



REPORTE TÉCNICO

APRECIACIONES TÉCNICAS ACERCA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL VICHE/BICHE

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. INS

Elaborado por: *Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos (ERIA)*
Subdirección de Análisis del Riesgo y Respuesta Inmediata en Salud Pública.

Revisado por: *Iván Camilo Sánchez Barrera,*
Coordinador Grupo ERIA

Aprobado por: *Hernán Quijada Bonilla.*
Subdirector Análisis de Riesgo y Respuesta Inmediata en Salud Pública



MINISTERIO DE SALUD
Y PROTECCIÓN SOCIAL

Elaborado por:

Lisa Priscila Bustos Jiménez. Médica, Especialista en Salud Pública, Especialista en Auditoría en Salud, Magister en Museología y Gestión del Patrimonio

Mayra Alejandra Tafur Merchán. Médica Cirujana, Especialista en Toxicología Clínica

Óscar Alberto Noreña Trigos. Ingeniero Químico, M.Sc. Environmental Process Engineering

IVÁN CAMILO SÁNCHEZ BARRERA. Coordinador Grupo ERIA.

HERNÁN QUIJADA BONILLA. Subdirector Análisis del Riesgo y Respuesta Inmediata en Salud Pública.

© 2022

Instituto Nacional de Salud

Bogotá, Colombia

Av. Calle 26 No. 51-20

Reporte técnico: Apreciaciones técnicas acerca del proceso de fabricación del viche/biche.

Instituto Nacional de Salud (INS). Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos (ERIA).

Bogotá D.C. 2022

ISSN: 2422-0965

Para citar: Instituto Nacional de Salud; Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos (ERIA). Reporte técnico: Apreciaciones técnicas acerca del proceso de fabricación del viche/biche. Bogotá, D.C., Colombia. 2022.

Todos los derechos reservados. El Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos autoriza la reproducción y difusión del material contenido en esta publicación para fines educativos y otros fines NO comerciales, sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, especificando claramente la fuente. El Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos prohíbe la reproducción del material contenido en esta publicación para venta, reventa u otros fines comerciales, sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Estas solicitudes deben dirigirse al Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos (ERIA).

Para solicitudes y comentarios comuníquese a: Avenida calle 26 No 51-20, Bloque B Of. F210 o al correo electrónico eria@ins.gov.co; ERIA 2022

Todos los derechos reservados ©

Colombia, 2022

Gestor de Riesgo

Daniel Alberto Rubio Barrios

Coordinador Técnico
Subdirección de Salud Nutricional, Alimentos y Bebidas
(Ministerio de Salud y Protección Social MSPS)

Contenido

1. Información del gestor	10
1.1. Justificación.....	10
1.2. Términos de referencia	10
1.3. Alcance	11
2. Objetivos.....	12
3. Componente patrimonial, cultural y étnico de la elaboración del viche/biche	12
4. Descripción del proceso de elaboración y características fisicoquímicas del producto.....	14
4.1. Composición química del producto	16
4.2. Compuestos secundarios deseables	18
4.2.1. Ácidos orgánicos y compuestos volátiles	18
4.2.2. Ésteres	19
4.2.3. Aldehídos.....	19
4.2.4. Alcoholes superiores.....	19
4.3. Compuestos secundarios indeseables	20
4.3.1. Carbamato de etilo.....	20
4.3.2. Furfural e hidroximetilfurfural (HMF)	20
4.3.3. Acroleína.....	21
4.3.4. 1-butanol y 2-butanol	21
4.3.5. Metanol	22
4.3.6. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).....	22
4.3.7. Cobre.....	23
4.3.8. Plomo y arsénico	23
5. Potenciales efectos tóxicos derivados del consumo de los contaminantes que podrían estar presentes en el viche/biche	24
5.1. Carbamato de etilo.....	24
5.1.1. Efectos teratogénicos	24
5.1.2. Efectos genéticos	25
5.1.3. Carcinogenicidad	25
5.2. Furfural e hidroximetilfurfural (HMF)	25
5.3. Acroleína.....	26

5.3.1.	Carcinogenicidad.....	26
5.4.	Metanol	26
5.4.1.	Efectos sobre el sistema nervioso central.....	27
5.4.2.	Alteraciones visuales	27
5.4.3.	Otras complicaciones	27
5.5.	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	27
5.6.	Cobre.....	28
5.6.1.	Exposición aguda	28
5.6.2.	Exposición crónica	28
5.7.	Arsénico.....	28
5.7.1.	Exposición aguda	29
5.7.2.	Exposición crónica	29
5.7.3.	Carcinogenicidad.....	29
5.8.	Plomo	29
6.	Puntos críticos de control (PCC) y buenas prácticas de manufactura (BPM) durante la fabricación de destilados de jugo de caña	30
6.1.	Cultivo de la caña de azúcar	30
6.2.	Cosecha de la caña de azúcar.....	31
6.3.	Transporte de la caña de azúcar	32
6.4.	Molienda de la caña de azúcar	32
6.5.	Fermentación del jugo de caña.....	33
6.5.1.	Limpieza del jugo de caña	33
6.5.2.	Dilución del jugo de caña	34
6.5.3.	Fermentación	34
6.6.	Destilación	36
6.7.	Filtración y estandarización	37
6.8.	Embotellado	37
7.	Medidas de control adicional durante el proceso de obtención de bebidas destiladas del jugo de caña de azúcar.....	38
7.1.	Madurez óptima de la caña de azúcar.....	38
7.2.	Preparación del caldo de fermentación	38
7.3.	Medición de la temperatura y contenido alcohólico	39

8. Análisis de casos de intoxicación con metanol y de los resultados de las pruebas de laboratorio practicadas por el Invima	40
9. Apreciaciones finales	44
Referencias	48

Tablas

Tabla 1. Límites mínimo y máximo tolerables para los componentes de bebidas alcohólicas obtenidas por fermentación y destilación de jugo de caña de azúcar, de acuerdo con la normativa brasilera (2).	17
Tabla 2. Interpretación de los resultados del índice de maduración de la caña de azúcar para la determinación del momento óptimo de corte. Tomado de (10)	38
Tabla 3. Distribución de frecuencias de eventos por departamento de intoxicación por metanol a nivel nacional (n = 653). Fuente: SIVIGILA 2019 - 2022.....	41
Tabla 4. Distribución de frecuencias de eventos por departamento de intoxicación por metanol en la región Pacífico (n = 116). Fuente: SIVIGILA 2019 – 2022.	42
Tabla 5. Distribución de frecuencias de tipo de intoxicación en región Pacífico (n = 116). Fuente: SIVIGILA 2019 - 2022.....	42
Tabla 6. Distribución de frecuencias de vía de exposición en región Pacífico (n = 116). Fuente: SIVIGILA 2019 - 2022.....	42
Tabla 7. Peligros y medidas preventivas para cada etapa del proceso de fabricación de viche/biche implementadas con el fin de minimizar la presencia de contaminantes en el producto destilado final.....	45

Figuras

Figura 2. Diagrama esquemático de los procesos empleados para la elaboración del viche/biche	15
Figura 3. Diagrama esquemático de un decantador para la remoción de impurezas del jugo de caña como parte de su preparación para la fermentación. Adaptado de (10).	34
Figura 4. Sistema de extracción de jugo y refractómetro de campo empleados para la medición de los grados Brix y el cálculo del índice de maduración de la caña de azúcar. Tomado de (10).....	39
Figura 6. Diagrama boxplot para los resultados de los análisis de laboratorio correspondientes al grado alcohólico, contenido de metanol, acetaldehído y 2-butanol obtenidos por el Invima, durante mayo y junio de 2022	43

1. Información del gestor

“La reforma constitucional de 1991, Colombia inició un amplio desarrollo normativo en favor del reconocimiento de la población afrodescendiente, destacando dentro de sus derechos a: consulta previa, propiedad colectiva de las tierras ancestrales, etnoeducación, acceso a la política, cupos especiales en las universidades públicas, entre otros en busca de interculturalidad en condiciones de igualdad y equidad.

En este contexto, a través de la Ley 2158 de 2021 “se reconoce, impulsa y protege el Viche/Biche y sus derivados como bebidas ancestrales, artesanales, tradicionales y patrimonio colectivo de las comunidades negras Afrocolombianas de la costa del pacífico colombiano y se dictan otras disposiciones”.

De acuerdo con lo señalado, el Viche/Biche corresponde a una bebida alcohólica, obtenida de la fermentación y destilación de la miel de caña, la cual es producida ancestralmente, por las comunidades afrocolombianas de la costa del pacífico colombiano. En la actualidad, por mandato de la citada Ley se definió la responsabilidad del Ministerio de Salud y Protección Social para establecer los requisitos sanitarios en torno a la producción de esta bebida alcohólica y sus derivados, con el fin de permitir a estas comunidades la comercialización de estas bebidas por fuera de sus territorios.

Por lo anterior, dentro del proceso de análisis y caracterización de este producto ancestral, se hace necesario determinar los riesgos para la salud humana asociados a la fabricación de este destilado de caña. Esto con el propósito de adoptar la mejor decisión en torno a los requisitos sanitarios y las condiciones bajo las cuales se adelantarán los procesos de inspección, vigilancia y control en el territorio nacional”.

1.1. Justificación

Teniendo en cuenta las consideraciones descritas, se requiere identificar los riesgos a la salud humana derivados del consumo de la bebida que se obtiene durante el proceso de fabricación del viche/biche, para así contar con elementos de juicio suficientes con que establecer los requisitos y condiciones sanitarias mínimas que serían exigibles durante la inspección, vigilancia y control al proceso de fabricación de viche/biche.

1.2. Términos de referencia

TdR 1. Con base en la información suministrada por el Ministerio de Salud y Protección Social acerca de la manifestación cultural y del proceso de fabricación del viche/biche, así como en consideración de los resultados de los análisis practicados a muestras del producto para la evaluación de parámetros de calidad e inocuidad de la bebida, se requiere establecer los puntos críticos de control, así como los valores de los parámetros fisicoquímicos clave a considerar a lo

largo de su proceso de fabricación, de manera que se incluyan en la normativa sanitaria exigible para su comercialización y se proteja la salud pública de la población que la consume.

1.3. Alcance

Consiste en la apreciación técnica acerca de los puntos críticos de control que se deben tener en cuenta durante la fabricación del viche/biche, cuya identificación es necesaria para establecer los requerimientos y condiciones sanitarias mínimas exigibles para la comercialización del viche/biche elaborado por las comunidades afrocolombianas del pacífico. Este documento servirá de sustento técnico para el Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS) y el Instituto para la vigilancia de medicamentos y alimentos (Invima) durante la elaboración de la norma sanitaria de que trata la Ley 2158.

2. Objetivos

- Identificar los puntos críticos de control a lo largo del proceso de fabricación del viche/biche, desde la siembra de la caña de azúcar hasta el embotellado del producto terminado, de manera que se minimicen los riesgos a la salud pública originados allí y relacionados con el consumo del producto.
- Definir los criterios clave para establecer los requisitos y condiciones sanitarias en que debe tener lugar la fabricación del viche/biche, con el fin de minimizar los riesgos a la salud pública y facilitar la comercialización del producto.
- Sugerir la implementación de procedimientos que facilitará el control de calidad y la garantía de la inocuidad del producto fabricado por las comunidades interesadas.

3. Componente patrimonial, cultural y étnico de la elaboración del viche/biche

El marco legal dado por la ley 2158 de 2021 reconoce al viche/biche como una bebida ancestral de la cultura afrocolombiana del Pacífico y parten del interés colectivo por impulsar y proteger el Viche/Biche y sus derivados como bebidas alcohólicas, ancestrales, artesanales, tradicionales en el marco de su denominación como patrimonio cultural de la nación¹.

La palabra Viche/Biche proviene de las lenguas Bantúes del oriente-centro africano, donde también elaboran esta bebida y significa verde o crudo. Es una bebida tradicional de las comunidades del Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, su uso no se circunscribe solamente a actividades cotidianas o de celebración sino que desempeña un papel importante en la medicina tradicional, como “cura para el mal de ojo”, “el espanto”, “mordeduras de culebras”, “cólicos”, “regulación de la menstruación”, en botellas curadas (en las que media un rezo, cantos y otras expresiones culturales) se le atribuye propiedades para facilitar la concepción de los hijos, preparación para el parto, “sacar el frío en las mujeres” y otros usos referidos a la mezcla de la bebida con otras hierbas o alimentos como por ejemplo el ajo para controlar parásitos intestinales, entre otros.

En su acepción como bebida ancestral, el Viche/ Biche es reconocido como una bebida heredada de los mayores, cuya tradición se ha consolidado de generación en generación; el Ministerio de Cultura en su documento de concepto técnico establece que la producción y consumo del Viche/Biche se

¹ Tomado del Documento Concepto Técnico y Jurídico del Proyecto de Ley 198 de 2020 Cámara “Por medio de la cual se adiciona el parágrafo del artículo 7° de la ley 1826 del 19 de diciembre de 2016”, acumulado con el Proyecto de Ley 324 de 2020 Cámara, “Por medio del cual se reconoce, impulsa, y protege el Viche/Biche y sus derivados como bebidas alcohólicas, ancestrales, artesanales, tradicionales y patrimonio colectivo de las comunidades negras de la costa del pacífico colombiano”

articulan a procesos comunitarios asociados a la organización y vivencia de la espiritualidad como eje movilizador de la cultura².

Según el concepto del Ministerio de Cultura y el documento del Plan Especial de Salvaguarda Saberes y Tradiciones asociados a la manifestación del Viche/ Biche del Pacífico colombiano, éste último presentado por el Colectivo Destila Patrimonio en representación de la comunidad afro y negra del Pacífico Sur de Colombia el Viche/Biche es significativo en los nacimientos de los niños, la uramba, la tradición de la “mano cambiada”, el convite, las fiestas, los velorios, fines de año, en las vísperas y en los novenarios; el Viche/Biche se referencia como uno de los elementos más representativos de la cultura del pacífico.

De acuerdo con la investigación “Alambiques prohibidos y destilación proscrita. Una mirada comparativa sobre la elaboración, el comercio y el consumo de licores artesanales en Colombia”, desarrollada por la Universidad del Pacífico y financiada por Colciencias, el Viche/Biche *“tiene infinidad de usos medicinales y está integrado al sistema médico tradicional y mágico-religioso afro pacífico (...). Hay botellas para ‘cerrar el cuerpo’, para ‘parir’ y para ‘curar la mordedura de culebra’. Es decir que las virtudes medicinales del Viche/ Biche dentro del conocimiento médico y etnobotánico se afirman en la ingesta de botellas curadas y otras bebidas (...), que se utilizan en un sinfín de aplicaciones medicinales y ancestrales”*.

Específicamente, en este proceso de producción se debe tener en cuenta que se da en zona rural y rural dispersa; esta referencia a la ruralidad es importante dado que las comunidades afrocolombianas del pacífico señalan que el Viche/ Biche o Charuco nace en la siembra, que es el momento cuando se encarna el espíritu del pueblo negro en la tierra y posteriormente ese espíritu se extrae por medio de la destilación y se envasa.

El “sacador” o “sacadora” de Biche/Viche es la querona que produce la bebida, tradicionalmente aprende el oficio mediante el relato, la observación y la experiencia, por tal razón, los datos e información del proceso de elaboración de esta bebida ancestral son primordialmente cualitativos y están ligados a la cosmovisión y sistema de pensamiento afrocolombiano, esto quiere decir que no es posible ni deseable la estandarización completa del proceso de producción del Viche; sin embargo, en términos generales se comparte las mismas fases en todos los territorios de vocación vichera: siembra, cultivo y corte; el arrume, la molienda y la fermentación; la destilación y el embotellado de la bebida.

En Colombia, la Ley 2158 fue sancionada en noviembre de 2021 por el Gobierno Nacional. En ella se reconoce al Viche y sus derivados, como el tumbacatre, pipilongo y arrechón como patrimonio colectivo de las comunidades negras del pacífico, tiene por objeto reconocer, impulsar, promover y proteger el Viche/Biche y sus derivados como bebidas ancestrales, artesanales, tradicionales y como patrimonio colectivo de las comunidades negras, afrocolombianas de la costa del pacífico colombiano, e impulsar el aprovechamiento cultural y económico de su producción por parte de estas

² Tomado del Documento Concepto Técnico y Jurídico del Proyecto de Ley 198 de 2020 Cámara del Ministerio de Cultura Página 3.

comunidades. Así como impulsar la implementación del Plan Especial de Salvaguardia del Paisaje Cultural vichero/bichero y los saberes y tradiciones asociadas al Viche/Biche como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Nación.

Finalmente con estos procesos normativos y reglamentarios se pretende reconocer en el Viche, además de una bebida generada a partir de procesos de fermentación y destilación, un conjunto de prácticas diversas, no homogéneas, ligadas a herencias culturales de conocimientos, y modos de ser y hacer distintos, es clave identificar que dependiendo de la región y según los productores y sacadores del Viche, la bebida cambia y tiene particularidades, en tal sentido se debe procurar, la identificación, estudio y caracterización de esta diversidad de formas de elaboración y de fabricar la bebida en articulación con las instancias de representación de las comunidades afrocolombianas y las distintas instituciones estatales y reguladoras.

Cobra relevancia, considerar el acumulado histórico de saberes ligadas a la elaboración del Viche que tienen las comunidades afrocolombianas y como, desde su propio conocimiento, saber y experiencia han protegido la salud de los consumidores de la bebida al mismo tiempo que garantizan la pervivencia cultural del Viche a través de su elaboración, fabricación, distribución, uso desde la medicina ancestral y en festividades tradicionales afrocolombianas.

4. Descripción del proceso de elaboración y características fisicoquímicas del producto

El viche/biche es una bebida alcohólica obtenida a partir de la fermentación del jugo de la caña de azúcar y su posterior destilación que es elaborada por las comunidades afrodescendientes del pacífico colombiano. De manera más precisa, la Ley 2158 del 2021 define la bebida como aquella “... elaborada ancestral y artesanalmente por las comunidades negras del pacífico, obtenida de la destilación no industrial, por medio de trapiches étnicos del jugo fermentado de la caña de azúcar, con características propias de la caña de cada región del pacífico”.

Las definiciones descritas caen dentro de la categoría de bebidas alcohólicas obtenidas a partir de la destilación del jugo fermentado de la caña de azúcar. Otras bebidas, como el ron, se obtienen a partir de la destilación del producto obtenido de la fermentación de melazas de caña, subproducto a su vez de la producción de azúcar. Dentro de las bebidas de este tipo se pueden citar la “cachaça” elaborada en Brasil, el “ron agrícola” de las Antillas francesas, el “clairín” de Haití, el “arrack” del sudeste asiático y el aguardiente producido en varios países de Sur América.



Figura 1. Diagrama esquemático de los procesos empleados para la elaboración del viche/biche

En la Figura 2, se encuentra una descripción esquemática del proceso para la elaboración del viche/biche. La manera en que se lleva a cabo cada una de las etapas de ese proceso afecta en mayor o menor medida, la inocuidad y la calidad del producto final. La legislación que reglamente los requerimientos y condiciones sanitarias mínimas para la elaboración del viche/biche debería, en principio, enfocarse en las medidas preventivas que pueden tomarse en cada una de estas etapas para minimizar la posibilidad de contaminar o afectar la inocuidad del producto final. Ello permitiría, por un lado, reducir la heterogeneidad en su calidad y características, así como facilitar su comercialización y su entrada a mercados internacionales ávidos de nuevos sabores, más locales y exclusivos en su origen.

Con ese objetivo, es importante caracterizar la composición química típica del producto destilado, incluyendo los productos secundarios deseables, que le confieren propiedades únicas relacionadas

con el sabor, el aroma y la sensación por la que el consumidor final preferirá la bebida, así como aquellas características que son indeseables debido a que su presencia constituye una contaminación que puede poner en riesgo la salud de quien la consume.

La identificación de los efectos tóxicos potenciales que pueden tener lugar cuando en la bebida se encuentran contaminantes en cantidades que superan los valores de referencia establecidos por las agencias sanitarias internacionales o la normativa sanitaria específica.

Por otra parte, las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) establecen los principios generales para todas las etapas de fabricación de alimentos y bebidas. La presencia de sustancias químicas potencialmente tóxicas en el viche/biche originadas durante su elaboración debe ser minimizada para brindar a sus consumidores un producto seguro y de buena calidad. La mayoría de estas sustancias se generan durante los procesos de fermentación y destilación; una vez en el producto final es muy difícil e incluso casi imposible removerlas. No obstante, si se implementan buenas prácticas de proceso, de higiene y se identifican los puntos críticos de control del proceso, se podrá reducir su presencia en la bebida (1).

En la sección correspondiente a la identificación de puntos críticos de control para el proceso de fabricación de viche/biche, se describen en detalle todos los procedimientos que pueden ponerse en práctica, por cada etapa de su elaboración, para reducir la presencia de contaminantes en el producto final. Estos procedimientos y prácticas pueden ser la base de la formulación de requerimientos y condiciones sanitarias en las que debe tener lugar la fabricación del viche/biche. Finalmente, se sugiere la implementación de métodos de control *in-situ* para minimizar la presencia de sustancias contaminantes en el producto final.

Como apreciaciones finales, se describen las consideraciones y sugerencias para la elaboración de la normativa que establezca los requerimientos mínimos que serían exigibles a los fabricantes de viche/biche durante la inspección, vigilancia y control de las condiciones y características sanitarias de su producto.

4.1. Composición química del producto

Teniendo en cuenta la carencia de información específica acerca del biche/viche, se consultó la literatura científica relacionada con los procesos de fabricación de bebidas destiladas a partir de la fermentación de jugo de caña. Una de las bebidas alcohólicas que se obtienen mediante la fermentación y destilación de jugo de caña de mayor consumo en el mundo es la cachaça de Brasil.

Su producción se encuentra, al igual que en el caso del viche/biche, estrechamente relacionada con una herencia cultural, un carácter regional y con las condiciones geográficas del lugar en que se produce. De acuerdo con la legislación brasilera, la cachaça es la designación exclusiva con la que se denomina a la bebida alcohólica producida en Brasil que contiene entre un 38 y un 48 % de alcohol en volumen (v/v), a 20 °C, y que se obtiene por destilación del jugo de caña fermentado, que puede o no ser sometido a algún proceso de añejamiento (3).

Teniendo en cuenta las similitudes que guardan los procesos de fabricación del viche/biche y la cachaça, se considera conveniente tomar como referencia los límites mínimos y máximos tolerables

para los diferentes componentes de la bebida destilada obtenida a partir de la fermentación del jugo de caña de azúcar, de acuerdo con la legislación brasilera, que se muestran en la Tabla 1.

Con base en estudios adelantados para verificar el cumplimiento de la normativa brasilera para los productos destilados a partir del jugo de caña (4–6), se ha podido establecer que las bebidas alcohólicas comercializadas con esa denominación, en algunos casos, contienen un porcentaje alcohólico superior al exigido y en aproximadamente un 10 % de los casos, su concentración de etanol se encuentra por debajo del 38 %. Además, se encontró que el 50,7 % de las muestras no cumplió con los estándares de la normativa, ya que contaminantes como el etilcarbamato, cobre, 1-butanol y 2-butanol, así como el contenido de alcoholes superiores y de acidez volátil mostraron una gran irregularidad.

Tabla 1. Límites mínimo y máximo tolerables para los componentes de bebidas alcohólicas obtenidas por fermentación y destilación de jugo de caña de azúcar, de acuerdo con la normativa brasilera (2).

Componentes	Límites (máx-min)	Unidades
Contenido alcohólico	38-48	% (v/v) etanol a 20º C
Acidez volátil (ácido acético)	< 150	mg/100 mL alcohol anhidro
Ésteres totales (acetato de etilo)	< 200	
Aldehídos totales (acetaldehído)	< 30	
Furfural e hidroximetilfurfural	< 5	
Alcoholes superiores	< 360	
Congéneres	200 - 650	
Contaminantes		
Metanol	20	mg/100 mL alcohol anhidro
2-butanol	< 10	µg/L
1-butanol	< 3	
Acroleína	< 5	
Etilcarbamato	210	
Plomo	200	
Arsénico	100	
Cobre	5	mg/L

La variabilidad en los resultados de los análisis practicados a las muestras de los destilados de caña en Brasil se explica teniendo en cuenta que existe una gran diversidad en los métodos de producción, el grado de implementación de buenas prácticas productivas, entre otros factores (2). Por eso, es clave definir los procedimientos mínimos que permitirían reducir la presencia de contaminantes en el producto final. Pero, antes de ello es conveniente aclarar qué sustancias son consideradas deseables y qué otras se tratan como contaminantes, las razones de su inclusión en uno u otro grupo, así como los riesgos a la salud que podrían materializarse debido a su presencia en el producto final.

4.2. Compuestos secundarios deseables

4.2.1. Ácidos orgánicos y compuestos volátiles

La cantidad de ácidos orgánicos presentes en las bebidas destiladas de jugos de caña se puede expresar como acidez total, que a su vez se compone de la acidez volátil y la acidez fija. La acidez volátil es un parámetro empleado para determinar la calidad de la bebida destilada y se expresa como ácido acético presente allí. La acidez volátil es consecuencia de la contaminación bacteriana del caldo de fermentación; las bacterias productoras de ácido acético fermentan los compuestos alcohólicos, reduciendo así el contenido alcohólico del caldo e incrementando su acidez. La acidez es una de las principales causas de rechazo sensorial de destilados como la cachaza, por parte de sus consumidores (1).

Muchos otros ácidos no volátiles pueden formarse como producto del metabolismo natural de la levadura empleada durante el proceso de fermentación. Otra razón por la que se produce acidez tiene que ver con la transición del metabolismo de la levadura de una ruta metabólica hacia una anaeróbica en la que se producen muchos ácidos grasos de cadena corta (2).

No obstante, la presencia de pequeñas cantidades de ácidos en el caldo de fermentación y en el destilado final es benéfico para su calidad general, ya que esas sustancias reaccionan con los alcoholes formando ésteres, que son responsables del aroma característico de las bebidas destiladas. Por lo tanto, es claro que la acidez juega un papel fundamental en la definición del sabor y el aroma tradicional de los destilados (2). De allí que la presencia de ácidos en el destilado, en las concentraciones establecidas en la legislación o reglamentación técnica que corresponda, sea una característica deseada en el producto final.

A manera de ejemplo, la legislación brasilera para la cachaça establece que la acidez volátil debe ser inferior a 150 mg por cada 100 mL de alcohol anhidro, expresados como ácido acético. Para el caso de un estudio adelantado en Brasil, en el que se analizaron 268 muestras de destilados de jugo de caña de distintas regiones, la volatilidad ácida determinada sobrepasó el valor máximo permitido por la legislación en un 16.4 % de los casos. Además de que la acidez afecta negativamente la calidad sensorial de la bebida, puede facilitar la dilución de cobre metálico en el destilado, que a su vez aumenta la concentración de ese contaminante en el producto final (2).

4.2.2. Ésteres

Los ésteres son parte de los compuestos que imparten características sensoriales en los destilados y que afectan, además, su viscosidad y atributos aromáticos. Estos compuestos se producen durante la fermentación, cuando ocurre la esterificación del etanol mediada por el ácido acético; la cantidad producida dependerá de la abundancia relativa de radicales acetil-CoA y etanol producto del metabolismo de la levadura. También se producen durante los procesos de añejamiento a los que se someten algunos destilados como la cachaça, cuando tiene lugar la esterificación de los ácidos grasos mediada por el etanol (1). El aroma fragante similar al de las frutas maduras que es particularmente deseable en el producto final se debe a su contenido de ésteres (2).

El acetato de etilo es el componente más abundante de este grupo y es el responsable del sabor agradable de los destilados añejados (1). Los ésteres aromáticos se forman, en mayor medida, durante el proceso de añejamiento que confiere a los destilados de caña su característico aroma fuerte y placentero, contribuyendo fundamentalmente al bouquet de la bebida (2). Sin embargo, el exceso de ésteres puede derivar en un aroma abrumador de los destilados de jugos de caña (2). La máxima concentración de ésteres en el destilado permitida por la legislación brasilera para la comercialización de cachaça, expresada como acetato de etilo, es de 200 mg por cada 100 mL de alcohol anhidro.

4.2.3. Aldehídos

Los aldehídos presentes en los destilados de caña son compuestos muy volátiles que se forman durante la fermentación y que son responsables de su sabor y aroma característicos (2). Los aldehídos pueden ofrecer un amplio espectro de aromas que van desde lo sutil hasta casi insoportable, debido a la presencia de compuestos específicos y de su concentración (2). Los compuestos de este grupo que contienen hasta 8 átomos de carbono confieren un aroma desagradable al destilado, mientras que aquellos que superan los 10 átomos de carbono producen un sabor desagradable en la bebida (1).

Concentraciones de aldehídos por encima de lo establecido en la legislación brasilera para bebidas destiladas como la cachaça afectan su balance aromático y producen el rechazo de los consumidores. El valor máximo permitido por la normativa brasilera para este grupo de compuestos no debe ser mayor de 30 mg por cada 100 mL de alcohol anhidro, expresados como acetaldehído, que es el compuesto más común en las bebidas destiladas y que puede dar cuenta de hasta un 90 % del total de aldehídos en el whiskey, ron y brandy (2).

4.2.4. Alcoholes superiores

En este grupo se clasifican todos los compuestos que cuentan con un grupo funcional alcohólico y más de dos carbonos en su estructura molecular. Se trata de sustancias producidas durante la fermentación del jugo de caña y que juegan, también, un papel clave en el sabor y aroma característicos de las bebidas destiladas. Los alcoholes más relevantes del grupo son el isoamílico, propílico, isobutílico y amílico. La mayoría de los alcoholes superiores provienen de la degradación de aminoácidos que ocurre durante la fermentación (2). Una vez estos compuestos se encuentran

en exceso en el destilado es imposible removerlos y se recomienda el rechazo del lote de proceso (1).

Cardoso et al. investigaron la influencia del material de construcción del dispositivo de destilación sobre la composición química del producto destilado. Como resultado se pudo verificar que el contenido de alcoholes superiores disminuye en el siguiente orden, con respecto al material empleado: porcelana > acero inoxidable > cobre > aluminio (2). En el caso de los resultados de los análisis de 268 muestras de destilados de caña, obtenidos en Brasil, aproximadamente un 26 % de ellos correspondió a valores de alcoholes superiores por encima de los 360 mg por cada 100 mL de alcohol anhidro establecidos como máximo por la legislación de ese país (2).

4.3. Compuestos secundarios indeseables

4.3.1. Carbamato de etilo

El aspecto de seguridad más importante en relación con la fermentación de jugos de caña para la obtención de productos destilados es evitar la formación de precursores del carbamato de etilo (1). Este compuesto es considerado el principal contaminante en los destilados, pues fue clasificado como un agente carcinógeno del grupo 2A por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el cáncer (IARC) (7). La legislación brasileña estableció el valor máximo permisible de esta sustancia en la cachaça en 150 µg por litro (3). Sin embargo, es común encontrar concentraciones relativamente altas de esa sustancia en los productos comercializados allí. Cerca del 40 % de las muestras analizadas en un estudio que comprendió la recolección de 268 muestras de productos destilados brasileños no cumplió con el límite establecido (5).

Algunas sustancias precursoras del carbamato de etilo son la urea, citrulina, los fosfatos n-carbámilicos y el cianuro. La principal vía de formación del carbamato de etilo, durante la producción de destilados de caña, está relacionada con la formación del ion cianuro por la degradación enzimática de glucósidos cianogénicos presentes en la caña de azúcar (2).

Bortoletto y Alcarde (5) encontraron que un 39 % de las muestras de destilados que fueron analizadas para la determinación analítica de este contaminante no cumplieron con el contenido máximo de menos de 150 µg/L. Vilela *et al.* (4) encontraron que un 15 % de las muestras analizadas como parte de un estudio incumplían la legislación brasileña en relación con la concentración de esa sustancia. Esto muestra que puede haber una gran cantidad de muestras que incumplan lo establecido en la legislación de ese país y que dado el riesgo que ofrece esta sustancia para la salud de los consumidores, es extremadamente importante monitorear periódicamente su concentración en los lotes de producto obtenidos (2).

4.3.2. Furfural e hidroximetilfurfural (HMF)

Estas dos sustancias pueden encontrarse en el producto destilado, pero su presencia no está relacionada con el proceso de fermentación, sino con las técnicas empleadas para cosechar la caña

de azúcar; la quema de la caña antes de su cosecha incrementa las posibilidades de su formación. Su presencia se encuentra asociada, también, a la manera en que se lleva a cabo la destilación, ya que el azúcar y los residuos de pulpa presentes en el jugo de caña fermentado que se somete a ese proceso pueden favorecer la formación de estos compuestos. Incluso el añejamiento del destilado puede jugar un papel fundamental en la producción de estos aldehídos, ya que ciertos tipos de madera favorecen la posibilidad de que se formen, debido al efecto que los ácidos tienen sobre algunos azúcares, pentosas y algunos de sus polímeros como la hemicelulosa (2).

El calentamiento del jugo fermentado de la caña de azúcar, durante la destilación, puede hacer que la materia orgánica presente allí se queme, especialmente las hexosas y las cetosas, originando aldehídos furánicos. Estas sustancias ocurren con mayor frecuencia cuando se emplean dispositivos de destilación contruidos en cobre (2). Estos compuestos, además, le confieren un sabor desagradable al destilado, además de tener potencial efecto mutagénico (2).

4.3.3. Acroleína

La acroleína o 2-propenal se forma por la vía de la deshidratación del glicerol, durante la destilación o debido a la acción de los lactobacilos que pueden crecer en el caldo de fermentación y que convierten el glicerol en β -hidroxipropionaldehído que, a su vez, se convierte en acroleína debido a las altas temperaturas del proceso de destilación (2). Su presencia en el destilado es altamente indeseable, ya que es una sustancia extremadamente tóxica y que posee características mutagénicas para los seres humanos y los animales (2). Los vapores de acroleína son lacrimógenos y causan irritación ocular, nasal y de la garganta (2).

Una evaluación de 71 muestras de destilados de caña provenientes de plantas de producción medianas y pequeñas de Minas Gerais, en Brasil, para determinar su contenido de acroleína, mostró que un 9.85 % de las muestras analizadas arrojaron resultados superiores a los establecidos en la legislación brasilera para estas bebidas (8).

4.3.4. 1-butanol y 2-butanol

Estos compuestos se forman debido a la acción de bacterias y su presencia en el destilado puede comprometer su calidad; particularmente, cuando su concentración es alta. Se conoce que el 2-butanol se forma durante la fermentación del jugo de caña, como resultado de su contaminación *Clostridium acetobutylicum* (2). Otros estudios en los que se analizaron muestras de destilados de jugo de caña encontraron que la concentración de esas sustancias cumplía lo requerido por la normativa brasilera (4,6); mientras que, en otras investigaciones (5,9), se encontró que el 2-butanol y el 1-butanol eran responsables del 12.5 % y 38.0 % de las muestras que no cumplían con los requerimientos normativos en Brasil. La razón fundamental de la presencia de estos compuestos en el destilado final es la contaminación del caldo de fermentación durante esa etapa de su elaboración (10).

4.3.5. Metanol

El metanol se forma debido a la degradación de la pectina, un polisacárido que hace parte de la caña de azúcar, que está compuesto por cientos de moléculas de ácido galacturónico. Estas moléculas contienen fragmentos de metanol que son liberadas por ciertas enzimas durante la fermentación del jugo de caña (2).

La presencia de esta sustancia en el destilado final es altamente indeseable, ya que, aun cuando se encuentra, generalmente, en concentraciones bajas en el destilado, la exposición prolongada a esta sustancia puede causar ceguera e incluso la muerte (2). Es particularmente riesgoso el hecho de que los destilados de caña pueden ser adulterados con metanol, lo que ocasionaría intoxicaciones con un grave impacto en la salud pública. No obstante, en términos generales, la presencia de esta sustancia en el destilado como producto de su proceso de elaboración tiene lugar a concentraciones mucho más bajas que las agudas causantes de los efectos descritos anteriormente.

Un estudio adelantado en Brasil (6) permitió la evaluación de 38 muestras de destilados de caña en las que se encontró que las concentraciones de metanol fueron inferiores a los 20 mg por cada 100 mL de alcohol anhidro. Otro estudio (5) obtuvo resultados en los que, de 268 muestras analizadas, el metanol fue el contaminante responsable del 2.6 % de los incumplimientos de la normativa brasilera.

4.3.6. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)

Los HAP son compuestos considerados altamente genotóxicos y carcinogénicos. El Comité Experto Conjunto en Aditivos Alimentarios (JEFCA) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha listado 13 HAP que son utilizados como marcadores de la contaminación de los alimentos con estas sustancias (11); entre ellos, al benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benzo(a)fluoranteno y el 5-metilcriseno.

Los HAP se forman durante la pirolisis de compuestos orgánicos para formar cadenas más pequeñas, reacción que puede ocurrir a altas temperaturas. Estos compuestos de cadena corta son inestables y, eventualmente, se recombinan para formar los HAP, que son estables y tóxicos. Debido a que pueden producirse durante los procesos de preparación de alimentos, estos constituyen la vía más común de exposición humana a esas sustancias, tanto debido a la contaminación ambiental como al procesamiento térmico a altas temperaturas y la exposición a través de los gases de combustión (12).

De acuerdo con Bettin and Franco (13), dentro del grupo de las bebidas, los destilados tienen una concentración más alta de HAP. La presencia de estos contaminantes en estos productos se puede asociar con el lugar en el que se obtuvieron las materias primas, que pudieran haberse contaminado durante el proceso productivo, así como con el uso de sustancias lubricantes, tanques recubiertos o el uso de barriles de añejamiento tratados térmicamente (2).

Para el caso de las bebidas destiladas del jugo de caña, no se conoce antecedente legislativo que establezca un valor límite permitido de estas sustancias; por lo tanto, deben tomarse medidas para

el control del proceso de fabricación, de manera que se minimice su presencia en el producto final (14).

4.3.7. Cobre

El cobre puede utilizarse para construir los dispositivos de destilación en los que se producen los destilados de jugo de caña. Su presencia en el producto final puede catalizar reacciones en las que se produce etilcarbamato (15). Su presencia en los destilados es una de las razones más frecuentes de rechazo de producto cuando se intenta su exportación a mercados fuera de Brasil. La máxima cantidad de cobre en los destilados debe ser inferior a los 5 mg/L, de acuerdo con la normativa de ese país (3). Otros países, sin embargo, hacen requerimientos mucho más exigentes, de incluso 2 mg/L de cobre, debido a que, a pesar de no ser tóxico a esa concentración, puede conferirle un sabor ácido a la bebida (2).

Los consumidores habituales de bebidas destiladas de caña, en Brasil, con frecuencia sugieren que las bebidas preparadas artesanalmente y destiladas en dispositivos contruidos en cobre tienen una mejor calidad organoléptica que aquellos obtenidos industrialmente. La contaminación con cobre en los destilados artesanales puede incrementarse si el proceso de producción es inadecuado; especialmente, si no se presta atención a la limpieza de los equipos (5). Durante la destilación en equipos de cobre, se puede formar “verdigris” $[\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2]$ debido a la oxidación del cobre, que es soluble y permanece incluso después de la destilación (2). La ausencia completa de cobre en el producto final, sin embargo, puede afectar negativamente la calidad del producto, pues es causante de un aroma a sulfito no deseado (16).

La mayoría de los estudios que han investigado el control de calidad de las bebidas destiladas a partir de jugo de caña se han ocupado del cobre como uno de los parámetros más relevantes. Existen, además, múltiples técnicas analíticas que se pueden utilizar para determinar el contenido de cobre en el destilado. En casi la mitad de los casos evaluados en la literatura, las muestras de destilado analizadas con el fin de determinar su contenido de cobre arrojaron resultados que se encontraban por debajo del máximo establecido por la normativa brasilera (2).

Distintos estudios (2) en Brasil han mostrado que la concentración de cobre en las muestras analizadas fue superior al valor límite establecido en la normativa brasilera en un 26, 15 and 25 % de las muestras evaluadas, respectivamente. (4), en el que se evaluaron 21 muestras de destilado en Minas Gerais, Brasil, encontró que un 67 % de ellas contenía cobre en cantidades superiores 5 mg/L. Los autores sugirieron que el origen más factible de la presencia de cobre a esas concentraciones en los productos destilados es una pobre sanitización del equipo de destilación, lo que implica que al consumidor final de estos destilados no se le garantiza una adecuada calidad del producto.

4.3.8. Plomo y arsénico

El plomo y el arsénico son elementos tóxicos que pueden encontrarse en el agua, el suelo o en el equipamiento mecánico empleado durante la fabricación del producto. Una vez ingresan al organismo, se depositan allí por largas períodos de tiempo después de la exposición inicial. También pueden encontrarse en el producto destilado debido a su migración desde materiales de empaque o

debido a procedimientos inadecuados de soldadura en los equipos utilizados para producir la bebida (2). En la gran mayoría de los estudios efectuados para determinar su contenido en los productos destilados de caña, en Brasil, los resultados de los análisis para estos metales cumplen con los valores límite exigidos por la normativa de ese país (2).

5. Potenciales efectos tóxicos derivados del consumo de los contaminantes que podrían estar presentes en el viche/biche

Una vez identificadas las sustancias contaminantes que pueden estar presentes en los destilados de jugo de caña de azúcar, cuya presencia está relacionada con distintos aspectos del proceso y la materia prima allí empleada, acerca de los que se tratará en una sección específica haciendo énfasis en los procedimientos empleados para disminuir su presencia en el producto final, se procede a identificar los efectos tóxicos potenciales que pueden materializarse cuando la bebida a la que tiene acceso el consumidor final contiene esos contaminantes en cantidades que superan los valores de referencia establecidos por las agencias sanitarias internacionales o la normativa sanitaria específica.

Se procederá, entonces, a describir los efectos tóxicos que cada uno de los contaminantes identificados puede generar en la salud humana, en el mismo orden en que se presentaron en la sección anterior. Se presta especial atención al carbamato de etilo, sustancia clasificada como cancerígena que se encuentra presente en ciertas frutas y licores destilados de caña de azúcar; el metanol o alcohol metílico, cuya presencia en cualquier bebida alcohólica es foco de gran preocupación para la salud pública, principalmente porque se utiliza para reemplazar el alcohol etílico en las bebidas comercializadas de mayor consumo, pero no necesariamente por su presencia en los destilados cuando la sustancia se obtiene naturalmente como parte del proceso de fermentación.

5.1. Carbamato de etilo

Anteriormente, se usó como agente hipnótico, para el tratamiento del cáncer del mieloma múltiple y como analgésico. Actualmente, no se utiliza en la medicina humana (18). Se ha documentado la absorción, distribución, metabolismo y excreción del carbamato de etilo en animales de experimentación. Su metabolismo es mediado por una estearasa y genera carbamato de vinilo y epóxido de carbamato de vinilo, sustancias probablemente carcinógenas. La exposición a dosis altas de esta sustancia produce efectos tóxicos agudos sobre el sistema nervioso central, el tracto gastrointestinal, el bazo y el timo de animales usados en experimentación. Las dosis de exposición más bajas a esta sustancia provocan efectos crónicos en el bazo y el timo (18).

5.1.1. Efectos teratogénicos

En animales de experimentación, hay fuerte evidencia de su teratogenicidad (18). En los estudios reportados se observó que el peso corporal fetal disminuyó para todos los grupos tratados con

carbamato de etilo por la vía oral, en comparación con el de los controles. Cuando se administraron dosis relativamente altas de la sustancia, se observó disminución del peso de la placenta y del número de fetos vivos, así como una mayor incidencia de malformaciones esqueléticas, de pérdida de óvulos fecundados antes de su implantación, muertes tempranas y tardías. Cuando se administró carbamato de etilo a las hembras en gestación, se produjo fetotoxicidad. Mayor incidencia de malformaciones genéticas, defectos del tubo neural y paladar hendido, entre otros (18).

5.1.2. Efectos genéticos

En variabilidad entre los distintos ensayos en mamíferos; la mayoría de las respuestas positivas para clastogenicidad tuvieron lugar empleando dosis altas y en condiciones muy específicas. La mayoría de los datos indican que el carbamato de etilo es ineficiente para causar mutaciones puntuales en células de mamíferos in vitro (18,21).

5.1.3. Carcinogenicidad

El carbamato de etilo fue clasificado como probablemente carcinógeno para los seres humanos, en el grupo 2A de la IARC y se presume que el mecanismo de daño consiste en la acción causada por sus metabolitos y en un aumento de la proliferación celular en tejidos diana. Aun cuando no se dispone de datos en humanos, los estudios en ratones muestran una mayor incidencia de adenomas, carcinomas, linfomas y tumores en los individuos a los que les fue administrada la sustancia por diferentes vías (18).

5.2. Furfural e hidroximetilfurfural (HMF)

El furfural y el hidroximetilfurfural (HMF) son derivados del furano, sustancia clasificada por la IARC como posiblemente cancerígeno para los seres humanos, en el grupo 2B (19,22). No obstante, de acuerdo con las evaluaciones del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) no existe preocupación acerca de la seguridad derivada del uso del furfural y otros compuestos similares cuando se emplea como saborizante en los alimentos; en 2000, la JECFA estableció una ingesta diaria admisible (ADI) de 0-0,5 mg/kg de peso corporal para el furfural y otros compuestos derivados (23).

En el caso del HMF, está presente en diversos alimentos y productos de consumo. Se estima que la media de su ingesta diaria oscila entre los 30 y los 150 mg por persona. Diversos estudios adelantados durante las décadas de 1960 y 1970 mostraron una baja toxicidad aguda y crónica del HMF en ratones y ratas. No hay informes de caso sobre efectos adversos causados por la exposición a HMF en los seres humanos. De hecho, el HMF fue reportado inactivo en varias pruebas estándar de genotoxicidad in vitro. Por lo tanto, esos estudios concluyeron que el HMF en los alimentos y otras fuentes no representaba un problema toxicológico. Sin embargo, el HMF muestra alertas estructurales relacionadas con su anillo de furano, un grupo carbonilo insaturado y un grupo hidroxilo alílico que sugieren un riesgo genotóxico y actividad carcinogénica (24).

Se ha sugerido que las diferencias en los resultados de las pruebas de genotoxicidad in vivo y algunas pruebas in vitro puede deberse a razones relacionadas con el metabolismo de la sustancia

(24). En un estudio de 2 años adelantado por el programa nacional de toxicología de los Estados Unidos (25), se encontró que el HMF incrementa la incidencia de adenomas hepatocelulares en ratones hembra, mientras que no se encontró actividad carcinogénica en ratas ni en ratones. Adicionalmente, el HMF se asoció con un incremento en las lesiones del epitelio respiratorio y olfatorio de la nariz de ratas y ratones (25).

5.3. Acroleína

La exposición exógena o endógena a acroleína puede ejercer efectos deletéreos a la salud debido a su toxicidad. Se trata de una molécula de carácter electrofílico que se puede unir fácilmente a proteínas y ácidos nucleicos. Esa unión resulta en estrés oxidativo, entre otros efectos negativos. Diversos estudios han investigado la relación de la acroleína con el desarrollo de diversas enfermedades crónicas, incluyendo cardiovasculares, hepáticas, alzhéimer, diabetes y enfermedad obstructiva crónica. Estudios recientes han encontrado que la acroleína induce daños en el ADN y contribuye a la génesis de tumores. Como resultado de su presencia ubicua y de su potencial riesgo a la salud pública, la agencia ambiental de los Estados Unidos (USEPA) ha incluido a la acroleína como una sustancia tóxica de alta prioridad. El programa internacional para la seguridad química de la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido una ingesta diaria tolerable de acroleína de 7.5 µg/kg-día (26).

5.3.1. Carcinogenicidad

Se ha descrito que la acroleína cumple un rol en la formación de acrilamida, particularmente cuando está presente en los alimentos ricos en lípidos. La acrilamida ha sido clasificada como probablemente cancerígena para los humanos (grupo 2A) por IARC (27). No obstante, en lo estrictamente relacionado con la acroleína, no hay evidencia adecuada de su carcinogenicidad en humanos (27). Hay fuerte evidencia de que la acroleína exhibe múltiples características clave de los carcinógenos; por ejemplo, la acroleína es electrofílica; es genotóxica; altera la reparación del ADN y causa inestabilidad genómica; induce estrés oxidativo; es inmunosupresora; induce la inflamación crónica y altera la proliferación celular, la muerte celular y el suministro de nutrientes (27).

5.4. Metanol

El metanol o alcohol metílico es conocido como alcohol de madera ya que puede ser producido de la destilación destructiva de la misma. Los alcoholes son hidrocarburos que contienen un grupo hidroxilo (-OH) y el más simple es el alcohol metílico (CH₃OH), que a temperatura ambiente es un líquido incoloro, inflamable y tóxico (28). Las intoxicaciones por alcoholes tóxicos ocurren cuando hay ingestiones accidentales y exposiciones intencionales, siendo el metanol uno de los alcoholes con mayor morbimortalidad.

La morbilidad y la mortalidad en la intoxicación con metanol son más frecuentes en las personas jóvenes y sanas. La mayoría de los estudios de intoxicación con metanol mencionan hallazgos clínicos y paraclínicos relacionados con discapacidad visual, especialmente la ceguera, acidosis

metabólica con desequilibrio aniónico grave, los síntomas gastrointestinales, como dolor abdominal, náuseas y vómitos que pueden desencadenar en la muerte del afectado (29).

5.4.1. Efectos sobre el sistema nervioso central

La embriaguez puede ser un síntoma característico dependiendo de la cantidad administrada. La no presencia de embriaguez, no excluye la ingesta de alcohol, principalmente en personas con consumo crónico del mismo (28). El deterioro clínico se relaciona con síntomas secundarios a la producción de ácido fórmico dados por cefalea, confusión y estupor. Se han mencionado alteraciones en la marcha y la coordinación. En casos severos el paciente puede llegar a estado epiléptico, edema y herniación cerebral.

A nivel radiológico, aproximadamente el 60 % de los pacientes con intoxicación aguda por metanol tienen hallazgos anormales. Se evidencia necrosis hemorrágica y no hemorrágica de los ganglios basales, necrosis de la sustancia blanca y el edema cerebral difuso pueden conducir a un pronóstico grave. Uno de los hallazgos radiológicos más frecuentes es la necrosis bilateral de los ganglios basales e infartos del putamen (29,30).

5.4.2. Alteraciones visuales

La pérdida de la visión o las alteraciones resultantes secundarias a intoxicación con metanol resultan del efecto tóxico directo del metabolito anión del metanol, conocido como formiato, sobre el nervio óptico (29). Las manifestaciones son variables desde leve pérdida en agudeza visual, visión borrosa, visión en copos de nieve, visión en manchas o ceguera total con pérdida de percepción de la luz (28).

5.4.3. Otras complicaciones

La acidosis metabólica con una brecha aniónica elevada es una característica de la intoxicación aguda con metanol como consecuencia de su metabolismo para transformarlo en ácidos orgánicos tóxicos que se acumulan debido a que no tienen una vía natural rápida de eliminación. En la intoxicación con metanol, el ácido fórmico es responsable de la acidosis (28,29), que desencadena en una falla sistémica, lesión renal aguda, rhabdomiólisis, falla cardíaca, hipotensión y edema pulmonar (28).

5.5. Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Entre los 15 compuestos de hidrocarburos aromáticos policíclicos clasificados como probables carcinógenos humanos, el benzo[a]antraceno, el benzo[a]pireno y el dibenzo[a,h]antraceno han sido relacionados con el desarrollo de cáncer de vejiga (31).

Se ha detectado la presencia de estas sustancias en algunas bebidas alcohólicas. El benceno está clasificado como cancerígeno para los humanos, grupo 1, y puede causar varios tipos de leucemia (18). Hay pruebas sólidas de que los metabolitos del benceno inducen múltiples efectos genotóxicos a nivel de las células madre hematopoyéticas. Estos efectos conducen a cambios cromosómicos en humanos consistentes con los observados en el cáncer hematopoyético (19,32).

En intoxicación aguda en los casos de inhalación e ingestión, se presenta síntomas del sistema nervioso central cefaleas, vértigos, astenia y en casos graves convulsiones, seguidos de agitación psicomotora y embriaguez. Se puede observar cianosis, debida a la metahemoglobinemia, dificultad respiratoria en casos graves. En algunos pacientes puede presentarse ictericia como signo de hemólisis y trastornos digestivos como náuseas, vómitos, dolores abdominales y diarrea (33).

5.6. Cobre

5.6.1. Exposición aguda

Se requieren de dosis altas para causar efectos en la salud, mucho mayor a las permitidas en bebidas alcohólicas. Las manifestaciones clínicas se presentan mayoritariamente a nivel gastrointestinal, por irritación con emesis y dolor abdominal, seguido de hemorragia, ulceración o perforación gastroduodenal (34).

La hepatotoxicidad es una manifestación frecuente, puede ser de necrosis hepatocelular o de origen hemolítico. En la mayoría de los casos reportados, la metahemoglobinemia se produce de manera temprana con consecuente metahemoglobinuria, con lesión renal (34). A nivel neurológico se puede presentar alteración del estado de conciencia, depresión, letargo hasta coma o convulsiones (34).

5.6.2. Exposición crónica

El depósito de cobre en el organismo, concretamente en los ganglios basales, provoca trastornos del movimiento como ataxia, temblor, parkinsonismo, disfagia y distonía. También, se han reportado manifestaciones psiquiátricas, como cambios de comportamiento o trastornos del estado de ánimo (34,35). La intoxicación crónica con cobre es poco común en adultos, pero se ha notificado después del uso de suplementos dietéticos que contienen cobre; sin embargo, la exposición subaguda o crónica es común en niños en algunas partes del mundo (34).

5.7. Arsénico

Las concentraciones altas de arsénico en los alimentos y el agua potable o en el marco del desarrollo de actividades laborales pueden precipitar toxicidad crónica y, en algunos casos, cáncer. Millones de personas están expuestas a cantidades inaceptables de arsénico a través del agua potable y los alimentos. Las personas muy expuestas pueden desarrollar signos agudos, subagudos o crónicos de intoxicación, caracterizados por lesiones cutáneas, síntomas cardiovasculares y, en algunos casos, insuficiencia multiorgánica (36).

Se han encontrado niveles bajos de arsénico en la mayoría de los alimentos, en concentraciones por debajo de los 0,25 mg/kg. También se ha detectado arsénico en la cerveza (0–102,4 µg/L), licores (0–27 µg/L) y vino (0–14,6 µg/L) (18).

5.7.1. Exposición aguda

La intoxicación aguda con arsénico produce, inicialmente, náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea intensa. Puede ocurrir encefalopatía, neuropatía periférica o convulsiones. La parestesia en las extremidades es un síntoma frecuente de la exposición a As, que en algunos casos puede convertirse en una polineuropatía generalizada (36,37). También, pueden ocurrir manifestaciones cardiovasculares, que van desde taquicardia sinusal e hipotensión ortostática hasta shock. Se han reportado casos que simulan un infarto de miocardio o un síndrome de respuesta inflamatoria sistémica, con depleción del volumen intravascular, fuga capilar, disfunción miocárdica y disminución de la resistencia vascular sistémica (37). En casos severos se informa insuficiencia respiratoria, hepatitis, anemia hemolítica, lesión renal aguda, rabdomiólisis, arritmias ventriculares y muerte (37).

5.7.2. Exposición crónica

La exposición prolongada a arsénico se manifiesta con cambios en la pigmentación de la piel, hiperqueratosis y, con el tiempo, en el desarrollo de cáncer de piel (36). En los niños expuestos, pueden ocurrir efectos neuroconductuales (36). También, se pueden desencadenar enfermedades metabólicas; por ejemplo, diabetes mellitus tipo 2 en casos susceptibles (38); además, debido al aumento del estrés oxidativo, puede ocurrir deterioro de las estructuras y funciones del sistema cardiovascular, aumento de agregación plaquetaria y aterosclerosis grave (36).

5.7.3. Carcinogenicidad

El arsénico es un carcinógeno humano bien documentado que afecta a numerosos órganos. La IARC clasifica el arsénico semimetálico y los compuestos de arsénico inorgánico en el grupo 1 como carcinógenos humanos conocidos. Los compuestos inorgánicos de arsénico pueden causar cáncer de pulmón, piel y vejiga. Además, se ha observado una asociación positiva entre la exposición al arsénico y los compuestos inorgánicos de arsénico y el cáncer de hígado, riñón y próstata (19,39).

5.8. Plomo

El plomo inorgánico y los compuestos de plomo se consideran probablemente cancerígenos para el ser humano (grupo 2A), mientras que los compuestos orgánicos de plomo no son clasificables en cuanto a su carcinogenicidad para los humanos (grupo 3) (40). El riesgo a la salud humana derivado de la exposición a plomo se debe a su larga vida media en el cuerpo humano y su toxicidad crónica. El plomo afecta el sistema nervioso central, el riñón y diversas vías biosintéticas (19,41).

En un informe de la agencia europea de alimentos (EFSA) en el que se describió la magnitud de la exposición oral a plomo debida al consumo de distintas categorías de alimentos, se reportó que la ocurrencia media del límite medio (MB) para el vino tinto fue de 22 µg/kg y para el vino blanco de 29 µg/kg. La cerveza y las bebidas similares a la cerveza tenían una incidencia media de MB de 12 µg/kg (19,41).

En lo que respecta a la clínica propia de la intoxicación con plomo orgánico, la literatura al describe que los signos son, inicialmente, inespecíficos, incluyendo náuseas, vómitos, anorexia, insomnio e

inestabilidad emocional. Los pacientes presentan temblor y aumento de los reflejos, así como lesión hepática o renal. En casos más graves, estos síntomas progresan a encefalopatía con delirios, alucinaciones e hiperactividad, que se resuelven o empeoran hasta el coma y, en ocasiones, la muerte. Estos datos provienen de pacientes que estuvieron expuestos a través del abuso intencional de gasolina con plomo y de reporte de caso en ingestión accidental (42).

6. Puntos críticos de control (PCC) y buenas prácticas de manufactura (BPM) durante la fabricación de destilados de jugo de caña

6.1. Cultivo de la caña de azúcar

Los troncos de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) son la materia prima para la producción de destilados de jugo de caña. Las distintas variedades usadas para la producción de destilados corresponden a híbridos fundamentalmente obtenidos a partir de las especies *Saccharum officinarum*, *Saccharum spontaneum* y *Saccharum robustum*. Los troncos de caña de azúcar se componen de fibras de celulosa, hemicelulosa y lignina en un 13 %, así como de su jugo, en un 87 % (1). El jugo de caña está compuesto de aproximadamente un 80 % de agua, un 15 % de sacarosa y un 1 % de fructosa y glucosa.

Otros compuestos orgánicos, como proteínas, aminoácidos, lípidos, ceras, ácidos y pigmentos, además de compuestos orgánicos como sales minerales dan cuenta de un 1 % de su composición. Los azúcares presentes en la caña de azúcar son convertidos en etanol por las levaduras, durante la fermentación alcohólica del jugo de caña. En Brasil, las plantaciones de caña de azúcar para la producción de cachaza, un destilado de jugo de caña, corresponden a alrededor de 125.000 hectáreas, que son equivalentes a una producción anual de aproximadamente 10 millones de toneladas de caña de azúcar (1).

La caña de azúcar es susceptible a distintas enfermedades transmitidas por virus, como el del mosaico y de la clorosis; bacterias como *Bacterium albilineans*, causante del escaldado de las hojas, *Acidovorax avenae*, responsable de la raya roja o *Leifsonia xyli*, que causa el raquitismo de las socas, así como a hongos responsables del carbón de la caña de azúcar, *Ustilago scitaminea*, la mancha amarilla, causada por el *Cercospora koepkei*, la roya marrón o naranja, cuyo responsable es *Puccinia melanocephala* y el mal de piña, causado por *Ceratocystis paradoxa*, entre otros que pueden ser transmitidos por insectos (1). El control más efectivo de estas enfermedades es el desarrollo y uso de variedades resistentes, así como el uso de plántulas sanas para la siembra y biocidas (1).

El manejo integrado de la maleza en el cultivo de caña de azúcar incluye el control preventivo, para evitar la entrada o su dispersión en el cultivo; el control del cultivo, que implica el uso de variedades y de prácticas de cultivo que lo hacen más competitivo en relación con la maleza; el control mecánico,

mediante el desyerbado con azadón y el control químico de la maleza, que es muy utilizado por su eficiencia y bajo costo relativo (1).

El uso y administración de fertilizantes en el cultivo de caña de azúcar requiere de un diagnóstico de la fertilidad del suelo, la implementación de prácticas correctivas, como el uso de cal (carbonato de calcio), yeso agrícola (sulfato de calcio) o adición de fosfatos, medidas de conservación que incluyen la fertilización orgánica y verde, así como la fertilización mineral con nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes como el zinc, el cobre, boro y manganeso (1).

En relación con el suministro de agua, la caña de azúcar responde positivamente a la irrigación en situaciones en las que la precipitación no es suficiente para satisfacer su requerimiento de hidratación. La irrigación de la caña de azúcar brinda múltiples beneficios, tales como el incremento en la productividad y el contenido de azúcar en el tronco de la planta, menor tiempo de cosecha y longevidad del cultivo (1).

6.2. Cosecha de la caña de azúcar

Las enfermedades de la caña de azúcar pueden, también, inocularse en la planta a través de las herramientas usadas para cortar y cosechar el cultivo (2). La contaminación microbiológica del jugo de caña comienza cuando se corta la planta, porque las partes internas del tronco se hacen más susceptibles a la entrada de microorganismos del suelo, el aire y restos de la planta. La levadura y las bacterias lácticas son los microorganismos responsables del deterioro de los troncos de caña de azúcar. Estos microorganismos pueden reducir la viabilidad de las células de levadura durante la fermentación e incrementar la acidez del destilado, disminuyendo su calidad. La cosecha manual de la caña incrementa la cantidad de impurezas minerales, como tierra y arena, en la materia prima, mientras que la cosecha mecánica incrementa la cantidad de restos vegetales (1).

Se deben implementar medidas preventivas para evitar la presencia de residuos de pesticida en la materia prima. Por ejemplo, se debe observar el período de espera de cada producto químico (1). Los compuestos químicos usados o producidos durante el cultivo de la caña pueden estar presentes en el destilado final como contaminantes. La presencia de furfural y HMF estaría relacionada con la quema del cultivo de caña, que facilita la cosecha manual, pero que no es una práctica ambientalmente aceptable y está prohibida, por ejemplo, en la legislación brasileña. Al interior del tronco de caña, el calor proveniente de la quema del cultivo incrementa de manera intensa la temperatura, transformando los azúcares en productos como el furfural y el HMF, así como en HAP (1). Por lo tanto, evitar la quema del cultivo de caña como método de cosecha y hacerlo mecánicamente es parte fundamental de las buenas prácticas agrícolas para evitar la presencia de esos contaminantes en el producto final (1).

El furfural y el HMF pueden formarse, también, debido a la pirolisis de la materia orgánica que ocurre durante el proceso de destilación. Para prevenir su presencia, se requiere controlar el contenido de azúcar en el producto de la fermentación y esperar que llegue a su fin, esto es, cuando se alcancen los 0 ° Brix en el producto fermentado, para proceder a su destilación. Algunos residuos de levadura presentes en el jugo fermentado pueden pasar al equipo de destilación y debido a las altas temperaturas de ese proceso pueden promover la formación de productos de degradación de

azúcares. No obstante, la mayor parte del furfural y el HMF puede removerse con la primera fracción del destilado (1).

Estas sustancias también son resultado de la reacción de Maillard y de caramelización durante la fabricación de toneles para el añejamiento de bebidas alcohólicas (1). Compuestos como la celulosa y la hemicelulosa se convierten en HMF, 5-metilfurfural y furfural. En la bebida destilada que se somete a proceso de añejamiento, la presencia de estos compuestos a bajas concentraciones se asocia con agradables notas aromáticas, descritas como tostadas, acarameladas, dulces y que recuerdan las almendras tostadas (1).

6.3. Transporte de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una materia prima perecedera y debe procesarse dentro de las primeras 24 horas luego de su cosecha. Algunas de las buenas prácticas productivas que previenen su deterioro temprano comprenden su transporte expedito al sitio de proceso, así como su protección contra la luz solar y el calor, de manera que se minimice la pérdida de azúcar por exudación de la caña, el crecimiento de microorganismos, que pueden contaminar y oxidar la materia prima, así como prevenir la presencia de material extraño al proceso; por ejemplo, residuos del suelo o polvo (1). La transpiración de los troncos de caña cosechados ocasiona pérdidas debido a la reducción de su contenido de agua; ello incrementa el contenido relativo de fibra de la materia prima y reduce, por tanto, la eficiencia de la extracción del jugo durante su molienda (1).

6.4. Molienda de la caña de azúcar

Se pueden tomar medidas sencillas para prevenir la contaminación de la materia prima durante el proceso de molienda. En la medida de lo posible, el área destinada para esa etapa del proceso debe construirse en la cota más alta del terreno, siempre que los procesos posteriores se realicen por gravedad. No debería haber animales circulando por esta zona; idealmente, debería estar alejada de corrales, pocilgas y fuentes que produzcan malos olores. El piso del área de molienda debería ser resistente e impermeable, que permita un buen lavado. Puede ser construido en cemento, no muy liso, para evitar resbalones y accidentes. También se recomienda el uso de revestimientos de piedra, aunque ello puede dificultar la limpieza del lugar. Esta área también debe estar cubierta, con una altura mínima de techo de 3,0 metros, para proteger la caña de los efectos negativos de la acción del sol y lluvia (10).

Las buenas prácticas productivas implementadas durante la molienda permiten preservar la calidad del producto final. Cuando el molino no se somete a un procedimiento de limpieza adecuado, se puede convertir en fuente de contaminación microbiológica del mosto (1). Por otro lado, además de una buena capacidad de extracción, el molino empleado en el proceso debe contar con aislamiento de aceites y grasas, de manera que no entren en contacto con la materia prima y facilitar la higiene y limpieza después de la operación diaria, así como la adquisición de repuestos, asistencia y mantenimiento técnico (10).

En el caso de las fábricas de cachaça, en Brasil, se suele utilizar un solo juego de rodillos, alimentado manualmente, para extraer el jugo. En este caso, la extracción rinde entre 600 litros (molinos sin reguladores de presión) y 700 litros (molinos equipados con reguladores de presión) de jugo por tonelada de caña. Luego de esta primera extracción, el bagazo remanente aún contiene alrededor de un 35 % a 40 % de jugo (10).

Debido a que la porción de jugo restante es difícil de extraer, pues es retenida fuertemente por las fibras del bagazo, se puede agregar agua para proceder a una segunda extracción. El remojo del bagazo con agua, asociado al uso de astilladoras y trituradoras, permite aumentar la eficiencia de extracción hasta cerca del 90 %. Sin embargo, este procedimiento puede llegar a convertirse en una fuente de contaminación por bacterias, si se utiliza agua contaminada o cuando los trozos de caña de azúcar se someten a las condiciones ambientales por tiempo prolongado, favoreciendo la proliferación de microorganismos indeseados (10).

Cabe resaltar la importancia de la programación de rutinas de inspección periódica de las condiciones de mantenimiento del molino, además de que debe lavarse diariamente, antes y después de la molienda, así como no mantener lubricantes en exceso en el dispositivo para evitar la contaminación del mosto (10).

6.5. Fermentación del jugo de caña

La fermentación es considerada un punto crítico de control (PCC) debido a las implicaciones que tiene la calidad del mosto y su composición química y microbiológica sobre las características del destilado final (1). Los procedimientos de higiene y asepsia durante esta etapa son extremadamente importantes para evitar la contaminación del mosto y preservar las características sensoriales y de seguridad del producto final (1). La primera medida a considerar en ese sentido es fermentar el jugo de caña inmediatamente después de su preparación. Es decir, luego de que se ha llevado a cabo la limpieza y dilución del jugo de caña obtenido en la molienda, de manera que el mosto así producido cuente con las condiciones óptimas para la fermentación y se reduzcan las posibilidades de contaminación.

6.5.1. Limpieza del jugo de caña

El jugo de caña obtenido en la molienda de la caña contiene impurezas que deben ser retiradas antes del proceso de fermentación. Concretamente, es necesario filtrar y decantar el jugo antes de que pase a los recipientes en que tendrá lugar la fermentación. Para filtrar el jugo se puede usar, por ejemplo, una malla o tamiz delgado que retenga las impurezas de mayor tamaño; como, por ejemplo, residuos de bagazo o restos de hojas. Una malla de acero inoxidable con orificios de apertura de 1.0 mm sería un filtro conveniente (10).

Una vez se ha filtrado el jugo, conviene hacerlo pasar a través de un decantador, esquematizado en la Figura 3, en el que las partículas sólidas aún remanentes se depositen en el fondo. Estas partículas, generalmente, corresponden a residuos de tierra; su deposición en el fondo ocurre debido a que esas partículas son más densas que el jugo de caña. Otras partículas de bagazo que

permanecen en el jugo se pueden retener también en las aletas del decantador, ya que flotarán allí debido a su menor densidad con respecto al jugo de caña (10).

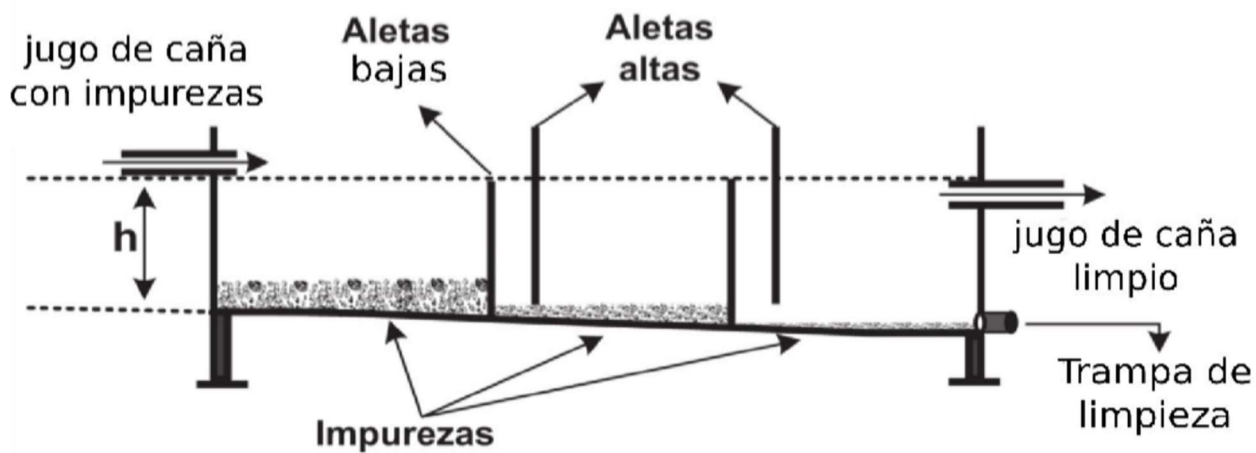


Figura 2. Diagrama esquemático de un decantador para la remoción de impurezas del jugo de caña como parte de su preparación para la fermentación. Adaptado de (10).

Si se permite que los restos de bagazo, hojas o partículas de tierra lleguen a los recipientes de fermentación, al secarse en sus bordes dan lugar a la formación de mucílago por contaminación bacteriana, ocasionando fermentaciones secundarias, como la láctica, butílica o málica, cuyos productos van a estar presentes en el destilado. Adicionalmente, como se mencionó previamente, la presencia de bagazo o sus restos en el mosto puede dar lugar a la formación de furfural y metanol durante la fermentación (10).

6.5.2. Dilución del jugo de caña

El contenido óptimo de azúcares en el mosto debe estar entre los 16 y 18 ° Brix; el jugo de caña tiene, generalmente, entre 20 y 24 ° Brix. Se debe, entonces, agregar agua en una cantidad suficiente para diluir el jugo y obtener un mosto de fermentación con la cantidad de sólidos solubles adecuada. El agua de dilución debe ser potable y no se recomienda agregarla en el recipiente de fermentación, ya que ello implica riesgos de choque osmótico para las células de la levadura, que pueden, eventualmente, disminuir la productividad y el rendimiento de la fermentación. La dilución del jugo de caña debe llevarse a cabo en tanques exclusivos para tal fin (10).

6.5.3. Fermentación

La manera más común de llevar a cabo la fermentación del mosto es por lotes a los que se adiciona levadura reciclada obtenida por decantación de los tanques o cubas de fermentación, la levadura reciclada representa entre el 17 % y el 20 % del volumen de la cuba de fermentación (1). Las buenas prácticas de fermentación requieren que el pH del mosto se encuentre entre 4.5 y 5.5. La temperatura adecuada debe estar entre los 28 °C y los 32 °C. Cada ciclo de fermentación toma, aproximadamente entre 14 y 24 horas. Es importante disponer de sistemas de enfriamiento y calefacción durante la fermentación (1).

No se aconseja el uso de levaduras presentes en la caña de azúcar, el mosto o en el aire del lugar, ya que no tienen un buen desempeño en la producción de etanol y están acompañadas de una gran variedad de microorganismos que hacen que esta levadura lleve a cabo fermentaciones inconstantes y difíciles de controlar, perjudicando la calidad final del producto destilado (1). Su uso favorece la producción de ácido acético, acetaldehídos, ésteres y alcoholes superiores que son indeseables en el destilado final (3). El uso de levaduras alcohólicas y la implementación de buenas prácticas de manufactura reducen sustancialmente el riesgo de contaminación (1).

Es conveniente hacer un tratamiento térmico del jugo de caña antes de su inoculación con levadura, ya que de esa manera se reduce la cantidad de microorganismos indeseados en el mosto (1). El tratamiento térmico ideal consiste en un aumento súbito de temperatura en el intervalo entre los 70 °C y los 100 °C, seguido de una disminución rápida. Ese tratamiento favorece la prevalencia de la levadura que se inoculará en el proceso de fermentación propiamente dicho.

La presencia de metanol se puede prevenir mediante la eliminación de las partículas sólidas presentes en el jugo de caña obtenido en la molienda. Es decir, mediante el filtrado y decantación previos es posible controlar la formación de metanol durante la fermentación y su presencia en el destilado final. También, es posible utilizar tratamientos térmicos y químicos para favorecer la floculación, coagulación y sedimentación de coloides; de esa manera, se obtendrá un jugo de caña claro y con una menor contaminación microbiana mucho más adecuado para la fermentación (1). Una vez formado durante la fermentación, el metanol puede ser concentrado en la fracción inicial del destilado o “cabeza” y la mayoría de su contenido se puede remover efectuando una doble destilación (1).

Los compuestos congéneres volátiles generados durante la fermentación son deseables en el destilado final, pero debe prevenirse su formación excesiva. El contenido de los congéneres volátiles solo se puede medir en el producto destilado y no existen procesos para monitorizar su concentración durante la fermentación (1). La volatilidad ácida puede evitarse si se previene la contaminación del mosto con bacterias acéticas. Para ello, por ejemplo, se debe efectuar la limpieza de los equipos, recipientes e implementos antes y después de cada fermentación (1).

El 1-butanol y el 2-butanol son contaminantes producidos por la acción de bacterias después de la fermentación; particularmente, cuando se tarda mucho tiempo en destilar el producto de la fermentación y no se implementan buenas prácticas de manufactura. Es imposible remover estos productos mediante el corte de las fracciones de destilación. No se debe dejar pasar mucho tiempo entre la finalización de la fermentación y la destilación, si se quiere prevenir la formación de estos contaminantes (1).

Con el fin de evitar la presencia de aldehídos en exceso en el producto final, se requiere evitar el uso de levaduras no alcohólicas o salvajes. No obstante, es posible corregir su concentración durante la destilación, mediante el corte de la fracción inicial o “cabeza” (1).

La presencia en exceso de alcoholes superiores se puede prevenir manteniendo la temperatura ideal durante la fermentación; esto es, entre 28 °C y 32 °C; usar levadura alcohólica para la fermentación, controlar que el pH del mosto no sea mayor a 4.0; evitar la oxigenación intensa del tanque de fermentación y minimizar el periodo de tiempo entre el final de la fermentación y el inicio de la

destilación. Cuando hay alcoholes superiores presentes en el destilado, es imposible removerlos y se recomienda desechar el lote de producción (1).

El punto crítico de control durante la fermentación lo constituye la prevención de la formación de precursores del carbamato de etilo, tales como urea, citrulina y n-carbamilfosfatos (1). Estos precursores pueden formarse debido a la tendencia a generarlos de algunas cepas de levadura y subproductos de su metabolismo, a ciertos parámetros de la fermentación, tales como la temperatura, la concentración de alcohol, la acidez, el pH, el sistema de destilación, y otros relacionados con el tratamiento del producto luego de haber sido destilado (1). Los métodos considerados para evitar su presencia en el destilado final consisten en evitar el uso de fertilización excesiva del cultivo de caña de azúcar, así como la suplementación del mosto con compuestos de nitrógeno, controlar y mantener la temperatura de fermentación en el intervalo ideal y usar levadura alcohólica (1).

Idealmente, el proceso de fermentación alcohólica debe completarse dentro de 14 a 18 horas. Durante la fermentación ocurren cambios en el mosto, como la liberación de dióxido de carbono, la formación de espuma y la liberación de aromas. El aroma percibido debe ser agradable, similar al de las frutas maduras; cualquier signo de aroma ácido, sulfhídrico (huevos podridos) o avinagrado es sinónimo de contaminación y se considera indeseable, ya que los compuestos que se producen durante esas fermentaciones perjudican el rendimiento alcohólico y la calidad fisicoquímica del destilado final (10).

El ciclo de fermentación termina cuando la levadura que está suspendida en el líquido empieza a decantar. La decantación de la levadura es necesaria para separarla del líquido y evitar su presencia en el equipo de destilación, pues ello también afecta la calidad del destilado. Una vez separada del líquido, la levadura puede ser reutilizada en otra fermentación (reciclado de levadura). El punto final de la fermentación debe verificarse utilizando un densímetro, que indicará cero o valores más bajos debido a la presencia de etanol, así como la ausencia de burbujas en la superficie del líquido. Cabe reiterar que la destilación del producto de la fermentación debe efectuarse tan pronto como termine la fermentación y la levadura se asiente (10).

6.6. Destilación

Usualmente, el destilado de caña se obtiene por destilación simple y la separación de las distintas fracciones del destilado se controla manualmente. Aun cuando no es lo más común, es posible hacer una segunda destilación del primer destilado; la primera destilación permite recuperar etanol a partir del producto de la fermentación, mientras que, durante la segunda, se hacen los cortes o fracciones al producto de la destilación de manera que la “cabeza” corresponde al 10 % inicial de volumen del destilado; el “corazón” o la “flor” del destilado corresponde al 60 % en volumen del destilado y 30 % final corresponde a la “cola” (1).

Las buenas prácticas productivas, durante la destilación, permiten remover o reducir sustancialmente algunos compuestos cuya presencia en el destilado es indeseable. Aldehídos, ésteres y metanol estarían presentes en los componentes de la “cabeza” del destilado, ya que van a estar más concentrados en esa primera fracción. El exceso de esas sustancias puede eliminarse controlando

que el volumen de esa fracción corresponda al 1 % o 2 % del recipiente de destilación. El ácido acético y el furfural se concentran en la última fracción del destilado y se pueden remover si se corta el 38 % de alcohol en volumen en el destilado potable, de acuerdo con la prueba de desempañado. Esa prueba permite determinar el punto exacto para el corte de la fracción de “cola” y ocurre cuando se identifica una turbidez ligera en el destilado, debido a la presencia de ésteres de ácidos grasos (1).

Para minimizar la concentración de cobre en el destilado final se recomienda que, durante las pausas en la producción, se mantengan llenos con agua el recipiente y los conductos que transportan el producto de la fermentación hacia el recipiente de destilación. Cuando se vuelve a efectuar una nueva destilación, se debe hacer empleando una solución de ácido acético al 2 %; la acidez promueve la remoción de compuestos de cobre como el “verdigris”. Se puede también usar una solución de vinagre o limón cuando no se tenga acceso a una solución comercial de ácido acético (10).

Para el caso de la acroleína, su presencia en el destilado final se puede reducir controlando el corte de la fracción de “cabeza”. Por otra parte, la redestilación es una medida que ayuda a reducir el contenido de compuestos indeseables, especialmente para controlar el contenido de carbamato de etilo, que puede disminuir hasta en un 90 % empleando altas tasas de reflujo del destilado (1).

Los metales pesados pueden contaminar el producto final en la medida en que están presentes en equipos, herramientas, el agua o cualquier elemento empleado para su fabricación. Es recomendable utilizar herramientas y equipos de acero inoxidable; verificar la composición del agua potable utilizada durante todas las etapas del proceso de fabricación, al menos cada 6 meses (1).

6.7. Filtración y estandarización

La filtración y estandarización se llevan a cabo para remover cualquier partícula sólida presente en el producto final, ajustar su contenido de alcohol y evitar turbidez en el destilado. La presencia de partículas depositadas en el fondo de la botella o suspendidas en el líquido se consideran contaminantes físicos del producto. Es clave emplear agua potable para la estandarización o ajuste de los parámetros de calidad del producto final. El agua debe, además, someterse a filtración para evitar que contenga metales pesados (1).

6.8. Embotellado

El embotellado debe efectuarse en un cuarto aparte de la planta de procesamiento destinado exclusivamente para ese fin (3). Para verificar que no existe contaminación física en el producto final, como vidrio, partes de maquinaria, insectos, etc., se recomienda llevar a cabo la inspección visual periódica del producto final e implementar buenas prácticas de manufactura durante el proceso y en el área de embotellamiento. En caso de la detección de cualquier contaminante físico al interior de la botella, debe ser obligatorio su rechazo (1).

7. Medidas de control adicional durante el proceso de obtención de bebidas destiladas del jugo de caña de azúcar

7.1. Madurez óptima de la caña de azúcar

Tabla 2. Interpretación de los resultados del índice de maduración de la caña de azúcar para la determinación del momento óptimo de corte. Tomado de (10)

Índice de maduración	Interpretación
>0,6	Inmadura (verde)
0,6 – 0,7	Baja maduración
0,7 – 0,84	Maduración media
0,85 – 1,0	Maduración óptima
>1,0	Maduración excesiva

Hay que determinar el momento óptimo del corte de la caña de azúcar, de manera que se obtenga el mayor contenido de azúcar en el jugo, el mayor rendimiento de etanol en el caldo fermentado y, finalmente, de producto destilado. Una manera de determinar el momento óptimo de corte es mediante la inspección de varias cañas al azar, cubriendo toda el área cosechar; por ejemplo, 10 a 12 cañas y extraer unas gotas de jugo, aproximadamente del cuarto entrenudo contando desde la base, así como del último entrenudo del que se desprende la vaina fácilmente, empleando las herramientas que se muestran en la Figura 4, para medir con el refractómetro de campo lo grados Brix del jugo y calcular el índice de maduración (IM) (10).

El índice de maduración se obtiene dividiendo los valores de los ° Brix obtenidos para el entrenudo superior y el inferior. Aquí es importante tener en cuenta que el proceso de maduración tiene lugar desde la base de los tallos hacia el ápice; como consecuencia, la base del tallo muestra mayor contenido de azúcares que su parte superior (10). En la Tabla 2, se puede consultar la manera de interpretar el resultado obtenido para el IM, de manera que se pueda saber si es el momento óptimo para el corte de la caña.

7.2. Preparación del caldo de fermentación

Cuando el caldo que se alimenta a las cubas tiene una concentración alta de azúcares, su fermentación puede dar lugar a una alta graduación alcohólica durante esa etapa del proceso; ello es perjudicial para la capacidad fermentativa de las levaduras y es la causa de fermentaciones lentas

e incompletas, lo que se refleja en una reducción del rendimiento en la producción de la bebida destilada. Por otra parte, un contenido de azúcares por debajo de 15 ° Brix en el caldo de fermentación resulta en fermentaciones muy rápidas y en una mayor producción de alcoholes superiores, debido a mayores tiempos de residencia del alcohol en las cubas de fermentación, así como a una mayor probabilidad de contaminación bacteriana. Los caldos muy diluidos aumentan la producción de vinaza, el consumo de energía y de agua en el proceso (10).

Para calcular la cantidad apropiada de agua que se debe adicionar al jugo de caña para ajustar los grados Brix en el intervalo de los 16 – 18, se puede emplear una regla de tres. Por ejemplo, cuando se agregan 2,0 litros de agua a 16,5 L de jugo de caña con 20 ° Brix, se obtiene un caldo de fermentación de 18 ° Brix (10). La medición de los grados Brix del jugo de caña y del caldo de fermentación se obtiene mediante el uso de un refractómetro de campo como el que se muestra en la Figura 4.

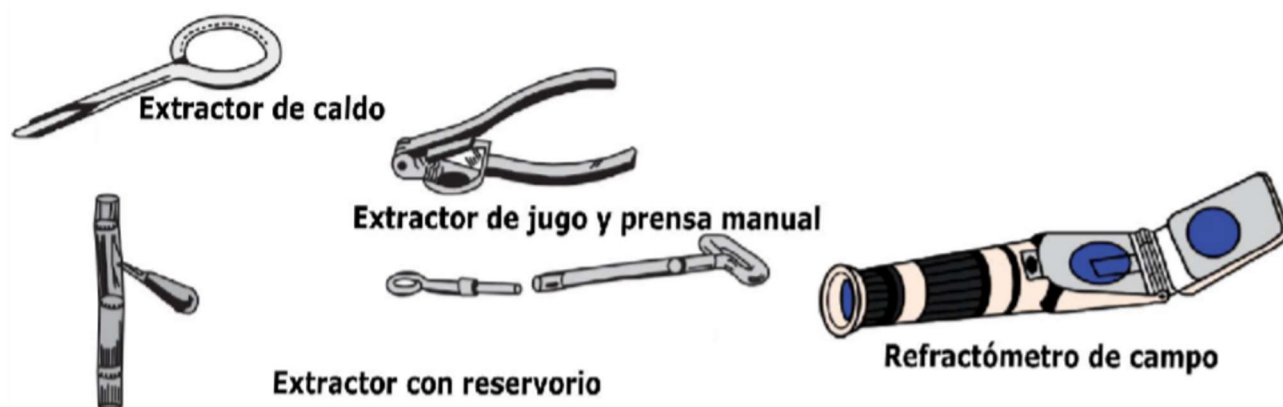


Figura 3. Sistema de extracción de jugo y refractómetro de campo empleados para la medición de los grados Brix y el cálculo del índice de maduración de la caña de azúcar. Tomado de (10)

7.3. Medición de la temperatura y contenido alcohólico

El registro de la temperatura, durante la etapa de fermentación alcohólica y la destilación, es clave para llevar a cabo el control de esos procesos y hacer ajustes en caso de que se requieran. Existen en el mercado termómetros específicamente diseñados para su uso en los procesos de fermentación y que pueden emplearse en conjunto con equipo industrial o artesanal para la obtención de bebidas destiladas del jugo de caña de azúcar.

En relación con las fracciones del destilado y el uso del alcoholímetro para la determinación de su contenido de etanol en volumen, la primera fracción corresponde a registros por encima del 60% v/v. Esa fracción suele ser aproximadamente del 1,0% al 2,0% del volumen total de caldo de fermentado alimentado a la destilación. El mejor procedimiento para definir el punto de corte de la primera fracción de destilado sería llevar a cabo un análisis de laboratorio para establecer las concentraciones de metanol, acetaldehído y acetato de etilo, de manera que se pueda determinar el porcentaje del

alimento o el grado de alcohol que se debe utilizar para el corte de la fracción; de esa manera se evitarían pérdidas innecesarias y no se pondría en riesgo la calidad del producto (10).

La fracción de destilación que constituye la bebida alcohólica de interés corresponde, aproximadamente, hasta un 16 % del volumen total a destilar, dependiendo del grado alcohólico deseado y de la concentración de alcohol en el caldo fermentado; esa fracción equivale a cerca de un 80 % del destilado total. El límite de corte de la fracción se alcanza cuando el grado alcohólico del destilado se encuentra entre un 38 % y un 40 % (v/v). Cuando el contenido alcohólico está por debajo del 38 % la apariencia del destilado se hace turbia y es indeseable para la bebida (10).

La fracción final equivale, aproximadamente, al 3,0% del volumen total a destilar y su punto de corte se alcanza cuando el grado alcohólico del destilado llega a 14% (v/v); esta fracción suele corresponder al 15% del volumen total del destilado. A partir de allí, la destilación se hace económicamente inviable y lo que sobra en batería de destilación se considera vinaza (10).

8. Análisis de casos de intoxicación con metanol y de los resultados de las pruebas de laboratorio practicadas por el Invima

Finalmente, en consideración de los casos de intoxicación con metanol ocurridos durante el período comprendido entre 2019 y 2022, que se registran en la base de datos del sistema de vigilancia en salud pública (Sivigila), se concluye que, a excepción del Valle del Cauca, en la región pacífica no hay una frecuencia relativa de casos de intoxicación con metanol particularmente mayor a la que se observa en otros departamentos del país.

Poco menos del 10.0 % de los casos de intoxicación con metanol que ocurrieron en Colombia, durante el período analizado, tuvieron lugar en el Valle del Cauca; aproximadamente, el 20,5 % de todos los casos de intoxicación con esa sustancia, que fueron registrado al Sivigila, afectaron a residentes de Antioquia y Valle del Cauca. En el Cauca, se registraron poco más del 4,0 % de las intoxicaciones con metanol que fueron notificadas; en Nariño el 2,6 %, mientras que, en Chocó, tuvieron lugar un poco más del 1,0 % de los casos nacionales, como se puede consultar en la Tabla 3.

Para el caso específico de la región pacífica, los casos ocurridos en el Valle del Cauca dan cuenta de un poco más del 56,0 % de los registrados en esa región del país. Cauca, Nariño y Choco notificaron poco menos del 44,0 % de los casos de intoxicación con metanol en la región pacífica. Hay que tener en cuenta que el Valle del Cauca es el departamento más poblado de la región y ello afecta la frecuencia de ocurrencia de los casos que se observa en la Tabla 4.

Por otra parte, cerca de un 33,0 % de los casos de intoxicación que ocurrieron en la región, durante el periodo analizado, fueron de carácter accidental, mientras que en una proporción igual de los casos no fue posible establecerlo. Cerca del 93,0 % de los casos de intoxicación tuvieron lugar por vía oral

y, en cerca de un 54,0 % de las notificaciones, se estableció que el lugar de exposición fue el hogar del afectado. Lo anterior se puede verificar en las tablas 4, 5 y 6.

De los datos en cuestión se advierte que aun cuando la mayor proporción de casos con carácter accidental podría relacionarse con la presencia de metanol en bebidas artesanales, como el viche-biche, existen otro tipo de preparados y destilados artesanales que no necesariamente tienen alguna relación con esa bebida que podrían estar involucrados en los casos notificados. El hecho de que

Tabla 3. Distribución de frecuencias de eventos por departamento de intoxicación por metanol a nivel nacional (n = 653). Fuente: SIVIGILA 2019 - 2022

Departamento	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
Antioquia	69	10,57 %	10,57 %
Valle	65	9,95 %	20,52 %
Cundinamarca	64	9,80 %	30,32 %
Atlántico	50	7,66 %	37,98 %
Córdoba	44	6,74 %	44,72 %
Bogotá	40	6,13 %	50,84 %
Bolívar	34	5,21 %	56,05 %
Caldas	34	5,21 %	61,26 %
Sucre	28	4,29 %	65,54 %
Cauca	27	4,13 %	69,68 %
Santander	26	3,98 %	73,66 %
Barranquilla	25	3,83 %	77,49 %
Tolima	22	3,37 %	80,86 %
Nariño	17	2,60 %	83,46 %
Risaralda	15	2,30 %	85,76 %
Magdalena	13	1,99 %	87,75 %
Boyacá	11	1,68 %	89,43 %
Cartagena	10	1,53 %	90,96 %
Guajira	9	1,38 %	92,34 %
Santa Marta	9	1,38 %	93,72 %
Cesar	8	1,23 %	94,95 %
Meta	8	1,23 %	96,17 %
Norte de	8	1,23 %	97,40 %
Chocó	7	1,07 %	98,47 %
Quindío	2	0,31 %	98,77 %
Reino Unido	2	0,31 %	99,08 %
Vichada	2	0,31 %	99,39 %
Casanare	1	0,15 %	99,54 %
Guaviare	1	0,15 %	99,69 %
Putumayo	1	0,15 %	99,85 %
San Andrés	1	0,15 %	100,00 %
TOTAL	653	100,00 %	100,00 %

Fuente: Tabla elaborada por los autores con información de Sivigila.

aproximadamente un 54,0 % de las intoxicaciones con metanol, en la región pacífica, ocurran en el hogar debilita la hipótesis de que una bebida comercial esté involucrada en los casos de intoxicación, ya que es más probable que ese sea el caso en intoxicaciones que ocurren en establecimientos comerciales.

Tabla 4. Distribución de frecuencias de eventos por departamento de intoxicación por metanol en la región Pacífico (n = 116). Fuente: SIVIGILA 2019 – 2022.

Departamento	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
Valle del Cauca	65	56,03 %	56,03 %
Cauca	27	23,28 %	79,31 %
Nariño	17	14,66 %	93,97 %
Chocó	7	6,03 %	100,00 %
TOTAL	116	100,00 %	100,00 %

Fuente: Tabla elaborada por los autores con información de Sivigila.

Tabla 5. Distribución de frecuencias de tipo de intoxicación en región Pacífico (n = 116). Fuente: SIVIGILA 2019 - 2022.

Tipo de intoxicación	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
Accidental	38	32,76 %	32,76 %
Desconocida	38	32,76 %	65,52 %
Psicoactiva	30	25,86 %	91,38 %
Automedicación	9	7,76 %	99,14 %
Ocupacional	1	0,86 %	100,00 %
TOTAL	116	100,00 %	100,00 %

Fuente: Tabla elaborada por los autores con información de Sivigila.

Tabla 6. Distribución de frecuencias de vía de exposición en región Pacífico (n = 116). Fuente: SIVIGILA 2019 - 2022.

Vía de exposición	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
Oral	108	93,10 %	93,10 %
Dérmica / mucosa	4	3,45 %	96,55 %
Respiratoria	4	3,45 %	100,00 %
TOTAL	116	100,00 %	100,00 %

Fuente: Tabla elaborada por los autores con información de Sivigila.

En relación con los resultados de los análisis practicados por el Invima a 41 muestras de biche-viche procedentes de Tumaco y Barbacoas, en Nariño; Buenaventura, en el Valle del Cauca y Timbiquí, López de Micay y Guapi, en el Cauca, durante mayo y junio de 2022, algunos de los parámetros comparables con los establecidos para la cachaça, en Brasil, permiten advertir una gran dispersión de los datos obtenidos, como se puede observar en la Figura 6.

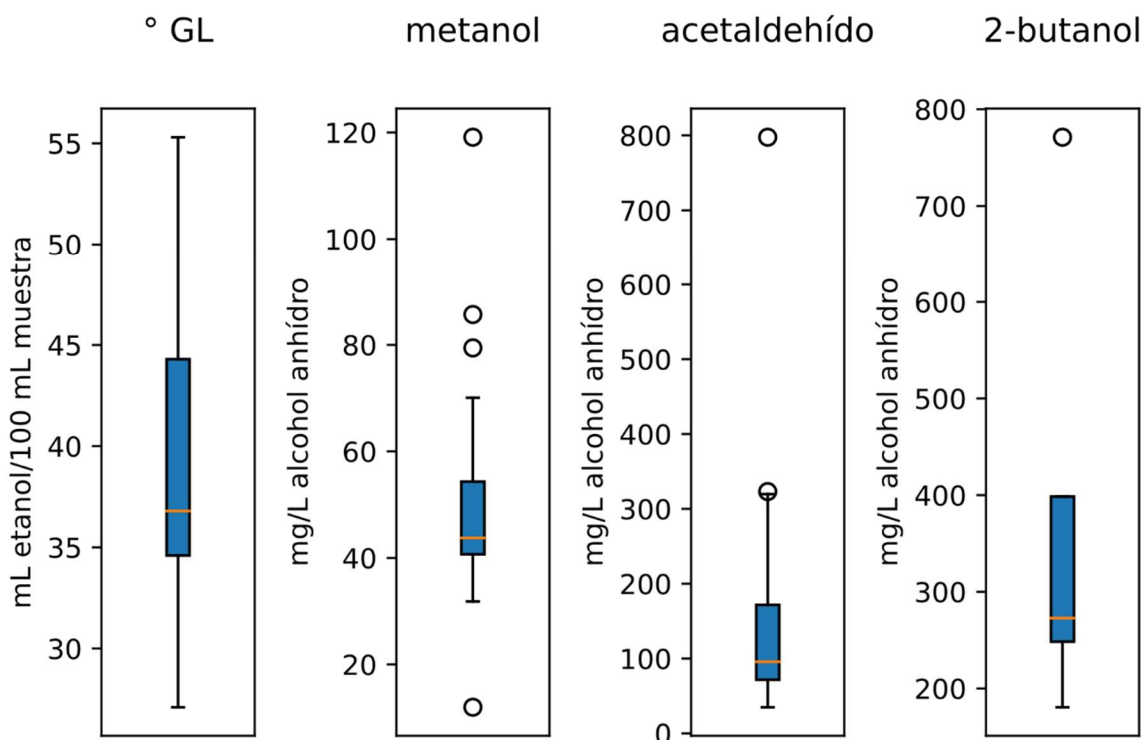


Figura 4. Diagrama boxplot para los resultados de los análisis de laboratorio correspondientes al grado alcohólico, contenido de metanol, acetaldehído y 2-butanol obtenidos por el Invima, durante mayo y junio de 2022

La mediana del contenido alcohólico, para el caso de las muestras analizadas por el Invima, correspondió a los 36,8 ° GL (Ga- Lussac o %v/v); ese valor se encuentra dentro del intervalo establecido por la normativa brasilera para la cachaça, entre los 38 y los 48 °GL. El rango intercuartílico de los resultados corresponde al comprendido entre los 34,6 y los 44,3 ° GL, también dentro del intervalo aceptado por la normativa brasilera. En términos generales, se trata de datos relativamente escasos que muestran una dispersión aceptable.

Para el caso del contenido de metanol, la mediana de los resultados de los análisis correspondió a los 43,74 mg/L de alcohol anhidro, registro que supera el máximo establecido por la normativa brasilera para la cachaça, de 20 mg/L de alcohol anhidro. Se trata de un contenido de metanol relativamente alto. El rango intercuartílico de los resultados para el contenido de metanol fue el comprendido entre los 40,67 y los 54,31 mg/L de alcohol anhidro y la desviación estándar fue de 19,5, lo que indica una mayor dispersión de los datos que en el caso del contenido alcohólico.

Para el acetaldehído, el valor de la mediana de los resultados fue un poco más de dos veces superior al establecido para la cachaça; 95,62 mg/L de alcohol anhidro, mientras que el valor máximo de la normativa brasilera es de 30 mg/L de alcohol anhidro. En cuanto al 2-butanol, la mediana de los resultados de los análisis fue poco más de 26 veces superior a lo permitido por esa misma regulación; 262,7 mg/L de alcohol anhidro, mientras que el valor máximo es de 10 mg/L de alcohol anhidro.

La comparación de estos cuantos parámetros permite advertir una dispersión relativamente alta de los datos, así como un exceso en las concentraciones de metanol, acetaldehído y 2-butanol varias veces por encima de los máximos permitidos para la cachaça brasilera.

9. Apreciaciones finales

Las bebidas alcohólicas obtenidas a través de la destilación del jugo de caña fermentado tienen un origen, procedimiento de fabricación y características similares. Por supuesto, cada una tiene unas particularidades que la hacen única; tan solo el hecho de ser obtenidas a partir de una materia prima cultivada y cosechada en distintos suelos, climas e irrigada con fuentes de agua de distinta naturaleza es ya una diferencia que confiere propiedades particulares a cada una de ellas. El biche/viche hace parte de ese grupo de bebidas y por ende comparte similitudes y características con otras bebidas destiladas de Latinoamérica, el Caribe e incluso el sudeste asiático, pero goza de propiedades únicas que le confiere la cultura del pueblo afrocolombiano del pacífico y su proceso de fabricación que ha sido heredado de generación en generación.

Como todas las bebidas artesanales, existe una gran heterogeneidad en las características del producto final obtenido y eso constituye uno de los atractivos para muchos de los consumidores de ese tipo de bebidas. El biche/viche no es la excepción; hay una gran variedad de productos comercializados con ese nombre y otras denominaciones que comparten un origen común, pero cuyos contenidos alcohólicos y de otros componentes no obedecen a un estándar de la bebida. Aun cuando eso es un atractivo para muchos consumidores, puede también ser fuente de preocupación para la salud pública, en la medida en que existe la posibilidad de que no se cumpla con las condiciones mínimas que brinden la seguridad de que la bebida no afectará la salud de su consumidor final.

Una bebida alcohólica que contenga contaminantes como el carbamato de etilo, metanol, alcoholes superiores, acroleína y algunos metales pesados puede ocasionar daños graves a la salud, a corto o largo plazo, que son inaceptables en materia de salud pública. Riesgos de carcinogenicidad, de daños al sistema nervioso, cardiovascular, ceguera y muerte, entre otros, son lastres con los que ningún productor, artesanal o industrial, quiere que se relacione a su producto. Ninguna autoridad sanitaria quiere, tampoco, que la salud de su población pueda verse amenazada por el consumo de una bebida.

Teniendo en cuenta la legislación nacional sobre la promoción del biche/viche y la necesidad de proteger la salud pública de manera simultánea, se requiere definir unos procedimientos mínimos de control, que tendrían que implementarse durante el proceso de fabricación del biche/viche para

minimizar la presencia de esas sustancias contaminantes y así, no solo proteger la salud pública, sino abrir las puertas de nuevos y más grandes mercados para una bebida que, sin duda, puede hacerse a un lugar de privilegio entre los productos similares ofrecidos mundialmente. La cachaça brasileira es un excelente ejemplo de una bebida que ha incluso llegado a tener denominación de origen en mercados como el de los Estados Unidos y Europa, cuya producción y consumo no han hecho más que crecer durante las últimas décadas.

Teniendo en cuenta las similitudes en el origen, proceso de fabricación, entre otras que existen entre el biche/viche y la cachaça, se ha adelantó una revisión de la literatura que describe no solo los contaminantes comunes que se encuentran entre esas bebidas destiladas del jugo de caña de azúcar, sino los procedimientos que se pueden emplear para reducir y minimizar su presencia en el producto final. Medidas que incluyen procedimientos sugeridos a implementar durante el corte de la caña, su transporte, almacenamiento, molienda, limpieza y filtración del jugo, dilución, fermentación, destilación y embotellado del producto final, de manera que sirvan de base para la formulación de requerimientos normativos que la autoridad competente debe efectuar.

Estas medidas se formulan con base en la identificación de puntos críticos de control del proceso de fabricación que ya han sido tratados en detalle en el apartado correspondiente, pero que se resumen aquí con el fin de llamar la atención sobre aquellos aspectos más relevantes en la formulación de una norma sanitaria que busque fomentar el sector productor de bebidas como el biche/viche y al mismo tiempo proteger la salud de sus consumidores.

Tabla 7. Peligros y medidas preventivas para cada etapa del proceso de fabricación de viche/biche implementadas con el fin de minimizar la presencia de contaminantes en el producto destilado final

ETAPA DEL PROCESO	PELIGRO	MEDIDA PREVENTIVA
Cultivo de la caña	Formación de precursores del carbamato de etilo durante la fermentación	Evitar la fertilización en exceso de la caña de azúcar
Corte de la caña	Formación de furfural, HMF y HAP	Evitar la quema del cultivo antes de la cosecha manual
Molienda	Contaminación con grasa del molino	Aplicar la cantidad mínima requerida
	Presencia de material extraño en el mosto proveniente de partes metálicas	Limpieza del molino e implementación de buenas prácticas productivas
	Material extraño en el mosto proveniente de la cosecha; hojas, trozos de caña, suelo, etc.	Filtrado del jugo de caña con posterioridad a su extracción

ETAPA DEL PROCESO	PELIGRO	MEDIDA PREVENTIVA
Fermentación	Contaminación del mosto debido a limpieza inadecuada	Implementación de procedimientos de limpieza in-situ de equipo de molienda
	Formación de precursores del carbamato de etilo (citrulina y arginina)	Evitar la suplementación con nitrógeno, utilizar levadura alcohólica y mantener la temperatura en el intervalo ideal; entre 28 ° C y 32 ° C.
	Formación de metanol	Evitar la presencia de restos de bagazo de caña en el jugo extraído en la molienda - Filtrar el jugo de caña. Decantar el jugo de caña y extraer restos flotantes y sedimentos del jugo enviado a fermentación.
	Formación de furfural	Control del contenido de azúcar en el mosto final (grados Brix = 0) y de la presencia de residuos de levadura (separación del mosto fermentado)
	Exceso de componentes volátiles en el destilado (acetaldehído, ésteres y metanol)	Controlar el corte de la fracción de "cabeza" de manera que corresponda a aproximadamente el 2 % del volumen a destilar (prueba de laboratorio)
Destilación	Exceso de componentes de la "cola" en el destilado (ácido acético y furfural)	Control del volumen de corte de la fracción de cola (38 % de contenido alcohólico del destilado – turbidez ligera)
	Formación de acroleína	Evitar altas temperaturas durante la destilación y control del volumen de corte de la fracción de cabeza aproximadamente al 2 % del volumen a destilar
	Presencia de metales pesados	Usar tanques de acero inoxidable
	Formación de carbamato de etilo	Implementación de reflujo del destilado

ETAPA DEL PROCESO	PELIGRO	MEDIDA PREVENTIVA
Filtración y estandarización	Contaminación con metales pesados	Uso de filtros de agua específicos para metales pesados - Análisis químico
Embotellado	Presencia de objetos extraños, partes mecánicas, vidrio, insectos, etc.	Inspección y control visual; implementación de buenas prácticas de proceso durante el embotellado

De otro lado, la implementación de procedimientos para controlar la presencia de contaminantes será de gran ayuda en la reducción de su concentración y de la de otras especies químicas que ofrecen riesgo a la salud de los potenciales consumidores. Por último, es fundamental adelantar la caracterización y lograr la estandarización de la fabricación del biche/viche. Las apreciaciones técnicas formuladas antes se basan en la similitud que guardan las bebidas destiladas a partir del producto de la fermentación del jugo de caña, como la cachaça, pero debe contarse con datos e información proveniente del proceso real, de manera que se puedan brindar herramientas de fácil acceso a los productores para llevar a cabo el monitoreo de sustancias en el producto.

Referencias

1. Bortoletto AM, Silvello GC, Alcarde AR. Good manufacturing practices, hazard analysis and critical control point plan proposal for distilleries of cachaça. *Sci Agric*. 2018 Sep 1;75(5):432–43
2. Lima CMG, Benoso P, Pierezan MD, Santana RF, Hassemer G de S, da Rocha RA, et al. A state-of-the-art review of the chemical composition of sugarcane spirits and current advances in quality control. *Journal of Food Composition and Analysis* [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2022 Aug 21];106. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088915752100538X>
3. Ministério da Agricultura P e AB. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 13, DE 29 DE JUNHO DE 2005 Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça [Internet]. 2005. Available from: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-13-de-29-de-junho-de-2005.pdf/@download/file/instrucao-normativa-no-13-de-29-de-junho-de-2005.pdf>
4. Vilela FJ, das Graças Cardoso M, Masson J, Pereira Dos Anjos J. DETERMINAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DE CACHAÇAS DO SUL DE MINAS GERAIS E DE SUAS MISTURAS Determination of the physical-chemical composition of homemade cachaças produced in the South of Minas Gerais and their mixtures. 2007;4:1089–94.
5. Bortoletto AM, Alcarde AR. Assessment of chemical quality of Brazilian sugar cane spirits and cachaças. *Food Control*. 2015 Aug 1;54:1–6.
6. Vilela AF, Oliveira L de SC, Muniz MB, de MÉLO BCA, de FIGUEIREDO MJ, Vieira Neto J de M. Assessment of sensory and physical-chemical quality, and potential for certification of cachaças from the state of paraíba, brazil. *Food Science and Technology (Brazil)*. 2021 Jul;41(3):661–8.
7. Gowd V, Su H, Karlovsky P, Chen W. Ethyl carbamate: An emerging food and environmental toxicant. *Food Chem*. 2018 May 15;248:312–21.
8. Masson J, Cardoso M das G, Zacaroni LM, dos Anjos JP, Sackz AA, Machado AM de R, et al. Determinação de acroleína, etanol, acidez volátil e cobre em diferentes amostras de aguardentes de cana. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*. 2012 Jul;32(3):568–72.
9. Filho M, Filho M, Castro VE;, Martins AC;, Souza VMC; Caracterização de Aguardentes Artesanais de Cana-de-açúcar Produzidas nas Regiões de Alpercatas e Sertão Maranhense. *Rev Virtual Quim* [Internet]. 2016; Available from: <http://rvq.sbg.org.br>
10. Marelli L, André S, Alcarde R, Vaz De Lima F, Bortoletto AM. Produção de Cachaça de Qualidade [Internet]. 1st ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo; 2013 [cited 2022 Aug 21]. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Aline-Bortoletto/publication/267325830_Producao_de_Cachaca_de_Qualidade/links/544a63320cf21cdb24f77352/Producao-de-Cachaca-de-Qualidade.pdf

11. European Commission Regulation. setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance) [Internet]. No 1881 Dec 19, 2006. Available from: <http://www.efsa.europa.eu/etc/medialib/efsa/>
12. Bansal V, Kim KH. Review of PAH contamination in food products and their health hazards. *Environ Int.* 2015 Nov 1;84:26–38.
13. Bettin SM, Wagner; D. HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAs) EM AGUARDENTES. 2005 Apr;
14. Riachi LG, Santos A, Moreira RFA, de Maria CAB. A review of ethyl carbamate and polycyclic aromatic hydrocarbon contamination risk in cachaça and other Brazilian sugarcane spirits. *Food Chem.* 2014;149:159–69.
15. E Silva JHDN, Verruma-Bernardi MR, de Oliveira AL. Cachaça production in Brazil and its main contaminant (Ethyl Carbamate). *Sci Agric.* 2020;77(2).
16. Nascimento RF, Cardoso DR, Dos B, Lima Neto S, Franco DW, Farias JB. INFLUÊNCIA DO MATERIAL DO ALAMBIQUE NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AGUARDENTES DE CANA-DE- AÇÚCAR. 1998;21(6).
17. Rehm J, Kanteres F, Lachenmeier DW. Unrecorded consumption, quality of alcohol and health consequences. Vol. 29, *Drug and Alcohol Review*. Blackwell Publishing; 2010. p. 426–36.
18. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Alcohol consumption and ethyl carbamate. Lyon, France; 2010.
19. Pflaum T, Hausler T, Baumung C, Ackermann S, Kuballa T, Rehm J, et al. Carcinogenic compounds in alcoholic beverages: an update. *Arch Toxicol.* 2016 Oct 1;90(10):2349–67.
20. Lachenmeier DW, Lima MC, Nóbrega IC, Pereira JA, Kerr-Corrêa F, Kanteres F, et al. Cancer risk assessment of ethyl carbamate in alcoholic beverages from Brazil with special consideration to the spirits cachaça and tiquira. 2010; Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2407/10/266>
21. European Food Safety Authority. Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to A Harmonised Approach for Risk Assessment of Substances Which are both Genotoxic and Carcinogenic (Request No EFSA-Q-2004-020) (ADOPTED ON 18 OCTOBER 2005) [Internet]. Parma, Italy; 2005. Available from: <http://www.efsa.eu.int>
22. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. IARC Monographs: Dry Cleaning, Some Chlorinated Solvents and Other Industrial Chemicals. Lyon, France; 1995 Feb.
23. Joint FAO/WHO expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants [Internet]. Geneva, Switzerland; 2001 [cited 2022 Aug 21]. Available from: http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_901.pdf

24. H. Glatt, Y. Sommer. Acrylamide and other hazardous compounds in heat-treated foods. 1st ed. K. Skog, J. Alexander, editors. Cambridge, England: CRC Press; 2006. 328–353 p.
25. National Toxicology Program. NTP Technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of 5-(hydroxymethyl)-2-furfural in F344/N rats and B6C3F1 mice [Internet]. Research Triangle Park, North Carolina, U.S.A.; 2010. Available from: <http://ntp.niehs.nih.gov>
26. Jiang K, Huang C, Liu F, Zheng J, Ou J, Zhao D, et al. Origin and Fate of Acrolein in Foods. Foods [Internet]. 2022 Jul 3;11(13):1976. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/13/1976>
27. Working Group on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. ACROLEIN, CROTONALDEHYDE, AND ARECOLINE VOLUME 128 IARC MONOGRAPHS ON THE IDENTIFICATION OF CARCINOGENIC HAZARDS TO HUMANS [Internet]. Lyon, France; 2021
28. [cited 2022 Aug 21]. Available from: <https://publications.iarc.fr/publications/media/download/6292/67a5aac98ac91980d4c2c5e3e39c19e2a8fc59cc.pdf>
29. Ministerio de salud y protección social. Guía para el manejo de emergencias toxicológicas. 2017.
30. Mousavi-Roknabadi RS, Arzhangzadeh M, Safaei-Firouzabadi H, Mousavi-Roknabadi RS, Sharifi M, Fathi N, et al. Methanol poisoning during COVID-19 pandemic; A systematic scoping review. Vol. 52, American Journal of Emergency Medicine. W.B. Saunders; 2022. p. 69–84.
31. Sefidbakht S, Lotfi M, Jalli R, Moghadami M, Sabetian G, Iranpour P. Methanol toxicity outbreak: When fear of COVID-19 goes viral. Vol. 37, Emergency Medicine Journal. BMJ Publishing Group; 2020. p. 416.
32. Ferrís J, Garcia J, Berbel O, Ortega JA. Constitutional and occupational risk factors associated with bladder cancer. Actas Urol Esp. 2013;37(8):513–22.
33. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. VOLUME 92 - Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures - IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France; 2012.
34. Hernández Jerez AF, Gisbert JA, Capítulo C. INTOXICACIÓN POR NITRO-Y AMINODERIVADOS DE LOS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS. 2019.
35. Nelson LS. Goldfrank's Toxicologic Emergencies - Chapter 92: Copper. In: Hoffman RS, Nelson LS, Howland MA, Lewin NA, Flomenbaum NE, editors. 11e ed. McGraw-Hill; 2019.
36. Mezzaroba L, Alfieri DF, Colado Simão AN, Vissoci Reiche EM. The role of zinc, copper, manganese and iron in neurodegenerative diseases. Neurotoxicology. 2019 Sep 1;74:230–41.
37. Nurchi VM, Djordjevic AB, Crisponi G, Alexander J, Bjørklund G, Aaseth J. Arsenic toxicity: Molecular targets and therapeutic agents. Biomolecules. 2020 Feb 1;10(2).

38. Munday SW. Goldfrank's Toxicologic Emergencies - Chapter 86: Arsenic. In: Robert S. Hoffman, Lewis S. Nelson, Lewis R. Goldfrank, Mary Ann Howland Neal A. Lewin, editors. 11e ed. McGraw- Hill; 2019.
39. Maull EA, Ahsan H, Edwards J, Longnecker MP, Navas-Acien A, Pi J, et al. Evaluation of the association between arsenic and diabetes: A National Toxicology Program workshop review. Environ Health Perspect. 2012;120(12):1658–70.
40. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Arsenic, metals, fibres, and dusts - IARC Monographs. 2012. Lyon, France; 2012.
41. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. IARC MONOGRAPH ON INORGANIC AND ORGANIC LEAD COMPOUNDS. Lyon, France; 2006.
42. European Food Safety Authority (EFSA). Lead dietary exposure in the European population. Vol. 10, EFSA Journal. Parma, Italy: Wiley-Blackwell Publishing Ltd; 2012 Jul.
43. Calello DP, Henretig FM. Goldfrank's Toxicologic Emergencies - Chapter 93: Lead. In: Lewis S. Nelson, Robert S. Hoffman, Mary Ann Howland, Neal A. Lewin, Lewis R. Goldfrank, editors. Goldfrank's Toxicologic Emergencies. 11e ed. 2019.