

**Diseño de una estrategia para la invención de un indicador químico de detección  
del metanol en bebidas alcohólicas mixtificadas**

**Autores:**

**Valentina Devia Maldonado**

**Daniela Alejandra Ostos Novoa**

**Karen Daniela Rocha Rodríguez**

**Universidad EAN**

**Facultad de Ingeniería**

**Ingeniería Química**

**Seminario de Investigación**

**Bogotá D.C.**

**4 de junio de 2021**

**Diseño de una estrategia para la invención de un indicador químico de detección  
del metanol en bebidas alcohólicas mixtificadas**

**Autores:**

**Valentina Devia Maldonado**

**Daniela Alejandra Ostos Novoa**

**Karen Daniela Rocha Rodríguez**

**Tutora:**

**Laura Mancera Valetts**

**Universidad EAN**

**Facultad de Ingeniería**

**Ingeniería Química**

**Seminario de Investigación**

**Bogotá D.C.**

**4 de junio de 2021**

## **Resumen**

La mixtificación de bebidas alcohólicas ha sido un problema de salud pública en el mundo, que suscitan a intoxicaciones por consumo de las mismas, ocasionando secuelas en la salud humana e incluso llegando a ser mortal. De tal manera, este trabajo de investigación propone el desarrollo de una metodología para la determinación de metanol por medio de un indicador colorimétrico en bebidas alcohólicas populares y de consumo recreacional. La metodología diseñada se centra en pruebas de identificación y diferenciación entre etanol y metanol de acuerdo con una mezcla de yodo e hidróxido de sodio que en presencia de etanol presentará una colorimetría amarilla. En definitiva, por medio del indicador químico colorimétrico se permite identificar si una bebida es mixtificada y/o adulterada.

*Palabras clave:* Bebidas alcohólicas mixtificadas, método de yodo e hidróxido de sodio, colorimetría, metanol, etanol, indicador colorimétrico de detección rápida.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN</b>	<b>7</b>
1.1. Problema de Investigación	7
1.2. Objetivos	9
1.2.1. Objetivo general	9
1.2.3. Objetivos específicos	9
1.3. Justificación	9
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>12</b>
2.1. Producción de bebidas alcohólicas	12
2.2. Consumo de alcohol del mundo y Colombia	15
2.3. Propiedades físicas y químicas del etanol	16
2.4. Acción del etanol en los seres humanos	18
2.5. Propiedades físicas y químicas del metanol	20
2.6. Acción del metanol en los seres humanos	23
2.7. Antecedentes: estudios previos	24
2.8. Marco legal conceptual	26
2.9. Fundamentación legal	27
<b>CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>31</b>
3.1. Enfoque	31
3.2. Alcance o tipo de estudio	31
3.3. Planteamiento de hipótesis	32
3.4. Operacionalización de las variables	33
3.5. Diseño de la investigación	35
3.5.1. Población y muestra	35
3.5.4. Condiciones de recolección	35
3.5.5. Condiciones del recolector	36
3.5.6. Criterios de rechazo	36
3.6. Técnicas de análisis	36
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS</b>	<b>38</b>
4.1. Materiales y métodos	38
4.2. Resultados	40
4.3. Discusión	41
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>45</b>

## **TABLA DE TABLAS**

Tabla 1. Efectos del consumo de bebidas alcohólicas en el cuerpo humano .....	14
Tabla 2. Concentración del alcohol en las bebidas de mayor consumo en Colombia.....	16
Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas del alcohol etílico.....	17
Tabla 4. Intoxicación generada por el etanol en el cuerpo humano siendo agua y/o crónica .....	19
Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas del alcohol metílico .....	22
Tabla 6. Determinación de variables independientes y dependientes .....	33
Tabla 7. Reactivos, equipos y materiales .....	38
Tabla 8. Toma de muestras de presencia de metanol y etanol a diferentes volúmenes.....	40

## **TABLA DE FIGURAS**

Figura 1. Procedimiento para determinar la presencia de etanol y metanol .....	39
Figura 2. Coloración negativa, presencia de metanol en la muestra .....	41
Figura 3. Coloración positiva, presencia de etanol en la muestra .....	41

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**

En el presente capítulo se presentará el planteamiento del problema, objetivos y justificación del proceso de investigación para el diseño de una estrategia en la invención de un indicador químico de detección del metanol en bebidas alcohólicas mixtificadas.

### **1.1. Problema de Investigación**

La mixtificación de bebidas alcohólicas ha sido un problema de salud pública a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2014 se presentó un informe de brotes de intoxicación por el consumo de bebidas adulteradas a base de metanol, en todo el mundo, desde Asia hasta Europa y África. Para el caso de Colombia se indicó que la producción de alcohol ilegal alcanzó los 366.361 hectolitros para el 2018, demostrando que el contrabando y el alcohol adulterado representen un 80% del mercado ilegal en Latinoamérica. Debido a la producción de estas bebidas ilegales en los últimos años, se ha generado un incremento exponencial en las intoxicaciones por consumo de estas, ocasionando alteraciones neurológicas muy severas, convulsiones, ceguera irreversible e incluso la muerte (Escobar, 2020). La elaboración de bebidas alcohólicas requiere de un componente básico, el cual corresponde al etanol, un compuesto orgánico producido ya sea natural o industrialmente, su fórmula química es  $C_2H_5OH$ . En el mercado ilegal de este tipo de bebidas, se sustituye esta base por el metanol de fórmula química  $CH_3OH$ , el cual tiene aspecto y propiedades físicas similares al etanol, para reducir costos, pero a pesar de que ambas sustancias tienen similitudes en sus propiedades, el metanol es una sustancia tóxica.

El metanol está presente en el organismo humano, comúnmente un adulto produce cada día entre 0.3 y 0.6 gramos. Adicionalmente, se puede generar por la digestión de frutas, jugos o dulces que contienen pectinas, debido al edulcorante *Aspartame* o el conservante *dimetil dicarbonato* (Durán et al, 2013). En pequeñas cantidades esta sustancia se elimina sin inconvenientes, pero la ingestión de cantidades mayores causa daños al organismo e incluso la muerte, si no es tratada a tiempo y adecuadamente, el antídoto adecuado se selecciona en función de la disponibilidad, el coste, la accesibilidad de la hemodiálisis y la experiencia del médico (Najari et al., 2020). En particular, la intoxicación se produce por ingestión, por contacto con la piel o por respiración de vapores, pero se ha visto mayormente involucrada por ingestión del compuesto. La toxicidad se atribuye a sus metabolitos, por lo tanto, puede retrasarse hasta varias horas después de la ingestión. Las primeras manifestaciones clínicas dentro de las primeras horas de la ingestión incluyen ataxia, disartria, nistagmo y disminución del nivel de conciencia y a medida que avanza la formación de metabolitos, se desarrolla un empeoramiento de la acidosis metabólica y un aumento de la toxicidad clínica ocasionando secuelas (Zyoud et al., 2015).

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, se plantea la siguiente pregunta, *¿Cómo determinar la cantidad y existencia de altas concentraciones de metanol en bebidas alcohólicas mixtificadas en un menor tiempo, con mayor eficacia y accesibilidad en mercados regulares de bebidas alcohólicas para consumo humano?*



## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Proponer y establecer una estrategia para la determinación de metanol por medio de un indicador colorimétrico en bebidas alcohólicas populares y de consumo regular, buscando mitigar los riesgos de salud pública generados por el mercado ilegal de bebidas mixtificadas.

### **1.2.3. Objetivos específicos**

- Reconocer las propiedades físicas y químicas del etanol y metanol, para determinar sus diferencias y la posible producción del indicador por medio de éstas.
- Examinar el mercado ilegal de bebidas mixtificadas basándose en el decreto 1686 de 2012 de Colombia para así poder determinar condiciones y características de una bebida mixtificada según el país.
- Analizar la cantidad de dosis letal de metanol que se encuentra en las bebidas alcohólicas mixtificadas, las cuales pueden causar secuelas a los consumidores de estas bebidas.
- Diseñar y comparar una estrategia para la creación de un indicador colorimétrico de detección temprana de metanol en bebidas alcohólicas mixtificadas.

## **1.3. Justificación**

Las bebidas alcohólicas son elaboradas principalmente de cereales (cebada, maíz, centeno) que recurre a un proceso de fermentación, generando la esencia de cada producto alcohólico; el etanol. Sin embargo, esta sustancia puede adulterarse de forma natural o artificial, siendo natural cuando el etanol se expone a elevadas temperaturas o a la luz solar que permitirán que su composición se altere y cambie (Cuéllar, 2014). Por otro lado, y el tema principal de esta investigación es la forma artificial, donde se producen bebidas

alcohólicas de baja calidad con materias primas tóxicas y mortales para el ser humano, entre ellas, el metanol. La intoxicación por metanol constituye una entidad clínica de pronóstico vital y como se mencionó anteriormente la mayor proporción de intoxicación se debe a la ingesta de bebidas adulteradas y/o mixtificadas.

Es importante reconocer que, en Colombia desde el año 2003 las intoxicaciones agudas por sustancias químicas se definieron como evento de interés en salud pública y a partir de ese momento se inició su notificación al SINVIGILA (Instituto Nacional de Salud), incluyendo intoxicaciones originadas por metanol (Instituto Nacional de Salud, 2010). De tal manera, podemos reconocer que es un problema sin precedentes que viene en aumento desde décadas, promulgándose como un problema de salud pública que atenta contra las vidas que puedan llegar a consumirlo.

Actualmente, en Colombia el mercado ilegal de bebidas alcohólicas se ha posicionado en un 22% del mercado total, con una participación del 53% de bebidas alcohólicas mixtificadas, siendo anteriormente de un 15%, es decir, que debido a la pandemia generada por el coronavirus (COVID-19) se presentó un aumento de mercados ilegales sin precedentes, representando de igual manera un incremento de este mercado a nivel mundial, producido por mafias transnacionales en países como: República Dominicana, México, Panamá, Puerto Rico, Argentina y Ecuador (GestarSalud, 2020).

Por medio del presente proyecto, se busca desarrollar una metodología para la determinación de metanol en bebidas alcohólicas mixtificadas, buscando mitigar los riesgos en salud pública, pues representan un riesgo para la población colombiana y el mundo. Beneficiando a consumidores de bebidas alcohólicas evitando posibles problemas de salud irreversibles, involucrando también a gobiernos e industrias productoras de bebidas alcohólicas, pues se estima que en Colombia se deja de recibir US\$450 millones anuales a

causa del alcohol ilegal, mientras la industria deja de recibir US\$1.400 millones por este mismo fenómeno (Semana, 2016).

Asimismo, por medio de esta investigación se pretende identificar las bebidas alcohólicas mixtificadas, distribuidas de manera impredecible en el mercado ilegal, pues con la ejecución y elaboración de una metodología rápida de un indicador que presente colorimetría en presencia de metanol, se suple la necesidad de usar métodos de alta complejidad para su detección, tales como: cromatografía de gases, métodos espectrofotométricos, pruebas de esterificación, entre otros. De tal manera, con la constitución de un indicador rápido se da la utilidad de que cualquier persona pueda usarlo de manera rápida y efectiva para una verificación rápida en el alcohol que dispone consumir, evitando posibles consumos que puedan afectar su salud e incluso conducirlo a una muerte por intoxicación de metanol.

Por lo tanto, se tendrá que el proyecto se desenvuelve en una línea de investigación de gestión de salud, gestión y diseño de procesos, siendo un piloto experimental para la promulgación de nuevas medidas de identificación de bebidas mixtificadas.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Antes de poder realizar el estudio de investigación, es importante reconocer cual es la producción de bebidas alcohólicas, las características físicas y químicas del metanol y el etanol, presentando sus diferencias y de cómo estos compuestos se ven involucrados en la producción de bebidas alcohólicas adulteradas y legales. En el presente capítulo, se describirán las condiciones anteriormente descritas, incluyendo un análisis previo de investigaciones recientes en la determinación de etanol y metanol y sus diferentes técnicas de análisis.

### 2.1. Producción de bebidas alcohólicas

Las bebidas alcohólicas se componen de agua ( $H_2O$ ), el etanol ( $C_2H_5OH$ ), azúcares y en algunos casos colorante, tienen su origen en el proceso de fermentación en donde todo líquido que contenga azúcar pasa por un proceso de fermentación espontanea debido a la acción de las levaduras (Carretero, 2006).

En el caso de una fermentación alcohólica, se necesita de un medio que no tenga ninguna presencia de aire, u oxígeno ( $O_2$ ). De tal manera, es ahí donde la levadura se produce, ya que se caracterizan por vivir en ambientes bajos de oxígeno, destruyendo la glucosa y otros azúcares produciendo: dióxido de carbono ( $CO_2$ ), etanol ( $C_2H_5OH$ ) en forma de gas y alguna molécula de ATP. Las levaduras y bacterias causantes de este fenómeno son microorganismos muy habituales en las frutas y cereales, contribuyen en gran medida al sabor de los productos fermentados (Carretero, 2006).

Una vez teniendo el producto fermentado, se obtiene como resultado el etanol que a su vez es empleado para formar otro tipo de bebidas alcohólicas, tales como nos referencia el Ministerio de Salud y Protección Social (2012):

- ❖ **Whisky:** se produce a partir del aguardiente de malta y la destilación de cereales en condiciones de temperatura y humedad precisos, esta bebida contiene un mínimo de 25% de alcohol procedente del aguardiente de malta.
- ❖ **Tequila:** es originario de México, y al igual que el mezcal se produce en base al jugo extraído del agave y es por esto que para ser tequila debe contener al menos 51% de agave y en tequilas puros debe contener el 100% de agave; el agave se debe mezclar con jarabe de maíz o caña de azúcar.
- ❖ **Ron:** bebida alcohólica obtenida exclusivamente a partir de aguardientes o destilados para ron o sus mezclas, es el proceso de destilación lenta del aguardiente que le permite adquirir las características organolépticas típicas del ron, mediante procesos fisicoquímicos que en forma natural tienen lugar durante su permanencia en recipientes de madera de roble, de esta manera que al final posea el gusto, el aroma, la madurez y el sabor que le son característicos del ron.
- ❖ **Vodka:** es originaria de Rusia y Polonia, en la antigüedad se producía con los productos agrícolas más baratos y abundantes como el trigo, maíz, papas, caña de azúcar o la combinación de cualquiera de estos, está compuesta de agua y etanol, además contiene un rango de alcohol entre 35 y 70% en volumen.

Para añadir, podemos observar que la fermentación alcohólica es un proceso complejo donde intervienen un gran número de enzimas producidas por diversas clases de microorganismos, también se puede incluir que tiene una serie de descomposiciones de proteínas y otros compuestos presentes en el *mosto*, siendo el zumo de ciertos frutos, usado para fabricar licores alcohólicos (Carretero, 2006). Con lo que además de los compuestos anteriormente mencionados, se producen:

- Alcoholes superiores: propílico, exílico, etílico, octílico, entre otros.
- Ácidos: fórmico, acético, propiónico, láctico, succínico, cítrico, entre otros.
- Aldehídos
- Esteres y aminoácidos
- Amidas

Ahora bien, algunos efectos del consumo de cualquier bebida alcohólica descrita anteriormente ya sean en pequeñas cantidades o en exceso se pueden observar en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Efectos del consumo de bebidas alcohólicas en el cuerpo humano*

	<b>Pequeñas cantidades</b>	<b>Exceso</b>
<b>Sistema nervioso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhibición de dolor,</li> <li>• Entorpecimiento de los reflejos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depresión</li> <li>• Descoordinación</li> <li>• Disminución creativa e intelectual</li> <li>• Deterioro de la personalidad</li> </ul>
<b>Aparato cardiovascular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No modifica significativamente ni la presión arterial ni el gasto cardiaco</li> <li>• Vasodilatación cutánea (piel caliente y enrojecida)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la frecuencia de las pulsaciones, el gasto cardiaco y la presión arterial por 30'</li> <li>• Efecto deletéreo sobre el corazón, condiciona la miocardiopatía alcohólica</li> </ul>
<b>Musculatura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desciende el umbral de sensibilidad de la fatiga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posible alteración muscular.</li> <li>• Repetidas rupturas fibrilares, contracturas, etc.</li> </ul>

*Fuente.* Elaboración propia con datos tomados de (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012).

## **2.2. Consumo de alcohol del mundo y Colombia**

A nivel mundial el consumo desmedido y nocivo del alcohol es uno de los principales factores que contribuyen a una muerte temprana prevenible, representando un riesgo para la salud de la población en todo el mundo, teniendo también una repercusión en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). De acuerdo con el Informe sobre la situación mundial del alcohol y salud de la Organización Mundial de Salud & Organización Panamericana de Salud (2018) en el 2016 más de la mitad de la población mundial, es decir, el 57% de 3100 millones de personas, con una edad de 15 o más se había abstenido de consumir alcohol en los 12 meses anteriores.

Por otro lado, alrededor de 2300 millones de personas son consumidores actuales donde el consumo total de alcohol por habitante en la población mundial de más de 15 años aumentó de 5,5 litros de alcohol puro en el 2005 a 6,4 litros hasta el año 2010, manteniéndose en el nivel de 6,4 litros en el 2016, donde se observan los más altos niveles de consumo de alcohol por habitante en países de la Región de Europa de la OMS (Organización Mundial de Salud & Organización Panamericana de Salud, 2018).

Ahora bien, el alcohol etílico es la sustancia psicoactiva de uso más extendido y generalizado en el mundo, junto con la nicotina ha sido la única droga permitida en casi todas las culturas y regiones geográficas, con una excepción en los pueblos musulmanes para quienes la abstinencia es un deber religioso y un signo de distinción con las demás religiones (Téllez & Cole, 2006). En Colombia, también el alcohol es la sustancia psicoactiva de mayor uso en todas las edades y en todas las zonas geográficas, con el agravante de ser una sustancia aceptada y permitida social y legalmente.

El alcohol diluido es utilizado en la elaboración de las bebidas o licores comerciales y la concentración para cada bebida suele expresarse en porcentaje de contenido alcohólico, estas bebidas en Colombia pueden variar entre niveles de 3% a 50% como se muestra en la Tabla 2:

**Tabla 2**

*Concentración de alcohol en las bebidas de mayor consumo en Colombia*

<b>Tipo de bebida</b>	<b>Concentración de alcohol en volumen (% v/v)</b>
<b>Tequila Pisco</b>	50-60%
<b>Whisky Vodka Ginebra importado</b>	40-50%
<b>Whisky nacional</b>	30-45%
<b>Aguardiente nacional Ron nacional</b>	25-35%
<b>Jerez Oporto</b>	20-25%
<b>Vinos</b>	8-12%
<b>Cervezas importadas</b>	5-10%
<b>Cervezas nacionales</b>	3-6%

*Fuente.* Elaboración propia con datos tomado de (Téllez & Cote, 2006).

### **2.3. Propiedades físicas y químicas del etanol**

El alcohol etílico también conocido como etanol, alcohol vínico o alcohol de melazas, con su fórmula química  $C_2H_5OH$  es en condiciones de temperatura y presión normales un líquido incoloro e inflamable en un punto de ebullición de 78° C y volátil de olor agradable. Se puede obtener por medio de dos métodos principales: la fermentación de las azúcares y un método sintético a partir del etileno. La fermentación de las azúcares es el proceso más común para su obtención a partir de macerados de granos, jugos de frutas, miel, leche, papas



o melazas, entre otros. Con el uso de levaduras que contienen enzimas catalizadoras que transforman los azúcares complejos a sencillos, que después tendrán una continuación en alcohol y dióxido de carbono de enlaces 1 y 2 (Téllez & Cote, 2006).

Por consiguiente, cuando es parte de una solución en agua se lo suele usar como disolvente y en la elaboración de bebidas alcohólicas, pero también tiene usos industriales. Cabe resaltar, que, para el desarrollo de bebidas alcohólicas, el etanol debe ir acompañado de otras sustancias que le generan un olor, color y sabor, pero es un compuesto de suma importancia en la elaboración de estas (Cornejo, s.f). Es importante añadir, que las concentraciones del alcohol etílico en su mayoría se expresen en porcentaje de alcohol en volumen, siendo % v/v, aunque en algunas ocasiones también se puede expresar en relación con el peso (% w/w) e inusualmente en grados (°). Sin embargo, esta última debe abandonarse porque es causante de errores (Medecins Sans Frontieres, s.f).

Se reconoce que el alcohol etílico es una importante sustancia para la síntesis, pues presenta activación con algunos solventes y derivados de celulosa. En la Tabla 3, se muestran algunas propiedades fisicoquímicas del etanol.

**Tabla 3**

*Propiedades fisicoquímicas del alcohol etílico*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor de referencia y/o característica</b>
<b>Grado Alcoholímetro (%)</b>	96
<b>Aspecto</b>	Líquido transparente e incoloro
<b>Olor</b>	Característico alcohólico
<b>pH</b>	Neutro
<b>Gravedad específica (<math>g/cm^3</math>)</b>	0,79
<b>Punto de inflamación (°C)</b>	14

<b>Punto de ebullición (°C)</b>	78,3
<b>Punto de fusión (°C)</b>	-114
<b>Punto de ignición (°C)</b>	425
<b>Temperatura de auto ignición (°C)</b>	365
<b>Límites de explosión inferior (v/v)</b>	3,3%
<b>Límites de explosión superior (v/v)</b>	19%
<b>Presión de vapor (20 °C) en mbar</b>	59,2
<b>Densidad (20 °C) en g/L</b>	0,806
<b>Densidad del vapor (aire=1)</b>	1,6
<b>Solubilidad</b>	Miscible totalmente en agua, éter, cloroformo, acetona, alcohol metílico
<b>Denominación técnica</b>	Etanol

*Fuente.* Elaboración propia con datos tomados de (Cornejo, s.f y ALR Sura, s.f).

#### **2.4. Acción del etanol en los seres humanos**

El etanol utiliza varios mecanismos de acción lo que explica las diferentes manifestaciones en el organismo, esta sustancia genera una acción en el neurotransmisor GABA la cual hace efecto en la depresión primaria que genera una intoxicación aguda, además el etanol reacciona con otros neurotransmisores cerebrales como dopamina, norepinefrina y serotonina (Téllez, 2006)

Es importante conocer el grado de concentración en sangre o Blood Alcohol Concentration (BAC) permitido es de 0,04 (40 miligramos de alcohol por cada 100 mililitros de sangre) en Colombia. En la siguiente lista aparecen los niveles de alcohol en la sangre y los probables síntomas, de acuerdo por 100 mililitros de sangre descritos por MedlinePlus (s.f):

- 0,05 (5 miligramos de alcohol por cada 100 mililitros de sangre): Disminución de las inhibiciones
- 0,10 (10 miligramos de alcohol por cada 100 mililitros de sangre): Dificultades en la pronunciación
- 0,20 (20 miligramos de alcohol por cada 100 mililitros de sangre): Euforia y deterioro motriz
- 0,30 (30 miligramos de alcohol por cada 100 mililitros de sangre): Confusión
- 0,40 (40 miligramos de alcohol por cada 100 mililitros de sangre): Estupor
- 0,50 (50 miligramos de alcohol por cada 100 mililitros de sangre): Coma
- 0,60 (60 miligramos de alcohol por cada 100 mililitros de sangre) Paro respiratorio y muerte.

De acuerdo con la alteración del etanol se observará la Tabla 4, en donde se evidencian las complicaciones de la intoxicación aguda e intoxicación crónica.

**Tabla 4**

*Intoxicación generada por el etanol en el cuerpo humano siendo aguda y/o crónica*

<b>INTOXICACION AGUDA</b>	
<b>Enfermedad</b>	<b>Complicación</b>
<b>Hemorragia de vías digestivas altas</b>	Se produce en el consumidor crónico de alcohol, por estímulo irritativo continuo sobre la mucosa esofágica y gástrica.
<b>Pancreatitis aguda</b>	La aparición de esta complicación es frecuente en los pacientes con historia de abuso de alcohol
<b>Ahogamiento</b>	El alcohol puede producir vómitos. Dado que reduce tu reflejo de náuseas, aumenta el riesgo de ahogarte con el vómito si estás desmayado.

<b>Latidos del corazón irregulares</b>	La intoxicación alcohólica puede hacer que el corazón lata irregularmente o, incluso, que se detenga.
<b>INTOXICACION CRONICA</b>	
<b>Síndrome Wernicke-Korsakof</b>	Relacionado con déficit de vitamina B1, ocasionado por las alteraciones gastrointestinales propias del alcohólico crónico.
<b>Enfermedad de Marchiafava-Bignami</b>	Su etiología es desconocida, se manifiesta casi exclusivamente en pacientes alcohólicos desnutridos y en especial en aquellos individuos de consumos crónicos de vino tinto.
<b>Degeneración cerebelosa alcohólica</b>	Se caracteriza por alteración de la porción anterosuperior del vértex con pérdida neuronal, gliosis y reducción de las ramificaciones dendríticas de las células de Purkinje.
<b>Demencia alcohólica</b>	Esta patología se ha relacionada con el consumo abusivo y crónico de etanol. Inicialmente presenta deterioro de las funciones cognitivas.

*Fuente.* Elaboración propia con datos tomados de (Guerri, 2000).

## 2.5. Propiedades físicas y químicas del metanol

El metanol también llamado como: alcohol metílico, metil alcohol, carbinol, hidroximetano, Metilol, monohidroximetano, espíritu de la madera, alcohol de madera con su fórmula química  $CH_3OH$  es un líquido incoloro, volátil e inflamable con un ligero olor alcohólico en estado puro, es un alcohol altamente venenoso y nocivo para la salud, pues al ser ingerido o inhalado puede presentar complicaciones graves (IDEAM, s.f).

Por otro lado, es utilizado como anticongelante en radiadores automovilísticos, es decir, en gasolinas y diésel. También en la extracción de aceites de animales y vegetales y agua de combustibles de automóviles y aviones, pues se presta para la realización de la desnaturalización de etanol. Añadiendo, funciona como un agente suavizante de plásticos de

piroxilina y otros polímeros, incluyen como disolvente en la síntesis de fármacos, pinturas y plásticos (UNAM, 2016).

Durante mucho tiempo se obtuvo por destilación destructiva de madera a altas temperaturas, por tal forma como se mencionó anteriormente se puede mencionar como alcohol de madera. En la actualidad se produce por hidrogenación catalítica de monóxido de carbono a presiones y temperaturas altas, con catalizadores de cobre-óxido de zinc; por oxidación de hidrocarburos y como subproducto en la síntesis de Fischer-Tropsch (UNAM, 2016).

Es reconocido por ser un compuesto miscible en agua, alcoholes, ésteres, cetonas y muchos otros solventes, incluyendo formar muchas mezclas azeotrópicas binarias, siendo poco soluble en grasas y aceites (IDEAM, s.f).

El metanol es un producto que reacciona violentamente con bromo, hipoclorito de sodio, dietil-zinc, disoluciones de compuestos de alquil-aluminio, trióxido de fósforo, cloruro cianúrico, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, sodio, ter-butóxido de potasio y perclorato de plomo (UNAM, 2016). Por tal manera, se puede describir que el metanol es un compuesto no compatible con ácidos, cloruros de ácido, anhídridos, agentes oxidantes, agentes reductores y metales alcalinos.

El metanol está disponible comercialmente en varios grados de pureza, descritos por IDEAM (s.f) tales como:

- Síntesis: corresponde al metanol comercial y/o normal
- De calidad analítica certificada
- En condiciones de extrema pureza es usando para la manufactura de semiconductores

A continuación, en la Tabla 5, se describen algunas características fisicoquímicas del metanol relevantes para reconocer el compuesto.

**Tabla 5**

*Propiedades fisicoquímicas del alcohol metílico*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor de referencia y/o característica</b>
<b>Grado Alcoholímetro (%)</b>	100
<b>Aspecto</b>	Líquido transparente e incoloro
<b>Olor</b>	Característico alcohólico en grandes concentraciones tiende a ser repulsivo
<b>Ph</b>	No reportado
<b>Gravedad específica (<math>g/cm^3</math>)</b>	0,7915
<b>Punto de inflamación (°C)</b>	12
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	67,4 (760 mmHg)
<b>Punto de fusión (°C)</b>	-97,8
<b>Punto de ignición (°C)</b>	425
<b>Temperatura de auto ignición (°C)</b>	380
<b>Límites de explosión inferior (v/v)</b>	6%
<b>Límites de explosión superior (v/v)</b>	36,5%
<b>Presión crítica (atm)</b>	78,5
<b>Volumen crítico (mL/mol)</b>	118
<b>Temperatura crítica (°C)</b>	240
<b>Densidad del vapor (aire=1)</b>	1,11
<b>Densidad (20 °C) en g/L</b>	0,81
<b>Viscosidad (cP)</b>	0,541 (líquido a 25 °C)
<b>Denominación técnica</b>	Metanol

*Fuente.* Elaboración propia con datos tomados de (IDEAM, s.f y UNAM, 2016).

## **2.6. Acción del metanol en los seres humanos**

Los efectos del metanol en la salud humana y el ambiente dependen de la cantidad de metanol que esté presente y de la frecuencia y el tiempo de exposición, la ingestión de metanol puede causar dolor abdominal, deficiencias respiratorias, vómito, convulsiones e incluso inconciencia (Instituto Nacional de Salud, 2010).

En consecuencia, si se produce intoxicación aguda con metanol se manifiesta inicialmente con signos de narcosis (estado de somnolencia), seguido por un período latente en el cual ácido fórmico se acumula en el cuerpo causando acidosis metabólica, es decir, presenta una disminución del pH de la sangre, en este tiempo se presentan dolores abdominales severos, en piernas y espalda, y degeneración visual que puede llegar a la ceguera. Debido a los efectos adversos retardados en la exposición de metanol, una persona se puede recuperar de los efectos inmediatos y recaer luego de alrededor de 30 horas (Instituto Nacional de Salud, 2010).

Algunas bebidas alcohólicas poseen altos niveles de metanol, compuesto que por su elevada toxicidad es necesario disminuir en el destilado, este compuesto ingerido, en pequeñas cantidades puede producir: náusea, dolores abdominales, vómito y perturbaciones visuales (visión borrosa y sensibilidad a la luz). La dosis tóxica es de 10-30 mL (100 mg/Kg.), aunque su ingesta de menor cantidad puede provocar síntomas; presenta una dosis letal media de 340 mg/Kg. (60-240 mL), si se llega a elevar este porcentaje produce ceguera y hasta la muerte en el peor de los casos (Instituto Nacional de Salud, 2010).

El alcohol metílico se absorbe por la piel, pulmones, y otros órganos, cuando se absorbe se expande rápidamente por el cuerpo afectando principalmente el hígado, este

alcohol puede ser expulsado vía urinaria; sin embargo, ese porcentaje que no se elimina y que queda en el cuerpo es el responsable de las alteraciones clínicas, causa alteración en los nervios ópticos ya que degenera las células de la retina, además de causar ceguera total y generalmente irreversible (Instituto Nacional de Salud, 2010).

## **2.7. Antecedentes: estudios previos**

En relación con la pregunta de investigación, la determinación de metanol en bebidas alcohólicas no es novedosa, de tal manera, se aborda la determinación de metanol en bebidas alcohólicas, a partir de las técnicas de análisis más empleadas, como la cromatografía de gases, método del ácido cromotrópico colorimétrico, la resonancia magnética nuclear (RMN) y la espectroscopia FT-MIR y FT-NIR.

La cromatografía de gases es una técnica de separación capaz de separar mezclas complejas basándose principalmente en las diferencias de punto de ebullición / presión de vapor y de polaridad (Stauffer *et al.*, 2008). Suele ser el método estándar para la identificación del contenido de metanol en bebidas mixtificadas, y según lo evaluado en el artículo *Evaluation of methanol content of illegal beverages using GC and an easier modified Chromotropic acid method; a cross sectional study*, donde se realiza un estudio del mercado ilegal en bebidas alcohólicas en Irán donde se obtuvieron los siguientes resultados, de 1221 muestras, 145 (11.9%) no tenían contenido de etanol, mientras que en tres muestras (0.25%), el metanol era lo suficientemente alto (700,000; 870,000; 920,000 mg / L) como para causar toxicidad severa, además, se detectó metanol en 128 (10,48%) muestras mediante el método de cromatografía de gases (Zamani, *et al.*, 2019).

El mismo estudio empleo el método del ácido cromotrópico colorimétrico de manera modificada, para la creación de un kit, los resultados del uso de este fueron los siguientes, se



detectó metanol en 160 muestras (13,1%) con el kit diseñado con 100% de sensibilidad, 97,07% de especificidad y 100% de valor predictivo negativo (Zamani, *et al.*, 2019). El kit diseñado en el estudio posee una eficacia aceptable, comparable al método GC, con la ventaja de ser un proceso más sencillo, rápido y de menos costo.

Por otro lado, la resonancia magnética nuclear (RMN) es una técnica espectroscópica que estudia la interacción entre la materia y la radiación electromagnética basándose en las propiedades magnéticas intrínsecas de los núcleos atómicos (García, 2019).

Añadiendo, se indica un método de análisis del contenido de metanol en bebidas alcohólicas, en el artículo *Application of nuclear magnetic resonance spectroscopy as spirit drinks screener for quality and authenticity control*, donde se analiza el método para la determinación de 15 tipos de sustancias. Entre estas sustancias, una de importancia es el metanol, como resultado, el método puede cuantificar con una precisión global mejor que el 8%. Este método de cuantificación dirigida basado en RMN permite la cuantificación simultánea y eficiente de los ingredientes relevantes de bebidas alcohólicas (Teipel *et al.*, 2020).

En específico las espirituosas (bebidas alcohólicas > 15% vol) en sus rangos de concentración típicos en un proceso con buena precisión, demostrando ser un método confiable para todo tipo de bebidas espirituosas en el control rutinario de alimentos (Teipel *et al.*, 2020).

La espectroscopia FT-MIR y FT-NIR corresponden a técnicas analíticas que utilizan una fuente que produce luz con un patrón de longitud de onda conocido (generalmente 800-2500 nm) y que permite obtener una imagen completa de la composición orgánica de la sustancia / material analizado (Van Kempen, 2001). Esas técnicas se han utilizado con éxito para identificar y cuantificar adulterantes en alimentos y bebidas alcohólicas, ya que no

utilizan reactivos ni disolventes, y no requieren preparación de muestras, lo que conduce a una reducción de los costes y del tiempo de análisis (Quintero *et al.*, 2020).

En cuanto a la determinación de adulterantes para bebidas alcohólicas como el metanol, a través de estas técnicas es efectiva la verificación de la autenticidad de la bebida, ya que son capaces de predecir las concentraciones (a intervalos de 5-50% v / v) de los adulterantes como el metanol de forma precisa, según el estudio *Quantification of adulterants in mezcals by means of FT-MIR and FT-NIR spectroscopy coupled to multivariate analysis*.

Los modelos desarrollados son una alternativa analítica a los métodos convencionales como el GC, pero tienen la ventaja de ser rápidos (aproximadamente 4 minutos) porque la muestra no requiere pretratamiento, es menos costosa ya que no requieren de personal especializado, por tanto, podrían utilizarse como una herramienta de análisis rápido, especialmente para los laboratorios de control de las agencias reguladoras (Quintero *et al.*, 2020).

De la información obtenida, se utilizarán los aspectos relacionados con los métodos colorimétricos, ya que según lo presentado anteriormente se considera como una técnica efectiva, de menor costo y de mayor simplicidad, facilitando de manera oportuna la determinación de metanol en bebidas alcohólicas.

## **2.8. Marco legal conceptual**

De acuerdo con la Estrategia Nacional de Respuesta Integral Frente al Consumo de Alcohol en Colombia, se hace un reconocimiento de que el alcohol es la sustancia psicoactiva más consumida en Colombia y en el resto del mundo. Concretamente, en Colombia cerca de siete millones de personas con edades entre 12 y 65 años son consumidores de alcohol, lo que equivale a 35% de la población en ese rango de edades. Por su parte, se estima que 2,4

millones de personas presentan un consumo de riesgo o perjudicial de alcohol, esta cifra representa el 35% del total de consumidores y 12,5% de la población total entre 12 y 65 años. La mayor prevalencia de consumo de alcohol se presenta entre los jóvenes de 18 a 24 años, teniendo una participación del 46%, seguidos por los adultos jóvenes con edades entre 25 y 34 años con un 43% (Ministerio de Salud y Protección Social, 2020).

De tal forma resulta importante reconocer la normativa y regulación legal acerca de las bebidas alcohólicas para consumo humano en Colombia.

## **2.9. Fundamentación legal**

Los procesos legales que presentan las bebidas alcohólicas tanto nacionalmente como internacionalmente. Concretamente, en Colombia todas las bebidas alcohólicas que se suministren directamente al público y las a granel con o sin marca, necesitan contar con registro sanitario expedido por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos o INVIMA, conforme a lo establecido en el Decreto 1686 de 2012 (INVIMA, s.f).

De esta manera, el decreto presenta los requerimientos que deben cumplir las bebidas alcohólicas para consumo humano las cuales se fabriquen, elaboren, hidraten, envasen, almacenen, distribuyan, transporten, comercialicen, expendan, exporten o importen con el fin de proteger la vida, la salud y la seguridad humana (Decreto 1686, 2012). Teniendo como objetivo principal establecer el reglamento técnico a través del cual se señalan los requisitos sanitarios que deben cumplir las bebidas alcohólicas para consumo humano de manera nacional e internacional, con el fin de proteger la vida, la salud y la seguridad humana y, prevenir las prácticas que puedan inducir a error o engaño al consumidor.

El decreto reconoce los requisitos sanitarios en donde el Ministerio de Salud y Protección Social, establece los requerimientos físicos, químicos y microbiológicos que

deben cumplir las bebidas alcohólicas. En la elaboración de las bebidas se tiene como permitido las siguientes prácticas:

- Añejamiento
- Centrifugación
- Decantación y sedimentación
- Desodorización y decoloración
- Destilación continua o discontinua
- Fermentación controlada
- Filtración
- Hidratación
- Maceración, extracción, decoloración
- Pasterización
- Rectificación
- Trasiago y tratamiento de frío

Observando que los procesos de fermentación deben realizarse a partir de materias primas de origen agrícola, bajo condiciones controladas que eviten la proliferación de microorganismos diferentes a las levaduras propias de la fermentación alcohólica, pues pueden conllevar a problemas de salubridad y salud para los consumidores finales del producto (Decreto 1686, 2012). Además de lo anterior, se dicta que las materias primas e insumos deben ser objeto de inspección de manera previa al uso, clasificadas y sometidas a análisis de laboratorio y verificadas contra un certificado de calidad expedido por el proveedor cuando así se requiera, para determinar si cumplen con las especificaciones de calidad establecidas para el efecto, siendo almacenadas en condiciones sanitarias adecuadas que eviten alteraciones o contaminaciones de las mismas (Salud Capital, s.f).

Por otro lado, el decreto número 1506 de 2014 establece los requisitos sanitarios que deben cumplir las bebidas alcohólicas para consumo humano las cuales se fabriquen, comercialicen, exporten o importen, que como el anterior decreto promulguen y protejan la vida, la salud y la seguridad humana (Decreto 1506, 2014).

En este decreto se realiza una modificación del artículo 42 del decreto 1686 de 2012 definido como:

**Artículo 42. Visita de certificación.** Radicada la solicitud ante el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) con sus respectivos, soportes, el Instituto programará la visita al establecimiento con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos para la obtención del certificado de Buenas Prácticas de Manufactura – BPM. Si del resultado de la visita se concluye que el establecimiento no cumple con las BPM, el INVIMA hará constar dicha situación en la respectiva acta de visita, consignando los requerimientos necesarios y concediendo un plazo no mayor a treinta (30) días para su cumplimiento. Se entregará copia del acta al interesado al final de la diligencia. Si del resultado de la visita se establece que el establecimiento cumple con las BPM el INVIMA expedirá. el respectivo certificado, dentro de los dos (2) meses siguientes, contados a partir de la fecha de la visita de verificación. (Decreto 1506, 2014, p. 1)

Por último, para hacer una revisión general de las normas en Colombia se hace referencia a la Ley 9 de 1979 por la cual se dictan medidas sanitarias, siendo objeto la protección del medio ambiente, teniendo en cuenta: control sanitario del agua, residuos líquidos, residuos sólidos, emisiones atmosféricas, suministros de agua, salud ocupacional, medicamentos, alimentos, bebidas, entre otras (Ley 9, 1979).

Teniendo en cuenta la situación actual del mercado de bebidas alcohólicas para consumo humano en el país, se observa que fabricación y venta de licor adulterado y/o mixtificado podría generar una pena de 10 años en la cárcel, por tres delitos cometidos, siendo: el ejercicio arbitrario del monopolio rentístico, falsedad marcaria y falsedad de sellos, se puede añadir el delito de homicidio al presentarse pruebas que demuestren la muerte de una persona por el consumo de bebidas alcohólicas en malas condiciones (Arteaga, 2014).

Por el momento, en Colombia no existe ninguna ley específica para las bebidas alcohólicas adulteradas y se planteó un proyecto de Ley 196 de 2014 adicionando un inciso al artículo 1 del Código Penal modificado por el artículo 5 de la Ley 1220 de 2008, donde el congreso de Colombia desarrolla:

***Artículo 372. Corrupción de alimentos, productos médicos o material profiláctico.***

El que envenene, contamine, altere producto o sustancia alimenticia, médica o material profiláctico, medicamentos o productos farmacéuticos, bebidas alcohólicas o productos de aseo de aplicación personal, los comercialice, distribuya o suministre, incurrirá en prisión de cinco (5) a doce (12) años, multa de doscientos (200) a mil quinientos (1.500) salarios mínimos legales mensuales vigentes e inhabilitación para el ejercicio de la profesión, arte, oficio, industria o comercio por el mismo término de la pena privativa de la libertad (Vlex, 2014).

Sin embargo, sigue siendo un planteamiento de Ley que no se ha concentrado para la debida regulación de mercados ilegales en donde se encuentran las bebidas alcohólicas mixtificadas (Vlex, 2014). Incluyendo que la recaudación de impuestos de licores disminuyó más del 40%, según cifras oficiales, en donde se estima que la evasión de impuestos de producción por parte de productores legales creció 11% (Euromonitor Consulting, 2016).

## **CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO**

En el siguiente capítulo se muestra el diseño metodológico de la investigación teniendo en cuenta el enfoque, alcance, planteamiento de hipótesis, diseño de investigación y materiales y métodos. Teniendo como fin, reconocer el tipo de investigación desarrollado en el proceso de investigación, las variables medidas y el proceso de cómo se van a medir.

### **3.1. Enfoque**

El estudio se basa en una investigación netamente cuantitativa dado que, se utilizará el análisis y recolección de datos mediante una serie de mediciones y colorimetría, para determinar de manera experimental la presencia de metanol y de etanol en una muestra de bebidas alcohólicas aleatorias. De acuerdo con resultados estadísticos, se clasifica en una bebida alcohólica mixtificada o no mixtificada y legal, con el fin de probar la hipótesis planteada, estudiando de esta manera el comportamiento de la muestra.

### **3.2. Alcance o tipo de estudio**

Tomando las definiciones de Sampieri (2018) sobre los alcances de investigación, el presente estudio es de tipo descriptivo comparativo dado que, se van a especificar características y propiedades físicas y/o químicas que representan las bebidas alcohólicas mixtificadas y no mixtificadas. Con la comparación y estandarización en la manifestación colorimétrica amarilla del indicador en presencia de etanol y transparente en presencia de metanol, permitiendo el uso comparativo con algunas investigaciones pertenecientes a la línea de trabajo.

### **3.3. Planteamiento de hipótesis**

Por medio de un análisis comparativo ante otras técnicas para la determinación de metanol como la cromatografía de gases. Las técnicas colorimétricas utilizadas para reconocer la presencia de metanol en bebidas mixtificadas resultan ser una técnica más factible, accesible y simple. Representando un menor costo y tiempo en relación con técnicas sofisticadas y de laboratorio.



### 3.4. Operacionalización de las variables

Tabla 6. *Determinación de Variables independientes y dependientes*

Tipo de variable	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Variables independientes	<b>Presencia de alcohol etílico</b>	Se reconocen algunas bebidas alcohólicas en el mundo con una graduación alcohólica del 96% siendo el caso de un Ron procedente de Polonia. Sin embargo, no es recomendable bebidas alcohólicas con una graduación alcohólica mayor al 70% (Decreto 1686, 2012).	La presencia del $C_2H_5OH$ será reconocida mediante el indicador con una tinción amarilla en la muestra: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Si transparente: NINGUNA presencia de etanol</li> <li>➤ Tinción tenue de amarillo: BAJA presencia de etanol</li> <li>➤ Si es una tinción amarilla notoria: ALTA presencia de etanol</li> </ul>
	<b>Presencia alcohol metílico</b>	El contenido de metanol en las <b>bebidas alcohólicas</b> se expresa como “mg de metanol por cada 100 ml de <b>alcohol</b> anhidro” (mg/100 ml <b>alcohol</b> anhidro). A su vez, el máximo tolerado por la norma en vigencia es 300 mg/100 ml <b>alcohol</b> anhidro tanto en bebidas destiladas como en bebidas fermentadas (González et al., 2019 y Sánchez 2005).	Por medio del indicador colorimétrico de fácil uso se reconoce la presencia de $CH_3OH$ en bebidas alcohólicas mayores a 300 mg/100 mL permitiendo observar que no se presenta ningún tipo de tinción y la muestra será totalmente transparente. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Si transparente: ALTA presencia de metanol</li> <li>➤ Tinción tenue de amarillo: MEDIA presencia de metanol</li> <li>➤ Si es una tinción amarilla notoria: NINGUNA presencia de metanol</li> </ul>
	<b>Indicador colorimétrico</b>	Se define a un indicador químico como una sustancia y/u objeto que, mediante un cambio de color, ayuda a determinar e identificar una sustancia por su pH (Domingo, s.f).	Herramienta que dará la posibilidad de determinar la presencia de metanol y etanol en una bebida alcohólica comercial. Mediante este indicador, se podrá concluir si una bebida representa un problema de salud a los consumidores, ya que presentará una coloración amarilla en presencia de etanol y no presentará una coloración en presencia de metanol.

	<b>Yodo</b>	El yodo o iodo es un elemento químico de número atómico 53 situado en el grupo de los halógenos de la tabla periódica de los elementos, se emplea principalmente en medicina, fotografía y como colorante (NIH, s.f).	El yodo en presencia del etanol al ser un alcohol secundario, formará yodoformo siendo una sustancia de color amarillo, si se encuentra en presencia del metanol no presentará ninguna coloración.
	<b>Hidróxido de Sodio</b>	El hidróxido de sodio (NaOH), también conocido como soda cáustica o lejía, es una sustancia altamente versátil que se utiliza en una variedad de procesos de fabricación. El hidróxido de sodio es un coproducto de la producción de cloro (Chemical Safety Facts, s.f).	Es un compuesto que servirá como estabilizante en el indicador químico colorimétrico.
<b>Variables dependientes</b>	<b>Bebidas alcohólicas mixtificadas</b>	Es aquella bebida que no posee un registro sanitario, además de no tener el cumplimiento con las normas sanitarias vigentes e incumple con los requisitos exigidos por la legislación sanitaria vigente, es la mayoría de casos es elaborada con materias primas no adecuadas para el consumo humano (Decreto 1686, 2012).	No se encuentra ninguna tinción en la muestra, lo que demuestra grandes presencias de metanol en la bebida. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tinción amarilla: Bebida alcohólica legal</li> <li>➤ Tinción amarilla leve: Puede indicar ser una bebida alcohólica mixtificada</li> <li>➤ No presenta tinción: Bebida alcohólica mixtificada</li> </ul>
	<b>Bebidas alcohólicas</b>	Las bebidas alcohólicas de consumo son aquellas bebidas que contienen etanol (alcohol etílico) en su composición. Es un producto apto para el consumo humano pues no tiene una concentración no inferior a 2.5. grados alcoholímetros (Decreto 1686, 2012).	Mediante el uso del indicador químico se determina si una bebida alcohólica es legal y permitida si la muestra presenta una coloración y/ tinción amarilla traslucida o intensa.

*Fuente.* Descripción de las variables de operación independientes y dependientes (Elaboración propia).

### **3.5. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación cuantitativa comprende dos tipos principalmente, la investigación experimental y la investigación no experimental. La presente investigación plantea la determinación de la presencia de metanol presente en bebidas alcohólicas mixtificadas por medio de un indicador colorimétrico, para tal fin se hace necesario el diseño de tipo experimental, con una metodología que se describirá en el capítulo 4.

#### **3.5.1. Población y muestra**

La población para nuestro muestreo va a ser todas las bebidas alcohólicas vendidas en Bogotá, las muestras utilizadas para esta investigación se deben recolectar al azar en diferentes puntos de venta, teniendo en cuenta también cualquier tipo de bebida alcohólica (vino, cerveza, aguardiente, ron, entre otros).

#### **3.5.2. Criterios de selección y tamaño de la muestra**

Teniendo en cuenta que las muestras se tomarán al azar vamos a realizar un muestreo intencional en tiendas cercanas, se deberán tomar como mínimo 5 muestras al azar y que sus presentaciones en las que comúnmente se encuentran son de 375 y 750 mL para los efectos prácticos la muestra se tomará en diferentes volúmenes, desde 1 mL a 10 mL aproximadamente.

#### **3.5.4. Condiciones de recolección**

La recolección de la muestra no necesita esterilización; sin embargo, se debe tener en cuenta una seguridad en la toma de la muestra debe sellarse adecuadamente para que no entre ningún agente que interfiera con el dato final.

Se debe procurar que la muestra se tome en su recipiente original y en las cantidades descritas, en materiales y métodos, exceptuando los casos de intoxicación en los cuales cualquier cantidad de muestra es útil para su análisis.

### **3.5.5. Condiciones del recolector**

Las personas que recolectan la muestra deben ser idóneas para tal fin y no es necesario recurrir a condiciones especiales de protección para el recolector, es decir, no requiere medidas de protección altas para la recolección de la muestra. Sin embargo, durante el proceso si es necesario trabajar con las implementaciones de bioseguridad necesarias (guantes, cofia, bata, gafas de seguridad).

### **3.5.6. Criterios de rechazo**

Las muestras no serán realizadas cuando no cumplan con alguno de los requisitos:

- Cantidad de muestra inferior a la requerida
- Cantidad de muestra superior a la requerida
- Contaminantes en los recipientes
- Muestra contaminada en el proceso
- La muestra no tiene un sellamiento adecuado lo que permite involucrar agentes externos

## **3.6. Técnicas de análisis**

Para analizar los datos obtenidos de nuestra investigación se usarán datos cuantitativos para generar comparaciones numéricas y estadísticas, nos basaremos para realizar esas comparaciones en los fenómenos colorimétricos para la presencia de metanol y etanol en la muestra; se usará el yodo como indicador colorimétrico para observar la tinción

y generar una clasificación entre presencia de etanol y metanol en las bebidas alcohólicas del muestreo de la siguiente manera:

- No presenta tinción: Gran presencia de metanol en la muestra
- Pequeña tinción de color amarillo: Pequeña presencia de etanol en la muestra
- Tinción amarilla traslucido: Presencia media de etanol en la muestra
- Tinción amarilla fuerte: Gran presencia de etanol en la muestra

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

El último capítulo representa las partes más importantes de la investigación planteada. De tal forma, dentro del capítulo final se representan los resultados teóricos, discusión y planes para trabajos futuros, buscando mejores resultados y práctica experimental para el desarrollo adecuado de la estrategia para la invención del indicador colorimétrico.

### 4.1. Materiales y métodos

Los materiales a utilizar en el desarrollo de la investigación para la determinación de presencia de metanol y etanol en bebidas alcohólicas se muestran de manera detallada en la Tabla 7. Teniendo en cuenta la cantidad, condiciones de uso, seguridad, clase de riesgo, medidas de seguridad y que hacer en caso de presentar un accidente durante el desarrollo del proceso de investigación.

**Tabla 7**

*Reactivos, equipos y materiales*

<b>Reactivos</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Nombre</b>	<b>Clase de riesgo</b>	<b>Medidas de seguridad</b>	<b>En caso de accidente</b>
0,5 ml	Muestra de alcohol (base etanol)	Líquido inflamable	-Alejar del calor -Manipular con elementos de protección personal	Quitar prendas contaminadas, aclarar piel con agua
0,5 ml	Muestra de alcohol mixtificada (base metanol)	Líquido inflamable	-Alejar del calor -Manipular con elementos de protección personal	Quitar prendas contaminadas, aclarar piel con agua
1,25 ml	Yodo	Tóxico	Manipular con elementos de protección personal	Quitar prendas contaminadas, aclarar piel con agua
0,5 ml	Hidróxido de Sodio	Corrosivo	Manipular con elementos de protección personal	Quitar prendas contaminadas, aclarar piel con agua
<b>Equipos</b>				
1	Balanza	No aplica	Manipular con cuidado	No aplica

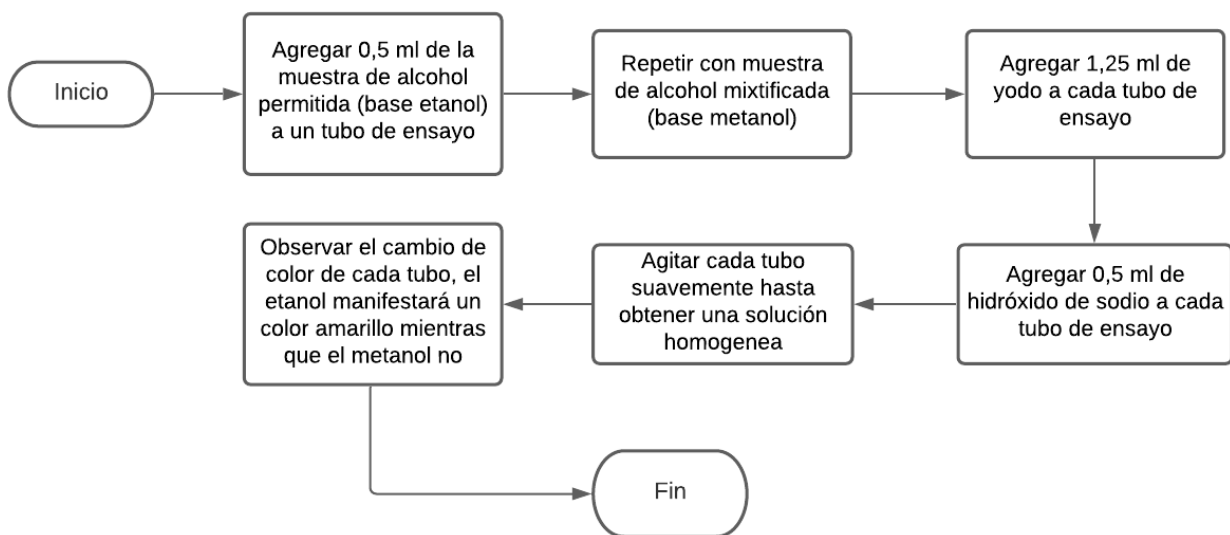
Materiales				
4	Tubos de ensayo	No aplica	Manipular con cuidado	No aplica
2	Vasos de precipitado de 10 ml	No aplica	Manipular con cuidado	No aplica
1	Pipeteador	No aplica	Manipular con cuidado	No aplica
2	Pipeta 1 ml	No aplica	Manipular con cuidado	No aplica

*Fuente.* Elaboración propia datos tomados de (Fisher Scientific, 2017).

De otra forma, el procedimiento que se lleva a cabo para determinar la presencia de metanol y etanol en las bebidas alcohólicas se muestra en la Figura 1.

**Figura 1**

***Procedimiento para determinar la presencia de etanol y metanol***



*Nota.* La figura representa el procedimiento de laboratorio para la elaboración de un indicador químico para la detección rápida de metanol. *Fuente:* Elaboración propia

Posteriormente al desarrollo anteriormente descrito, se busca generar una totalidad de 20 muestras en diferentes concentraciones, como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Toma de muestras de presencia de metanol y etanol a diferentes volúmenes*

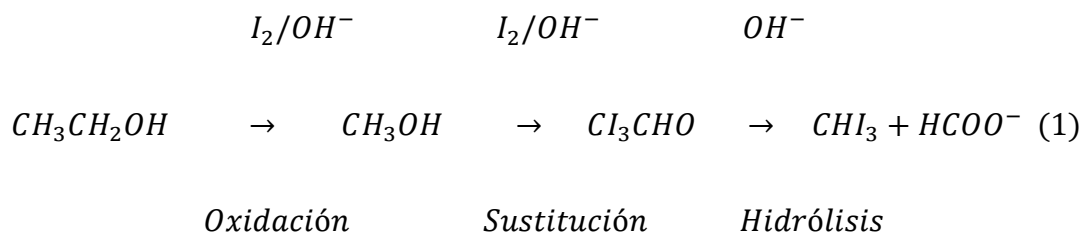
Número de muestra:				Tipo de Alcohol:							
Tinción/ volumen	1 mL	2 mL	3 mL	3 mL	4 mL	5 mL	6 mL	7 mL	8 mL	9 mL	10 mL
Color de la muestra											

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.2. Resultados

Teniendo en cuenta el procedimiento y la teoría se espera conseguir en las muestras de bebidas alcohólicas con presencia de etanol un aspecto menos translucido. Además, de contener un precipitado amarillo que será característico del yodoformo, la reacción del yodoformo se realiza para sustancias con un grupo metilo, es decir CH<sub>3</sub> a un grupo carbonilo CO. Los alcoholes secundarios poseen un grupo metilo unido a un carbono que posee un grupo OH, también dando positivo en la reacción de un yodoformo (Jirón & Vélez, 2014).

De tal forma, por ello el etanol es el único alcohol primario que da positivo en la reacción que se describe a continuación:



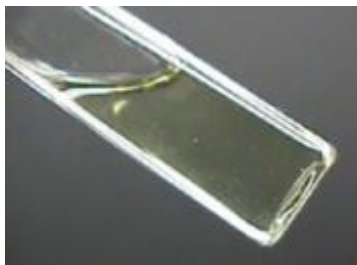
Por lo tanto, por lo anteriormente descrito se pueden presentar las siguientes coloraciones en la propuesta de investigación, estas son demostradas gráficamente en las



Figuras 2 y 3. Teniendo en cuenta un análisis para describir que tinción es perteneciente a el compuesto químico estudiado.

### **Figura 2**

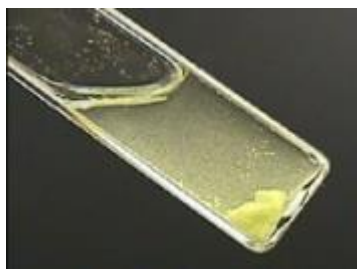
*Coloración negativa, presencia de metanol en la muestra*



*Fuente.* Datos tomados de (Harper Collage, s.f).

### **Figura 3**

*Coloración positiva, presencia de etanol en la muestra*



*Fuente.* Datos tomados de (Harper Collage, s.f).

## **4.3. Discusión**

El presente trabajo de investigación tuvo como fin la determinación de metanol en bebidas alcohólicas, de acuerdo con la normativa que se toma como límite en Colombia en el Decreto 1686 de 2012. Es importante aclarar, que el metanol no es un producto común de la fermentación, ni es considerado proporcional al porcentaje de etanol, y aunque la cantidad sea mínima en bebidas alcohólicas debe ser analizado continuamente desde su proceso de manufactura pues resulta ser riesgoso para la salud humana (Decreto 1686, 2012). Se debe

tener en cuenta la responsabilidad en toda la cadena de producción desde contar con un registro Invima, una licencia de venta, la cual avala la libre comercialización de bebidas alcohólicas, un contenido técnico, es decir información real del contenido y datos nutricionales (Resolución 00000333, 2011). Un contenido máximo de metanol en la bebida de 300 mg/100 ml, para que no sea perjudicial (Loaiza, 2014).

Bien se sabe, que la mayoría de los casos de intoxicación por metanol se dan por ingerir bebidas alcohólicas mixtificadas de bajo costo, en personas con alcoholismo crónico, que habían bebido entre 24 y 48 horas antes de entrar a urgencia. A pesar del tratamiento especializado y oportuno en las salas de emergencia y cuidados intensivos, una proporción de pacientes (25 %), quedan con secuela visual permanente (Contreras, 2019).

De tal forma, resulto importante reconocer este compuesto químico durante el desarrollo de la investigación. Sin embargo, es importante mencionar que no se pudo desarrollar la investigación práctica debido a problemas actuales que afronta el país y el mundo con las medidas de contingencia para evitar la propagación del coronavirus. Aun así, como resultado positivo para el procedimiento, se estaría indicado por un precipitado amarillo pálido en el tubo de ensayo la presencia de etanol en las bebidas alcohólicas. De otra forma, para el compuesto químico metanol el resultado esperado sería negativo, como se muestra en las Figuras 2 y 3.

Como se mencionó en el apartado de resultados, la presencia de iones de hidróxido es importante para que se produzca la reacción: participan en el mecanismo de la reacción. Luego, el grupo metilo de la cetona se elimina de la molécula para producir yodoformo CHI<sub>3</sub> (Clark, 2013).

Finalmente, que en cuanto la eficiencia y costos del proceso, el análisis colorimétrico no requiere equipos especializados esto supondría un beneficio económico, y para la

eficiencia no se dieron las condiciones necesarias para su respectiva comparación con la de otros métodos. Siendo el caso de la investigación realizada por la autora Sánchez (2005) teniendo un procedimiento por cromatografía de gases para la identificación y cuantificación de metanol en bebidas alcohólicas fermentadas tradicionales de consumo en Guatemala, en donde se requería la preparación de la muestra, preparación del estándar y condiciones cromatográficas a condiciones de temperatura adecuadas.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

Se reconoce que por medio de la reacción de yodoformo se permite determinar de manera colorimétrica la presencia de metanol y etanol, representando una tinción amarilla cuando reacciona con el alcohol primario etanol

Cabe resaltar, que, a pesar de las complicaciones presentadas en la realización de la investigación, se pudo cumplir de manera satisfactoria con los objetivos planteado en la descripción y análisis de las bebidas alcohólicas, reconociendo las propiedades físicas, químicas y de toxicología del etanol y metanol.

Involucrando la determinación de los compuestos químicos de etanol y metanol por medio de una metodología de yodoformo puede contribuir en estrategias de detección rápida para estos compuestos, en comparación con estrategias de gran rigurosidad.

Ahora bien, por los problemas coyunturales que está presentando el país y por las medidas de contingencia tomadas por la pandemia del coronavirus (COVID-19) no fue posible la realización de manera satisfactoria de acuerdo con los planteamientos de la metodología en laboratorio, es decir, con la práctica experimental.

De tal manera, se recomienda que en trabajos futuros se realice un seguimiento con la metodología descrita en el trabajo de investigación, logrando de manera satisfactoria el enfoque de la investigación, llegando a la creación y apropiación de la estrategia del indicador de detección rápida de metanol y etanol para bebidas alcohólicas.

## REFERENCIAS

- ARL Sura. (s.f). *Hoja de Seguridad: Etanol*. Recuperado de <https://www.arlsura.com/files/hojas/etanol.pdf>
- Arteaga, N. (2014). *Fabricar y vender licor falso podría traducirse en penas de hasta 10 años*. Recuperado de <https://www.asuntoslegales.com.co/actualidad/fabricar-y-vender-licor-falso-podria-traducirse-en-penas-de-hasta-10-anos-2204566>
- BBC Mundo. (2014). *El consumo de alcohol se inició hace 10 millones de años*. Recuperado de [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/12/141202\\_consumo\\_alohol\\_ancestros\\_encima\\_lp#:~:text=La%20teor%C3%ADa%20prevaliente%20en%20cuanto,fermentaci%C3%B3n%20transform%C3%A1ndolo%20en%20bebidas%20alcoh%C3%B3licas](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/12/141202_consumo_alohol_ancestros_encima_lp#:~:text=La%20teor%C3%ADa%20prevaliente%20en%20cuanto,fermentaci%C3%B3n%20transform%C3%A1ndolo%20en%20bebidas%20alcoh%C3%B3licas).
- Carretero, F. (2006). *Procesos de fabricación de bebidas alcohólicas. Innovación tecnológica en la industria de bebidas*. Recuperado de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03\\_Memoria.pdf?sequence=4](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03_Memoria.pdf?sequence=4)
- Chemical Safety Facts. (s.f). *Hidróxido de Sodio*. Recuperado de <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/hidroxido-de-sodio/>
- Clark, J. (2013, October 3). *The Triiodomethane (Iodoform) Reaction*. Chemistry LibreTexts. [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic\\_Chemistry/Supplemental\\_Modules\\_\(Organic\\_Chemistry\)/Aldehydes\\_and\\_Ketones/Reactivity\\_of\\_Aldehydes\\_and\\_Ketones/The\\_Triiodomethane\\_\(Iodoform\)\\_Reaction](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Supplemental_Modules_(Organic_Chemistry)/Aldehydes_and_Ketones/Reactivity_of_Aldehydes_and_Ketones/The_Triiodomethane_(Iodoform)_Reaction)
- Congreso de Colombia. (16 de julio de 1979). *Ley 9 de 1979*. [Ley 9 de 1979]. Recuperado de [https://www.invima.gov.co/documents/20143/430795/ley\\_9\\_1979.pdf/c5800052-ac5e-475e-3025-4f26cae45c57](https://www.invima.gov.co/documents/20143/430795/ley_9_1979.pdf/c5800052-ac5e-475e-3025-4f26cae45c57)
- Cornejo, M. (s.f). *Aplicaciones del alcohol etílico*. Recuperado de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n5/m7.html#refe1>
- Contreras, C y Lira., (2019) *Magnitud y características de la intoxicación por alcohol metílico*. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/hm/v19n1/a10v19n1.pdf>
- Cuéllar, A., (2014). *Desarrollo de un sensor Inter digitado diferencial para la identificación de contenido de metanol en bebidas alcohólicas adulteradas*. Recuperado

de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/16962/u703284.pdf?sequence=1>

Domingo, A. (s.f). *En busca de indicadores naturales*. Recupero de <https://www.cac.es/cursomotivar/resources/document/2013/indicadoresnaturales.pdf>

Durán, A., Cordon, K., & Rodríguez, M. (2013). *Edulcorantes no nutritivos, riesgos, apetito y ganancia de peso*. Recuperado de Universidad San Sebastián de Chile en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v40n3/art14.pdf>

EMPROVE. (2012). *Ficha de datos de seguridad del metanol*. Recuperado de [https://www.javeriana.edu.co/documents/4486808/5015300/METANOL+\\_MERCK.pdf/86a7addb-1698-46b5-a69d-f34b5f78a2ba?version=1.0](https://www.javeriana.edu.co/documents/4486808/5015300/METANOL+_MERCK.pdf/86a7addb-1698-46b5-a69d-f34b5f78a2ba?version=1.0)

Escobar, J., (2020). *Pandemia dispararía el consumo de licor ilegal y del adulterado*. Recuperado de <https://www.google.com/amp/s/www.eltiempo.com/amp/economia/sectores/los-efectos-de-la-pandemia-sobre-el-comercio-legal-del-alcohol-528134>

Euromonitor Consulting. (2016). *Mercado de bebidas alcohólicas ilegales en seis países de Latinoamérica 2015*. Recuperado de [https://go.euromonitor.com/rs/805-KOK-719/images/Illegal%20Alcohol%20in%20Latin%20America\\_Full%20Report%2012.20%20SP.pdf](https://go.euromonitor.com/rs/805-KOK-719/images/Illegal%20Alcohol%20in%20Latin%20America_Full%20Report%2012.20%20SP.pdf)

Fisher scientific. (2017). *SDS Search. Fishersci.com*. Recuperado de <https://www.fishersci.com/us/en/catalog/search/sdshome.html>

García, A. B. (2019). *Aplicación de técnicas de resonancia magnética nuclear al estudio de miosistemas*. Dialnet.unirioja.es. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=223306>

GestarSalud. (2020). *Serios problemas de salud pública han dejado el aumento en ventas de alcohol adulterado en Colombia*. Recuperado de <https://gestarsalud.com/2020/11/04/serios-problemas-de-salud-publica-ha-dejado-el-aumento-en-ventas-de-alcohol-adulterado-en-colombia/>

González Seguí, Héctor Óscar, Hernández López, José de Jesús, & Hendrik Giersiepen, Jan. (2020). *Metanol: tolerancias y exigencias en las normas para mezcal y bebidas de agave*. RIVAR (Santiago), 7(19), 1-21. <https://dx.doi.org/10.35588/rivar.v7i19.4246>

Guerri, C. *Como actúa el alcohol en nuestro cerebro*. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-trastornos-adictivos-182-articulo-como-actua-el-alcohol-nuestro-10016452>

Haper Collage. (s.f). *The Iodoform Test*. Recuperado de <http://dept.harpercollege.edu/chemistry/chm/100/dgodambe/thedisk/qual/iodo.htm>

- INVIMA. (s.f). *Bebidas Alcohólicas*. Recuperado de <https://www.invima.gov.co/bebidas-alcoholicas>
- Instituto Nacional de Salud. (2010). *Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por Metanol*. Recuperado de [https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/INTOXICACION\\_POR\\_METANOL.pdf](https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/INTOXICACION_POR_METANOL.pdf)
- Jirón, Y., & Vélez, E. (2014). *Identificación de metanol y etanol*. Recuperado de Universidad Técnica de Machala en <https://es.slideshare.net/ELINGTONANT/diferenciacionetanol-y-metanol>
- Loaiza.I., (2014). *TLC Estados Unidos – Colombia: Oportunidades de negocio en el sector cervecero colombiano*. Recuperado de: <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4894/LoaizaSaa-Isabella-2014.pdf?sequence=1>
- Medecins Sans Frontieres. (s.f). *Alcohol Etilico*. Recuperado de <https://medicalguidelines.msf.org/viewport/EssDr/latest/alcohol-etilico-etanol-22286288.html>
- MedlinePlus. (s.f). *Consumo y nivel seguro de alcohol*. Recuperado de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001944.htm>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2010). *Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por metanol*. Recuperado de [https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/INTOXICACION\\_POR\\_METANOL.pdf](https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/INTOXICACION_POR_METANOL.pdf)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (9 de agosto de 2012). *Decreto número 1686 de 2012*. [Decreto 1686 de 2012]. Recuperado de [https://www.invima.gov.co/documents/20143/430795/decreto\\_1686\\_2012.pdf/f02f9018-4654-a809-9a1a-648c241bc3c2](https://www.invima.gov.co/documents/20143/430795/decreto_1686_2012.pdf/f02f9018-4654-a809-9a1a-648c241bc3c2)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (12 de agosto de 2014) *Decreto número 1506 de 2014*. [Decreto 1506 de 2014]. Recuperado de <https://www.invima.gov.co/documents/20143/430695/DECRETO+1506+DEL+12+DE+AGOSTO+DE+2014.pdf/65c09819-4b61-0611-f800-781a613e32c3>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). *Análisis de impacto normativo decreto 1686 de 2012 “por el cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir para la fabricación, elaboración, hidratación, envase, almacenamiento, distribución, transporte, comercialización, expendio, exportación e importación de bebidas alcohólicas destinadas para consumo humano”*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/analisis-impacto-normativo-bebidas-alcoholicas.pdf>

- Muñoz, J. O. (2010). *Las bebidas alcohólicas en la historia humana*. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/aapaunam/pa-2010/pae101i.pdf>
- Najari, F., Baradaran, I., & Najari, D. (2020). *Methanol Poisoning and Its Treatment*. *International Journal of Medical Toxicology and Forensic Medicine*, 10(1), 26639.
- NIH. (s.f). *Yodo: Hoja de vida consumidores*. Recuperado de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iodine-DatosEnEspanol/>
- Quintero Arenas, M. A., Meza-Márquez, O. G., Velázquez-Hernández, J. L., Gallardo-Velázquez, T., & Osorio-Revilla, G. (2020). *Quantification of adulterants in mezcal by means of FT-MIR and FT-NIR spectroscopy coupled to multivariate analysis*. *CYTA - Journal of Food*, 18(1), 229-239. doi:10.1080/19476337.2020.1740327. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082565453&doi=10.1080%2f19476337.2020.1740327&partnerID=40&md5=f7c7c666c77ce70e20f339f1d8561d55>
- Organización Mundial de la Salud & Organización Panamericana de la Salud. (2018). *Informe sobre la situación mundial del alcohol y salud 2018*. Recuperado de [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51352/OPSNMH19012\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51352/OPSNMH19012_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodas, K, L (2008). *Determinación de metanol en bebidas alcohólicas por cromatografía de gases*. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8732/1/19200743.pdf>
- Salud Capital. (s.f). *Bebidas alcohólicas*. Recuperado de <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Protocolos%20de%20Vigilancia%20en%20Salud%20Publica/Bebidas%20Alcoholicas.pdf>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 1, pp. 233-426). México, DF: McGraw-hill
- Sánchez, M. (2005). *Determinación de metanol en bebidas alcohólicas fermentadas tradicionales y populares de mayor consumo en dos regiones de la república de Guatemala por cromatografía de gases*. Recuperado de Universidad de San Carlos Guatemala en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2379.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2379.pdf)
- Semana. (2016). *El gobierno colombiano deja de recibir US\$400 millones anuales a causa del alcohol ilegal*. Recuperado de <https://www.semana.com/pais/articulo/el-gobierno-colombiano-deja-de-recibir-us400-millones-anuales-a-causa-del-alcohol-ilegal/219355/>



- Stauffer, E., Dolan, J. A., & Newman, R. (2008). *CHAPTER 8-Gas chromatography and gas chromatography—mass spectrometry*. Fire debris analysis, 235-293.
- Teipel, J. C., Hausler, T., Sommerfeld, K., Scharinger, A., Walch, S. G., Lachenmeier, D. W., & Kuballa, T. (2020). *Application of 1H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy as Spirit Drinks Screener for Quality and Authenticity Control*. *Foods*, 9(10), 1355. doi:10.3390/foods9101355. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85092232800&doi=10.3390%2ffoods9101355&partnerID=40&md5=e997e13fac726bac71070fe1414ad0fe>
- Téllez, J., & Cote, M. (2006). *Alcohol etílico: Un tóxico de alto riesgo para la salud humana socialmente aceptado*. Recuperado de Universidad Nacional de Colombia en <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v54n1/v54n1a05.pdf>
- UNAM. (2016). *Hoja de seguridad IX Metanol*. Recuperado de <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/12/9metanol.pdf>
- Van Kempen, T. (2001). *Infrared technology in animal production*. *World's Poultry Science Journal*, 57(1), 29-48.
- Vlex. (2014). *Proyecto de Ley 196 de 2014 Senado*. Recuperado de <https://vlex.com.co/vid/proyecto-ley-196-2014-senado-509901626>
- World Health Organization. (2014). *Information Note: Methanol Poisoning Outbreaks*. Recuperado de [https://www.who.int/environmental\\_health\\_emergencies/poisoning/methanol\\_information.pdf](https://www.who.int/environmental_health_emergencies/poisoning/methanol_information.pdf)
- Zamani, N., Rafizadeh, A., Hassanian-Moghaddam, H. et al. (2019). *Evaluation of methanol content of illegal beverages using GC and an easier modified Chromotropic acid method; a cross sectional study*. *Subst Abuse Treat Prev Policy* 14, 56. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85076690127&doi=10.1186%2fs13011-019-0244-z&partnerID=40&md5=8941df54073225d0b0ecc90cb8293f34>
- Zyoud, S. H., Al-Jabi, S. W., Sweileh, W. M., Awang, R., & Waring, W. S. (2015). *Bibliometric profile of the global scientific research on methanol poisoning (1902–2012)*. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 10(1)