

## Trabajo científico

# La calidad de varias bebidas alcohólicas comercializadas en México y las consecuencias potenciales en la salud pública

## The quality of alcoholic beverages commercialized in Mexico and its potential health consequences

Francisco López-Naranjo, Israel Hanani Godínez-García, Reyes Flores-Hernández, Marina Altagracia-Martínez, Rebeca Córdova-Moreno

División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Sistemas Biológicos, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

---

### Resumen

México es uno de los países de Latino América con un alto consumo de alcohol. Cuarenta y ocho bebidas alcohólicas (BA) comercializadas en México fueron analizadas por métodos establecidos físico-químicos para la determinación de etanol y metanol; la espectroscopia de absorción atómica se utilizó para detectar la presencia en cantidades trazas de Cu, Pb y Cd. Las muestras BA analizadas para la determinación de metanol y para la detección de la presencia de los metales pesados tóxicos (cobre, plomo y cadmio) en cantidades trazas estuvieron dentro de los límites establecidos en las normas oficiales mexicanas correspondientes. El consumo excesivo de BA aumenta el riesgo de muerte porque, potencialmente, pueden exacerbar la presencia de las enfermedades crónicas y(o) por accidente.

---

### Abstract

Mexico is one of the Latin American countries with a high consumption of alcohol. Forty eight alcoholic drinks (BA) commercialized in Mexico were analyzed by established methods physical-chemical procedures for the determination of ethanol and methanol; the atomic absorption spectroscopy was used to determine the presence in traces quantities of Cu, Pb and Cd. All analyzed BA samples for methanol determination as well as for the detection of heavy toxic metals were within the limits of the official Mexican regulations for the corresponding procedures. The excessive consumption of BA increases the risk of death because, potentially, they can exacerbate the presence of chronic diseases and/or accident.

---

**Palabras clave:** bebidas alcohólicas, etanol, metanol, metales.

**Key words:** alcoholic beverages, methanol, metal.

---

### Correspondencia:

M. en C. Francisco López Naranjo  
Departamento de Sistemas Biológicos  
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco  
Calzada del Hueso N° 1100. Colonia Villa Quietud  
Delegación Coyoacán  
Tel 54 83 73 75  
E-mail: flopez@correo.xoc.uam.mx

Fecha de recepción: 05 de agosto de 2013  
Fecha de recepción de modificaciones:  
27 de noviembre de 2013  
Fecha de aceptación: 03 de diciembre de 2013

## Introducción

A nivel mundial, en las últimas décadas el abuso del alcohol y el alcoholismo han cobrado gran importancia debido a sus consecuencias sociales y sanitarias.<sup>1</sup> El consumo de alcohol causa 2 millones 500 mil muertes cada año, se relaciona con las causas de muerte de 320 mil jóvenes de entre 15 y 29 años de edad, lo que representa un 9 por ciento de las defunciones en ese grupo de edad.<sup>2</sup> Asimismo, el alcoholismo ocupa el tercer lugar entre los factores de riesgo de la carga mundial de morbilidad; es el primer factor de riesgo en el Pacífico Occidental y las Américas, y el segundo en Europa.<sup>3,4</sup>

Se ha encontrado que muchas enfermedades crónicas no transmisibles causan aproximadamente dos terceras partes de las muertes en el mundo y los factores principales de riesgo que se asocian causalmente son el consumo de tabaco, una dieta inadecuada, inactividad física y el abuso de alcohol.<sup>5,6</sup> Varios estudios han identificado al alcohol como uno de los factores de riesgo de mayor impacto en la carga global de varias enfermedades crónico-degenerativas.<sup>7-12</sup>

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Enfermedades, el alcohol tiene un impacto negativo en más de 50 enfermedades y dicho impacto es particularmente alto en Europa Oriental y Central, en Sur y Centro América y en países de la Ex-Unión Soviética.<sup>13</sup>

Las principales causas de muerte globalmente atribuibles al alcoholismo son: cirrosis hepática, cáncer de hígado, cáncer de esófago, enfermedades del corazón, enfermedades cerebrovasculares, cánceres oro-faríngeos, epilepsia, cáncer de mama, cáncer de colon y recto, otros neoplasmas, nacimiento prematuro y de bajo peso al nacer, desordenes depresivos unipolares, diabetes mellitus, ahogamiento, envenenamientos, caídas, accidentes viales, heridas auto-causadas, heridas no intencionales, desordenes por el uso del alcohol, violencia.<sup>13</sup>

Pese a lo anterior, varias BA han sido utilizadas para prevenir diversas enfermedades (trombosis, hipertensión, etc.) y hasta para curarlas. Las BA son fabricadas a base de productos naturales como la caña de azúcar, la uva, la manzana, el arroz, y la cebada entre otros productos que al ser tratados en forma artesanal no pierden sus propiedades y en algunos casos las incrementan. Por ello bebidas como el tequila, el ron, el whisky y el brandy, entre otras han sido utilizadas para prevenir y aliviar enfermedades; hoy está científicamente comprobado que ingerir en forma moderada algunas BA se puede prevenir y erradicar padecimientos como la trombosis, hipertensión (una copa diaria de vino tinto) y tener así una vida más longeva y sana.<sup>14</sup>

Así mismo, el alcoholismo o uso excesivo del alcohol está relacionado con problemas graves de índole social y del desarrollo, en particular la violencia, el descuido y maltrato de menores y el ausentismo laboral. Además de ser el factor de riesgo más importante para la salud en las Américas, especialmente entre los países de ingresos medios y bajos (Brasil, México y la mayoría de los países latinoamericanos), el consumo de alcohol es aproximadamente 40 por ciento mayor que el promedio mundial.<sup>13</sup> A pesar de las amplias variaciones subregionales, el valor promedio de consumo per cápita de alcohol, ponderado por población, en las Américas es de 8.7 litros, lo cual está muy por encima de la media global de 6.2 litros de consumo per cápita.<sup>1</sup>

En México, el uso excesivo del alcohol y el alcoholismo representan uno de los problemas de salud pública con mayor arraigo social, cuyos costos y consecuencias sociales y sanitarias impiden el desarrollo de familias y comunidades.<sup>1,13</sup>

La mayoría de la población mexicana desde muy temprana edad consume BA, se ha encontrado una prevalencia de consumo de alcohol. Al comparar el consumo de alcohol en la población adolescente en el año 2000 y 2012 se encontró que no hubo un cambio estadísticamente significativo entre ambos años. En el año 2000 el porcentaje fue de 24.8% y en el 2012 del 25%.<sup>6</sup>

El consumo de alcohol entre los adultos se definió como el diario u ocasional y para el 2012 se encontró que era del 53.9% versus 39.7% en el año 2000.<sup>6</sup> La Organización Mundial de la Salud (OMS) lo describe como el consumo regular de 20 a 40 g diarios de alcohol en mujeres y 40 a 60 g diarios en varones.<sup>15</sup>

### Clasificación de las BA

Las BA se pueden clasificar de diversas maneras, una de ellas se describe a continuación:

- a) Bebidas no destiladas basadas en productos no frutícolas dentro de las cuales se encuentra la cerveza, que a su vez puede ser de fermentación alta o baja; cualquier material que contenga almidón puede hacerse fermentar con levadura y darle su sabor con lúpulo; que además ayuda a conservarla y le da su aroma. La universalidad de la cerveza se nota en su difusión y variedad.
- b) Bebidas no destiladas basadas en productos frutícolas en ellas están los vinos, que de acuerdo a su edad pueden ser jóvenes, de crianza, de reserva, y de gran reserva. De acuerdo con el contenido residual de azúcar en los mostos de los vinos se clasifican en secos, abocados, semi secos, semi dulce, dulce.
- c) Según el tipo de uva utilizada se dividen en: de marca, varietal, y de origen, también se clasifican como vinos de mesa: blanco, rosado, tinto, clarete, etc.<sup>16-18</sup>

Existen otras bebidas alcohólicas destiladas a partir de la gran variedad de productos de origen vegetal por medio de fermentaciones y que junto con la cerveza tienen mayor difusión en el mercado: brandy, ron, whisky, vodka, ginebra, tequila. En México, la cerveza es la BA más consumida.<sup>1</sup>

José Luis Gay-Lussac, a inicios del Siglo pasado, encontró una manera de garantizar la calidad de las BA. Son los conocidos grados G. L. que ostentan las botellas de BA. Estos hacen referencia al porcentaje en volumen de alcohol, por ejemplo los brandís tienen cerca de 50° G.L.<sup>19</sup>

### **Calidad de las BA y las normas oficiales mexicanas**

Las autoridades sanitarias analizan la calidad de las BA para asegurar que se encuentren dentro de los parámetros establecidos por las normas oficiales. En el caso de México se emplean la NOM-142-SSA1-1995 en el numeral 6.3 para las concentraciones de metanol; la NOM-142-SSA1-1995 en el numeral 6.4 para la determinación de la presencia de metales en cantidades trazas y la NOM-117-SSA1-1994. Así mismo, para el caso del tequila se emplea la NOM-006-SCFI-2012. La normatividad vigente garantiza que las BA puedan ser consumidas de manera segura y bajo la responsabilidad del consumidor.<sup>16, 20, 21, 22</sup> Sin embargo, cuando el consumo de alcohol es excesivo, la normatividad no es suficiente para prevenir los daños a la salud de los individuos que la consumen.<sup>20, 22</sup> En varios países se ha modificado la normatividad para disminuir los riesgos a la salud y se han diseñado estrategias de prevención de los riesgos.<sup>1, 12</sup>

Las Normas Oficiales Mexicanas describen en sus distintos apartados, varios aspectos, tales como las definiciones de las diversas BA comerciales, su añejamiento y maduración, sí es una bebida alcohólica destilada o fermentada, los límites máximos permitidos de aditivos, microorganismos y metales pesados entre otros.<sup>20</sup> También se describen y protegen BA denominadas de origen tal como es el caso de Tequila y se establecen las especificaciones necesarias para poder comercializar este producto.<sup>21</sup>

### **Componentes nocivos en las BA comercializadas legalmente: metanol y metales**

El metanol se conoce como alcohol de madera acompaña en diferentes procesos de fabricación a las bebidas etanólicas como parte normal del proceso de fermentación, se encuentra en mayor o menor proporción (trazas). La toxicidad por ingesta de metanol se debe a que es metabolizado por oxidación a formaldehído y en una segunda oxidación hasta ácido fórmico y afecta a las células retinianas, cardíacas, hepáticas y encefálicas; su excreción es más lenta que la del etanol, presenta un efecto mucho más nocivo para el ser humano y contribuye a

desarrollar distintas afecciones tales como: trastornos neurológicos, cirrosis hepática, enfermedades cardiovasculares, ceguera, alteraciones genéticas, hemorragias gastrointestinales, cáncer en cualquier parte del tracto digestivo o incluso la muerte por la alta y excesiva ingestión de BA adulteradas (Dosis letal 60-250mL).<sup>17</sup>

Por lo anterior, son necesarios métodos adecuados que ayuden a determinar la cantidad de metanol presente en cada BA. Existen varias técnicas y métodos analíticos para hacerlo.<sup>23-26</sup> En el presente estudio se utilizaron diferentes métodos físico-químicos.

### **Los metales en las BA y técnicas para su cuantificación**

Los minerales son elementos químicos simples, representan el 4% del peso corporal, se dividen en macro y micro minerales; 17 de estos son indispensable para la vida, como el calcio, el fósforo, el potasio, el sodio, el azufre, el cloro, el zinc, el magnesio, el hierro, el cobre; el bario, el boro, el yodo, el selenio etc., se encuentran en muchos alimentos y bebidas y en cantidades adecuadas sirven para mantener el equilibrio de líquidos en el organismo.

Algunos metales de los antes mencionados cuando rebasan las concentraciones homeostáticas se transforman en unos de los contaminantes más peligrosos y tóxicos para el organismo y también se encuentran los denominados metales pesados (cadmio, arsénico, plomo, estroncio, cobre, fierro, mercurio, zinc) los cuales no deben estar presentes como contaminantes en alimentos, agua purificada, agua potable e incluso en las BA y pueden ser determinados por EAA.<sup>15, 21, 28</sup>

Estos metales son indispensables para la vida aunque solo se encuentren en cantidades muy pequeñas en los tejidos del cuerpo, sin embargo; en grandes cantidades estos metales pueden ser tóxicos.

Un metal puede considerarse tóxicos y es perjudicial para el crecimiento o el metabolismo de las células al exceder cierta concentración.

Casi todos los metales son tóxicos en concentraciones altas y algunos de ellos constituyen venenos graves e incluso a concentraciones bajas por ejemplo el cobre y el plomo.<sup>29</sup> La toxicidad de un metal depende de su vía de administración y del compuesto químico al que esté ligado, el tiempo y la frecuencia de exposición por motivos laborales.

Los metales pesados en el contexto ecotoxicológico son responsables de manera directa de problemas tóxicos que afectan la salud del ser humano, debido a que se acumulan en el organismo y es muy difícil adaptarse a su presencia en altas concentraciones.<sup>30, 31</sup>

Los metales pesados son altamente reactivos y pueden acumularse en sedimentos y organismos, casi todos ellos son metales no esenciales para la vida tales como el plomo, arsénico, mercurio, cadmio y su nivel de toxicidad depende en gran parte de la cantidad y capacidad que tengan para reemplazar a los metales esenciales en los procesos metabólicos de los seres vivos. Los metales se incorporan usualmente a las proteínas, algunas de las cuales funcionan como enzimas o catalizadores biológicos.<sup>31, 32, 33</sup>

Al igual que en el caso del metanol, la acumulación de dichos metales en el organismo humano como consecuencia del consumo nocivo de BA puede ocasionar serios problemas de salud pública. Consecuentemente, en las BA es necesario analizar el contenido de dichos metales en cada una de ellas y aunque estén dentro de las normas oficiales reconocer su daño potencial a la salud de los individuos. Se han utilizado varias técnicas y métodos para su determinación.<sup>27, 34</sup>

### **Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA) con horno de grafito para la detección de metales en cantidades trazas**

La EAA es una técnica analítica muy selectiva y sensible, en donde se requiere la atomización de la muestra y se basa en fenómenos de absorción y emisión por parte de los átomos, con la cual se pueden llegar a identificar hasta 70 elementos en el orden de ppm ( $\mu\text{g/l}$ ) y cuyos resultados son precisos y exactos.<sup>21, 34</sup>

Los espectros atómicos son característicos de cada elemento y por lo tanto sirven para su identificación; para poder realizarlos se necesitan dos fuentes: una que atomice la muestra y es una fuente calorífica (Espectroscopia de emisión) y otra que excite la muestra, lámpara del metal a estudiar (Espectroscopia de absorción). La fuente de luz usualmente es una lámpara de cátodo con vacío de los elementos a ser medidos.<sup>35</sup>

La EAA se puede utilizar con ionización a la flama o con horno de grafito; es una metodología analítica muy útil en la determinación de metales pesados en diversas muestras de interés, que puede ir desde fluidos biológicos, productos industriales como lo son las BA de marca comercial, permite trabajar con volúmenes muy reducidos (100  $\mu\text{l}$  o menos). Las fuentes de radiación del instrumento son lámparas de cátodo hueco herméticamente cerradas que contienen Neón/Argón a presión de 1 a 5 torr, tienen un ánodo de wolframio y el cátodo del metal cuyo espectro se desea obtener, son específicas para el elemento buscado ya que los átomos del metal de interés son excitados y cuando retornan al estado fundamental emiten una radiación característica.<sup>29, 36, 37</sup>

Por todo lo anterior, los objetivos de la presente investigación fueron: a) Determinar las concentraciones de metanol presentes

en las BA de marcas comerciales y compararlas con las especificadas en la norma oficial mexicana, b) Aplicar el procedimiento analítico de EAA para la determinación de la presencia de metales (Cu, Pb y Cd) en cantidades trazas a las BA de marcas comerciales y compararlas con las especificadas con las normas oficiales mexicanas y c) Analizar el consumo excesivo de BA con la presencia de componentes tóxicos (metanol y metales) dentro y fuera de los intervalos aceptados por las normas oficiales mexicanas.<sup>38, 39, 40</sup>

## **Material y método**

Ácido cromotrópico (JT Baker), ácido acético grado analítico al 3% (JT Baker), ácido nítrico grado suprapur (JT Baker), agua destilada, estándar Sigma 1000 ppm (1000  $\mu\text{g/mL}$ ) para cobre, estándar Perkin Elmer 1000 ppm (1000  $\mu\text{g/mL}$ ) para plomo, estándar Perkin Elmer 1000 ppm (1000  $\mu\text{g/mL}$ ) para cadmio.

Muestras comerciales de: cerveza (n=5), de vino (n=5), de tequila (n=4), de ron (17), de brandy (9), de ginebra (4) y vodka (n=4)

Micropipetas Oxford de 1000  $\mu\text{L}$  y 500  $\mu\text{L}$ , densitómetro Gay Lussac marca Brannan, cristalería de laboratorio, papel tornasol, espátula, balanza analítica, marca Sartorius (sensibilidad 0.0001 mg), baño maría regulado a 70° C, espectro de absorción atómica 3110 Perkin Elmer con horno de grafito, detector HGA-600 Perkin Elmer, lámpara para plomo (10-12 ma), lámpara para cobre (25 ma), lámpara para cadmio (4-8 ma).

El método fisicoquímico para la determinación del contenido de metanol en las BA se basa en la oxidación del metanol a aldehído fórmico por la acción del permanganato de potasio en medio ácido. El formaldehído reacciona con el ácido cromotrópico para dar un compuesto colorido violeta que se lee al espectro UV-Vis a 575 nm.

Destilación de la muestra: verter y medir en el matraz volumétrico, 250 o 300 mL de muestra a una temperatura de 20° C transferidos cuantitativamente con agua destilada (procurando enjuagar con el agua al menos 3 veces el matraz volumétrico) al matraz de destilación que contiene gránulos o trozos de carburo de silicio o perlas de vidrio, conectándolo al refrigerante mediante un adaptador.

Calentar el matraz de destilación y recibir el destilado en el mismo matraz donde se midió la muestra. El refrigerante terminará en una adaptación con manguera y tubo con la punta biselada, se sumerge en el agua contenida en el matraz de recepción, el cual se encuentra sumergido en un baño de agua-hielo durante el curso de la destilación, al terminar llevar

este matraz a la temperatura en que fue medida la muestra, procurando no perder líquido. Llevar a la marca con agua destilada, homogenizar y transferir el destilado a una probeta adecuada al tamaño del alcoholímetro, verter el destilado enjuagando la probeta con la misma muestra, después vaciar el destilado hasta unos 10 cm abajo del nivel total. Introducir el alcoholímetro cuidadosamente junto con el termómetro y dejar que flote libremente, esperar a que se estabilice la temperatura y tomar las lecturas.

Diluir la muestra destilada a una concentración de alcohol de 5 a 6% en volumen con agua destilada. Si contiene más de 0.05% el metanol por volumen diluir a la concentración 5-6% con alcohol al 5.5%.

**Tratamiento de la muestra para su análisis EAA:**

Pesar aproximadamente 0.25g en un vaso de precipitados de 40 mL, adicionar 10 mL de ácido acético al 3%, dejar reposar toda

la noche a temperatura ambiente o iniciar directamente la digestión.

Procedimiento: Correr un blanco de calibración: agua destilada

Leer las muestras por triplicado en el equipo de EAA con horno de grafito a una determinada longitud de onda, para cobre 327.4 nm, para plomo 283.3nm, para cadmio 228.8 nm, apertura de rejilla 0.7 <sup>23, 26, 41</sup>

Introducir los estándares de calibración de menor a mayor concentración, elaborar una curva de calibración graficando el área del pico o absorbancia contra concentración de estándar correspondiente.

Preparación de los estándares de cobre, plomo y cadmio 1000 ppm aplicando el método de absorción atómica establecido en la Norma Oficial Mexicana (NOM-117-SSA1-1994).<sup>21</sup>

**Tabla 1. Condiciones del horno de grafito para la determinación del Cu**

La calidad de varias bebidas alcohólicas comercializadas en México y las consecuencias potenciales en la salud pública

Paso N°	Temp. °C Etapa	Tiempo (seg)	Rampa (Hold)	Flujo Interior	Tipo de Gas	Vol. de inyección (µl)
1	90 Evaporación	10	30	300	Normal	20
2	950 Calcinación	10	30	300	Normal	20
3	2400 Atomización	0	3	10	Normal	20
4	2600 Atomización	1	4	0	Normal	20

En la tabla 1 se describen las condiciones de trabajo para la determinación del Cu.

**Tabla 2. Condiciones del horno de grafito para la determinación del Pb**

Paso N°	Temp. °C Etapa	Tiempo (seg)	Rampa (Hold)	Flujo Interior	Tipo de Gas	Vol. de inyección (µl)
1	90 Evaporación	5	30	300	Normal	20
2	500 Calcinación	10	30	300	Normal	20
3	1900 Atomización	0	5	30	Normal	20
4	2400 Atomización	1	5	300	Normal	20

**Tabla 3. Condiciones del horno de grafito para la determinación del Cd**

Paso N°	Temp. °C Etapa	Tiempo (seg)	Rampa (Hold)	Flujo Interior	Tipo de Gas	Vol. de inyección (µl)
1	90 Evaporación	20	10	300	Normal	20
2	450 Calcinación	30	30	300	Normal	20
3	1650 Atomización	1	4	300	Normal	20
4	2600 Atomización	1	2	0	Normal	20

Así mismo, en las tablas 2 y 3 se describen las condiciones del Horno de grafito para Pb y Cd.

**Tabla 4. Porcentaje de etanol por volumen a 20°C determinado experimentalmente y porcentaje de etanol especificado en las etiquetas de cada bebida alcohólica (BA). Las muestras de las BA se describen con las siguientes letras: B=Brandy, R=Ron, C=Cerveza, Vi=Vino, V=Vodka, G=Ginebra y T=Tequila; NP= No reportado**

N° de muestra	Tipo de BA	Determinación experimental del contenido de etanol (%)	Contenido de etanol reportado en la etiqueta	N° de muestra	Tipo de BA	Determinación experimental del contenido de etanol (%)	Contenido de etanol reportado en la etiqueta
1	B	34.9	35.0	25	R	25.9	28.0
2	B	38.0	38.0	26	R	28.9	30.0
3	R	29.6	26.0	27	G	27.7	38.0
4	B	34.4	38.0	28	G	38.0	38.0
5	R	29.3	26.0	29	G	32.8	38.0
6	R	33.1	32.0	30	R	29.0	30.0
7	R	29.9	27.0	31	B	35.0	35.0
8	C	2.6	3.0	32	T	37.5	38.0
9	C	2.9	3.0	33	R	13.0	13.0
10	B	35.0	35.0	34	T	37.9	38.0
11	C	2.9	N.P.	35	Vi	16.8	17.0
12	Vi	11.5	11.5	36	Vi	13.0	13.0
13	V	39.6	40.0	37	R	10.6	N.P.
14	B	36.9	38.0	38	V	39.9	40.0
15	R	27.7	28.0	39	R	26.4	26.5
16	B	33.4	38.0	40	V	43.2	43.0
17	C	4.26	4.5	41	T	38.0	38.0
18	C	5.7	5.8	42	T	38.1	38.0
19	G	37.1	38.0	43	Vi	11.1	11.5
20	V	40.0	40.0	44	B	34.7	34.0
21	B	36.1	35.0	45	R	28.2	28.0
22	Vi	15.9	18.0	46	R	30.1	30.0
23	R	28.9	29.0	47	R	14.5	N.P.
24	R	29.8	30.0	48	R	6.9	7.0

**Tabla 5. Valoración del contenido de metanol de diversas bebidas alcohólicas (BA) y su comparación con respecto a la NOM-142-SSA1-1995.**

N° de Muestra	Tipo de BA	Metanol expresado en mg/100ml de alcohol anhidro	Dentro (D) o Fuera (F) de especificaciones según NOM BA >300mg/100ml de alcohol en base anhidra
1	B	86.05	D
2	B	219.10	D
3	R	180.90	D
4	B	206.45	D
5	R	210.75	D
6	R	237.4	D
7	R	172.3	D
8	C	271.18	D
9	C	249.32	D
10	B	186.22	D
11	C	244.18	D
12	Vi	275.65	D
13	V	248.18	D
14	B	120.77	D
15	R	246.30	D
16	B	186.87	D
17	C	51.28	D
18	C	183.60	D
19	G	153.06	D
20	V	96.21	D
21	B	72.49	D



Tabla 6. Concentraciones de cobre y absorbancia con longitud onda de 324.8 nm

Concentración $\mu\text{g/mL}$	Absorbancia	Concentración $\mu\text{g/mL}$
0	0	0
1	0.0188	1
2	0.0373	2
3	0.0565	3

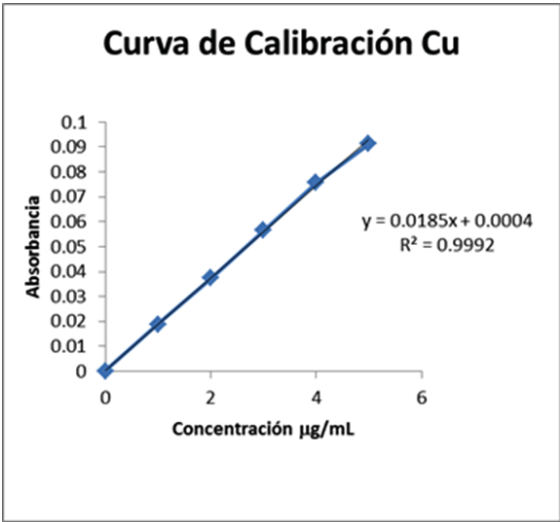


Figura 1. Curva de Calibración de absorbancia versus concentración de cobre en  $\mu\text{g/mL}$

Tabla 7. Concentraciones de plomo y absorbancia con longitud onda de 283.3 nm

Concentración $\mu\text{g/mL}$	Absorbancia
0	0
1	0.0055
2	0.0109
3	0.0155
4	0.0202

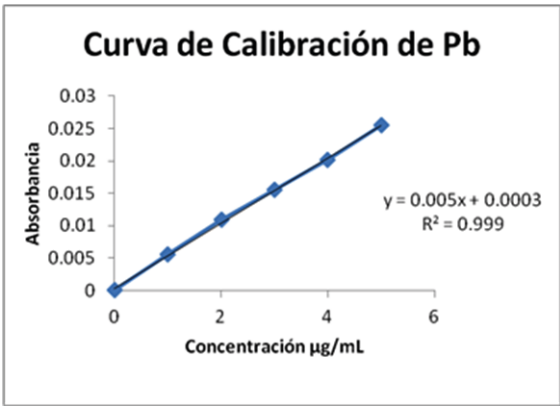


Figura 2. Curva de Calibración de absorbancia versus concentración de plomo en  $\mu\text{g/mL}$

Tabla 8. Concentraciones de cadmio y absorbancia con longitud onda de 228.8 nm

Concentración $\mu\text{g/mL}$	Absorbancia
0	0
0.5	0.0267
1	0.0503
1.5	0.0785
2	0.1053

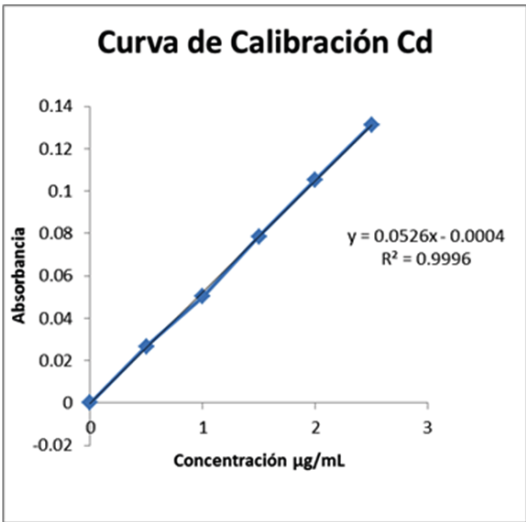


Figura 3. Curva de Calibración de absorbancia versus concentración de cadmio en  $\mu\text{g/mL}$

Tabla 9. Cantidades trazas en mg/L de cobre, plomo y cadmio en las algunas muestras de las BA analizadas por espectrofotometría de Absorción Atómica. Las muestras de las BA se describen con las siguientes letras: B=Brandy, R=Ron y T=Tequila

No.	Tipo de BA	Nombre del metal y cantidades trazas en mg/L determinadas experimentalmente en varias muestras de BA por EAA Límite máximo de 2.0 mg/L	Nombre del metal y cantidades trazas en mg/L determinadas experimentalmente en varias muestras de BA por EAA Límite máximo de 0.5 mg/L	Nombre del metal y cantidades trazas en mg/L determinadas experimentalmente en varias muestras de BA por EAA Límite máximo de 0.5 mg/L
1	B	Cobre	Plomo	Cadmio
2	B	0.0775	0.0235	0.019
3	T	0.049	0.0036	0.006
4	B	0.0825	0.016	0.013
5	T	0.0635	0.0325	0.018
6	T	0.059	0.0055	0.016
7	T	0.0435	0.0225	0.015
8	T	0.0345	0.0085	0.009
9	R	0.0325	0.013	0.023
10	T	0.027	0.021	0.03
11	T	0.028	0.0125	0.014
12	B	0.0285	0.006	0.09
13	T	0.026	0.00375	0.006
14	T	0.0385	0.011	0.01

Las especificaciones límite máximo (mg/L) de acuerdo con la NOM-142-SSA1-1995: cobre 2.0, plomo 0.5, cadmio 0.5.

## Resultados y discusión

En la tabla 4 se muestra la composición porcentual del etanol por volumen a 20° C y se compara con los datos contenidos en las etiquetas de cada una de las BA analizadas. El contenido de etanol en las 48 muestras de las BA fue similar o igual al de las etiquetas. Sin embargo, se puede observar que en las nueve muestras de brandy (B) el contenido de etanol determinado experimentalmente es menor en cuatro de ellas, en otras dos muestras de B el contenido de etanol fue mayor y sólo en tres de las muestras el contenido de etanol coincidió con el especificado en las etiquetas correspondientes.

Así mismo, también se puede observar en la tabla 4 que en las muestras de ron (R) el contenido de etanol en comparación con las especificaciones descritas en las etiquetas fue de la siguiente manera: en nueve de ellas el contenido de etanol determinado experimentalmente fue menor, en cinco fue mayor, en una fue igual y dos de las muestras no está reportado en las etiquetas.

La tabla 4 muestra los contenidos de etanol en las muestras de cerveza (C) en comparación también con lo reportado en las etiquetas, en cuatro de las muestras dicho contenido fue menor al descrito en las mismas y en una de ellas el contenido de etanol no aparece reportado en la etiqueta de la misma.

Podemos observar en la misma Tabla 4 que para el caso de las muestras de vino (Vi), el contenido de etanol fue menor en tres de ellas e igual en dos respecto a lo descrito en las etiquetas.

Para el caso de la ginebra (G) también se puede observar en la Tabla 4 que en el total de las muestras, se encontró que el contenido de etanol fue menor en dos de ellas, en relación con lo descrito en las etiquetas, mayor en una de ellas e igual en otra de las muestras.

Para las muestras de vodka (V) se encontró que el contenido de etanol fue menor en dos de ellas, mayor en una e igual en otra con respecto a lo descrito en la etiqueta (Tabla 4).

Por último la Tabla 4 muestra el contenido de etanol de las muestras de tequila (T) que en total fueron cuatro; se puede observar que en dos ellas dicho contenido determinado experimentalmente es menor que el descrito en las etiquetas, en una muestra es mayor y en otro es igual al especificado.

Así podemos observar que en todas las BA analizadas existe una gran variedad de contenidos de etanol en relación a las determi-

naciones experimentales realizadas en la presente investigación y lo descrito en las etiquetas. La variación del contenido de etanol en las etiquetas versus su contenido real puede tener distintas implicaciones para la salud de los individuos; en el caso de mayor contenido experimental de etanol que el descrito en la etiqueta, el individuo puede suponer estar ingiriendo menos etanol y por tanto ingerirlo en mayor proporción cuando en realidad es lo contrario. En el caso contrario, el individuo ingerirá mucho más alcohol hasta obtener los resultados de alcoholismo que espera o desea obtener. En ambos casos el individuo ingerirá, potencialmente, más etanol.

En la tabla 5 se puede observar el contenido de metanol en 21 muestras del total de las 48 muestras de BA (previamente descritas en la Tabla 4) seleccionadas al azar para el propósito de la presente investigación. En todas las muestras de BA descritas en la Tabla 5 el contenido de metanol está dentro de la norma oficial mexicana (NOM-142-SSA1-1995). Sin embargo, en otros estudios realizados con BA comercializadas en México encontraron una gran variedad de contenido de metanol y alcoholes superiores y esto fue particularmente importante para el caso del mezcal, sotol y bacanora y en menor proporción para los dos tequilas que analizaron Lachenmeier et al.<sup>24, 42, 43</sup> Sin embargo, los investigadores reportaron que en los dos tequilas que analizaron, los niveles de metanol estaban por encima de la norma oficial mexicana que marca un contenido no mayor de 300 mg/100 mL.

En la tabla 5 se muestran los resultados de la determinación de metanol en 21 muestras de BA y su comparación con los parámetros indicados en la NOM-142-SSA-1-1995. En la NOM se establece que una BA de marca registrada no debe de rebasar los 300 mg/100mL de alcohol en base anhidra, por lo tanto todas las muestras se encuentran dentro de las especificaciones de la Norma.<sup>20</sup> Hay condiciones físico-químicas (no especificadas en la NOM) que son importantes al momento de analizar las concentraciones de metanol como componente volátil en las muestras de BA y que pueden motivar variaciones en los resultados de los análisis de las muestras de BA por diferentes investigadores y cuyas publicaciones dan cuenta de ello:<sup>24, 42, 43</sup>

1.- La temperatura es un factor importante para la medición exacta durante el muestreo y aforo. Se requiere que en laboratorio se cuente con control de temperatura ambiente óptima para dicho procedimiento. En la presente investigación se hizo la determinación de metanol controlando la temperatura ambiente.

2.- El permanganato de potasio y el ácido cromotrópico debido a sus propiedades físico-químicas de oxidación, se deben preparar al momento de realizar la técnica ya que estas propiedades



alteran el resultado de las concentraciones de metanol en las muestras.

3.- Al adicionar el ácido sulfúrico a la muestra se debe hacer en forma constante y lenta ya que la reacción exotérmica es violenta y altera el resultado.

En la tabla 6 y gráfica 1, se muestran los resultados obtenidos para la elaboración de la curva de calibración estándar (absorbancia versus concentración) para la determinación de las cantidades trazas de cobre a una longitud de onda de 324.8nm. Se puede observar que se obtuvo una linealidad de  $r^2=0.9992$ , indicando que el método fue preciso para la detección del cobre en las condiciones descritas en la tabla 1.

En la tabla 7 y gráfica 2 se describen los resultados obtenidos para la elaboración de la curva de calibración estándar (absorbancia versus concentración) para la determinación de las cantidades trazas de plomo a una longitud onda de 283.3 nm. La gráfica 2 tiene una linealidad de  $r^2=0.999$ , indicando que el método utilizado para determinación de las cantidades trazas de plomo tiene la precisión necesaria de acuerdo con las condiciones de la tabla 2.

En la tabla 8 y gráfica 3 se muestran los resultados obtenidos para la elaboración de la curva de calibración estándar (absorbancia versus concentración) para la determinación de las cantidades trazas de cadmio a una longitud de onda de 228.8 nm. La gráfica 3 muestra que el método es preciso y tuvo una linealidad de  $r^2=0.9996$ , indicando que el método utilizado para determinación de las cantidades trazas de cadmio tiene la precisión necesaria de acuerdo con las condiciones de la tabla 3.

En la tabla 9, se pueden observar los resultados obtenidos para las determinaciones de las cantidades traza de cobre, plomo y cadmio en algunas de las BA (brandy, ron y tequila) seleccionadas aleatoriamente, ninguno de dichos elementos rebasa los límites indicados en las especificaciones de las normas oficiales mexicanas: NOM-142-SSA1-1995 y NOM-006-SSCFI-2012 para las muestras de las BA analizadas.<sup>20, 21</sup> Varias investigaciones han analizado las cantidades traza en las BA comercializadas en diferentes países, prácticamente, en casi todas ellas dichas cantidades están dentro de las normas oficiales de sus respectivos países; sin embargo, todas las publicaciones expresan preocupación por el consumo excesivo de dichas BA que puede conllevar a la acumulación de las cantidades traza de metales pesados como el cobre, cadmio y plomo en el organismo de los individuos que la consumen diariamente.<sup>23, 34, 40</sup> En Brasil, se encontró que algunas BA contenían cantidades traza de cadmio que rebasaban los límites de las regulaciones de la Agencia de Alimentos de dicho país.<sup>27</sup>

## Conclusiones

Los métodos y procedimientos físico-químicos empleados en el presente trabajo para la determinación de la concentración de etanol y de metanol en las muestras de BA resultaron ser adecuados y reproducibles.

El procedimiento analítico aplicado por Espectrofotometría de Absorción Atómica con horno de grafito (EAA) para la determinación en cantidades traza de cobre, plomo y cadmio resultó ser lineal para cada uno de los metales evaluados.

De lo anterior, podemos concluir que las muestras de BA analizadas, contienen Cu, Pb y Cd en cantidades traza, aunque sus concentraciones no rebasan los límites permitidos en las normas oficiales mexicanas. A pesar de ello, es recomendable tener cuidado en el consumo excesivo de las BA. Cuando las BA son consumidas en exceso (diariamente o de manera ocasional) contribuyen a la ingestión de fracciones de metales pesados tóxicos que se acumulan en el organismo de los individuos y contribuyen a potenciar y(o) adquirir enfermedades crónicas degenerativas además de las que el alcoholismo produce en sí mismo. Por lo anterior, es recomendable un control estricto de metales pesados tóxicos en todas las BA.

## Referencias

1. Gobierno Federal. Comisión Nacional contra las Adicciones. Programa contra el Alcoholismo y el Abuso de Bebidas Alcohólicas: Actualización 2011-2012. [http://www.conadic.salud.gob.mx/pdfs/publicaciones/abuso\\_de\\_bebidas.pdf](http://www.conadic.salud.gob.mx/pdfs/publicaciones/abuso_de_bebidas.pdf) Acceso 13 Nov 2013.
2. Lachenmeier DW, Sarsh B, Rhm J. The Composition of Alcohol Products from Markets in Lithuania and Hungary, and Potential Health Consequences: A Pilot Study. *Alcohol Alcohol*. 2009; 44 (1):93-102.
3. Lachenmeier DW, Ganss S, Rychlak B, Rehm J, Sulkowska, Skiba M, Zatonski W. Association Between Quality of Cheap and Unrecorded Alcohol Products and Public Health Consequences in Poland. *Alcohol Clin Exp Res*. 2009; 33 (10):1757-1769.
4. Lachenmeier DW, Hoang Anh T, Popova S, Rehm J. The Quality of Alcohol Products in Vietnam and Its Implications for Public Health. *Int J Environ Res Public Health*. 2009; 6:2090-2101.
5. Rehm J, Kanteres F, Lachenmeier DW. Unrecorded consumption, quality of alcohol and health consequences. *Drug Alcohol Rev*. 2010; 29:426-436.

6. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT2012). Evidencia para la política pública en salud: [www.ensanut.insp.mx/doctos/naliticos/Bienestar\\_infantil.pdf](http://www.ensanut.insp.mx/doctos/naliticos/Bienestar_infantil.pdf). Acceso 22 Jul 2013.
7. Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Vander Hoorn S, Murray CJL. Comparative Risk Assessment Collaborating Group. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet*. 2002; 360:1347-1360.
8. Rehm J, Room R, Graham K, Monteiro M, Gmel G, Semplos CT. The relationship of average volume of alcohol; consumption and patterns of drinking to burden of disease: an overview. *Addiction*. 2003; 98:1209-1228.
9. Rehm J, Mathers C, Popova S, Thavorncharoensap M, Teerawattananon Y, Patra J. Global burden of disease and injury and economic cost attributable to alcohol use and alcohol use disorders. *Lancet*. 2009; 373:2223-2233.
10. Rehm J, Room R, Monteiro M, Gmel G, Graham K, Rehn N, Semplos CT, Jernigan D. Alcohol as a risk factor for global burden of disease. *Eur Addict Res*. 2003; 9:157-164.
11. Room R, Babor T, Rehm J. Alcohol and public health. *Lancet*. 2005; 365:519-530.
12. Rehm J, Rehn N, Room R, et al. The global distribution of average volume of alcohol consumption and patterns of drinking. *Eur Addict Res*. 2003; 9:147-156.
13. World Health Organization. Global Information System on Alcohol and Health. 2011. <http://apps.who.int/globalatlas/default.asp>. Acceso 13 Nov 2013.
14. Hidalgo Togores J. Tratado de Enología. 1ª Ed. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 2002; Vol II p.744-758.
15. Organización Mundial de la Salud. Descripción del alcoholismo de acuerdo con la OMS. [http://www.who.int/substance\\_abuse/publications/alcohol\\_atencion\\_primaria.pdf](http://www.who.int/substance_abuse/publications/alcohol_atencion_primaria.pdf). Acceso 27 Jun 2013.
16. Zoecklein B W, Fugelsang B H, Nury F S. Análisis y producción del vino. Editorial Acribia S.A. Madrid. 2001; p. 207 - 216.
17. García G M, López M A. Bebidas alcohólicas no destiladas. Biotecnología alimentaria. 5ta reimpresión. 1aEd. México DF: Editorial Limusa; 2004; p. 263.
18. Peynaud E, Blouin J. El gusto del vino "El gran libro de la degustación" 2da Ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa; 2002; p. 40 - 43.
19. Romero Bohórquez AR. Manual de prácticas de Laboratorio II de orgánica. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2012.
20. Norma Oficial Mexicana (NOM-142-SSA1-1995). Bienes y Servicios. Bebidas Alcohólicas. Especificaciones Sanitarias. Etiquetado Sanitarios y Comercial. [www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/142ssa15.html](http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/142ssa15.html). Acceso 25 Jun 2013.
21. Norma Oficial Mexicana (NOM-117-SSA1-1994). Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/117ssa14.html>. Acceso 18 Jul 2013.
22. Norma Oficial Mexicana (NOM-006-SCFI-2012). Bebidas alcohólicas -Tequila. Especificaciones. [www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5282165&fecha=13/12/2012](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5282165&fecha=13/12/2012). Acceso 25 Jun 2013.
23. Terol A, Paredes E, Maestre SE, Prats S, Todoli JL. Alcohol and metal determination in alcoholic beverages through high-temperature liquid-chromatography coupled to an inductively coupled plasma atomic emission spectrometer. *J Chromatogr A*. 2011; 1218:3439-3446.
24. Lachenmeier DW, Sohnnius Ema, Attig R, López MG. Quantification of Selected Volatile Constituents and Anions in Mexican Agave Spirits. (Tequila, Mezcal, Sotol Bacanora). *J Agric Food Chem*. 2006; 54:3911-3915.
25. Seyed Reza M, Mohssen N-G, Massomeh L, Monavar A, Manssoreh v, Gholamali Z, Toktam M, Mahdi B. Determination of Methanol Concentrations in Traditional Herbal Waters of Different Brands in Iran. *Iran J Basic Med Sci*. 2011; 14(4):361-368.
26. Lachenmeier DW, Ganss S, Rychlak B, Rehm J, Sulkowska U, Skiba M, Zatonski W. Association Between Quality of Cheap and Unrecorded Alcohol Products and Public Health Consequences in Poland. *Alcohol Clin Exp Res*. 2009; 33(10):1757-1769.
27. Gian PG, Freschia CS, Dakuzaku MM, Nobregab JA, Gomes Neto JA. Simultaneous determination of cadmium and lead in wine by electrothermal absorption spectrometry. *Spectrochim. Acta Part B*. 2001; 56:1987-1993.
28. Han-Wen S, Li-Li Y, De-Ciang Z. Direct determination of lead in alcoholic drinks and waters by flame atomic absorption spectrometry using an atom-trapping technique. *J Anal At Spectrum*. 1996; 11:265-269.
29. Badui Dergal S. Química de los alimentos. 4ta Ed. México D.F.: Editorial Pearson Addison Wesley; 2006. p. 395-400.
30. Dreisbach RH. Manual de toxicología clínica. 5ta Ed. México D.F. Editorial Manual Moderno; 1984. p. 153-155.
31. Förstner, U, Wittman P. Metal pollution in the aquatic environment. 1aEd. New York: Berlín: Springer-Verlang; 1979. p. 50-75.
32. Escobedo A. Historia de las drogas. 1ª Ed. Madrid: Editorial Alianza; 1989. p. 487.
33. Maclaren D. La nutrición y sus trastornos. 6ta Ed. México D.F.: Editorial Manual Moderno; 1997. p. 247.

34. Ibañez JG, Carreon-Alvarez A, Barcena-Soto M, Casillas N. Metals in alcoholic beverages. A review of sources, effects, concentrations, removal, speciation, and analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2008; 21:672-683.
35. Duffus, H. J. *Toxicología ambiental*. 2da Ed. Barcelona: Editorial Omega; 1983. p.82-94.
36. Mailman R B. Heavy metals in: introduction to environmental toxicology. 1a Ed. Nueva York: Ed. F.E. Guthrie R. J. U. Perry, Elsevier, 1980. p. 21 – 25.
37. Weiss B. The behavioral toxicology of metals, *Fed. Proc*. 1978. 37: 22- 28.
38. Stafilov T, Karadjova I. Atomic absorption spectrometry in wine analysis. *Macedonia: JCCE*. 2009; 28 (1) 17-31.
39. Analytical methods for atomic absorption spectrometry. Perkin Elmer Corporation. USA; 1994. p. 63, 69, 96.
40. Navarro M., Cooper, zinc, calcium and magnesium contents in alcoholic beverages and by-products from Spain: nutritional supply. *J Food Addit and Contam*. 2006; 24 (7): 2-21.
41. Ajtony Z, Szoboszlai N, Susko E K, Mezei P, György K, Bencs L. Direct sample introduction of wines in graphite furnace atomic absorption spectrometry for the simultaneous determination of arsenic, cadmium, copper, and lead content. *Talanta*. 2008; 76: 627-634.
42. De Leon-Rodriguez A, Gonzalez-Hernandez I, Barba de la Rosa AP, Escalante-Minakata P, Lopez MG. Characterization of Volatile compounds of mezcal an ethnic alcoholic beverage obtained from Agave salmana. *J Agric Food Chem*. 2006; 54:1337-1341.
43. Tellez P, Cedeño M, Gutierrez H, Alvarez J. Analysis of variables that influences methanol synthesis in tequila production (stages: cooking and fermentation). *Yeast*. 2003; 20:S317.