

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES METANOL, ETANOL Y METALES PESADOS EN EL ÑEQUE ELABORADO EN TRES MUNICIPIOS DE SUCRE (COLOMBIA)

Diego Felipe TIRADO^{1*}, Kevin José GONZÁLEZ-MORELO² y Diofanor ACEVEDO CORREA³

¹ Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid. Avenida Complutense sin número, Madrid, España, C. P. 28040

² Programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena, Sede Piedra de Bolívar. Avenida Consulado, Calle 30, 48-152, Cartagena de Indias, Colombia, C. P. 130015

³ Universidad de Cartagena, Sede Piedra de Bolívar. Avenida Consulado, Calle 30, 48-152, Cartagena de Indias, Colombia, C. P. 130015

*Autor para correspondencia: dtiradoa@unicartagena.edu.co

(Recibido diciembre 2015; aceptado agosto 2016)

Palabras clave: aguardiente, congéneres, bebidas adulteradas, normatividad

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar los niveles de metanol, etanol y metales pesados (cobre y plomo) en el ñeque de los municipios de Galeras, Sincé y Morroa (Colombia). El contenido de etanol y metanol fue determinado por cromatografía de gases y los metales pesados por espectrometría de absorción atómica. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en el contenido de metanol de Galeras (0.037 ± 0.02 mg/L), Sincé (0.036 ± 0.01 mg/L) y Morroa (0.041 ± 0.01 mg/L). Tampoco en el porcentaje de etanol de Galeras (33.89 ± 2.10 %), Sincé (33.04 ± 1.49 %) y Morroa (30.27 ± 1.22 %). Según la Norma Técnica Colombiana, todas las bebidas cumplen con el contenido máximo de metanol (300 mg/L). Sin embargo, no con el valor mínimo de etanol (38 %) para ser catalogadas como aguardientes. Sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el contenido de cobre, siendo mayor en Sincé (18.71 ± 2.08 mg/L), seguido de Galeras (6.28 ± 1.52 mg/L) y Morroa (5.09 ± 1.86 mg/L). Además, todas las bebidas sobrepasaron el máximo permitido por la norma colombiana (< 1 mg/L). Se presume que este cobre procede del calderín de destilación. En cuanto al plomo, en todos los municipios también se sobrepasaron los valores permitidos por las normas internacionales.

Key words: moonshine, congeners, adulterated drinks, normativity

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the levels of methanol, ethanol and heavy metals (copper and lead) in the ñeque of the municipalities of Galeras, Sincé and Morroa (Colombia). The ethanol and methanol content was determined by gas chromatography, and heavy metals by atomic absorption spectrometry. There were no statistically significant differences ($p > 0.05$) in the methanol content from Galeras (0.037 ± 0.02 mg/L), Sincé (0.036 ± 0.01 mg/L) and Morroa (0.041 ± 0.01 mg/L). There were also no statistically significant differences ($p > 0.05$) in the percentage of ethanol from Galeras (33.89 ± 2.10 %), Sincé (33.04 ± 1.49 %) and Morroa (30.27 ± 1.22 %). According to

the Colombian Technical Standard, none beverages exceeded the maximum methanol content (300 mg/L), however, they did not contain the minimum value of ethanol (38 %) to be classified as spirits. Only statistically significant differences ($p < 0.05$) in the copper content were found. It was higher in Sincé (18.71 ± 2.08 mg/L), followed by Galeras (6.28 ± 1.52 mg/L) and Morroa (5.09 ± 1.86 mg/L). In addition, all beverages exceeded the maximum level allowed by the Colombian norm (< 1 mg/L). It is presumed that this copper comes from the distillation reboiler. As for the lead, in all municipalities, the values permitted by international standards were exceeded.

INTRODUCCIÓN

Las bebidas alcohólicas, desde el punto de vista histórico, son unos de los productos derivados de matrices alimentarias más antiguos junto con el tabaco (Chaves-López et al. 2014). Este producto, era principalmente usado para rituales ceremoniales y actualmente, se encuentra vinculado a actividades sociales. Por ello, se ha convertido en una de las bebidas más consumidas en el mundo y está asociada principalmente a daños en la salud (Wiśniewska et al. 2015).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año se producen 3.3 millones de muertes a nivel mundial por motivo de consumo nocivo de alcohol, con un porcentaje de 5.9 % en todas las defunciones y discapacidades. Un 25 % de ellas ocurre entre las edades de 20 a 39 años (Bagnardi et al. 2014, WHO 2014).

La OMS estima que una cuarta parte de las bebidas alcohólicas consumidas son artesanales y vendidas fuera de controles gubernamentales. En 2010, el consumo total de alcohol per cápita anual en todo el mundo registró un promedio de 21.2 L de alcohol puro entre los hombres y 8.9 L entre las mujeres (WHO 2014). Estas cifras, dan a conocer la gran responsabilidad que deben afrontar la industria de licores y los entes gubernamentales de salud en búsqueda de reducir el expendio de bebidas adulteradas y de regular aquellas que no están propiamente certificadas para su consumo.

Ejemplo de las bebidas anteriores son las alcohólicas tradicionales o artesanales, en las cuales, luego del agua, su componente mayoritario es el etanol. Este tipo de bebidas son obtenidas a partir de mecanismos rudimentarios y métodos ancestrales de una comunidad determinada, que son transmitidos de generación en generación (Chaves-López et al. 2014). En Colombia, especialmente en la costa Caribe colombiana, zona del pacífico y la cordillera oriental, se elabora tradicionalmente una bebida conocida como ñeque, viche, tapa'etuza o chirrinchi, que es un aguardiente obtenido mediante procesos de fermentación y destilación

con la utilización de caña de azúcar (Tirado et al. 2015). A la hora de realizar la bebida, los aparatos para su producción son “pesalicoor” (alcoholímetro), “pesajarabe” (densímetro) y un destilador conocido como alambique (Tirado et al. 2015). Esta bebida, como no se encuentra estandarizada y legalmente certificada para su comercialización, normalmente no cumple con las normas en cuanto a su contenido de etanol, metanol y metales pesados. Además, estos contenidos pueden variar de una región a otra (Chung et al. 2015).

La toxicidad del metanol o “alcohol de madera” es causada en la mitocondria de los hepatocitos (o células del hígado), donde es metabolizado por la enzima alcohol deshidrogenasa a formaldehído. Luego, la enzima aldehído deshidrogenasa la metaboliza en ácido fórmico, principal responsable de los efectos tóxicos (Arslan et al. 2015). Según Gutiérrez (2003), la dosis tóxica mínima del metanol es aproximadamente 100 mg/L. A bajas concentraciones y teniendo en cuenta la frecuencia en su consumo, el metanol puede ocasionar dolores de cabeza. En altas concentraciones puede causar cefalea, vómitos, problemas cardíacos y hasta pérdida de la visión, debido al daño del nervio óptico (Martin-Amat et al. 1978, Brennan et al. 2015). Por su parte, intoxicaciones por etanol pueden ocasionar cirrosis, vértigo, problemas respiratorios y cardíacos a elevados niveles (Tirado et al. 2015).

El contenido de metales pesados en cualquier bebida es un parámetro indispensable a evaluar, ya que, desde el punto de vista toxicológico, metales como el cobre son bioabsorbidos en el organismo. Como resultado, pueden producirse náuseas, vómitos, diarrea, sudoración, hemólisis intravascular, coma y hasta la muerte. Cuando este metal es constituyente de un producto líquido produce irritación gastrointestinal, que puede llegar a ser muy grave (Nordberg 2001). A una concentración de 4 mg/L en bebidas, algunas personas comienzan a sentir náuseas (De Romana et al. 2011). Al igual que el cobre, el plomo es un metal pesado, cuya dosis mínima de toxicidad es de 0.5 mg/L (Flora et al. 2012). Cuando el plomo es

ingerido en productos líquidos, el envenenamiento produce dolor abdominal, vómito, diarrea, colapso y coma. De manera crónica, puede producir parálisis de nervios craneales, falta de coordinación, coma y hasta la muerte. Por tal razón, estos compuestos deben ser supervisados con una alta diversidad de metodologías para su cuidadoso análisis (Iwegbue et al. 2014).

Investigaciones como las reportadas por Ackah et al. (2014) en la determinación de metales pesados en bebidas suaves, Anjos y Caldeira (2013) en aguardiente de zimbros (bebida portuguesa artesanal) y Guzmán et al. (2012) en mezcal (bebida popular de México), destacan la importancia de realizar estos análisis para conocer los niveles de los compuestos peligrosos antes mencionados, en las bebidas.

El objetivo de esta investigación fue determinar los niveles de metanol, etanol y metales pesados como el cobre (Cu) y plomo (Pb) en muestras de ñeque procedentes de Sincé, Galeras y Morroa, municipios del departamento de Sucre, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración del ñeque

Para la elaboración de la bebida artesanal en los municipios de Sincé, Galeras y Morroa, ubicados en el departamento de Sucre, Colombia, los productores tomaron en cuenta el procedimiento detallado por Tirado et al. (2015). Para lo anterior, se comienza con la dilución de panela en agua pura para alcanzar una densidad de un grado (1°) Baumé. Luego, la solución se somete a un proceso de fermentación durante un lapso de siete días, notando durante el pasar de los días la presencia de efervescencia producida por el dióxido de carbono contenido. El punto clave de este proceso fue cuando el densímetro marcara cero grados (0°), lo que demuestra que la fermentación había consumado y que el mosto estaba listo para la destilación. Tomando en cuenta que este producto es netamente artesanal, el proceso de fermentación fue realizado a temperaturas de 30 °C a 40 °C con un pH entre 4 y 6.

Posteriormente, el mosto se depositó en una paila (balón de fondo esférico con desprendimiento lateral construido en latón) y se sometió a calentamiento con el fin de realizar una separación del alcohol en forma de vapor. A través de un serpentín se condensa, obteniendo finalmente dos subproductos: el alcohol condensado y el resto del destilado. Al final de la elaboración, ambos fueron recogidos y almacenados en recipientes de vidrio.

Obtención de las muestras

De acuerdo con la elaboración del ñeque planteada anteriormente, las muestras para los análisis fueron recogidas de tres municipios del departamento de Sucre (Colombia): Sincé (9°14'41"N 75°08'45"O), Galeras (9°09'31"N 75°02'56"O) y Morroa (9°20'01"N 75°18'24"O). Se tomaron 10 mL de la muestra a 40 °C y se llevó a volumen con agua destilada en un balón de 100 mL, según Cabrera (2014). Posteriormente, la solución fue filtrada con papel Whatmann número 4. Para la preparación del patrón o estándar se tomó 1 mL de metanol y 1 mL de etanol y se llevaron a volumen con agua destilada en dos balones de 100 mL, uno para cada solución.

Determinación de metanol y etanol con un cromatógrafo de gases

El contenido de metanol y etanol del ñeque fue cuantificado con un cromatógrafo de gases (GC, por sus siglas en inglés) marca Agilent technologies 7890A - GC system, acoplado a un espectrómetro de masas Agilent technologies 5975C, equipado con un puerto de inyección split (relación 1:50), un inyector Agilent y un sistema de recolección de datos HP Chem Station. El flujo de helio como gas portador se fijó en 1.2 mL/min. Las temperaturas en el puerto inyector y detector se fijaron en 250 °C y 300 °C, respectivamente. La temperatura del horno se controló con un programa de elevación de temperatura durante el análisis, que se estableció inicialmente en 40 °C durante 1 min, seguido con un incremento de 40 °C/min hasta 250 °C y se mantuvo por un 1 min. Previamente, se establecieron las curvas de calibración partiendo de los estándares de metanol y etanol. Una vez con las condiciones estipuladas, se inyectaron las muestras de ñeque directamente al equipo.

Se tomó en cuenta la normativa técnica colombiana (NTC) 410 (ICONTEC 1999) para comparar los resultados obtenidos con los niveles permitidos de metanol y etanol en bebidas alcohólicas.

Determinación de cobre y plomo mediante absorción atómica (AA)

Los contenidos de cobre (Cu) y plomo (Pb) en las muestras de ñeque se determinaron con un espectrómetro de absorción atómica iCE™ de la serie 3000 a longitudes de onda de 324.8 nm y 244.8 nm para cobre y plomo, respectivamente. Se utilizó llama de aire-acetileno con un flujo de 1.1 L/min y 1.2 L/min para cobre y plomo, respectivamente. El límite de detección para el cobre fue de 0.017 ppm y para el plomo de 0.033 ppm. Al igual que con el metanol y el etanol, se compararon los resultados de cobre

obtenidos con los permitidos en bebidas alcohólicas según la NTC 410 (ICONTEC 1999). En el caso del plomo, se comparó con la normativa internacional, ya que en Colombia no se consideran los límites de este metal en la norma, lo cual, de inicio representa un gran vacío en la normativa.

Análisis de datos

Se empleó un diseño experimental completamente al azar unifactorial de tres niveles para la procedencia de la bebida alcohólica artesanal (Sincé, Galeras, Morroa). Las variables de respuesta fueron el contenido de metanol (mg/L), etanol (%), cobre (mg/L) y plomo (mg/L). Los análisis fueron realizados por triplicado. El procesamiento de los datos se llevó a cabo con el programa estadístico STATPGRAPHICS Centurion Versión XVI en Windows 10. A través de este programa, se corroboró estadísticamente la existencia de diferencias en cada uno de los parámetros a través de una prueba de análisis de varianzas y comparaciones múltiples con la prueba de diferencia significativa honesta (HSD, por sus siglas en inglés) de Tukey, con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS

En el **cuadro I** se encuentran los resultados de los análisis de metanol, etanol, cobre y plomo realizados al ñeque de los diferentes municipios del departamento de Sucre, Colombia. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en el contenido de metanol entre las muestras de ñeque de los diferentes municipios. Además, todos los municipios obtuvieron valores menores de 0.05 mg/L, los cuales, no exceden por mucho el valor máximo (< 300 mg/L) estipulado en la NTC 410 (ICONTEC 1999).

El etanol o alcohol etílico, luego del agua, es el componente principal presente en las bebidas alcohólicas por motivo de la fermentación de los azúcares, por lo que se puede encontrar en productos como cervezas, vino, tequila, ron, vodka, entre

otros (Warnault et al. 2013, Zhang et al. 2015). No se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre los contenidos de etanol de los diferentes municipios. Los niveles de etanol de las muestras de todos los municipios están por debajo del 38 % estipulado en la NTC 410 (ICONTEC 1999).

En cuanto a la determinación de los metales, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el contenido de cobre de las muestras de ñeque de los diferentes municipios, siendo el de mayor concentración el recolectado en Sincé y el de menor el de Morroa.

En los análisis realizados para cuantificar el contenido de plomo en la bebida alcohólica no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en las muestras tomadas en los municipios. La legislación colombiana no contempla dentro de sus normativas el contenido máximo de plomo permitido en bebidas alcohólicas. Sin embargo, en países de América Latina como Brasil, el contenido máximo permitido es 0.2 mg/L (Mercosur 2011), en la Unión Europea de 0.3 mg/L y en Estados Unidos de entre 0.1 mg/L y 0.2 mg/L (Petit de Peña et al. 2004). Por lo anterior, las concentraciones de plomo de los diferentes municipios sobrepasaron los valores permitidos de todas las anteriores normas mencionadas.

DISCUSIÓN

Los bajos niveles de metanol en las muestras de ñeque pudieron ser debido al buen control que tuvieron los manipuladores de todos los municipios en el proceso de fermentación de los jugos azucarados de la caña de azúcar, sin importar que fuera de manera artesanal. Sin embargo, se logró detectar metanol, ya que no hubo una total separación de los subproductos obtenidos en la destilación, es decir, de la cabeza y el resto del destilado, siendo este el lugar donde se encuentra la mayor concentración del componente (Tirado et al. 2015).

CUADRO I. MEDIAS \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS ANÁLISIS DE METANOL, ETANOL, COBRE Y PLOMO A MUESTRAS DE ÑEQUE

Municipio	Sincé	Galeras	Morroa	Normativa	F	P - Valor
Metanol (mg/L)	0.03 \pm 0.01 ^a	0.03 \pm 0.02 ^a	0.04 \pm 0.01 ^a	<300	2.94	0.1288
Etanol (%)	33.04 \pm 1.49 ^a	33.89 \pm 2.10 ^a	30.27 \pm 1.22 ^a	>38	2.57	0.1560
Cobre (mg/L)	18.71 \pm 2.08 ^b	6.28 \pm 1.52 ^a	5.09 \pm 1.86 ^a	<1	10.77	0.0103
Plomo (mg/L)	0.38 \pm 0.08 ^a	0.41 \pm 0.80 ^a	0.36 \pm 0.04 ^a	0.10-0.20	2.09	0.2043

Letras diferentes por filas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$)

Por otro lado, la presencia de metanol demuestra la peligrosidad que trae el consumo continuo del ñeque, al considerar la posible bioacumulación de este material en el organismo humano. Lo anterior debido a que podría ocasionar problemas de salud (mencionados anteriormente) en el consumidor de bebidas alcohólicas que no fueron elaboradas tomando en cuenta las buenas prácticas de manufactura (Arslan et al. 2015). Pese a lo anterior, esta bebida posee una alta demanda en los municipios de la costa caribe colombiana, los que más la consumen son las personas de estratos socioeconómicos bajos y de zonas rurales, lo que conlleva un riesgo en la salud pública de esas comunidades principalmente (Tirado et al. 2015).

Investigaciones como las reportadas por Lachenmeier et al. (2006) determinaron concentraciones de metanol en tequila, mezcal y sotol, con niveles por encima de los establecidos por la norma técnica mexicana. Los autores afirmaron que lo anterior podría ser debido a la hidrólisis de las pectinas presentes en el agave. Por otro lado, Guzmán et al. (2012) determinaron la composición química del mezcal de las comunidades de Matatlán y Tlacolula que son fabricados en Oaxaca, México. Los autores encontraron diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de metanol entre ambas comunidades. La explicación que dieron es que la variabilidad fue debida a los procesos de fermentación usados y a la temporada de elaboración, aunque que no se rebasaron los niveles estipulados en las normas mexicanas. Al igual que en esta investigación, Anjos et al. (2013) realizaron la primera caracterización de la bebida alcohólica artesanal portuguesa conocida como “aguardiente de zimbros” y encontraron concentraciones de metanol que no sobrepasaron la norma portuguesa.

Respecto al porcentaje de etanol en todos los municipios, los cuales eran menores a lo establecido en la normativa colombiana, se ha mencionado que representa un grave problema. Como lo menciona Tirado et al. (2015), este bajo contenido de etanol puede tener distintas implicaciones para la salud de los individuos, debido a que ingerirán mucho más ñeque para lograr los efectos del alcohol que desean obtener, lo que conlleva a ingerir también una mayor cantidad de metales pesados y demás congéneres presentes en esta bebida. Además, los mismos autores mencionan que por los niveles encontrados de etanol en el ñeque, podría no ser considerado como aguardiente por las instituciones reguladoras para tal fin en Colombia, como el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA).

Por otro lado, al no existir una regulación establecida del contenido aproximado de etanol, existe la posibilidad de que los próximos lotes sobrepasen los valores impuestos por las entidades de salud pública, donde los habitantes estarían expuestos a grandes concentraciones de éste. Dentro de los riesgos a la salud por intoxicaciones por etanol, se encuentran síntomas como una falta de coordinación psicomotriz, aliento alcohólico, vómitos, taquicardia (Schweinsburg et al. 2014), hasta enfermedades como pancreatitis, cirrosis, cardiomiopatía, neuropatía periférica, demencia y cáncer (Lieber 2012). Resultados similares fueron reportados por Tirado et al. (2015) en ñeque de diferentes localidades del departamento de Bolívar, Colombia, los cuales no sobrepasaban el valor permitido de la normativa colombiana. Por su parte Djoulde et al. (2014) determinaron niveles de etanol en “kuri” (una bebida alcohólica a base de miel) y encontraron resultados similares.

Las concentraciones de cobre en las muestras de ñeque fueron elevadas, ya que las permitidas deben ser menores a 1 mg/L. Las muestras de Sincé sobrepasaron 18 veces los límites establecidos en la NTC 410, las de Galeras 6 y las de Morroa 5 (ICONTEC 1999). Estos niveles encontrados de cobre se deben probablemente a que los calderines de destilación, es decir los alambiques, están contruidos con aleaciones de cobre y en el proceso de destilación, se da un desprendimiento de este metal durante el arrastre de los vapores (Tirado et al. 2015).

En cuanto al plomo, las concentraciones en las muestras de ñeque de todos los municipios sobrepasaron los valores permisibles en normas internacionales, ya que como se mencionó anteriormente, la normativa colombiana no contempla los límites de plomo en bebidas alcohólicas a partir de caña de azúcar. La presencia de este metal en las muestras de ñeque posiblemente se debió a que estaba contenido en el agua usada en la elaboración del producto, la cual procede del río San Jorge. En este río se han detectado contenidos de plomo, cuya causa de contaminación son por actividades antrópicas de la región (Madrid et al. 2011). Por esta razón, el consumo de esta bebida, podría causar serios problemas a la salud.

Estudios anteriores refuerzan los resultados del análisis de agua encontrados en este trabajo. Como el estudio de Calao y Marrugo (2015), sobre los efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana, en el departamento de Sucre, Colombia, en el que se encontró que los habitantes analizados portaron altas concentraciones de plomo en la sangre, con valores

de hasta 52.46 µg/L. Dichos resultados sobrepasaban los valores máximos permitidos de plomo en sangre según la OMS. Lo anterior es preocupante, ya que los habitantes de esta región son vulnerables a síntomas severos, que con el tiempo llevarían a la muerte.

CONCLUSIONES

Los niveles de metanol de las muestras de ñeque no fueron elevados en los municipios analizados. Sin embargo, el frecuente consumo de la bebida ocasiona bioacumulación de metanol.

Para el caso del etanol, las concentraciones fueron menores de las estipuladas como mínimas en la normativa colombiana. Estas cantidades bajas implican un mayor consumo para lograr efectos similares a las bebidas alcohólicas con un porcentaje de etanol bajo la norma.

Se encontraron niveles elevados en cuanto a la concentración de cobre en las muestras de ñeque, sobrepasando en todos los municipios el valor permitido en la NTC 410 (< 1 mg/L).

En cuanto al contenido de plomo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los municipios. Sin embargo, los contenidos sobrepasaron los niveles permitidos por la legislación de Estados Unidos y la Unión Europea. Se presumen que el plomo encontrado en las muestras procede del agua utilizada en la elaboración del ñeque, la cual proviene del río San Jorge. Adicionalmente, el cobre podría proceder del material del cual está construido el calderín de destilación.

Se espera, que con esta investigación se haga un llamado a las entidades gubernamentales y académicas de la región Caribe colombiana, para que se pongan en marcha mecanismos que mitiguen este problema que podría afectar la salud de los consumidores de este tipo de bebida.

REFERENCIAS

- Ackah M., Anim A. K., Zakaria N., Osei J., Saah-Nyarko E., Gyamfi E. T., Hanson J. y Bentil N. O. (2014). Determination of some heavy metal levels in soft drinks on the Ghanaian market using atomic absorption spectrometry method. *Environ. Monit. Assess* 186, 8499-8507. DOI: 10.1007/s10661-014-4019-8
- Anjos O., Nunes D. y Caldeira I. (2013). First evaluation of a traditional Portuguese alcoholic beverage, prepared with maceration of juniper berries. *Cienc. Tec. Vitiviníc* 28, 59-69.
- Arslan M. M., Zeren C., Aydin Z., Akcan R., Dokuyucu R., Keten A. y Cekin N. (2015). Analysis of methanol and its derivatives in illegally produced alcoholic beverages. *J. Forensic Leg. Med.* 33, 56-60. DOI: 10.1016/j.jflm.2015.04.005
- Bagnardi V., Rota M., Botteri E., Tramacere I., Islami F., Fedirko V., Scotti L., Jenab M., Turati F., Pasquali E., Pelucchi C., Galeone C., Bellocco R., Negri E., Corrao G., Boffetta P. y La Vecchia C. (2014). Alcohol consumption and site-specific cancer risk: a comprehensive dose-response meta-analysis. *Br. J. Cancer* 112, 580-593. DOI: 10.1038/bjc.2014.579
- Brennan J. H., Bernard S., Cameron P. A., Rosenfeld J. V. y Mitra B. (2015). Ethanol and isolated traumatic brain injury. *J. Clin. Neurosci.* 22, 1375-1381. DOI: 10.1016/j.jocn.2015.02.030
- Calao C. R. y Marrugo J. L. (2015). Genotoxic effects in a human population exposed to heavy metals in the region of La Mojana, Colombia, 2013. *Biomédica* 35, 139-151. DOI: 10.1590/S0120-41572015000500015
- Chaves-López C., Serio A., Grande-Tovar C.D., Cuervo-Mulet R., Delgado-Ospina J. y Paparella A. (2014). Traditional fermented foods and beverages from a microbiological and nutritional perspective: The Colombian heritage. *Compr. Rev. Food Sci. F.* 13, 1031-1048. DOI: 10.1111/1541-4337.12098
- Chung H., Yoon M.K., Han J. y Kim Y.S. (2015). Evaluation of volatile organic compounds in alcoholic beverages consumed in Korea. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 58, 423-432. DOI: 10.1007/s13765-015-0059-1
- De Romana D. L., Olivares M., Uauy R., y Araya M. (2011). Risks and benefits of copper in light of new insights of copper homeostasis. *J. Trace. Elem. Med. Biol.*, 25, 3-13. DOI: 10.1016/j.jtemb.2010.11.004
- Djoule R., Daoudou B., Bayoi J. y Etoa F. (2014). Artisanal production of "kuri" an honey made alcoholic beverage from adamaoua cameroon. *Global Journal of Scientific Researches* 2, 65-70.
- Flora G., Gupta D. y Tiwari A. (2012). Toxicity of lead: A review with recent updates. *Interdiscip Toxicol.* 5, 47-58. DOI: 10.2478/v10102-012-0009-2
- Gutiérrez M. D. (2003). Intoxicación por metanol. En: *Guía para el manejo de urgencias.* (FEPAFEM, Ed.). Editorial Kimpres, Bogotá, Colombia, pp. 1294-1298.
- Guzmán A., López M. G. y Chávez-Servia J. L. (2012). Chemical composition and volatile compounds in the artisanal fermentation of mezcal in Oaxaca, Mexico. *Afr J. Biotechnol.* 11, 14344-14353. DOI: 10.5897/AJB11.1963
- ICONTEC (1999). Norma Técnica Colombiana 410. Bebidas alcohólicas. Aguardiente de caña. Caña, cachaza o branquiña. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 6ta. actualización, marzo 1999.

- Iwegbue C., Ojelum A. L. y Basse F. I. (2014). A survey of metal profiles in some traditional alcoholic beverages in Nigeria. *Food Scie. Nutr.* 2, 724-733. DOI: 10.1002/fsn3.163
- Lachenmeier D. W., Sohnius E. M., Attig R. y López M. G. (2006). Quantification of selected volatile constituents and anions in Mexican *Agave spirits* (Tequila, Mezcal, Sotol, Bacanora). *J. Agr. Food Chem.* 54, 3911-3915. DOI: 10.1021/jf060094h
- Lieber C. S. (2012). *Medical and nutritional complications of alcoholism: mechanisms and management*. Springer Science y Business Media, Nueva York, EUA, 579 pp.
- Madrid G., Gracia L., Marrugo J. y Urango I. (2011). Genotoxicidad de metales pesados (Hg, Zn, Cu, Pb y Cd) asociado a explotaciones mineras en pobladores de la cuenca del río San Jorge del departamento de Córdoba, Colombia. *Rev. Asoc. Col. Cienc.* 23, 103-111.
- Martin-Amat G., McMartin K. E., Hayreh S. S., Hayreh M. S. y Tephly T. R. (1978). Methanol poisoning: Ocular toxicity produced by formate. *Toxicol Appl. Pharmacol.* 45, 201-208. DOI: 10.1016/0041-008X(78)90040-6
- Mercosur (2011). Resolución 12 de 2011. Reglamentos técnicos Mercosur sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos. Mercado Común del Sur. 17 de junio de 2011.
- Nordberg G. (2001). Metales: propiedades químicas y toxicidad. En: *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. (B.A. Dufresne, Ed.). Madrid, España, 1-76 pp.
- Petit de Peña A., Paredes B., Rondón W., Burguera M., Burguera J. L., Rondón C., Carrero P. y Capote T. (2004). Continuous flow system for lead determination by faas in spirituous beverages with solid phase extraction and on-line copper removal. *Talanta* 64, 1351-1358. DOI: 10.1016/j.talanta.2004.05.053
- Moodie R., Stuckler D., Monteiro C., Sheron N., Neal B., Thamarangsi T., Lincoln P. y Caswell S. (2013). Profits and pandemics: prevention of harmful effects of tobacco, alcohol, and ultra-processed food and drink industries. *The Lancet* 381, 670-679. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)62089-3
- Schweinsburg B. C., Alhassoon O. M., Taylor M. J., González R., Videen J. S., Brown G., Patterson T. y Grant I. (2014). Effects of alcoholism and gender on brain metabolism. *Am. J. Psychiatry* 6, 1180-1183. DOI: 10.1176/appi.ajp.160.6.1180
- Singh G. M., Micha R., Khatibzadeh S., Shi P., Lim S., Andrews K., Engell R., Ezzati M. y Mozaffarian D. (2015). Global, regional, and national consumption of sugar-sweetened beverages, fruit juices, and milk: A systematic assessment of beverage intake in 187 countries. *PloS one* 10, e0124845. DOI: 10.1371/journal.pone.0124845
- Tirado D. F., Acevedo D. y Montero P. M. (2015). Caracterización del ñeque, bebida alcohólica elaborada artesanalmente en la costa Caribe colombiana. *Información Tecnológica* 26, 81-86.
- Warnault V., Darcq E., Levine A., Barak S. y Ron D. (2013). Chromatin remodeling—a novel strategy to control excessive alcohol drinking. *Transl. Psychiatry* 3, e231. DOI: 10.1038/tp.2013.4
- Wiśniewska P., Śliwińska M., Dymerski T., Wardencki W. y Namieśnik J. (2015). Application of gas chromatography to analysis of spirit-based alcoholic beverages. *Crc Cr. Rev. Anal. Chem.* 45, 201-225. DOI: 10.1080/10408347.2014.904732
- WHO (2014). *Global status report on alcohol and health-2014*. World Health Organization. 1 ed. Ginebra, Suiza, 86 pp.
- Zhang C. Y., Lin N. B., Chai X. S. y Barnes D. G. (2015). A rapid method for simultaneously determining ethanol and methanol content in wines by full evaporation headspace gas chromatography. *Food chem.* 183, 169-172. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.048