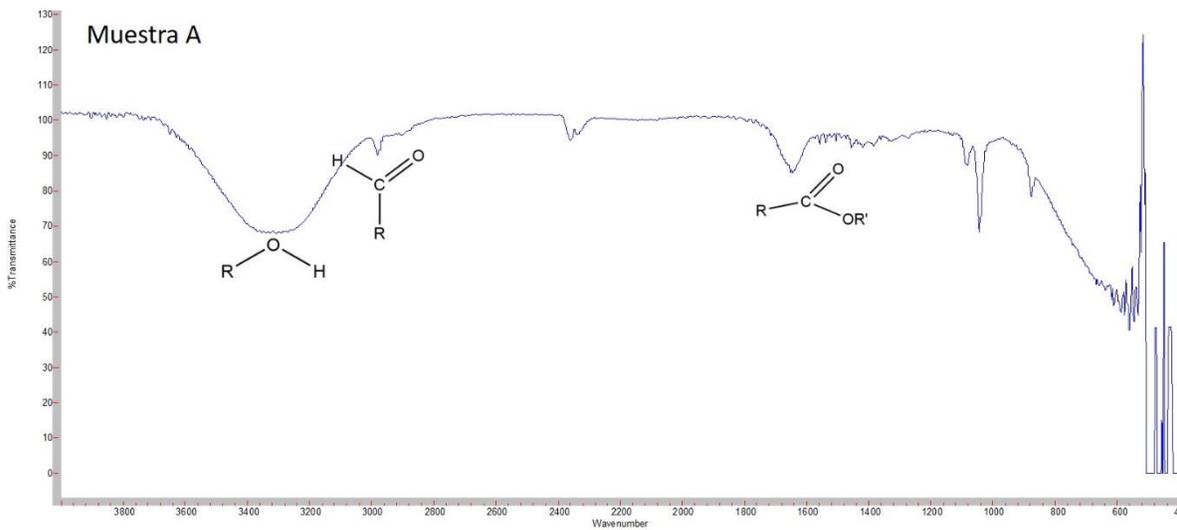


Figura 16 Espectro IR Muestra A Aguardiente de caña Chilapa 1919 con una graduación de 40%.

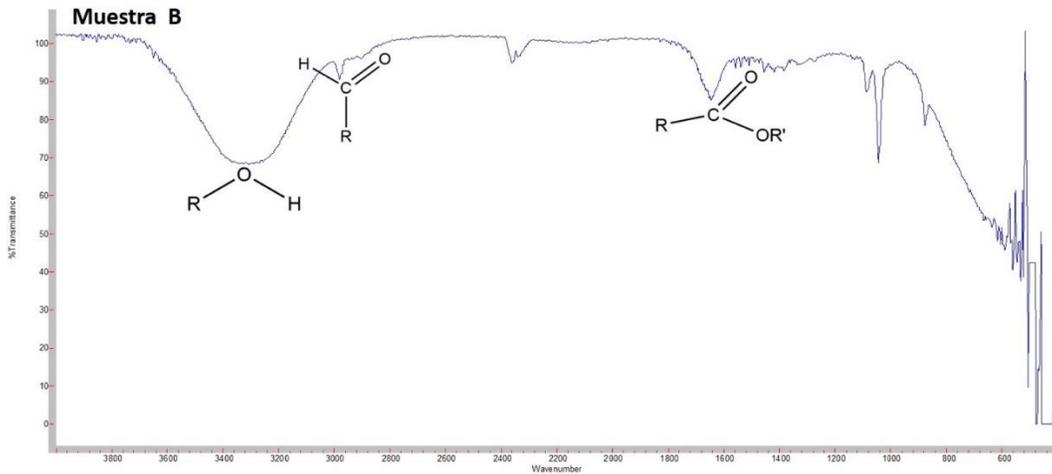


Figura 17 Espectro IR Muestra B Aguardiente de caña Chilapa 1919 con una graduación de 40%.

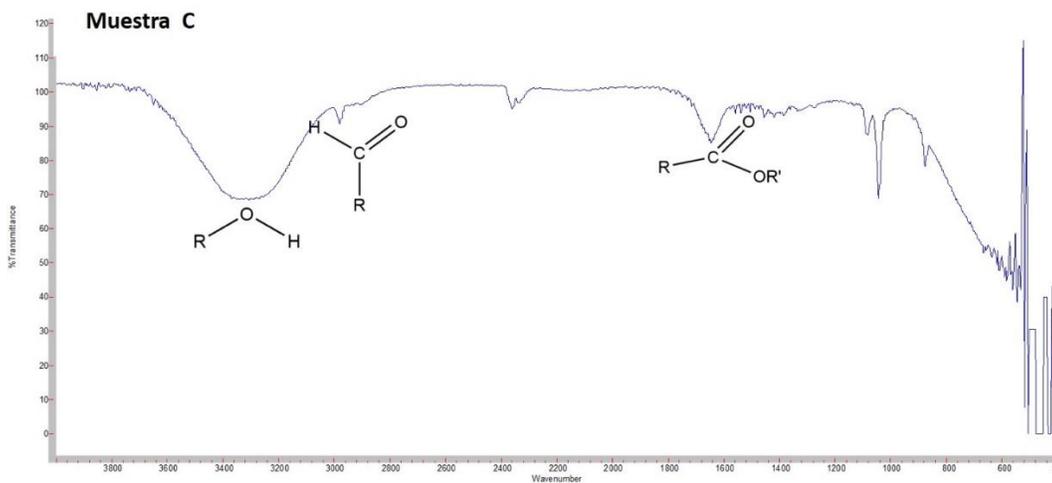


Figura 18 Espectro IR Muestra C Aguardiente de caña Chilapa 1919 con una graduación de 40%.

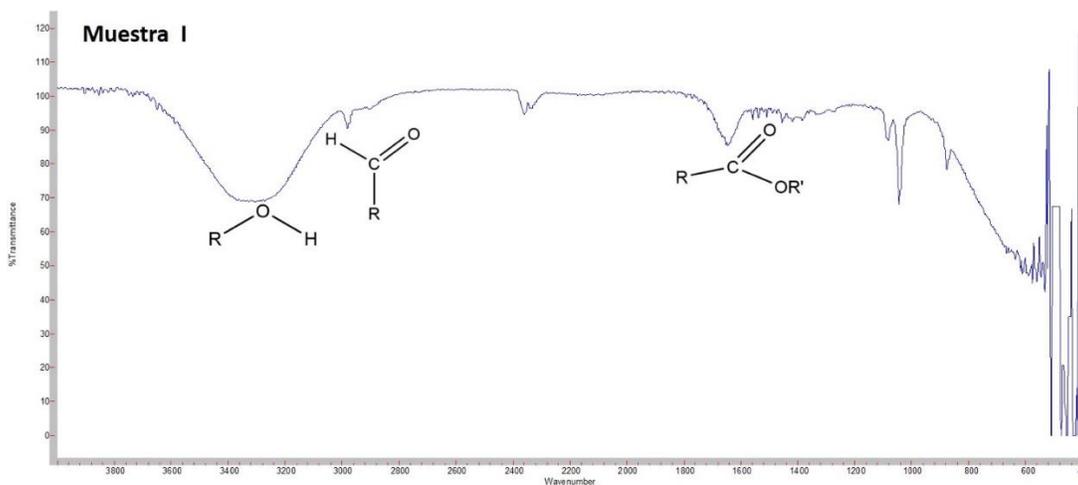


Figura 19 Espectro IR Muestra I Aguardiente de caña Chilapa 1919 con una graduación de 40%.

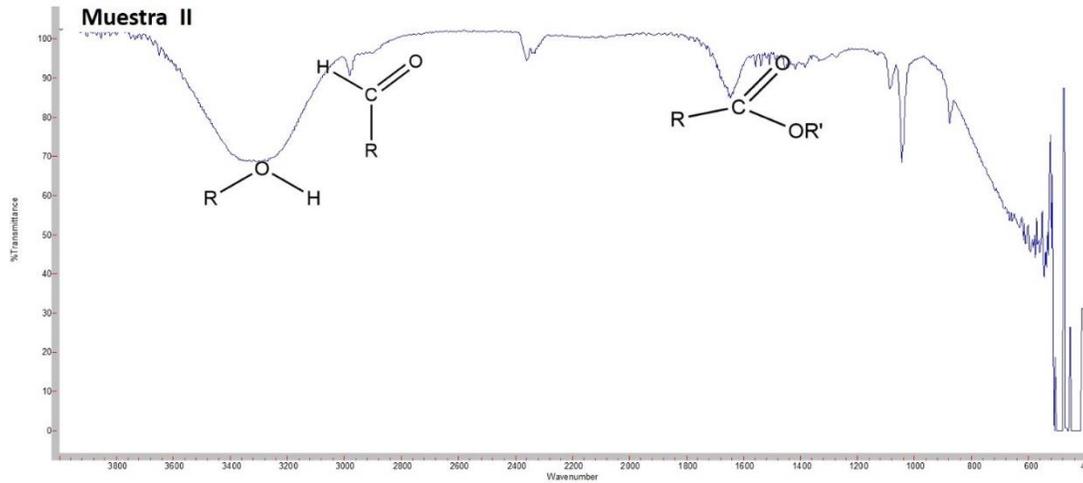


Figura 20 Espectro IR Muestra II Aguardiente de caña Chilapa 1919 con una graduación de 40%.

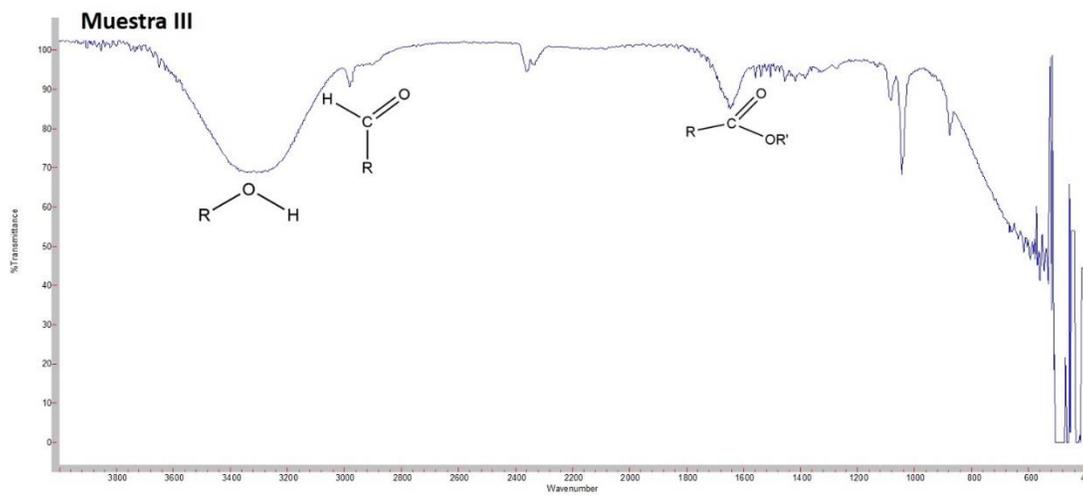


Figura 21 Espectro IR Muestra III Aguardiente de caña Chilapa 1919 con una graduación de 40%

Evaluación de etiquetas, envase y embalaje, conforme a la NOM-142-SSA1/SCFI 2014

Después de la identificación de las bandas de absorción de los grupos funcionales hidroxilo, aldehído y éster se realizaron pruebas conforme a la NOM-142-SSA1/SCFI 2014. Los análisis comprenden los siguientes puntos, a fin de conocer en qué medida cumple los requerimientos sanitarios:



- ✓ Etiquetado
- ✓ Terminado sanitario
- ✓ Determinación del contenido de metanol
- ✓ Determinación del contenido de esteres
- ✓ Determinación del contenido de aldehídos
- ✓ Determinación del contenido del contenido alcohólico

Figura 22 Se observa el fácil desprendimiento de la etiqueta, en uno de los envases.

Etiquetado

La NOM -142-SSA1/SCFI 2014 establece que la etiqueta debe permanecer fija hasta el momento del consumo del producto en condiciones normales. Deben etiquetarse de manera individual con caracteres claros visibles, indelebles y en colores contrastantes, fáciles de leer por consumidor.

Tabla 3. Condiciones con las que resultaron las etiquetas de los recipientes de las muestras problema y la del estándar.

Muestra	Estado de la etiqueta	Caracteres claros y Visibles	Concordancia con la Norma
Estándar	Permanece pegada	Si	Si
A	Se despega fácilmente	Si	No
B	Se despega fácilmente	Si	No
C	Se despega fácilmente	Si	No
I	Se despega fácilmente	Si	No
II	Se despega fácilmente	Si	No
III	Se despega fácilmente	Si	No

Información que debe registrarse en la etiqueta, conforme a la NOM-142-SSA1/SCFI 2014.

La NOM -142-SSA1/SCFI 2014 establece cuál debe ser la información fundamental que debe presentar la etiqueta del recipiente, de una bebida alcohólica:

- Nombre o denominación genérica y marca comercial del producto.
- Nombre denominación o razón y domicilio fiscal.
- País de origen (debe señalarse dónde fue elaborado, envasado y si es de importación o de producción nacional).
- Identificación particular del producto (número de lote, fecha de elaboración).
- Contenido de etanol (en % v/v o en grados GL).

Tabla 4. Características de la etiqueta, en cuanto a la información exhibida.

Muestra	Nombre del producto	Domicilio fiscal	País de origen	Lote	Contenido alcohólico
Estándar	Ron Bacardí carta Blanca	Si	Si	Si	Si
A	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	Si	Si	No	Si
B	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	Si	Si	No	Si
C	Aguardiente de Caña Chilapa 191919	Si	Si	No	Si
I	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	Si	Si	No	Si
II	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	Si	Si	No	Si
III	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	Si	Si	No	Si

El tamaño de la letra de la leyenda que previene al consumidor, que señala el mensaje: “El abuso en el consumo de este producto es nocivo para la salud” de acuerdo a la NOM, debe ser con base al volumen del recipiente de acuerdo a tablas 5 y 6.

Tabla 5. Tamaño de la letra, del enunciado, conforme al volumen del recipiente.

Volumen	Altura mínima del tipo de letra
De 0 a 50 mL	1.5 mm
De 50.1 a 190 mL	2 mm
De 191.1 a 500 mL	2.5 mm
De 500.1 a 1000mL	3mm
De 1000.1 a 4000 mL	5mm
Mayores de 4000 mL	7 mm

Alrededor de la leyenda debe haber un espacio libre no menor de 3mm.

Tabla 6. Características encontradas en las muestras analizadas.

Muestra	Nombre del Producto	Volumen del envase	Altura mínima de la letra	Concordancia con la Norma
Estándar	Ron Bacardí Carta Blanca	375 mL	4 mm	No
A	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	355 mL	3 mm	No
B	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	355 mL	3 mm	No
C	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	355 mL	3 mm	No
I	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	355 mL	3 mm	No
II	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	355 mL	3 mm	No
III	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	355 mL	3 mm	No

Envase

De acuerdo a la NOM, el recipiente utilizado para las bebidas alcohólicas, debe ser inocuo, y elaborado con un material que resista todas etapas del proceso, de manera que no reaccionen con el contenido o altere sus características físicas químicas y organolépticas. Se podrán utilizar botellas de: vidrio, PET, aluminio, cartón laminado y barriles de acero inoxidable.

Tabla 7. Características encontradas en los recipientes analizados.

Muestra	Nombre del Producto	Tipo de envase	Flexibilidad del envase
Estándar	Ron Bacardí Carta Blanca	Vidrio	No
A	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	PET	Si
B	Aguardiente de Caña Chilapa 19199	PET	Si
C	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	PET	Si
I	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	PET	Si
II	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	PET	Si
III	Aguardiente de Caña Chilapa 1919	PET	Si

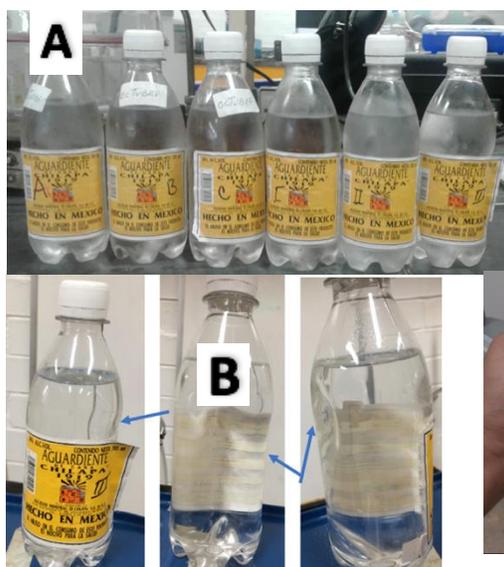


Figura 23. En estas fotos se exhiben a los recipientes en tres diferentes momentos: **A.** Cuando recién fueron adquiridas. **B.** Algunas semanas después, las flechas ubican las deformidades que sufrieron los recipientes, a 3 meses de ser adquiridas. Tales alteraciones, no fueron causadas por un mal manejo en su almacenamiento o por haber sufrido algún impacto. **C.** Meses después de haber iniciado el trabajo experimental. Las alteraciones son más evidentes.

Embalaje

Uno de los vendedores de los productos analizados, nos permitió inspeccionar las cajas en las que el distribuidor entrega el producto. Al realizar inspección del material de embalaje de Aguardiente de Caña Chilapa 1919, a fin de verificar si cumplía o no con la norma NOM-142-SSA1/SCFI 2014.

Como lo hemos mencionado en párrafos anteriores, las bebidas alcohólicas, si no tienen un adecuado proceso de elaboración, conlleva un riesgo para la salud del consumidor. Si comparamos con otros productos, que pueden ser riesgosos, como los medicamentos, la Secretaría de Salud, mediante la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, indica cuáles son los análisis que habrán de realizarse a esos productos, y están incluidos en el texto de la farmacopea. Sin embargo, los métodos de análisis que exige la NOM-142-SSA1/SCFI 2014 no los proporciona en su texto. Para poder obtener los métodos de análisis que establece la norma, es necesario recurrir un organismo privado, autorizado en esa NOM. Para adquirirlos

debe cubrirse el costo monetario por cada uno de los métodos de análisis. Los métodos deberían de estar incluidos en la NOM-142-SSA1/SCFI 2014, por el carácter obligatorio de la misma, ya que, en ella, se establecen los parámetros para cumplir con las prácticas adecuadas de fabricación de las bebidas alcohólicas en el país.

Contenido de metanol

La NOM-142-SSA1/SCFI 2014 específica que para efectuar el análisis en cuanto al contenido de esta sustancia, habrá de hacerse conforme a lo que especifica la norma NMX-005-NORMEX-2013. El Valor de referencia que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1/SCFI 2014 para concentración de metanol es de hasta 300 mg/100 mL. Se analizaron las muestras (3 del estándar y 6 de la bebida problema), y los resultados se muestran en las tablas 8 y 9 siguientes.

Tabla 8. Contenido de metanol en el estándar.

Muestra	Contenido de metanol en el estándar (en mg/ 100 mL)
1	35.855
2	-4.24
3	152.6925
$\bar{x} \pm \sigma = 61.43 \pm 81.53$	

Tabla 9. Contenido de metanol en Aguardiente de Caña Chilapa 1919.

Muestra	Contenido de metanol en la muestra
A	32104.19
B	9296.86
C	2425.10
I	20691.50
II	5072.38
III	20033.78
$\bar{x} \pm \sigma = 14\ 937 \pm 11\ 309$	

Contenido de esteres

El ensayo analítico, se efectuó conforme a la norma NMX-005-NORMEX-2013, que de forma sucinta se expuso en párrafos anteriores. Los resultados se exhiben en las tablas 10 y 11 siguientes.

Tabla 10. Contenido de ésteres en el estándar.

Muestra	Contenido de esteres en el estándar (en mg/100mL)
1	0.1865
2	0.2727
3	0.2269
$\bar{x} \pm \sigma = 0.23 \pm 0.04$	

Tabla 11. Contenido de ésteres en el estándar.

Muestra	Contenido de esteres en las muestras (en mg/100 mL)
A	24.7847
B	20.4432
C	22.4961
I	28.4138
II	32.4738
III	24.5275
$\bar{x} \pm \sigma = 25.52 \pm 4.32$	

La presencia de ésteres en las bebidas alcohólicas, les confieren el sabor y buqué, cualidades las organolépticas que le otorgan identidad al producto. Como no se adjudica a su presencia con algún grado de peligrosidad, la NOM-142-SSA1/SCFI 2014 no fija el nivel de este grupo de sustancias, que deberán tener los productos.

Contenido de aldehídos

El procedimiento para su valoración lo indica la norma NMX-005-NORMEX-2013. El Valor de referencia que establece la NOM-142-SSA1/SCFI 2014 para este grupo de sustancia es de 40 mg/100 mL.

Tabla 12. Contenido de aldehídos en el estándar.

Muestra	Contenido de aldehídos (en mg/100 mL)
1	1.6352
2	8.0487
3	3.2194
$\bar{x} \pm \sigma = 4.30 \pm 3.34$	

Tabla 13. Contenido de aldehídos en el Aguardiente de Caña Chilapa de 1919.

Muestra	Contenido de aldehídos (en mg/100 mL)
A	6.2885
B	14.0471
C	4.8624
I	11.8048
II	3.2195
III	9.1846
$\bar{x} \pm \sigma = 8.23 \pm 4.19$	

Contenido de furfural

Método para el análisis, se indica en la norma NMX-004-NORMEX-2013. El Valor de referencia que establece la NOM-142-SSA1/SCFI 2014 para esta sustancia, es 5 mg/100 mL. Los resultados se anotan en las tablas 12 y 13.

Tabla 14. Contenido de aldehídos en el estándar.

Muestra	Contenido de furfural (en mg/100 mL)
1	0.2353
2	0.2195
3	0.2256
$\bar{x} \pm \sigma = 0.23 \pm 0.01$	

Tabla 15. Contenido de furfural en el Aguardiente de Caña Chilapa de 1919.

Muestra	Contenido de furfural (en mg/100 mL)
A	0.01028
B	6.87622×10^{-3}
C	6.87622×10^{-3}
I	7.3170×10^{-3}
II	6.8292×10^{-3}
III	6.8782×10^{-3}
$\bar{x} \pm \sigma = 0.00751 \pm 0.0137$	

Contenido de etanol

El procedimiento de análisis lo detalla la norma NMX-013-NORMEX-2013. El Valor de referencia que establece la NOM-142-SSA1/SCFI 2014 para el contenido etanólico es de 0.5% v/v de tolerancia en la diferencia del valor obtenido analíticamente y el valor declarado en la etiqueta. El estándar declara en su etiqueta que su contenido de etanol es 40^o GL (es decir, % v/v). En tanto que el aguardiente en estudio indica 38^o GL. Los resultados se muestran en las tablas 14 y 15.

Tabla 16. Contenido de etanol en el estándar.

Muestra	Porcentaje de etanol (% v/v)
1	40.36
2	41.00
3	41.00
$\bar{x} \pm \sigma = 40.8 \pm 0.37$	

Tabla 17. Contenido de furfural en el Aguardiente de Caña Chilapa de 1919.

Muestra	Porcentaje de etanol (% v/v)
A	35.00
B	40.72
C	40.72
I	41.00
II	41.00
III	40.72
$\bar{x} \pm \sigma = 39.86 \pm 2.38$	

La determinación volumétrica del contenido etanólico, se efectuó a 25° C, como lo sugiere la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (40). Como lo establece la NOM, hubo que realizar la destilación de las muestras antes de emprender la evaluación volumétrica.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Etiqueta, recipientes y embalaje.

En relación a las gráficas de los espectros IR, se pudieron identificar tanto en la bebida alcohólica testigo (Ron Bacardí Carta Blanca), como en la estudiada (Aguardiente de Caña Chilapa 1919) la presencia de los grupos funcionales: alcohol, aldehído y éster; que contribuyen a otorgar las la característica de bebida alcohólica (el etanol), el sabor y el buqué (los ésteres) y las que son potencialmente dañinas (furfural, acetaldehído, metanol).

Al realizar la inspección de la etiqueta de las bebidas alcohólicas y (tanto a la testigo como al problema) se observaron los siguientes hechos: En la estándar la etiqueta permanece pegada al envase. En tanto que, en los recipientes de las muestras de la bebida analizada, la etiqueta empieza a desprenderse del envase de manera espontánea, tal evidencia, se observa en la figura 22, y revela que el proceso de etiquetado de la bebida problema, es deficiente. De manera que el Aguardiente de Caña Chilapa 1919, no cumple con lo que establece la NOM-142-SSA1/SCFI 2014: La etiqueta debe permanecer pegada en condiciones de uso normal en las bebidas alcohólicas. En tanto que, la bebida testigo cumplió la NOM antes mencionada.

La inspección efectuada a las etiquetas de las bebidas analizadas, en cuanto a la información que debe incluir, encontramos que: el estándar, Ron Bacardí Carta Blanca, cumple con todos los requisitos establecidos en la NOM-142-SSAI/SCF-2014. En tanto que

las muestras de Aguardiente de Caña Chilapa 1919, si bien incluye la información mercantil básica, no incluye el número de lote del producto. Tal hecho aumentó nuestra sospecha de que el Aguardiente de Caña Chilapa 1919, no sigue las condiciones óptimas de fabricación (en el Anexo de esta tesis, se abunda sobre el procedimiento que se sigue en la elaboración del aguardiente de caña, de mayor consumo, el ron). Es decir, la etiqueta, presenta varias irregularidades, la más notable es la ausencia de información relacionada con el número de lote en cada botella y en la caja que las resguarda. Es decir, el fabricante no podría proporcionar información relacionada con su fabricación. Las dimensiones de los letreros, la carencia del registro fiscal y la falta de referencia a alguna autoridad sanitaria, la falta de adherencia al recipiente que recomienda la Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1/SCFI 2014, revelan que los procedimientos de elaboración es muy probable que tengan serias irregularidades de manera que no pueden garantizar las condiciones sanitarias adecuadas para su consumo.

En cuanto al recipiente, no tiene la rigidez que exige la Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1/SCFI 2014, y además sufrió una inesperada e inexplicable deformación. Nuestra hipótesis, aunque no emprendimos su comprobación, es que tal vez el contenido del recipiente reaccionó con el material del PET, causando la deformación. Probablemente el PET seleccionado hubiera sido utilizado de alguna forma previa a su destino como recipiente de la bebida alcohólica, como puede observarse en la figura 23. Encontramos que tres meses después de adquirir el producto, tuvo alteraciones en la forma del recipiente.

Al evaluar las dimensiones de las letras en la etiqueta de la leyenda mencionada, tanto el estándar como en las muestras, presentan un tamaño diferente al que establece la norma, que señala que el tamaño de la letra, debe de ser de 2.5 mm para envases de 191.1 a 500 mL. En ambos casos un tamaño mayor en las letras puede hacer más evidente y claro la leyenda ***“El consumo de este producto es nocivo para la salud”***.

En cuanto al recipiente, como se puede ver en la tabla 7, el estándar respeta en este aspecto el espíritu de la NOM-142-SSA1/SCFI 2014, en tanto que las muestras de Aguardiente de Caña Chilapa 1919 fue envasado en recipientes de PET, material que, una vez abierto el producto, presenta gran flexibilidad, de manera que sólo el estándar cumple con las especificaciones descritas en la NOM-142-SSA1/SCFI 2014. Como lo muestra la figura 23. Dedujimos que tal vez, debido a un cambio de presión interna, éste se deformó levemente, aun cuando no había sido abierto. Una vez que iniciamos con el análisis del producto, la forma del recipiente no se recuperó, y dedujimos que tal vez la bebida que se encontraba en el interior, tuvo algún tipo de interacción que causó tal deformación.

Por otra parte, en cuanto al embalaje utilizado para el producto en estudio, se observó que la caja que sirve de contenedor de los recipientes que se pondrían a la venta, está elaborada de un material de cartón, que no tiene la rigidez necesaria, para proteger a los recipientes. Además el exterior de la caja, carecía de una etiqueta o impreso que indicara la características del producto, y los cuidados que habría que tener para la manipulación del producto (por ejemplo, hasta cuántas cajas podrían estibarse), cuál era el contenido de caja, ni información básica alguna (cantidad de botellas, marca del producto). En consecuencia, no se cumplen las condiciones que establece la NOM-142-SSA1/SCFI 2014.

De manera que, el análisis de etiquetas, recipiente y embalaje, confirman que, en la elaboración del producto, se tuvieron severas deficiencias en las prácticas de manufactura.

Por otra parte, la caja en la que se distribuye al estándar, cuenta con las características del material que protegen al producto. E incluye la información pertinente, que solicita la NOM-142-SSA1/SCFI 2014.

Análisis Químico Cuantitativo

Los resultados reportados en las tablas 8 y 9, se determina que el estándar presenta un contenido de metanol menor del que establece la NOM-142-SSA1/SCFI 2014. Es muy probable que, en el Ron Bacardí Carta Blanca, durante su elaboración, cuando es sometido a un proceso de destilación, le permite eliminar la mayor parte del metanol formado durante la fermentación, por tal razón las concentraciones de esta sustancia, están por debajo de los niveles que la NOM exige. En tanto que el Aguardiente de Caña Chilapa de 1919, la concentración promedio es mucho mayor que lo que establece la norma. Esto revela que el proceso de elaboración de la bebida es deficiente. Que probablemente la destilación es sumamente deficiente o que tal vez no se efectuó, de manera que no permite que se elimine el metanol de manera adecuada.

En cuanto al contenido de ésteres, los resultados se reportan en las tablas 10 y 11. La NOM mencionada no fija un contenido mínimo de estas sustancias, Sin embargo, es notoria la enorme diferencia entre el aguardiente analizado y el estándar. Tal hecho sólo hace sospechar, que la diferencia pueda deberse a que son añadidos de forma indiscriminada, para aparentar el sabor que pretende el fabricante que debería tener el producto.

En relación a los aldehídos, Los resultados que se anotan en las tablas 12 y 13, obtenidos revelan que tanto el estándar como el aguardiente analizado, presentan concentraciones inferiores de la que establece la norma.

En cuanto al furfural, como lo muestran las tablas 14 y 15, los resultados muestran que tanto el estándar, como el aguardiente en estudio, tienen niveles de esta sustancia por debajo de lo que demanda la norma. Como se mencionó en párrafos anteriores, el furfural es un derivado del formaldehído, una de las sustancias tóxicas que pueden conducir al consumidor a la acidosis metabólica. El formaldehído es un derivado que resulta del añejamiento del producto, de manera que al ser tan bajo el nivel de esta sustancia, es indicativo que ninguno de los dos productos fue sometido a ese proceso.

En referencia al contenido de alcohol, en la etiqueta de la bebida estándar, reporta que su contenido de etanol es de 40⁰ GL, de manera que el 0.5 % corresponde con 0.2 en la variabilidad permitida. El análisis obtuvo como resultado que contenido alcohólico promedio es 40.8 ± 0.37, la variación corresponde al 0.91%, que sale de lo que exige la norma.

En tanto que el Aguardiente de Caña Chilapa 1919, el valor que reporta en su etiqueta es 38⁰ GL, de manera que el 0.5 % es de 0.19. El obtenido en el análisis fue 39.86 ± 2.38 de tal forma que la variación es de 5.97 %, de manera que se aparta mucho más de lo que se registró en el estándar, muy superior a lo que establece la norma.

CONCLUSIONES

La hipótesis propuesta no se cumple

El análisis efectuado al Aguardiente de Caña Chilapa 1919, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1/SCFI 2014, reveló, después diversas pruebas, que tiene muchas irregularidades, que, en condiciones normales, deberían impedir la distribución y venta del producto.

En cuanto al contenido de las sustancias de interés, debido a su potencial toxicidad para el consumidor:

- A. En cuanto al contenido de metanol, el alto contenido de esta sustancia, es una evidencia, de que no se efectúa un adecuado proceso de destilación que permita su eliminación, o que simplemente no se efectuó este proceso. El altísimo contenido de metanol conlleva un gran riesgo para el consumidor. El bajo costo de este producto, puede inducir al que la consume al abuso y a los peligrosos efectos sobre su salud.
- B. En cuanto al contenido de etanol. Tanto el estándar como la bebida analizada, tienen un mayor contenido de etanol de lo que especifica la norma.
- C. El contenido de aldehídos, furfural y ésteres en la bebida analizada, están por debajo de lo que especifica la Norma Oficial Mexicana. Un valor bajo en la concentración de aldehídos, podría ser un indicativo, de que la materia prima del Aguardiente de Caña Chilapa 1919, no se somete a una fermentación previa, o a un proceso de destilación tan meticuloso, que siguen los fabricantes autorizados de las bebidas alcohólicas. Una baja cantidad en el contenido de ésteres denota que la bebida no se somete a un proceso de añejamiento. Lo anterior revelaría que el Aguardiente de Caña Chilapa 1919, no tiene un adecuado proceso de fabricación, e implicaría que el proceso de elaboración, no se sigan las prácticas recomendadas por la norma; que, en la elección de la materia prima de la bebida, no se haga conforme a como lo establece la autoridad sanitaria. En el anexo de esta tesis, describimos el proceso de producción de un aguardiente de caña de alto consumo, el ron, en el que se advierte que el fabricante debe tener una fuerte inversión económica y una serie de complicada de pasos que deben efectuarse, con una estricta vigilancia.

Nuestra conclusión en cuanto a las evidencias señaladas, es que el Aguardiente de Caña Chilapa 1919 es en realidad una falsificación. Las personas que elaboran este tipo de productos de baja calidad, se aprovechan de los huecos normativos y legales, así como de la probable corruptibilidad de las autoridades que con indolencia permiten que este producto se distribuya.

Otra observación encontrada en la realización de este proyecto, fueron la contradicción que se encuentra en el texto de la NOM-142-SSA1/SCFI 2014. Por ejemplo, respecto a la conveniente rigidez, que, según la norma, debe tener el recipiente de las bebidas alcohólicas. Sin embargo, admite el uso de materiales flexibles como: PET, cartón rígido y aluminio, como materiales permitidos en su elaboración.

ANEXO

El Ron

El proceso de producción del ron, como de los aguardientes de caña, no solo es complejo, sino que además requiere de una fuerte inversión económica, tanto en equipo como en mano de obra y materia prima. A continuación, se describe de manera sucinta, el procedimiento de elaboración.

El producto al que pretende imitar el licor en estudio, es justamente el ron, nuestra conclusión es que, no es consecuencia de una adulteración de un producto previamente elaborado de hecho, es una falsificación de una bebida de producción artesanal: “Aguardiente de Caña Chilapa 1919”, conclusión a la que llegamos como consecuencia de los resultados experimentales, expuestos en esta tesis.

¿Qué es el Ron?

La definición de ron exige que sea «un destilado producido por fermentación y destilación de productos de caña de azúcar, en una zona donde estas plantas se cultivan, con las características organolépticas normalmente asociadas al ron». (16)

La palabra ron evoca a las playas caribeñas bañadas por el sol, rodeadas de palmeras reflejadas en mares azules. Diecisiete grupos de islas contribuyen a más de doscientos veinte rones diferentes y embotellados, el ron también se produce en otros continentes e islas alrededor del mundo (16).

Es un aguardiente que se obtiene de la destilación del fermentado del jugo de caña de azúcar o de jarabe de azúcar o melaza de caña. El proceso requiere que el destilado se efectúe varias veces, para producir un alcohol de calidad aceptable, hecho que nunca se pasó por alto ni en los primeros días de la fabricación del ron. Como con muchas bebidas alcohólicas, cuyo nombre evoca leyenda y misterio. El nombre ron deriva de su origen del término en latín *Saccharum*, que significa azúcar, esta es una etimología aceptada para el ron.

Breve Historia del Ron

En la India se encuentra la primera referencia a dos licores obtenidos de la caña de azúcar. El escrito fue elaborado alrededor del año 2000 AC. Los textos védicos indios, o "Los Vedas", se refieren a un espíritu derivado del jugo de caña llamado `Gaudí y otro producto alcohólico derivado de la caña de azúcar llamado soma.

También se sabía que la caña de azúcar se había cultivado en China desde la época de la propagación y se encontró en Madeira, España, Chipre y Sicilia, hasta el siglo III d.C. No fue finales de la Edad Media que la caña de azúcar fue cultivada en las Indias Occidentales.

La producción de productos destilados a partir del jugo de caña tardo algunos años en establecerse en el caribe. Barbados y Santo domingo fueron los primeros en producir ron en el caribe. En lo que actualmente es Guayana, en 1670, empezó la práctica de la destilación y la elaboración del ron. Los españoles ya destilaban “*run*” en las Indias Occidentales, mucho antes de que los británicos pusieran pie en el Caribe (16).

En siglo XVIII se empezó a producir a partir de caña de azúcar para obtener lo que hoy llamamos propiamente ron. En Barbados, Jamaica, las Islas Vírgenes y Santo Domingo. En 1753, en Jamaica se desarrolla una gran reputación en la fabricación de ron en la Exposición de Filadelfia de 1876. La calidad del ron fabricado en Jamaica, era insuperable por cualquier otro país (16).

Producción de jugo de caña

La caña de azúcar proporciona la melaza, principal materia prima para la fabricación de ron. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta tropical, alta, erguida, que probablemente fue introducida a las Indias Occidentales por Colón. Los habitantes de las indias occidentales conocían la caña de azúcar desde aproximadamente 2000 AC.

Los tallos de caña de azúcar tienen una longitud de 2 a 4.5 metros de largo. Al ser triturados liberan una disolución de sacarosa, entre el 15 y el 16 % p/p. Cien toneladas de caña producen apenas 10 toneladas de azúcar. Una hectárea cultivada con este vegetal, producirá de 60 a 70 toneladas de caña cortada. Una fábrica de azúcar, dependiendo de su capacidad, puede moler entre 100 a 200 toneladas de caña cortada por hora. Generalmente, entre las 5 a 6 semanas antes de la cosecha, se le aplica un madurador para suprimir la fotosíntesis de la hoja y estimulan la liberación de la sacarosa del tallo de la hoja. En el momento de cosechar la caña de azúcar se le prende fuego a la tierra para desinfectar el suelo.

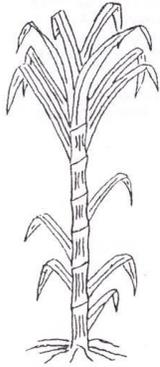


Figura 24 Tomado de (25) Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

A las cañas cortadas se les eliminan los restos de las hojas y son trasportadas al ingenio. La caña una vez cortada se deteriora rápidamente (16).

Las enfermedades las plagas y el clima son los principales factores que afectan a la caña antes de la cosecha. Después de la cosecha la caña pierde humedad de 1 a 2 % diariamente durante la primavera. La abrasión de la caña, antes de ser cortar impide la pérdida de agua. La enzima invertasa, dentro de la caña convierte a la sacarosa en fructosa y glucosa presente en el jugo de la caña.

Leiconostoc mesenteroides, es la bacteria, contaminante del suelo, que invade la caña cortada. Acidifica y transforma la sacarosa en el polisacárido *dextrano*, material gomoso que causa un problema al que se enfrenta la extracción de la azúcar, que afectará a la calidad de la melaza.

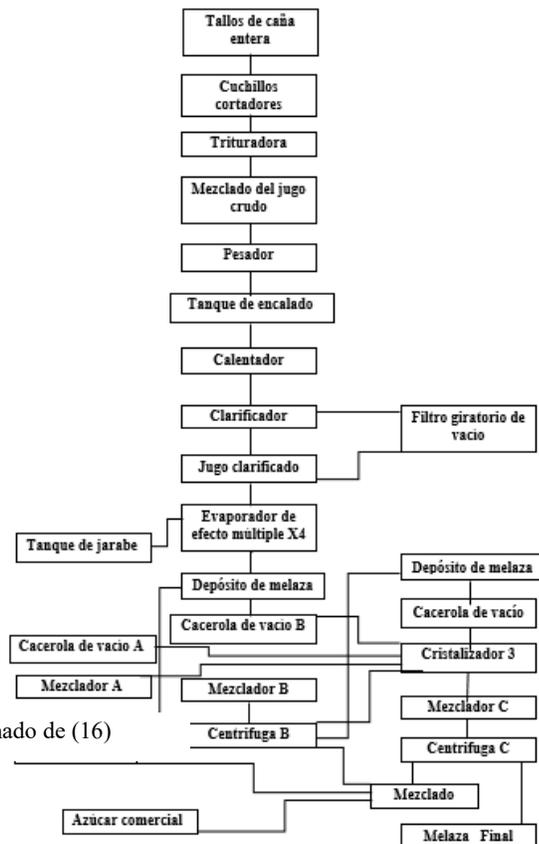


Figura 25 Disposición del molino de caña. Tomado de (16)

El tiempo de entre el corte y la entrega de la caña al ingenio azucarero es crítico. La formación de dextrano aumenta después del corte, por lo que es necesario que la caña recién cortada sea molida dentro las primeras 24 horas después de la cosecha.

En el proceso de molienda, extracción, clarificación y cristalización el dextrano causa pérdida en la recuperación de azúcares pobres, incrementa la viscosidad, dificulta la filtración e interfiere con la calidad de la melaza.

El proceso de la obtención de la melaza que se ocupará en la producción del ron, se resume en la figura 2.

Melaza, obtención y procesamiento

La melaza es la materia prima esencial en la producción de ron. Para obtenerse, debe someterse a las plantas de las que se obtiene, a un proceso previo que incluye la *digestión*, la *maceración* y la *percolación*.

Digestión

Se utiliza para extraer las sustancias aromáticas y organolépticas de los vegetales utilizando calor. Las materias primas se colocan en un alambique con alcohol diluido una temperatura de 50 a 60 °C esta temperatura extrae una mayor cantidad de componentes en un menor tiempo.

Maceración

Consiste en introducir las materias primas vegetales en alcohol. De este modo de consigue extraer los compuestos aromáticos solubles presentes las materias primas vegetales. Posteriormente el producto obtenido se puede o no someter a destilación. Este proceso tiene una duración variable que va desde horas hasta más de un mes (24).

Percolación

De hecho, es una maceración más intensa. La acción del alcohol es lenta disuelve las sustancias solubles incluyendo a las más pesadas, una vez separadas estas precipitan al fondo del tanque (24).

Obtención de la melaza

De 100 toneladas de caña de azúcar molida se pueden obtener de 4 a 5 toneladas de melaza. Para la selección de la melaza para la producción de ron, es necesario tener en cuenta la calidad y el precio. Pero el parámetro más importante es el total de azúcares. Si la melaza seleccionada contiene de 55 a 56 % azúcares totales, se obtendrá un rendimiento de 52 a 53 % p/p, otros factores que afectan la calidad de la melaza son los siguientes:

- ✓ Concentración de cenizas sulfatadas menor al 8 % p / p
- ✓ Concentración de Nitrógeno entre 1 a 1.5%
- ✓ Concentración de Goma menor del 2%
- ✓ Concentración de azúcares in fermentables inferiores al 3,0% p / p

La concentración de los componentes de la melaza, que se detallan en la tabla siguiente, depende de: la variedad de la caña, las condiciones climáticas, tipo de suelo, el método de cultivo, tipo de cosecha, método de molienda y la técnica de recuperación de azúcar (16).

Calidad de la Melaza

El proveedor de melaza deberá de presentar el último análisis realizado a la melaza proporcionada al destilador. La calidad de la melaza debe cumplir con las especificaciones acordadas. Los parámetros analíticos son los siguientes:

- Grados Brix
- Gravedad específica
- Gomas
- Azúcares totales
- Sacarosa
- Azúcares reductores
- Nitrógeno
- pH
- Color
- Olor
- Cenizas sulfatadas
- Hidroximetilfurfural

Los azúcares totales se miden por el método Lane-Eynon, que es la prueba estándar para los azúcares en la melaza. Los fermentables, como sacarosa, fructosa y glucosa se pueden medir por HPLC. La gravedad específica o Brix se miden mediante un densímetro, en una dilución 1:1 de melaza con agua. La correlación entre gravedad específica y el contenido de azúcar en la melaza es baja, debido a la alta concentración de sólidos disueltos no fermentables (16).

Los azúcares fermentables como sacarosa, fructosa y glucosa se pueden medir por HPLC. La gravedad específica o Brix se miden mediante un densímetro, en una dilución 1:1 de melaza con agua. La correlación entre gravedad específica y el contenido de azúcar en la melaza es baja, debido a la alta concentración de sólidos disueltos no fermentables (16).

Tabla 16 Análisis típico de las melazas tomado de (16).

	Buena	Regular	Mala	
Densidad Brix	87.6	85.4	88.2	
Total de azúcar invertida (FSAI)	57.97	52.91	49.93	
Sacarosa	36.44	31.30	34.61	
Azúcares reductores	19.61	19.96	13.50	
Ceniza	7.31	9.35	11.57	
Nitrógeno total	1.10	0.60	0.45	
Fosfato total	0.19	0.09	0.21	
Gomas	5.5	5.7	6.3	
Proporción de ceniza TSAI	7.93	5.65	4.61	
Azúcares reductores : Sacarosa	0.54	0.64	0.39	
Relación fosfato: nitrógeno total	0.17	0.15	0.47	
Proporción de goma TSAI	0.03	0.05	0.08	
Aroma por destilación al vapor	Bueno	Regular	Malo	

Manejo de Melazas

La melaza caliente se suministra directamente del molino a la destilería por la tubería del molino la melaza se puede almacenar en grandes cantidades para su posterior uso.

La melaza entregada en la destilería debe ser pesada en un lugar adecuado sobre una base volumétrica. Las melazas entregadas por volumen pueden sufrir variaciones de volumen y densidad por la variación de la temperatura entre 45 a 65 °C.

La temperatura elevada superior a los 60 °C degrada térmicamente a la melaza por la reacción de *Maillard*, que produce pérdida de azúcar. Se ha reportado que, la melaza almacenada a temperaturas altas, puede quemarse de manera espontánea produciendo reacciones muy exotérmicas. La temperatura ideal para el almacenamiento de la melaza es de 45°C (16).

Jugo de caña

El jugo de caña se utiliza como fuente de azúcar para producir rones con sabor más ligero, este ron tiene un contenido de sacarosa del 12 a 16% p/p. El jugo de caña que puede ser utilizado directamente en el fermentador, no presenta un alto nivel de sólidos en suspensión, que si están presentes en la melaza, y ensucian la superficie interna del destilador. El jugo de caña debe ser utilizado inmediatamente por que contiene una gran cantidad de levaduras y mohos (16, 25).

Diferentes tipos de Melazas

Si bien, para la producción de alcohol, se eligen:

- ✓ Melaza evaporada de alto grado de jugo de caña
- ✓ Refinados de melaza de caña
- ✓ Melaza de remolacha
- ✓ Refinadores melaza de remolacha
- ✓ Melaza de cítricos

Para la producción de ron solo se pueden utilizar melaza evaporada de alto grado de jugo de caña y refinados de melaza de caña (16).

Fermentación

Levaduras

En la antigüedad la fermentación del ron se lograba naturalmente con las levaduras y bacterias presentes en la melaza, y de algunas otras presentes en el agua y la atmosfera. En la actualidad se utilizan cultivos puros de levaduras para la fermentación. Solo en la elaboración de algunos rones específicos se utiliza la técnica de fermentación antigua (16).

En la fermentación para la fabricación de ron se utilizan las levaduras del género *Saccharomyces* (*S. cerevisiae*, *S. bayanus* o *S. pombe*), junto con cepas bacterianas competitivas. El dunder, es un inóculo natural desarrollado para la fermentación que contiene levaduras y bacterias anaerobias, que se emplea para mejorar incrementar la concentración de microorganismos. El dunder es el residuo lavado de las destilaciones previas y esto permite fermentar naturalmente (16, 25).

Propagación de la Levadura

La cepa seleccionada de levaduras para cultivar proviene de cultivos liofilizados o levaduras secas activas que son preparadas en el laboratorio en un proceso en serie que tiene una duración de 4 días. La propagación de la levadura comienza en el laboratorio usando un cultivo seco de *S. cerevisiae*. Se pesa una cantidad de la levadura seca y se suspende en una mezcla de agua y azúcar en un matraz durante 15 minutos antes de inocular los tanques. El medio de cultivo se esteriliza y la mezcla a fermentar debe tener entre 16⁰ a 18⁰ Brix (unidad de medida del peso seco de azúcar, disuelto en agua). El volumen de recepción dependerá de la cantidad del inóculo utilizado, que habrá de tener una gravedad específica ente 1.064 a 1.080, que proporciona las condiciones adecuadas para que la levadura lleve a cabo la fermentación (16, 25).

Los sólidos en suspensión se pueden eliminar parcialmente de la melaza antes de la dilución total de la fermentación: La melaza se diluye primero a 45⁰ Brix, posteriormente la temperatura se eleva a 70°C para pasteurizar la melaza.

El control de la temperatura es necesario, la temperatura de fermentación está en función de la concentración de azúcar y la temperatura ambiental está en un intervalo de 25 a 32°C. La de la fermentación se mantiene entre 30 a 33°C, El enfriamiento se realiza

mediante un intercambiador de calor externo, bobinas de refrigeración, o que los fermentadores estén cubiertas de agua. Para conservar la temperatura constante, el agua circula a través de una torre de enfriamiento, para ser reutilizada. En 24 horas de fermentación de la melaza se producen del 5 a 7% de volumen de alcohol, dependiendo de las condiciones iniciales. La fermentación de alta gravedad representa un ahorro de energía. Éstas pueden producir concentraciones de alcohol de 10 a 13 % v/v. En el lavado previo a la fermentación, si no se realiza la clarificación para separar sólidos, y la densidad no es por lo menos de 1.028 a 1.032 (7^o a 8^o Brix) no favorecerá el proceso. En el tratamiento previo de la maleza diluida se adiciona sulfato de amonio en una concentración de 0.03 a 0.06 % p/v, como fuente de nitrógeno, y también se le añade una disolución de ácido sulfúrico 0.02 a 0.04 p/v, para reducir el pH. El ácido sulfúrico añadido estimula la sedimentación. La melaza diluida y acidificada se trasfiere a un taque de decantación cuyo diseño permite que el lodo precipite en la base cónica para su posterior decantación. El sobrenadante de la melaza clarificada se diluye para lograr la gravedad deseada y posteriormente se bombea la melaza para agregarle nutrientes e inocular la levadura (16).

La levadura forma sólidos en el fermentador, que deberían producir una mejor fermentación y simplificar el manejo de los residuos. Sin embargo, el impacto de las sales de calcio, especialmente el yeso, de las placas de tamiz, de las tapas y de las superficies de calentamiento, tanto en los alambiques de olla, como en los de columna, debe ser reducidos, para disminuir el tiempo de inactividad durante la limpieza. Los fermentadores se construyen de madera, acero inoxidable o fibra de vidrio. El acero inoxidable el material más utilizado para su fabricación, porque brinda mejores condiciones para garantizar la higiene del proceso (16).

Destilación

El equipo utilizado permite una destilación que puede ser sencilla o doble (figuras 6, 7 y 8). La olla doble tiene dos lavados y los alambiques conectados en tándem; El tubo de vapor de la olla se extiende hasta retorta, en la que se encuentra el rectificador. Desde el rectificador, el vapor se conduce al condensador del tubo. El tubo del contenedor de alcohol que alimenta los receptores, de vinos bajos o de alcohol. Los alambiques cocinan el bagazo de caña que proviene de la molienda de la caña por vapor directo o indirecto (16).

La destilación permite controlar el proceso, el contenido de los alambiques se reciclan un máximo de seis horas. La mezcla de ácidos, butírico, valérico, caproico, caprílico, ácido acético, etc. se esterifican añadiendo etanol. El cobre actúa como catalizador y el alcohol final obtenido tiene un contenido de ésteres de 2 g/100 L de alcohol. El producto obtenido es inconfundible y es muy solicitado por su sabor por las casas mezcladoras de tabaco y ron (16).

El destilador de dos columnas, patentado por French Savalle, se puede utilizar para producir amenos 6 productos diferentes, como rones de sabor medio, o de alcohol rectificado. Mediante la manipulación de la alimentación a la columna, el rectificador y el analizador, es posible purificar aldehídos y obtener productos de destilerías desaparecidas (16).

El proceso se resume en la siguiente figura.

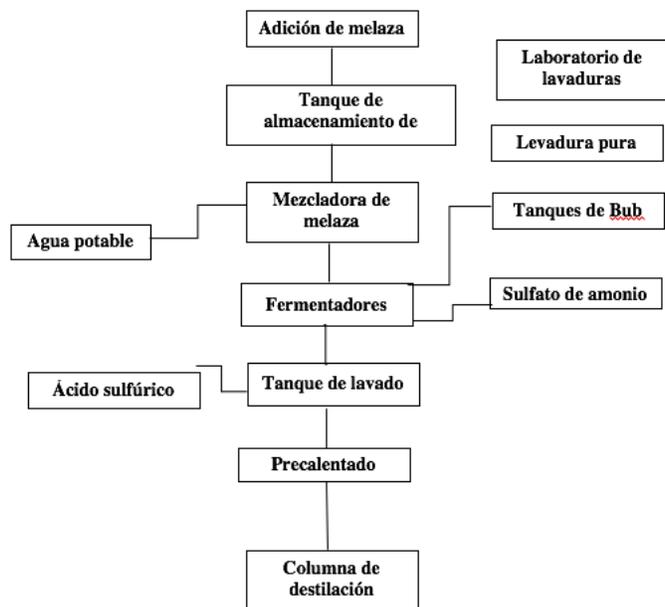


Figura 26. Procesamiento de la melaza para la producción de ron. Tomado de (16)
Calidad del destilado

La calidad del destilado final se controla por la velocidad de destilación, la velocidad de alimentación del destilado a los alambiques, el grado alcohólico, la presión del vapor, la temperatura y las tasas de reflujo en los alambiques; En cierta medida, el grado de ensuciamiento superficial interno afectará al rendimiento y calidad del espíritu; El cobre puede ser necesario para reducir el transporte de azufre al espíritu final. La presencia de gomas en

el destilado puede causar dificultades como la formación de espuma que inunda la placa y esto produce una pobre separación del vapor de la fase líquida. El control se efectúa vía el caso de prueba por hidrometría o el uso de densímetros en línea, junto con evaluaciones organolépticas regulares del alcohol final. Ahora es posible controlar destilaciones continuas utilizando controladores lógicos programables, conectados una PC para ajustar automáticamente los parámetros de control, eliminando así el elemento humano, para mejorar la calidad y la eficiencia del proceso. Además de la nariz humana, la cromatografía líquida de gases es una herramienta invaluable para examinar los niveles de congéneres usando columnas empaquetadas y capilares. La densidad de las disoluciones, son utilizables para la evaluación del porcentaje de alcohol por volumen (% v/v). En cambio la espectrometría de adsorción atómica se usa para medir concentraciones menores de cobre. La prueba de tiempo permanganato para los alcoholes neutrales.

Envejecimiento del Ron

Los destilados tienen entre 80-94 % v/v, que se diferencia con los whiskies de grano o de malta. Al madurar ron en barricas de Bourbon reacondicionadas, se obtiene un ron con una concentración de 83-85% v/v.

El envejecimiento del ron en el trópico, donde la temperatura es de 27 a 32 °C y la humedad oscila entre 75 a 90%, es más rápida que su maduración que en climas templados. La baja humedad favorece la pérdida de agua, en tanto que la humedad alta favorece la pérdida de alcohol. La alta temperatura disminuye los efectos la maduración por aumento de la temperatura. La pérdida durante la maduración es del 2% en climas templados.

Es frecuente que se mezclen destilados con diferentes características antes de emprender el añejamiento. Los rones ligeros de alambique de columna se pueden mezclar con aquellos destilados de olla, antes de la maduración en barricas de roble. Pueden realizarse estanterías múltiples en las que se permite que el ron recién mezclado madure en barril durante unos meses antes de ser transportado a otro barril durante otros meses más, repitiéndose este proceso hasta que se consiga la calidad deseada. Los toneles para producir rones ligeros deben producir el extracto mínimo; Algunos rones, exigen largos períodos de maduración de más de diez años, se les añade pasas o vino de ciruela. El uso de frutas o vino

de ciruela mejora el efecto de maduración, pero obviamente afecta el oscurecimiento. La mayoría de los rones envejecidos poseen un oscurecimiento superior al 1%. Los almacenes pueden tener, hasta diez bastidores, con buena ventilación. Bajo la antigua regla colonial, se estableció que los rones deben madurar por un período mínimo de tres años como el whisky.

Los ésteres del ron determinan su sabor y buqué

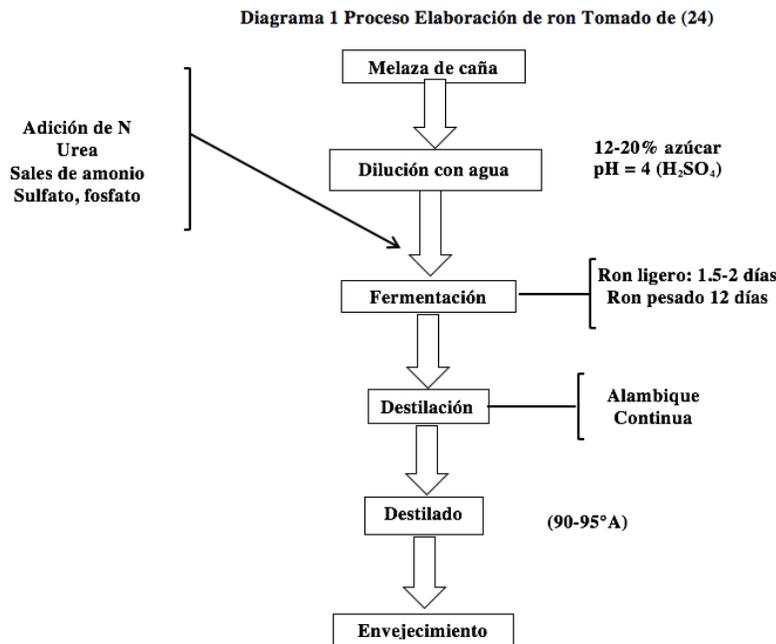
El sabor peculiar de cada ron, depende de su contenido de ésteres. Las levaduras y bacterias anaerobias producen una variedad de ácidos y ésteres de ácidos grasos volátiles, predominantemente butírico y acético. Los ácidos producidos anaeróbicamente pueden ser fijados con cal, para promover el crecimiento de bacterias aerobias acetilantes esenciales para la producción de ácido acético. Se ha establecido que los alcoholes madurados del coñac, el whisky y el ron, poseen congéneres comunes, a pesar de ser producidos a partir de diferentes materias primas.

Los rones altos en éster poseen una gran cantidad de estos compuestos, obtenidos través de la esterificación de ácidos grasos volátiles con etanol. El aroma de este tipo de ron casi podría ser confundido con aceite de fusel (formado por alcoholes con más de dos átomos de carbono), pero posee una dulzura frutal y suavidad no asociada con alcoholes superiores. Los ésteres etílicos de ácidos acético, propiónico, butírico, valérico y homólogos contribuyen al aroma distinto (16, 25).

En términos generales, se puede resumir el proceso en los siguientes elementos:

- El ron se produce a partir de un jugo fermentado de la caña de azúcar, de su jarabe, melazas o de otros subproductos destilados a un contenido mínimo de alcohol de 190° GL (95%) y embotellado con no menos de 80° GL (40%). El material más común para la fabricación de ron son las melazas residuales. Los Rones se caracterizan por su cuerpo ligero, entre los que destacan los de Puerto Rico, y los de cuerpo ligero entero que vienen de Jamaica y de otras islas de las indias occidentales (24).
- Algunos destiladores producen ron a partir de jugo de caña, pero lo mas tipo es el uso de las melazas de caña que son los residuos incristalizables que quedan después del proceso de fabricación del azúcar. A diferencia de los aguardientes provenientes de las sustancias amiláceas, el azúcar está presente en la materia prima desde un inicio.
- Las melazas se diluyen con agua para obtener una mezcla con 12-20% de azúcar ajustando el pH 4, con ácido sulfúrico, para controlar la posible contaminación bacteriana durante la fermentación. Al carecer las melazas de sustancias nitrogenadas, se añaden en forma de urea y sales de fosfato amonio, antes de la fermentación. La temperatura ideal de fermentación es la 21°C y el límite máximo aconsejable es entre 32 y 33°C.
- Para obtener un ron ligero la fermentación dura de un día y medio a dos y para producción de ron oscuro (más pesado y con sabor más marcado) unos doce días, tras una fermentación lenta. El producto de la fermentación, se destila en alambique, con reciclado sucesivo de las cabezas y colas.
- Otros factores que intervienen en el sabor y aroma del ron son la variedad de caña de azúcar, las condiciones que prevalecieron durante el cultivo, el lugar geográfico donde se cultivó, la cepa de levadura utilizada y la técnica de destilación.

- La mayoría de las destilerías de ron utilizan la destilación continua, normalmente, con tres columnas (analyzer, columna de extracción y rectificador).
 - El ron puede ser envejecido en madera de roble o de cerezo. El ron ligero madura en menos tiempo que el pesado. La coloración final es variable ya que puede ser incoloro o presentar tonalidades que varían del ámbar a la caoba. También se le puede adicionar caramelo como colorante.
 - La graduación alcohólica del ron es de 40 a 60^o GL. excepto el ron dulce o licor de ron escharchado que tienen una graduación mínima de 30^o GL. (24)
- El siguiente diagrama resume el proceso.



AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, de la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme los conocimientos y las bases para cursar la carrera Química Farmacéutico Biológica.

Al QFB Erik Abel De Los Santos Mata, por haber guía y consejos en el desarrollo experimental, que permitieron la realización y conclusión del este proyecto.

Al Dr. José Ángel Rojas Zamorano, por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Al Mtro. Víctor Alberto Corbera Pillado por su apoyo al proporcionar los reactivos para el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Roberto Mendoza Serna, con quien no existen las palabras que describan lo agradecido que estoy por promocionarme uso de las instalaciones y recursos del laboratorio de la línea de investigación LI-FESZ-300108 para la realización de este proyecto.

LISTA DE REFERENCIAS CONSULTADAS

1. Encuesta Nacional de Adicciones 2011. **Reporte de Alcohol. Centro Nacional para la Prevención y el Control de las Adicciones. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz.** 1a Edición, 2012, Secretaría de Salud. http://www.conadic.salud.gob.mx/pdfs/ENA_2011_ALCOHOL.pdf. Consultado en noviembre de 2016.
2. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. **Evidencia para la política pública en salud. Consumo de alcohol en México, 2000-2012: estrategias mundiales para reducir su uso nocivo. Instituto Nacional en Salud Pública.** <http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/ConsumoAlcohol.pdf>. Consultado en noviembre de 2016.
3. Víctor Cardoso. **Ilegal, el 43 % del mercado de bebidas alcohólicas en México.** La Jornada, lunes 29 de junio de 2015.
4. Medina-Mora ME, Villalatoro Velázquez J. **Evaluación de políticas públicas para el control del abuso de alcohol en México. Alcohol no regulado en México.** Capítulo 7. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Dirección de Investigaciones Epidemiológicas y Psicosociales. Secretaría de Salud, México, 2009 (ISBN 978-607-460-112-1).
5. Babor T, Caetano R, Casswell S, Edwards G, Giesbrecht N, Graham K, Grube J, Gruenewald P, et al. **Alcohol No Ordinary Commodity: Research and Public Policy.** Oxford: Oxford University Press. 2003.
6. Marín Ruiz JA. **Norma de Atención de los Pacientes intoxicados por Metanol.** Centro de Información, Vigilancia Asesoramiento Toxicológico. Dirección General de Vigilancia a la Salud. Ministerio de Salud. Gobierno de Nicaragua. Norma de Atención de los Pacientes intoxicados por Metanol: www.paho.org/disasters/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1838&Itemid=. Consultado en noviembre de 2016.
7. Villanueva Andón B, Ferrer Dufol A, Civeira Murillo E, Gutierrez Cia I, Laguna Castrillo M, Cerrada Lamuela E. **Intoxicación por metanol.** Med Intensiva: 26 (5); 264-266. 2002.
8. Clay KL, Murphy RC, Watkins WD. **Experimental methanol toxicity in the primate: analysis of metabolic acidosis.** Toxicology and Applied Pharmacology, 34 (1975), pp. 49-61
9. McMartin KE, Makar AB, Martin-Amat G, Palese M, Tephly TR. **Methanol poisoning. I. The role of formic acid in the development of metabolic acidosis in the monkey and the reversal by 4-Methylpyrazole.** Biochem Med, 13 (1975), pp. 319-33.
10. Skrzydlewska E. **Toxicological and metabolic consequences of methanol poisoning.** Toxicol Mech Methods. 2003; 13(4):277-93.
11. Barceloux DG, Bond GR, Krenzelok EP, Cooper H, Vale JA. **American Academy of Clinical Toxicology practice guidelines on the treatment of methanol poisoning.** J Toxicol Clin Toxicol. 2002; 40(4): 415-46.
12. Gomezcoello Delgado AR. **Incidencia de pacientes intoxicados por metanol en el Hospital José Carrasco Arteaga en el periodo octubre 2012-mayo 2013.** Trabajo de investigación previo a la obtención del título de médico. Universidad Católica Cuenca. 2013.

13. Toribio L. **El 43%, en riesgo por vino ilegal.** Excelsior, diciembre 13 de 2015. <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2015/12/13/1063089>. Consultado en noviembre de 2016.
14. **Diagnóstico y Tratamiento de la intoxicación aguda por alcohol etílico En el Adulto en el Segundo y Tercer Nivel de Atención. Evidencias y Recomendaciones.** Catálogo Maestro de Guías de Práctica Clínica: ISSSTE-256-13. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. www.cenetec.salud.gob.mx/interior/gpc.html. Consultado en noviembre 2016.
15. García AA, Agiar LG, Granada J. **Muerte cerebral secundaria a intoxicación por metanol.** Acta Med Colomb. 37 (4) 2012.
16. Geoffrey A, Lea H, Piggott JR. **Fermented Beverage Production.** Ed. Springer Verlag, 2003 ISBN 0-306-47706-8.
17. Varona M, Suárez G Velásquez M, Morales P, Sánchez C. **Estudio de un brote de intoxicación por alcohol metílico en Santa Fe de Bogotá, 1994.** Biomédica. 17:130-136. 1997.
18. **Bebidas Alcohólicas. Determinación de Aldehídos, Ésteres, Metanol y Alcoholes Superiores. Métodos de Ensayo (Prueba).** Norma Mexicana NMX-V-005-NORMEX-2013.
19. **Bebidas Alcohólicas. Determinación de Furfural. Métodos de Ensayo (Prueba).** Norma Mexicana NMX-V-004-NORMEX-2013.
20. **Bebidas Alcohólicas. Determinación de Extracto Seco y Cenizas. Métodos de Ensayo (Prueba).** Norma Mexicana NMX-V-017-NORMEX-2014.
21. **Bebidas Alcohólicas. Determinación del Contenido. Alcohólico (Por Ciento de Alcohol en Volumen a 20 °C (%Alc. Vol.)). Métodos de Ensayo (Prueba).** Norma Mexicana NMX-V-013-NORMEX-2013.
22. **Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial.** Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1/SCFI-2014. Diario Oficial de la Federación. 23/03/2015: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5386313&fecha=23/03/2015. Consultado en noviembre de 2016.
23. Raymond E, Kirk D, Othmer F. **Enciclopedia de Tecnología Química** Ed. Hispanoamérica. 1998 ISBN 968-18-5576-0
24. Alexandre Benavente JL. **Vinos y Bebidas alcohólicas.** Ed. Servicio de publicaciones, Valencia, 1999.
25. Cantarelli C, Lanzarini G. **Biotechnology Applications in Beverage Production.** Elsevier Applied Science, New York, 1989.
26. Clutton, D.W. **Rum. The Flavour Industry.** United Trade Press, Limited. Cornell University. 1974.
27. Lehtonen, M., Suomalainen, H. **Rum, Economic Microbiology. Vol. 1, Alcoholic Beverages,** ed. Rose, A.H., Academic Press, London, UK. 1977
28. Meade-Chen, JCP. **Cabe Sugar Handbook, Wiley Interscience,** New York, USA. 1985
29. Lyons TP, Kelsall DR, Murtagh JE. **Molasses as a Feedstock for Alcohol Production. The Alcohol Textbook.** Nottingham University Press, 1995.
30. Lyons TP, Kelsall DR, Murtagh JE. Eds. **Rum Production. The Alcohol Textbook.** Nottingham University Press, 1995.

31. Nicol, D.A. (1995). **Distillation, Brewing Science and Technology**, Series II, Vol. 4, Engineering (inc Distillation), Institute of Brewing, London.
32. Nicol, D.A. (1989). **Batch Distillation, The Science and Technology of Whiskies**, eds., Piggott J.R., Sharp R., Duncan, R.E.B., Longman Scientific and Technical, Harlow, UK.
33. Panek J, Boucher AR. **Continuous Distillation**. The Science and Technology of Whiskies. Editors: Piggott JR, Sharp R, Duncan REB. Longman Scientific and Technical, Harlow UK, 1989.
34. Nykanen L, Suomalainen H. **Aroma of Wines, Beers and Distilled Alcoholic Beverages**, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland. 1983
35. Nykanen L, Nykanen I. **Rum Flavour, Flavour of Distilled Beverages**, ed., Piggott, J.R., Ellis Horwood Ltd., Chichester, UK. 1983.
36. De Rijke R, Heide R. **Flavour Compounds in Rum, Cognac, and Whisky**, Piggott, J.R., ed. **Flavour of Distilled Beverages**. Ellis Horwood Ltd., Chichester, UK, 1983
37. Williams E. **From Columbus to Castro, The History of the Caribbean, 1492-1969**, Andre Deutsch, London, 1970.
38. Valiente Barderas A. **Historia de la destilación. Sección: “Para quitarle el polvo”**. Revista Educación Química en línea. Facultad de Química, UNAM. 7 (2): 76-82.
39. Bowman WC, Rand MJ. **Farmacología bases bioquímicas y patológicas. Aplicaciones clínicas**. Ed. Interamericana. México, 1984.
40. Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Salud. Dirección General de Insumos para la Salud. México. 2000.