

Metanol: tolerancias y exigencias en las normas para mezcal y bebidas de agave*

Methanol: Tolerances and Requirements in Norms for Mezcal and Agave Drinks

Héctor Oscar González Seguí, José de Jesús Hernández López y Jan Hendrik Giersiepen**

Resumen

El objetivo es promover la discusión y eventual revisión de las normas que fijan límites al contenido de metanol en los mezcales mexicanos y otros destilados. Se revisa el estado de la cuestión sobre toxicología del metanol, normas que regulan en México la calidad de los mezcales, procesos institucionales y cronología de elaboración de normas en relación al conocimiento técnico y organización local de la elaboración de bebidas de agave. Como resultado, observamos que algunos mezcales tradicionales exceden el límite máximo de metanol de la norma vigente, —que deriva de la normativa del vino en 1986— aunque por debajo de la cantidad mínima tóxica y de varias normas internacionales. Concluimos que es posible realizar una revisión de normas sobre mezcales y metanol manteniendo las exigencias de salubridad; al respecto, recomendamos la actualización para contemplar la diversidad de especies de agave, procedimientos, saberes y actores.

Palabras clave: mezcal, agave, metanol, normativa de bebidas alcohólicas, toxicidad.

* Proyecto “Ciencia Aplicada y Sociedad. Normas de calidad alimentaria, interés económico y producciones locales: los casos de los mezcales y tequilas tradicionales”. El Colegio de Michoacán, 2019. La presente investigación ha sido aportada como parte del asesoramiento científico a distintos grupos parlamentarios (Movimiento Ciudadano, Movimiento de Regeneración Nacional, Partido Revolucionario Institucional) en el Senado de la República, para la iniciativa con proyecto de Decreto denominado “Ley Federal de los Mezcales Tradicionales”.

** Héctor Óscar González Seguí: El Colegio de Michoacán A.C., Zamora de Hidalgo, México, ORCID 0000-0002-0240-4581, ogos@colmich.edu.mx; José de Jesús Hernández López: El Colegio de Michoacán A.C., La Piedad, México, ORCID 0000-0003-0507-6816, yacatzo@colmich.edu.mx; Jan Hendrik Giersiepen: investigador independiente, Frankfurt, Alemania, ORCID 0000-0003-3509-5487, hendrik.giersiepen@hotmail.de

Abstract

The aim of this article is to promote the discussion and eventual revision of the rules that establish limits of methanol content in Mexican mezcal and other distilled spirits. We review the state of the art on methanol toxicology, norms that regulate mezcal quality, and the institutional processes behind their creation. We consider the techniques, knowledge and social organization for elaborating several agave beverages. Results: some traditional mezcals exceed the maximum methanol limit according with the current Mexican norm, a value transferred from the standard for wine in 1986. This value is below the amount considered to be the minimum toxic for humans, and within other international standards. Conclusions: it is possible a revision of standards on mezcal and methanol maintaining health requirements. We recommend the updated taking on account the diversity of agave species, procedures, knowledge and actors.

Keywords: mezcal, agave, standards on alcoholic beverages, methanol (toxicity).

Introducción

El presente artículo expone temas y problemas ligados a la presencia de metanol en los mezcals. En específico, se discuten los límites de contenido de ese compuesto en las bebidas alcohólicas elaboradas de agaves, los cuales han sido establecidos por las normas mexicanas. Esos valores son considerados en relación a las disposiciones internacionales vigentes y los avances científicos y tecnológicos.

El metanol es un compuesto químico tóxico que siempre está presente en los mezcals, cuyos metabolitos pueden representar un riesgo para los consumidores; de ahí que se trate de un asunto de salud pública, y que la cantidad permitida deba fijarse en normas de cumplimiento obligatorio, siempre a partir de experimentación y de análisis de casos de intoxicación.

Presentamos entonces: (1) un resumen de la información sobre metabolismo, toxicidad y tolerancia al metanol en los organismos humanos, así como información histórica sobre intoxicaciones, prevenciones y tratamientos; (2) una revisión de la bibliografía reciente sobre mezcals y bebidas de agaves, junto a aspectos técnicos de la elaboración que afectan el contenido de metanol; (3) una cronología de las normas mexicanas; (4) comparación de los límites permitidos en las normas mexicanas y extranjeras respecto a la normativa aplicada a los destilados de agave y frutas en México.

El origen de esta investigación radica en el problema de que la producción de los mezcals tradicionales está afectada por la rigidez de la norma vigente. Por ejemplo, la especie de agave es uno de los factores que influye en el contenido final de metanol en la bebida. Actualmente los mezcals elaborados con ciertas especies por lo general rebasan los máximos permitidos por la norma correspondiente, aunque, comparativamente, un destilado de fruta en Europa con el mismo contenido de metanol es legal.

Para enfrentar esta y otras encrucijadas ofrecemos el presente estudio, con el fin de ampliar la visión normativa con estricto interés en la salud de los consumidores, contemplando la organización social y aspectos productivos y culturales en las distintas regiones mezcaleras. Proponemos contribuir a un debate entre expertos de diferentes disciplinas y productores variados sobre la normatividad actual, así como plantear la necesaria actualización de los niveles de metanol en las bebidas elaboradas de agave, con base en los avances más recientes.

La bibliografía consultada procede de diversas disciplinas. Tratamos de respetar al máximo los lenguajes de los y las especialistas y lograr claridad para los diversos lectores y lectoras. Entre otras dificultades enfrentamos el empleo de diferentes unidades de medida, pues citamos autores y normas que provienen de distintos países y organizaciones. Hemos procurado en lo posible de introducir tablas y notas aclaratorias. Nos ceñimos, en todo caso, a las normas de metrología mexicanas, que a su vez se basan en el Sistema Internacional de Unidades (SI) (al resepto, véase a Nava *et al.*, 2001).

Hallamos y exponemos una encrucijada existente entre asuntos de salud pública, procesos técnicos de elaboración de los mezcales dada la diversidad biocultural, y también con las innovaciones tecnológicas correspondientes.

Alcoholes y metanol

Los alcoholes¹ son compuestos orgánicos producidos natural o industrialmente. El más conocido es el etanol, “alcohol de vino”, cuya fórmula es $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$; es el componente básico de todas las bebidas alcohólicas.

El metanol —fórmula CH_3OH —, conocido antes como “alcohol de madera”, tiene aspecto y propiedades físicas similares al etanol. Pero el metanol es más tóxico que el etanol y su contenido en las bebidas está fuertemente restringido en todos los países mediante normas de calidad y salud pública.

Metabolismo y toxicidad del metanol

El metanol está presente en el organismo humano. Un adulto produce cada día entre 0.3 y 0.6 gramos; también se genera por la digestión de frutas, jugos o dulces que contienen pectinas; por el edulcorante Aspartame o el conservante dimetil dicarbonato (Lindinger *et al.*, 1997; Clary, 2013; Shindyapina *et al.*, 2014). En pequeñas cantidades (ver Tabla 1), el

¹ Definición química: compuestos de carbono con uno o más grupos funcionales alcohol (OH).

metanol se elimina sin consecuencias, pero la ingestión de cantidades mayores —por ejemplo 2 ml para un adulto (ver Tabla 2)— causa daños al organismo (Kruse, 1992).

La intoxicación se produce por ingestión, por contacto con la piel o por respiración de vapores. Cuando el metanol se degrada, produce formaldehído y ácido fórmico que resulta en una acidosis letal con secuelas como la pérdida de la vista (Clary, 2013: 50; Kavet y Nauss, 1990; Kruse, 1992: 393).

El metanol se metaboliza con intervención de la enzima hepática alcohol-deshidrogenasa, la cual también participa en la degradación del etanol con el que reacciona con mayor afinidad (una relación de 20:1 a favor del etanol con respecto al metanol). Por eso la presencia de etanol retarda la acidosis, lo cual era conocido prácticamente a principios del siglo XX: quienes bebían alcohol y se intoxicaban con metanol demoraban más tiempo en manifestar los síntomas, en comparación con quienes no bebían frecuentemente alcohol. Actualmente se sabe que unos 36 gramos de etanol (el contenido de 100 ml de bebida alcohólica de 40 % vol./vol.) pueden retardar el metabolismo del metanol —y la acidosis— hasta 10 horas. Desde la década de 1940 el etanol se emplea en el tratamiento de la intoxicación con metanol (Röe, 1946; Jacobsen y McMartin, 1997:133; Paine y Dayan, 2001: 566).

La concentración de metanol en el cuerpo disminuye al metabolizarse o eliminarse por la respiración o por la orina. En un experimento en hombres inyectados con dosis no peligrosas la concentración de metanol disminuía a la mitad cada tres horas (Leaf y Zatman, citados en Kavet y Nauss, 1990: 34).

Dosis tolerables y letales

La toxicidad del metanol ha sido estudiada por más de cien años (al respecto véase a Wood, 1906), pero resulta difícil la comparación de casos, ya que muchas veces se desconocen detalles sobre el incidente (cantidad ingerida, tiempo transcurrido antes de acudir al hospital, estado anterior de salud de los pacientes, hábitos de consumo de alcohol y otras condiciones de contorno). Aún se mantienen desacuerdos sobre cuáles son dosis tolerables y cuáles necesitan tratamiento, a pesar de esfuerzos para sistematizar la información. Al respecto, Kostic y Dart (2003) revisaron datos desde 1879: 372 artículos en 18 idiomas que comprendían 2433 pacientes envenenados con metanol.

Según la Food and Drug Administration de Estados Unidos (FDA) “Un nivel tolerable es 7.1 a 8.4 mg de metanol por kg de peso por día o aproximadamente, 426 a 504 mg/persona/día para un adulto de 60 kg” (FDA, 1996: 61(104): 26786). Otros estudios muestran resultados que van de la mitad al doble de ese valor. Clary cita un informe de la OMS y señala que el ácido fórmico no se acumula si hay 20 mg de metanol

por kg de peso de quien lo ingiere (para 60 kg de peso = 1200 mg = 1.52 ml) (Clary, 2013: 49). Paine y Dayan sostienen que 1 mg por decilitro de sangre es un valor normal y cinco veces más es tolerable (Paine y Dayan, 2001: 564). Podemos apreciar una una comparación de datos en la Tabla 1:

Tabla 1. Cuadro comparativo: dosis tolerable de metanol

Table 1. Comparison chart: tolerable doses of methanol

Organización / autores	Dosis tolerable (cantidad ingerida) / día	Dosis tolerable (análisis de sangre) / día	Nuestro cálculo (adulto 60 kg de peso - 5 L de sangre) / día	Fuente
FDA - USA	7.1 a 8.4 mg/kg de peso	-	500 mg = ~ 0.63 ml	FDA, 1996: 26786
OIS - ONU	20 mg/kg de peso	-	1200 mg = ~ 1.50 ml	Clary, 2013: 49
Paine y Dayan	-	5 ml/dl	250 mg = ~ 0.32 ml	Paine y Dayan, 2001: 564

Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

En cuanto a dosis peligrosas, los casos registrados muestran diferencias. La dosis letal en humanos no está establecida con precisión. La referencia por mucho tiempo ha sido que más de 20 ml pueden causar la muerte de una persona.

Se han realizado muchos experimentos y existen referencias puntuales sobre casos en los que se conoce la cantidad ingerida y/o la concentración en la sangre como para establecer valores del umbral mínimo de riesgo y las cantidades letales. En las décadas de 1970 y 1980 se llevaron a cabo estudios experimentales con monos y con humanos.² Algunas conclusiones, resumidas en la Tabla 2, son las siguientes:

- En 1978 se recomendaba hemodiálisis cuando el paciente tuviera más de 50 mg/dl de metanol en sangre.
- Kostic y Dart llegan al valor de 20 mg/dl como el umbral de tratamiento para retardar la acidosis (Kostic y Dart, 2003: 794).
- Røe señalaba que 1 g de metanol por cada kg de peso corporal puede causar la muerte si el paciente no recibe tratamiento o no ha consumido etanol (Røe, 1955; Røe, 1982: 275). Esto es para una persona adulta de 60 kg de peso: 60 g = ~ 76 ml de metanol.
- Paine y Dayan señalan que “parece más seguro adoptar un ‘escenario del peor de los casos’ para considerar cualquier período con un nivel sanguíneo de metanol superior a 20 mg/dl como de riesgo de daño inaceptable” (Paine y Dayan, 2001: 564. La traducción es nuestra).

² No es posible experimentar la toxicidad con ratones porque su tolerancia al metanol es mucho mayor que la de los seres humanos.

Tabla 2. Cuadro comparativo: dosis letal y peligrosa de metanol*Table 2. Comparative chart: lethal and dangerous dose of methanol*

Organización / autores	Dosis letal (cantidad ingerida)	Dosis peligrosa (requiere tratamiento)	Nuestro cálculo ingestión por adulto 60 kg de peso - 5 L de sangre	Fuente
Kostic y Dart	-	> 20 mg/dl sangre	1 g = ~ 1.26 ml	Kostic y Dart, 2003: 794
Röe	1 g/kg de peso	-	60 g = ~ 76 ml	Röe, 1955 y Röe, 1982: 275
Paine y Dayan	-	20 mg/dl sangre	1 g = ~ 1.26 ml	Paine y Dayan, 2001: 564

Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

Revisión de casos de intoxicación con metanol

Hemos llevado a cabo una revisión que comprende bibliografía académica y noticias registradas en internet, tanto en México como en otros países, de la cual resumimos lo siguiente: a principios del siglo XX ocurrían frecuentes casos de inhalación en ambientes de fábricas. Ahora la mayor parte de los incidentes ocurre por ingestión de líquidos que lo contienen (diluyentes de tintas, por ejemplo) o de bebidas alcohólicas a las que se ha agregado metanol (Clary, 2013: 48; Kavet y Nauss, 1990; Monte, 2010: 494). En Estados Unidos en el año 2013 se reportaron 1.747 casos, la mayoría hombres mayores de 19 años (Nikunj Kumar y Kerns, 2017). En cuanto a intoxicación por consumo de bebidas alcohólicas, la causa es el agregado de metanol, es decir la adulteración de la bebida con ese compuesto químico.

Al cabo de nuestra búsqueda no hallamos casos de intoxicación por metanol, originado en la materia prima de bebidas alcohólicas, sea que se trate de mezcal u otros destilados. Entre los datos hallados solo hay una mención indirecta de intoxicación crónica: “La única observación que conocemos con bebidas alcohólicas es intoxicación crónica con una ingestión diaria de 750 mg de metanol reportada por Rasquillo-Rasposo” (OIV, 1987). Más recientemente, un detalle de análisis de bebidas ilegales requisadas en un área de Tel-Aviv, Israel, en una zona en la que la que apenas hubo casos de intoxicación, aunque la conexión con bebidas alcohólicas no está comprobada (Shapira *et al.*, 2019). Tampoco encontramos antecedentes en la prensa mexicana.

En el siglo pasado se registraban casos de intoxicación por bebidas adulteradas, pero en el presente han disminuido. Tampoco hemos encontrado información de adulteración de algún mezcal con agregado de metanol. No hay por tanto evidencia suficiente que conecte consumo de destilados elaborados de agave con riesgos para la salud pública. De lo que sí hay evidencia es de consumo de líquidos que contienen metanol (falsificación) o de bebidas adulteradas con metanol (Clary, 2013:4).

Mezcales y metanol

Los mezcales son bebidas alcohólicas que se producen a partir de tejidos vegetales de agave, los cuales se someten a cocción y extracción del jugo, que después se pone a fermentar y posteriormente se destila. De este proceso se obtiene un líquido rico en alcohol etílico. El más conocido de los mezcales es el Tequila, cuyo nombre original es “vino mezcal de Tequila”. Se elabora con la especie *Agave tequilana* Weber variedad azul y se rige por una norma diferente al resto de los mezcales.

Los agaves, plantas materia prima de los mezcales, existen en el territorio mexicano, especialmente en Oaxaca (García Mendoza, 2007; Saldaña Oyarzábal, 2006). Entre doce y veinte especies de agave se emplean para elaborar bebidas destiladas en al menos veinte de los 32 estados mexicanos; y en al menos nueve de ellos puede producirse bajo la Denominación de Origen “mezcal” (Colunga-García Marín *et al.*, 2007: 231 y 237; Hernández López, 2018: 410).

Los mezcales contienen metanol originado en los tejidos vegetales. Lo mismo sucede en algunas bebidas alcohólicas destiladas de frutas. En las bebidas elaboradas con agave³ el metanol también tiene su origen en residuos lignocelulósicos presentes en los jugos que se fermentan (Soto-García *et al.*, 2009), mientras que en las bebidas de frutas fermentadas el metanol se produce a partir de pectinas (Bindler *et al.*, 1988; Hang y Woodams, 2010: 1396). En la reacción interviene la enzima pectin-metilesterasa (Bindler *et al.*, 1988: 345; Zhang *et al.*, 2011). La reacción de las pectinas del mezcal es una desmetoxilación (Solís-García *et al.*, 2017).

El contenido de metanol en el mezcal varía por distintas causas: especie de agave utilizada, madurez de la planta, procedencia geográfica, sistema de cosecha, *jimado*,⁴ temperatura de cocción, molienda, forma del alambique y manejo de las fracciones destiladas (Kirchmayr, 2014, Solís García *et al.*, 2017: 828, Giersiepen, 2017).

El contenido de metanol en las bebidas alcohólicas se expresa como “mg de metanol por cada 100 ml de alcohol anhidro” (mg/100 ml alcohol anhidro). A su vez, el máximo tolerado por la norma en vigencia (NOM-070-SCFI-2016) es 300 mg/100 ml alcohol anhidro.⁵ Si suponemos una bebida que contenga 50% vol./vol. de alcohol, 100 ml de alcohol están contenidos en 200 ml de bebida. En nuestra investigación de campo y documental sobre análisis de mezcales nunca hemos hallado casos de un mezcal tradicional que supere 800 mg/100 ml alcohol anhidro; lo común es que no exceda de 600 mg/100 ml alcohol anhidro. La Tabla 3 muestra análisis de mezcales certificados, elaborados en Michoacán y Oaxaca respectivamente por dos prestigiosos productores, cuyos valores están por encima del límite de la NOM-070-SCFI-2016.

³ Las bebidas elaboradas con agave reciben nombres varios: mezcal, tequila, bacanora, raicilla, destilados o aguardientes.

⁴ Jimar es cortar las hojas o pencas del agave y desprender el corazón o piña de la planta de la base con raíces.

⁵ Véase www.dof.gob.mx/normasOficiales/6437/seco11_C/seco11_C.html (consultado el 25-11-2019).

Giersiepen muestra análisis de mezcales fabricados con diferentes especies. Seis de dieciséis exceden los 300 mg/100 ml alcohol anhidro permitidos como máximo de metanol de acuerdo con la referida Norma del mezcal. En la Tabla 4 el máximo valor es 404 mg/100 ml alcohol anhidro correspondiente al *Agave karwinskii*. También *Agave cupreata*, *Agave americana*, *Agave salmiana* exceden los 300 mg/100 ml alcohol anhidro de la NOM-070-SCFI-2016 (Giersiepen, 2017).

Tabla 3. Pruebas de laboratorio de dos marcas certificadas de mezcal de Oaxaca y Michoacán

Table 3. Laboratory tests of two certified brands of mezcal from Oaxaca and Michoacán

Procedencia	Tipo/clase de mezcal	Fecha (mes y año)	Agave	Alcohol* (% vol 20°C)	Metanol (mg/100 ml alcohol anhidro)	Volumen del lote (en litros)
Michoacán	100%/joven	Ene 2015	<i>inaequidens</i>	25.0	343	Sin información
	100%/joven	Sep 2014	<i>inaequidens</i>	47.0	336	417
	100%/joven	Ene 2015	<i>inaequidens</i>	16.1	403	Sin información
Oaxaca	Anc./joven	Jul 2018	<i>marmorata</i>	50.5	505	24
	Anc./joven	Abr 2018	<i>potatorum</i>	49.4	447	248
	Anc./joven	Jun 2018	<i>americana</i>	50.8	387	78
	Anc./joven	Dic 2018	<i>angustifolia</i>	53.7	382	486

* Etanol. Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

Tabla 4. Contenido de metanol en mezcales de diferentes especies de Agave

Table 4. Methanol content in mezcals of different Agave species

Especie de Agave	Metanol*
<i>durangensis</i>	198
<i>tequilana</i> (azul)	280
<i>karwinskii</i> (barril)	404
<i>tequilana</i> (azul)	323
<i>salmiana</i>	349
<i>angustifolia</i> Haw (espadín)	113
<i>cupreata</i>	342
<i>inaequidens</i>	121
<i>convallis</i> (jabalí)	299
<i>potatorum</i> (Tobalá)	262
<i>cupreata</i> verde	363
<i>angustifolia</i> (espadilla)	263
<i>karwinskii</i> (cuishe)	232
<i>americana</i> (arroqueño)	382
<i>angustifolia</i> Haw (espadín)	230
<i>potatorum</i> (Tobalá)	294

* mg/100 ml alcohol anhidro. Fuente/source: Giersiepen, 2017: 120.

Por otra parte, la norma NOM-070-SCFI-2016 establece un contenido mínimo de metanol de 30 mg/100 ml alcohol anhidro para el mezcal. El valor se estableció como criterio de autenticidad, sugerido para diferenciar el tequila 100% de agave con respecto al mezclado con etanol de otra procedencia (Bauer-Christoph *et al.*, 2003); sin embargo, a las bebidas de agave se les exige ese mínimo, lo que nos parece cuestionable, dado no tiene relación con la protección de la salud pública sino con garantizar la autenticidad del tequila, que en estricto sentido tampoco se garantiza.

Normatividad sobre el metanol en mezcales⁶

El mezcal está regulado en México por la multicitada “NOM-070-SCFI-2016, Bebidas Alcohólicas. Mezcal. Especificaciones” que establece tres categorías: “mezcal”, “mezcal artesanal” y “mezcal ancestral”, con base en la tecnología empleada en el proceso de transformación de la materia prima en alcohol. Esta norma obligatoria para los mezcales se basa en la norma que regula el tequila, a saber, la NOM-006-SCFI-2012. Las especificaciones de esta última establecen un mínimo obligatorio y un máximo permitido de metanol, con valores parejos para todas las bebidas alcohólicas destiladas de agave:

- Contenido máximo de metanol: 300 mg/100 ml de alcohol anhidro.
- Contenido mínimo de metanol: 30 mg/100 ml de alcohol anhidro.

Nuestra discusión es la siguiente:

1. El contenido máximo de metanol proviene de la primera norma sobre bebidas alcohólicas en México, la “NMX-V-012-1986 Bebidas alcohólicas. Vinos. Especificaciones”, que fija “300 mg/100 ml de alcohol 100%”.⁷ En la elaboración de esta norma, como en la de todas las otras, participan instituciones o comités de carácter privado, en las cuales la representación de industriales es mayor que la de productores artesanales. En el caso particular de la norma de 1986 fueron convocados los productores de vino a nivel nacional.
2. En ese mismo año de 1986 se publicó la “NMX-V-021-1986 Bebidas alcohólicas destiladas. Métodos para la determinación de metanol”. En su elaboración

⁶ Las normas de calidad son de dos clases: NOM y NMX. Las NOM son obligatorias mientras que las NMX solo son de observancia voluntaria. Sin embargo, si se quiere obtener un sello oficial de garantía como distintivo de la calidad, las NMX deben cumplirse.

⁷ Dicha norma aplicó hasta el 30 de abril de 2005, cuando entró en vigor la NMX-V-012-NORMEX-2005 Norma Mexicanas de Bebidas Alcohólicas. Vino. Especificaciones; el contenido de metanol continuó igual 300 mg/100 ml de alcohol anhidro

participaron empresas vinícolas además de expertos en la materia y empresas tequileras.⁸

3. En 1995 se publicó la Norma Oficial Mexicana, esto es la primera de cumplimiento obligatorio “NOM-142-SSA1-1995 Bienes y servicios. Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial”. Allí se especifica el método de determinación del metanol. En su elaboración participaron autoridades del sector salud, cámaras cervecera y tequilera, productores de vinos, aguardientes, charandas, mezcales y otros destilados. En esta norma quedó especificado el máximo de 300 mg/100 ml de alcohol anhidro, además de aparecer la exigencia de 30 mg/100 ml alcohol anhidro como contenido mínimo de metanol.

El recuento anterior es importante porque muestra cómo desde 1986 el límite máximo de metanol para vinos de uva, es decir para una bebida fermentada, se utilizó como referencia para los destilados y quedó igualmente en 300 mg/100 ml alcohol anhidro. Además, en 1995 apareció el límite mínimo de metanol de 30 mg/100 ml alcohol anhidro.

En el caso específico de los destilados de agave, la “NOM-006-SCFI-1994 Bebidas alcohólicas. Tequila. Especificaciones” fue publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 3 de septiembre de 1997,⁹ siendo la primera en incluir los parámetros señalados en la NOM-142-SSA1-1995. A partir de esa norma las subsecuentes y relativas a bebidas elaboradas con agaves mantienen los mismos valores de metanol, pero sin mencionar la especie de agave empleada.

En el caso de la norma para los mezcales a la que hemos venido refiriendo (NOM-070-SCFI-2016)¹⁰ obviamente se indican también esos límites, así como los métodos de ensayo establecidos en la NMX-V-005-NORMEX-2013.¹¹

En definitiva, en las normas mexicanas los límites máximos de metanol en los mezcales resultan de propuestas de productores de vino de uva y bebidas destiladas de cereales;¹² y que por lo mismo utilizaron como referencia parámetros establecidos para productos industrializados basados en cereales, uva o caña de azúcar.

⁸ La norma anterior era de 1969: Norma Oficial de Método de Prueba para la determinación de metanol en bebidas alcohólicas destiladas DGN-V-21-1969.

⁹ En 1949 se publicó la primera Norma Oficial de Calidad para Tequila DGN-R9-1949, obligatoria desde 1967 sin especificación de la cantidad de metanol permitido. En 1970 se presentó una nueva Norma Oficial de Calidad para Tequila DGN-V-7-1970 en la cual aparecieron especificaciones para metanol. En la Norma de 1994, pero publicada en 1997, se consideraron los mínimos y máximos actuales para el tequila, que después se copiaron para el mezcal, bacanora y raicilla.

¹⁰ En http://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5472787 (consultado el 26-6-2019).

¹¹ La norma mexicana sobre determinación de metanol en las bebidas alcohólicas en México es la “NMX-V-005-NORMEX-2013 Bebidas alcohólicas. Determinación de aldehídos, ésteres, metanol y alcoholes superiores. Métodos de ensayo (prueba)”, que sustituyó a la NMX-V-005-2005, y que sigue lo establecido en la NOM-142-SSA1-1995.

¹² Esto puede comprobarse en las listas de personas y organizaciones participantes en la norma de bebidas alcohólicas (NOM 142), la de metanol (NMX-05), del tequila (NOM-006) y del mezcal (NOM 070), entre otras.

Nuestro punto a destacar es que los mezcales, y por extensión otras bebidas destiladas de agave o frutas, tienen su aroma, sabor e identidad basados en las sustancias volátiles que provienen de las especies que constituyeron su materia prima. En el proceso de destilación esas moléculas volátiles se concentran en fracciones destiladas en las que hay metanol. Por esa razón no se pueden aplicar los mismos parámetros del vino —que es jugo fermentado— a un destilado. Además, los avances científicos y tecnológicos actuales permiten asegurar que es posible aumentar el contenido de metanol en las genuinas bebidas alcohólicas y de las formas en las que el consumo de esa sustancia es menos riesgoso, como veremos a continuación.

Normas internacionales

Las bebidas destiladas de jugos de fruta fermentados como el brandy y la grappa, entre otros, se contemplan en las normas europeas como casos distintos a los alcoholes que provienen de cereales y permiten un contenido de metanol hasta 1.500 mg¹³ por cada 100 ml de alcohol anhidro. El mayor contenido de metanol se considera por su origen en frutas u orujos (Bindler *et al.*, 1988).

Al respecto, tanto el valor máximo como el mínimo adoptado en México pueden rastrearse cronológica e institucionalmente. El valor máximo (300 mg/100 ml alcohol anhidro) proviene de los Estatutos de la viña, el vino y de los alcoholes, para el caso español.

En cuanto a la modificación de los límites de metanol en la normatividad respectiva debido a razones tecnológicas, exponemos lo siguiente: según el Decreto 2484/167 del 21 de septiembre de 1967 quedó aprobado el *Código Alimentario Español*, en el que se establecían los siguientes parámetros: la presencia de metanol en vinos tintos corrientes y finos de mesa máximo de 500 mg/L, mientras que en el caso de vinos generosos, aromatizados y mistelas alcanzaba 1 g/L, y en el caso del ron, whisky y brandy podía llegar a 2 g/L; las sidras podían alcanzar 200 mg/L.¹⁴ Quince años más tarde, en 1982, también en disposiciones españolas, el aguardiente de pera podía tener hasta 5 g/L, el de cereza 4 g/L y el de orujo 3.5 g/L.¹⁵

Bindler *et al.* citan las normas sobre metanol para los licores destilados de frutas en varios países a fines de la década de 1980. En ese momento la tolerancia normativa para los licores de pera, uva, ciruela y kirsch en los Estados Unidos y Canadá eran de “700 g/hl

¹³ Ver aguardiente de hollejo en Tabla 7.

¹⁴ En <https://legislacion.vlex.es/vid/decreto-aprueba-texto-codigo-alimentario-204508137> (consultado el 12-1-2020).

¹⁵ Ver Anexo, al final del artículo, sobre unidades y mediciones.

de alcohol puro” (=700 mg/100 ml). En Italia el límite era 600 en iguales unidades. En Suiza, para los destilados de pera y brandy de uva la norma fijaba un máximo de 1600 g/hl de metanol y en el kirsh de 800 g/hl (Bindler *et al.*, 1988: 346).

Es decir, las bebidas que están en regla en Europa o Estados Unidos no cumplirían la Norma Oficial Mexicana; dicho de otro modo, si los mezcales mexicanos fueran europeos o de Estados Unidos, siempre estarían dentro de las normas. La norma actual europea al respecto es el Reglamento (CE) No 110/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de enero de 2008 (Parlamento Europeo, 2008). Los valores quedan expuestos en las Tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5. Tolerancia normativa de metanol en destilados en países europeos

Table 5. Normative tolerance of methanol in distillates in European countries

Tipo de brandy	USA y Canadá	Italia	Suiza
Pera	700	600	1.600
Brandy de uva blanca	700	600	1600
Plum y Quetsch Aguardiente de ciruela y de ciruela seco	700	600	800-1.600
Kirsch Aguardiente de cereza	700	600	360-800

Las unidades g/hl son equivalentes a mg/100 ml empleadas en las NOM mexicanas.

Fuente/source: Bindler *et al.*, 1988: 346.

En el mismo artículo de Bindler *et al.*, (1988: 346) se citaban autores que proponían elevar la tolerancia de metanol en destilados de varias frutas.¹⁶

Un asunto de igual relevancia es que en 2004 la Organización Internacional de la Viña y del Vino (OIV) modificó la cantidad de metanol permitida en los vinos de uva, debido a la introducción de nuevos compuestos para limitar la fermentación. En las últimas décadas del siglo pasado fue introducido el uso de dimetil dicarbonato (DMDC) en las prácticas enológicas, lo cual aumentaba la cantidad de metanol en el vino. Debido a ello, y tras consultar al grupo de expertos en “seguridad alimentaria” de la OIV se autorizó subir el límite de metanol permitido en los vinos, de la siguiente manera:

¹⁶ “Examples of proposed limits are: 710 g/hl pure alcohol (p.a.) (Reinhard 1978); 720 g/hl p.a. (Ratz 1966) or 750 g/hl p.a. (Nosko 1972) for quetsch distilled spirits; 400 g/hl p.a. for kirsch distilled spirits (Nosko 1969, Nosko 1972, Ratz 1966); 880 g/hl p.a. for William pear distilled spirits (Nosko 1974, Nosko 1974)” (Bindler *et al.*, 1988: 346).

Tabla 6. Contenidos límites existentes de metanol en vino de uva¹⁷*Table 6. Existing limits of methanol in grape wine*

Tipo de vino	Antes	Resolución 2004
Vinos blancos y rosados	150 mg/L	250 mg/L
Vinos tintos	300 mg/L	400 mg/L

Fuente/Source: OIV, 2004.

La norma europea vigente es el *Reglamento* (CE) No 110/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de enero de 2008, “relativo a la definición, designación, presentación, etiquetado y protección de la indicación geográfica de bebidas espirituosas...” (Parlamento Europeo, 2019), que estará vigente hasta mayo 2021,¹⁸ la cual marca los siguientes valores (Tabla 7):

Tabla 7. Valores máximos de contenido de metanol en bebidas alcohólicas de Europa*Table 7. Maximum values of methanol content in alcoholic beverages in Europe*

Bebida alcohólica	Metanol permitido	Página
Aguardiente de vino	“contenido máximo de metanol de 200 g/hl* de alcohol a 100 % vol”	(p. L 39/30)
<i>Brandy o weinbrand</i>	“contenido máximo de metanol de 200 g/hl de alcohol a 100 % vol”	(p. L 39/31)
Aguardiente de orujo u orujo	“el contenido máximo de metanol será de 1000 gramos por hectolitro de alcohol a 100 % vol”	(p. L 39/31)
Aguardiente de hollejo de fruta	“el contenido máximo de metanol será de 1500 gramos por hectolitro de alcohol a 100 % vol”	(p. 39/31).
Aguardiente de fruta	“El contenido máximo de metanol del aguardiente de fruta será de 1000 g/hl de alcohol a 100 % vol. Sin embargo, para los siguientes aguardientes de fruta el contenido máximo de metanol será: i) 1200 g/hl de alcohol a 100 % vol obtenido de las frutas “1” (ciruela, ciruela mirabel, ciruela damascena, manzana, pera — excepto la pera Williams—, frambuesa, zarzamora, albaricoque, melocotón). ii) 1350 g/hl de alcohol a 100 % vol obtenido de las frutas “2” (pera Williams, grosella roja, grosella negra, serba, bayas de saúco, membrillo y bayas de enebro).	(pp. L 39/32 y L 39/33)
Aguardiente de sidra y de perada	“contenido máximo de metanol de 1000 g/hl de alcohol a 100 % vol”	(L 39/34)
Vodka	“metanol en el producto final no será mayor de 10 g/hl a 100 % vol”	(L 39/35)

*g/hl = mg/100 ml. Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

¹⁷ 1 litro de vino blanco corresponde aproximadamente a 100-140 ml de alcohol anhidro; 1 litro de vino tinto contiene aproximadamente 130-150 ml de alcohol anhidro. En consecuencia, un vino tinto con 13% alcohol volumen, podría tener 307 mg/100 ml alcohol anhidro; eso significa más que un mezcal, y sin destilar.

¹⁸ Desde mayo de 2021 mantendrá los valores de tolerancia: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0787&from=es> (consultado el 17-01-2020).

La presentación de Dwight Matthews, de la Universidad de Vermont, menciona los siguientes límites de metanol en bebidas destiladas de frutas, es decir, materias primas que, a diferencia de los cereales y la caña de azúcar que no tienen pectinas, sí se pueden comparar con los agaves:

1. En Europa, para las bebidas alcohólicas destiladas, los límites en 2010 eran de “10 g MeOH/L EtOH”, lo cual equivale a 1000 mg de metanol por cada 100 ml de etanol.
2. En Estados Unidos de América (ATF: Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms, and Explosives): “7 g MeOH/L EtOH”, lo cual equivale a 700 mg de metanol por cada 100 ml de etanol (este dato es corroborado en Andraous *et al.* (2004: 199) y refiere al United States Code of Federal Regulations, 2003).
3. Para las normas de vino de uva de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV): “0.2-0.4 mg MeOH/ml *wine*” (Matthews, 2010: 5).

Lo anterior muestra que desde la década de los ochenta, pero de manera significativa en las últimas dos décadas, debido a los avances tecnológicos y la implementación de otros métodos analíticos en las bebidas alcohólicas, los niveles de metanol se han modificado, y con ello se ha favorecido la producción de bebidas con base de frutas con importante cantidad de pectinas. En lo que toca al vino de uva no destilado, referente de las normas mexicanas, hace quince años aumentaron los niveles permitidos, sin consecuencias registradas.

Al respecto, Greg Hodson y Eric Wilkes (2016), junto a organismos vigilantes de la Salud y Alimentación, han concluido igualmente que una ingesta mayor de metanol, de hasta 1.500 mg/hl, no representa un riesgo para la salud de una persona sana.

Conclusiones

Como Hodson y Willis (2016) concluyen, los límites de metanol son establecidos por la economía de cada país por razones tecnológicas, pero no toxicológicas. Por tanto, dados los avances, los límites ya no tienen un propósito relacionado con la salud pública, porque se ha comprobado que el riesgo de intoxicación se encuentra en niveles muy por encima de los actualmente establecidos.

Coincidimos con estos autores respecto a que la variación en los valores para los máximos de metanol en los diferentes países, además con unidades de medición heterogéneas, puede generar una percepción de tratamientos distintos y aumentar la posibilidad de error. Es importante entonces la armonización de los límites, así como de las unidades para expresarlos, en escala internacional (Hodson y Willis, 2016).

No obstante ello, lo que nos interesa plantear es que la ausencia de una discusión actualizada en estas temáticas tiene consecuencias en la diversidad de formas de producir mezcales.

Incluso condiciona la posibilidad de utilizar algunas especies que comúnmente rebasan los parámetros, y cuando se usan deben combinarse con otros agaves, abriendo así la probabilidad de timar al consumidor respecto a la materia prima, por ejemplo, cuando se afirma en la etiqueta que se utiliza determinado agave silvestre para elaborar un mezcal específico.

Aunque los mezcales en algunos casos sobrepasen la cantidad de metanol fijada por la NOM-070-SCFI-2016, los valores registrados se encuentran por debajo de las normas europeas, norteamericanas y de la Organización Mundial de la Salud, donde hay antecedentes de una mayor tolerancia al metanol que en las normas mexicanas vigentes. En el caso del vino de uva, hace más de quince años fueron aumentados los niveles de metanol permitido por la Organización Internacional de la Vid y el Vino (OIV, 2004).

Por estos motivos la NOM 070-SCFI-2016 es insuficiente en reconocer las particularidades de los mezcales. Debería establecer diferentes especificaciones sobre contenido de metanol vista la diversidad de materias primas y procesos. La diversidad es esencial en el caso de los mezcales mexicanos. La NOM 070 la hace manifiesta al reconocer la existencia de tres categorías, pero es insuficiente, pues debería establecer diferentes especificaciones fisicoquímicas, al menos en lo tocante al metanol, por cada una de las categorías.

El establecimiento de límites de metanol considerados aptos para el consumo humano, esto es que no resultan un riesgo para la salud, constituye una forma de clasificar que caracteriza a las instituciones (al respecto véase Douglas, 1996). A través de las etiquetas aquéllas exhiben su carácter oficial y su capacidad de control al exigir el cumplimiento de los parámetros. Empero, ese estilo de pensamiento al que corresponde la instauración de medidas, éstas quedan ancladas en un tiempo histórico determinado.

Así, treinta años después de haberse definido los máximos permitidos para la ingesta de metanol y tras las nuevas investigaciones sobre su toxicología, los límites resultan intolerantes. Por ello, la presión actual es de los pequeños productores de mezcales tradicionales (artesanales y ancestrales) para modificar los parámetros, que se han vuelto artificiales, sin sustento en términos de salud, a fin de dar cabida a la diversidad.

Es posible una discusión y actualización de la “NOM-142-SSA1-1995 Bienes y servicios. Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial” sobre los límites permitidos y obligatorios de metanol sin riesgos para la salud. Atendida esa prioridad a la salud pública, es necesaria la revisión en reconocimiento de la diversidad cultural mezcalera.

Por último, el contenido de metanol por encima de la norma en los mezcales tradicionales también puede disminuirse mediante técnicas de mejoramiento (Kirchmayr, 2014). Es un proceso que debe discutirse aparte, porque las alternativas tecnológicas modificarían tanto el procedimiento como características sutiles de productos de alta densidad cultural.

Bibliografía

- Andraous, J.I., Lindemann, D.J., Berglund, K.A. y Claus, M.J. (2004). "Effect of Liquefaction Enzymes on Methanol Concentration of Distilled Fruit Spirits". *American Journal of Enology and Viticulture* 55(2):199-201.
- Bauer-Christoph, C., Christoph, N., Aguilar-Cisneros, B.O., López, M.G., Richling, E., Rossmann, A. y Schreier, P. (2003). "Authentication of Tequila by Gas Chromatography and Stable Isotope Ratio Analyses". *European Food Research & Technology* 217(5): 438-443. DOI <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0782-4>
- Bindler, F., Voges, E. y Laugel, P. (1988). "The Problem of Methanol Concentration Admissible in Distilled Fruit Spirits". *Food Additives and Contaminants* 5(3): 343-351. DOI <https://doi.org/10.1080/02652038809373713>
- Clary, J. (2013). *The Toxicology of Methanol*. Hoboken, John Wiley & Sons.
- Colunga-García Marín, P., Zizumbo-Villarreal, D. y Martínez Torres, J. (2007). "Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: una aportación a la protección legal y conservación de su diversidad biológica y cultural". En Colunga-García Marín, P.; Larqué Saavedra, A., Eguiarte, L. y Zizumbo-Villarreal, D. (eds.). *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Mérida, CICY-CONACYT-CONABIO-INE: 229-248. En <https://www.researchgate.net/publication/275341434> (consultado el 9-5-2019).
- Douglas, M. (1996). *Cómo piensan las instituciones*. Madrid, Alianza.
- FDA. (1996). "Food and Drug Administration 21 CFR Part 172, Food Additives Permitted for Direct Addition to Food for Human Consumption; Dimethyl Dicarbonate. Federal Register 61(104) Wednesday, May 29, 1996. Rules and Regulations". *Authenticated U.S. Government Information GPO*. En <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1996-05-29/pdf/96-13303.pdf> (consultado el 9-10-2019).
- García Mendoza, A.J. (2007). "Los agaves de México". *Ciencias* 087: 14-23.
- Giersiepen, H. (2017). *The spirit of Agave: Mezcal*. Tesis, Hochschule Geisenheim University.
- Hang, Y. y Woodams, E. (2010). "Influence of Apple Cultivar and Juice Pasteurization on Hard Cider and Eau-de-Vie Methanol Content". *Bioresource Technology* 101(4): 1396-1398. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.069>
- Hernández López, J.J. (2018). "Mezcal como herança social: de indicações geográficas genéricas para denominações regionais de origem". *Questão* 24(2): 404-433. DOI <https://doi.org/10.19132/1808-5245242.404-433>
- Hodson, G. y Wilkes, E. (2016). "The Regulatory Example of Methanol in Wine". *APEC Wine regulatory Forum*. 6 y 7 de octubre, Ottawa, Canadá. En

- https://www.wineregulatoryforum.org/s/Session-12_-Recent-Developments-in-Regulatory-Practices-Methanol-in-Wine_HODSON-Greg-and-WILKES-Eric.pptx (consultado el 10-11-2019).
- Jacobsen, D. y McMartin, K.E. (1997). “Antidotes for Methanol and Ethylene Glycol Poisoning”. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology* 35(2): 127-143. DOI <https://doi.org/10.3109/15563659709001182>
- Kavet, R. y Nauss, K.M. (1990). “The Toxicology of Inhaled Methanol Vapors”. *Critical Reviews in Toxicology* 21(1): 21-50. DOI <https://doi.org/10.3109/10408449009089872>
- Kirchmayr, M.R. (coord.). (2014). *Manual para la estandarización de los procesos de producción del mezcal guerrerense*. Guadalajara, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ). En <https://ciatej.mx/dyd/manualmezcalguerrerense.pdf> (consultado el 10-11-2019).
- Kostic, M.A. y Dart, R.C. (2003). “Rethinking the Toxic Methanol Level”. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology* 41(6): 793-800. DOI <https://doi.org/10.1081/ct-120025344>
- Kruse, J.A. (1992). “Methanol Poisoning”. *Intensive Care Med* 18: 391-397. En <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF01694340.pdf> (consultado el 10-11-2019).
- Lindinger, W., Taucher, J., Jordan, A., Hansel A. y Vogel, W. (1997). “Endogenous Production of Methanol after the Consumption of Fruit”. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research* 21(5): 939-943. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.1997.tb03862.x>
- Matthews, D. (2010). *Development of a Sensitive Method for the Determination of Methanol in Fermented & Distilled Products*. Presentación en UVM Food Systems Symposium. Vermont, University of Vermont. En <http://www.uvm.edu/vtvegandberry/FoodSystemsSymposium/Matthews.pdf> (consultado el 11-1-2020).
- Monte, W.C. (2010). “Methanol: a Chemical Trojan Horse as the Root of the Inscrutable U”. *Medical Hypotheses* 74: 493-496. DOI <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2009.09.059>
- Nava Jaimes, H., Pezet Sandoval, F. y Hernández Gutiérrez, I. (2001). *El Sistema Internacional de Unidades (SI)*. Los Cués, CNM-MMM-PT-003, Centro Nacional de Metrología. En <https://micrositios.inecc.gob.mx/publicaciones/download/simexico1.pdf> (consultado el 11-1-2010).
- Nikunj Kumar, P. y Kerns, E.S. (2017). “Methanol and Ethylene Glycol Poisoning”. En Ferri, F.F. (ed.). *Ferri's Clinical Advisor*. Philadelphia, Elsevier: 794-795.
- OIV. (2004). “Contenidos límites de metanol en los vinos”. *Resolución OENO 19/2004*. Organización Internacional de la Vid y el Vino (OIV). En <http://www.oiv.int/public/medias/677/oeno-19-2004-es.pdf> (consultado el 9-5-2019).
- _____. (1987). “Report of Sub-Commission Analytical Methods”. *Bulletin de l'O.I.V.* 691-692: 111-114.

- Paine, A.J. y Dayan, A.D. (2001). "Defining a Tolerable Concentration of Methanol in Alcoholic Drinks". *Human & Experimental Toxicology* 20: 563-568. DOI <https://doi.org/10.1191/096032701718620864>
- Parlamento Europeo. (2019). "Reglamento (UE) 2019/787, sobre la definición, designación, presentación y etiquetado de las bebidas espirituosas, la utilización de los nombres de las bebidas espirituosas...". *Diario Oficial de la Unión Europea*. En <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0787&from=es> (consultado el 17-01-2020).
- _____. (2008). "Reglamento (CE) No 110/2008, relativo a la definición, designación, presentación, etiquetado y protección de la indicación geográfica de bebidas espirituosas...". *Diario Oficial de la Unión Europea*. En <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0110&qid=1551206565276&from=en> (consultado el 4-10-2019).
- Röe, O. (1982). "Species Differences in Methanol Poisoning". *CRC Crit. Rev. Toxicol.* 10: 275-287.
- _____. (1955). "The Metabolism and Toxicity of Methanol". *Pharmacological Reviews* 7(3): 399-412.
- _____. (1946). "Methanol Poisoning, It's Clinical Course, Pathogenesis and Treatment". *Act Med Scand* 182(9): 9-135.
- Saldaña Oyarzábal, I. (2006). *Carbohydrate Metabolism in the Leaves of the Agave Tequilana (Weber) Plant*. Tesis Doctoral. Sussex Oriental, University of Sussex.
- Shapira, B., Schaefer, E., Poperno, A., Hess, Z., Rosca, P. y Berkovitz, R. (2019). "The Methanol Content of Illicit Alcoholic Beverages Seized in a Low Socio-Economic Area of Tel-Aviv: Public Health Impact and Policy Implications". *Journal of Public Health: From Theory to Practice* 27(1): 37-42. DOI <https://doi.org/10.1007/s10389-018-0922-8>
- Shindyapina, A.V., Petrunia, I., Komarova, T., Sheshukova, E., Vyacheslav S., Kosorukov, V., Kiryanov, G. y Dorokhov, Y. (2014). "Dietary Methanol Regulates Human Gene Activity". *PLoS ONE* 9(7-e102837): 1-16. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102837>
- Solis-García, A., Rivas-García, P., Escamilla-Alvarado, C., Rico-Martínez, R., Bravo-Sánchez, M.G. y Botello-Álvarez, J.E. (2017). "Methanol Production Kinetics During Agave Cooking for Mezcal Industry". *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 16(3): 827-834. En <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62053304012> (consultado el 11-1-20).
- Soto-García, E., Rutiaga-Quñones, M., López-Miranda, J., Montoya-Ayón, L. y Soto-Cruz, O. (2009). "Effect of Fermentation Temperature and Must Processing on Process Productivity and Product Quality in Mezcal Fermentation". *Food Control* 20: 307-309. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.04.006>
- Wood, C. (1906), "Death and Blindness as a Result of Poisoning by Methyl Alcohol or Wood Alcohol and its Various Preparations". *Int Clin; Quart Clin Lectures* 16: 68.

Zhang, H., Woodams, E., y Hang, Y. (2011). "Influence of Pectinase Treatment on Fruit Spirits from Apple Mash, Juice and Pomace". *Process Biochemistry* 46(10): 1909-1913. DOI <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2011.06.020>

Normas mexicanas consultadas

Ley federal de metrología y normalización, 1997.

MX-V-013-S-1980. Bebidas alcohólicas destiladas. Método para la determinación del porcentaje de alcohol en volumen en la escala Gay-Lussac a 288 k (15°C).

NMX-V-015-S-1980. Bebidas alcohólicas destiladas. Método para la determinación de la acidez fija.

NMX-V-005-S-1980. Bebidas alcohólicas destiladas. Determinación de ésteres y aldehídos.

NMX-V-034-1982. Alcohol etílico (etanol).

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

NMX-V-014-1986. Bebidas alcohólicas destiladas. Determinación de alcoholes superiores (aceite de fusel).

NMX-V-021-1986. Bebidas alcohólicas destiladas. Métodos para la determinación de metanol.

NOM-142-SSA1-1995. Bienes y servicios. Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial.

NMX-V-005-NORMEX-2013. Bebidas alcohólicas. Determinación de aldehídos, ésteres, metanol y alcoholes superiores. Métodos de ensayo.

NOM 006-SCFI-2012. Bebidas alcohólicas. Tequila. Especificaciones.

NOM 070-SCFI-2016. Bebidas alcohólicas. Mezcal. Especificaciones.

NOM 199-SCFI-2017. Bebidas alcohólicas. Denominación, especificaciones, métodos de prueba.

Anexo

Sobre unidades y mediciones

Las referencias bibliográficas a veces difieren en el empleo de unidades de medición. Nos interesan dos situaciones en las que se mide la concentración de metanol:

1) *Concentración de metanol en una bebida*

En las normas NOM se emplea la relación de cantidad de metanol respecto al alcohol total de una bebida y suele expresarse como ml de metanol con respecto a 100 ml de alcohol anhidro (que nosotros abreviamos “alcohol anhidro”). Se especifica alcohol anhidro = 100 % alcohol. La aclaración es necesaria porque el destilado de alcohol “puro” es una mezcla azeotrópica de alcohol y agua (96% de etanol y 4% de agua).

En algunos artículos la concentración de metanol en una bebida se suele expresar en mg/dl (miligramos de metanol en un decilitro de alcohol anhidro).

Equivalencia de valores: $1 \text{ mg/dl} = 1 \text{ mg}/100 \text{ ml} = 10 \text{ mg/L} = 0.01 \text{ g/L} = 1 \text{ g/hl}$.

En el citado trabajo de Bindler *et al.* (1988) los autores escriben los límites en “g/hl p.a.”, es decir gramos por hectolitro de alcohol puro. Si entendemos que “p.a.” es alcohol anhidro, g/hl es equivalente a mg/100 ml alcohol anhidro.

En las reglamentaciones de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), los límites de metanol se expresan en mg/L del vino (que varía en su graduación alcohólica). Eso dificulta la comparación con las reglamentaciones de México, Estados Unidos y Europa, que refieren a volumen de alcohol anhidro. Ejemplo: para vino tinto de uva, la OENO 5/2001 y OENO 19/2004 fijan un máximo de metanol de 400 mg/L. Si suponemos un vino de 11% vol/vol su equivalente en las unidades de medición de las NOM es 363 mg/100 ml alcohol anhidro. Para una graduación de 14% vol/vol, su equivalente NOM serían 286 mg/100 ml alcohol anhidro.

2) *Concentración de metanol en la sangre de un individuo*

La concentración de metanol en la sangre permite comparar valores con registros de otros casos de intoxicación. Las unidades usadas en la bibliografía son mg/dl (miligramos de metanol en un decilitro de sangre). Un decilitro equivale a 100 ml (cien mililitros) o a 0.1 L (un décimo de litro).

* * *

RECIBIDO: 27/06/2019

APROBADO: 24/11/2019

VERSIÓN FINAL RECIBIDA: 27/11/2019

