# ¿SABES QUÉ TEQUILA TOMAS?

*Posted on 10 agosto, 2017 by Jorge González Gutiérrez*

Para celebrar una ocasión especial o simplemente por antojo, las personas disfrutamos de bebidas alcohólicas como el tequila, whisky, brandy, entre muchos otros licores. En nuestra boca, tratamos de sentir el equilibrio entre especies finas y un sinnúmero de sabores a madera.

**Category:** Ciencia

**Para celebrar una ocasión especial o simplemente por antojo, las personas disfrutamos de bebidas alcohólicas como el tequila, whisky, brandy, entre muchos otros licores. En nuestra boca, tratamos de sentir el equilibrio entre especias finas y un sinnúmero de sabores a madera.**

Estas bebidas se producen mediante procesos de fermentación y destilación del zumo de agave, caña, manzana, cebada, maíz, centeno, trigo, entre muchos otros. La música, el baile, la amistad, son compañeros inseparables del consumo de estos néctares. Desafortunadamente, una experiencia acompañada de la excesiva ingesta de licor o de bebidas adulteradas podría terminar en daños irreversibles para la salud. Estos daños podrían ir desde insuficiencia respiratoria, ceguera parcial o completa, uñas y labios azules, vómitos, coma o incluso la muerte.

> *La cromatografía es la técnica más utilizada para determinar la pureza de las bebidas alcohólicas.*

La cromatografía es en la actualidad la técnica más utilizada para determinar la pureza de las bebidas alcohólicas. Esto implica una cuidadosa separación de los componentes de los elementos líquidos. Sin embargo, dado que esta técnica requiere instrumentación sofisticada, existen técnicas alternativas tales como la conductividad y las espectrometrías de UV-Vis e infrarrojas. Pero todos estos métodos son caros y sofisticados que requirieren condiciones cuidadosas y controladas para su uso. Además, el análisis estadístico utilizado con tales técnicas es largo o con precisión limitada.

Recientemente descubrimos, en el laboratorio, un método basado en el análisis de los depósitos de cristales de sal creados durante la evaporación de gotas de bebidas alcohólicas, para una fácil autenticación y clasificación de bebidas puras. Encontramos que, añadiendo sal a bebidas, gotas pequeñas de diferentes muestras forman diferentes estructuras al secarse. Además, probamos que analizando el depósito seco como muestra de control, podemos diferenciar entre bebidas puras y adulteradas. Como prueba de concepto, estudiamos el tequila.

> *Para ser llamado tequila, la bebida debe ser producida en regiones específicas de México.*

El tequila es un alcohol destilado tradicional regulado por la Norma Oficial Mexicana (NOM-006-2005). Está hecho de la variedad azul de agave tequilana Weber. Para ser llamado tequila, la bebida debe ser producida en regiones específicas de México. La Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, mexicanlaws.com/PROFECO/PROFECO.html) informa que desde 2013 la industria del tequila genera más de 30 mil empleos. 168 millones de litros se exportan anualmente. Esta bebida se puede clasificar en dos categorías: 100 % agave azul (donde todos los azúcares son de la variedad azul) y tequila mezclado (que contiene al menos el 51% de azúcares del agave azul). Los pasos más importantes en el proceso de producción de tequila son: el corte del corazón de la planta, la extracción, la fermentación, la destilación y la maduración. Después del segundo proceso de destilación se obtiene el llamado tequila blanco. Esto puede ser embotellado directamente y vendido, o almacenado en tanques de acero inoxidable para reposar por hasta 4 semanas.

http://visita.jalisco.gob.mx/explora/municipios/tequila-pueblo-magico

La mayoría de los tequilas añejos se obtienen del tequila blanco almacenado en barriles de madera (proceso de maduración). Muchos tipos diferentes de barriles de madera se utilizan para la maduración, pero los más comunes son roble americano o francés. Algunos tequilas se maduran en barriles usados de whisky, coñac, o de vino, entre 2 y 11 meses, y después de envejecer por lo menos un año, este tequila puede ser ya clasificado como reposado o añejo. Por lo tanto, el tequila tiene muchos ingredientes orgánicos: lípidos, ácidos grasos, azúcares, taninos, acetales, aldehídos, fenoles, pirazinas, compuestos de azufre y terpenoides. Tienen una masa coloidal inferior al 0.05%.

> *Se sabe que en la evaporación, las partículas coloidales suspendidas en los líquidos se depositan lentamente sobre la superficie.*

En el contexto de la formación de estructuras complejas a partir de una gota de una solución coloidal colocada sobre una superficie plana, el gran obstáculo para discriminar las bebidas alcohólicas a través de la evaporación es la formación de patrones homogéneos. Se sabe que en general durante el proceso de evaporación, las partículas coloidales suspendidas en los líquidos se depositan lentamente sobre la superficie. En las estructuras finales pueden surgir anillos, grumos, agregados alargados y fracturas dependiendo de las condiciones físicas (temperatura, presión y humedad). La composición química de la solución también juega un papel importante.

Recientemente, se reportó la evaporación de gotas de whisky en un artículo publicado por Kim et al **(1)** donde demostraron que un surfactante y un polímero adsorbido superficialmente (0.05% en peso cada uno), son parámetros clave para lograr recubrimientos uniformes de partículas coloidales. Encontraron que unos flujos, llamados flujos de Marangoni, dominan el proceso de evaporación bajo dos regímenes. Inicialmente (régimen I), los vórtices múltiples son similares al patrón de flujo de una mezcla de etanol-agua (35: 65wt%). Los flujos dentro de la gota son impulsados por efectos de Marangoni causados por una variación de concentración debido a la evaporación del etanol. Aquí, las partículas están distribuidas por todas partes. Después del régimen I, el flujo se dirige radialmente hacia fuera a lo largo de la interfaz aire-líquido y radialmente hacia lo largo del sustrato. Por lo tanto, si los coloides están suspendidos en el líquido, se arrastran para formar un anillo pequeño. Debemos remarcar que se observan patrones uniformes después del proceso de evaporación del tequila, el ron y el vino. Este fenómeno se produce porque todos ellos tienen propiedades fisicoquímicas similares a las del whisky. La figura 1 muestra dos depósitos uniformes generados por la evaporación de gotas de whisky.

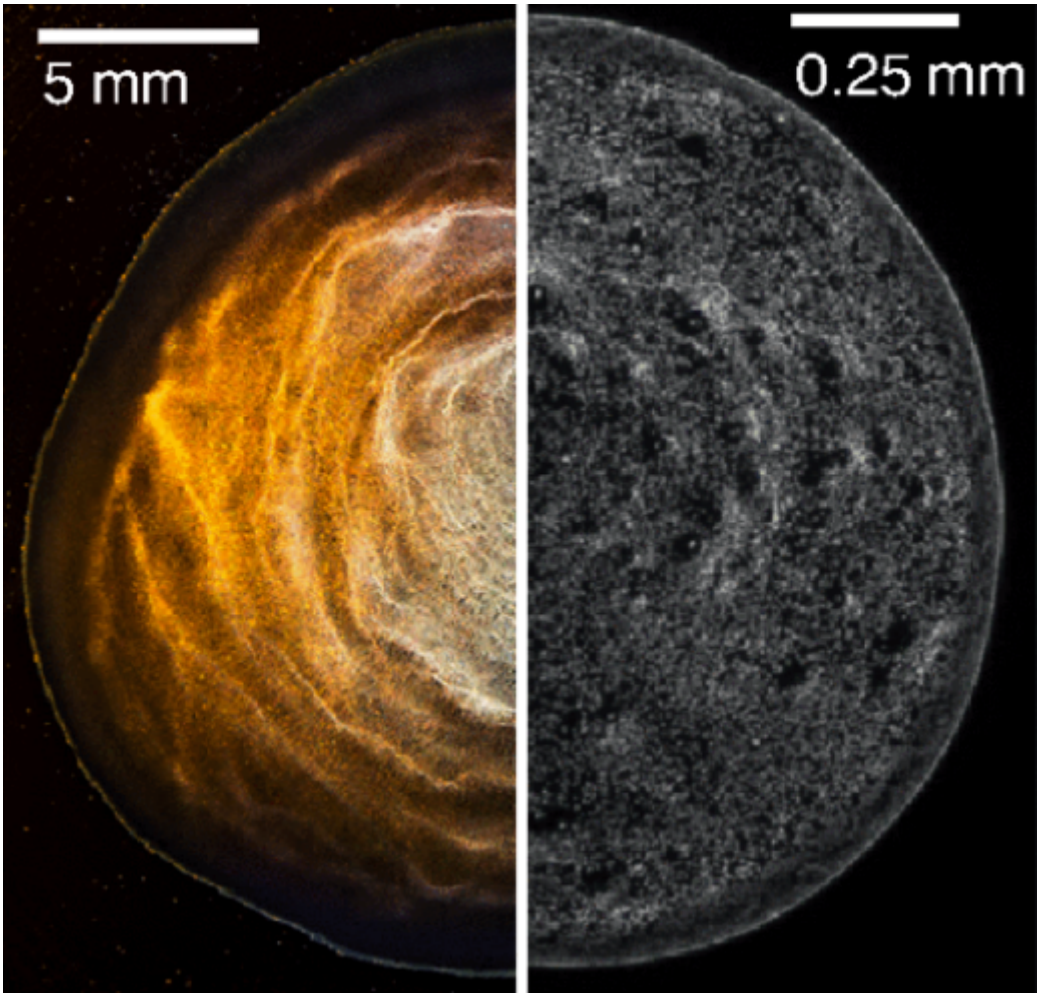


Fig. 1. Depósitos uniformes. Izquierda: Una marca seca de una gotita

de whisky (Macallan, Reino Unido) en un vaso normal. La imagen se obtiene utilizando una linterna de color naranja. Derecha: Un patrón de depósito seco de un whisky Glenlivet (Reino Unido) con partículas de poliestireno fluorescente.

En nuestra investigación, explotamos las interacciones iónicas como una estrategia de agregación natural para formar patrones, que no sólo revelan estructuras únicas, sino que también aumentan el rango de detección en comparación con otras técnicas de detección como la detección espectrofotométrica UV-Vis. Además, mostramos que estos patrones son fácilmente diferenciados.

Las bebidas fueron enriquecidas con 25 mg/ml de NaCl (sal de mesa). Los experimentos consistieron en la evaporación de 12 gotas de cada solución depositada sobre una superficie negra de Teflón bajo condiciones de temperatura y humedad controladas (64 $^{o}$C y 40%). Este número de gotas nos permite comprobar su reproducibilidad. El volumen de las gotas depositadas es siempre el mismo. Una vez finalizado el proceso de secado, las muestras se colocan en un microscopio donde se toman las estructuras finales con una cámara digital con una resolución de 1200 x 600 pixeles, sobre un área de 22.3 x 14.9 mm$^2$.

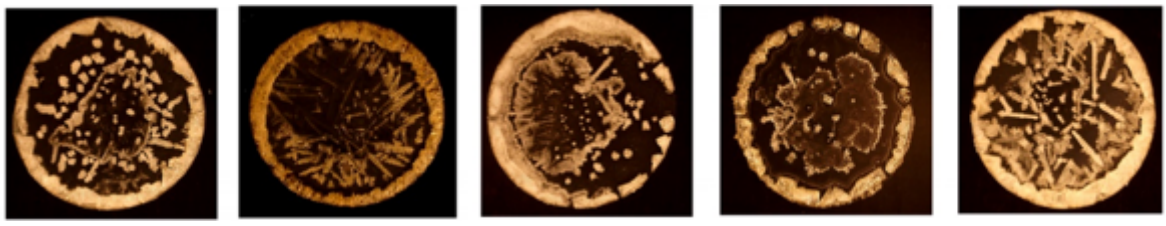

Fig. 2. Cinco depósitos de tequilas: Jimador reposado, Cuervo extra añejo, Tequila Cazadores, Cuervo especial y Herradura reposado, respectivamente. El radio del primer depósito es de 2.7mm.

Encontramos que cada bebida alcohólica genera depósitos de características únicas, ver Fig. 2. Además, encontramos una alta reproducibilidad en los agregados, ver Fig. 3. Sorprendentemente, al adulterar las bebidas con etanol, metanol, etilenglicol y agua, encontramos que nuestro método pude diferenciar entre bebidas puras y adulteradas mientras la espectrofotométrica UV-Vis no es capaz de hacerlo. En la Fig. 4 se muestra el perfil estructural de 4 depósitos generados con bebidas adulteradas y la correspondiente curva de espectrofotometría UV-Vis de tales bebidas.

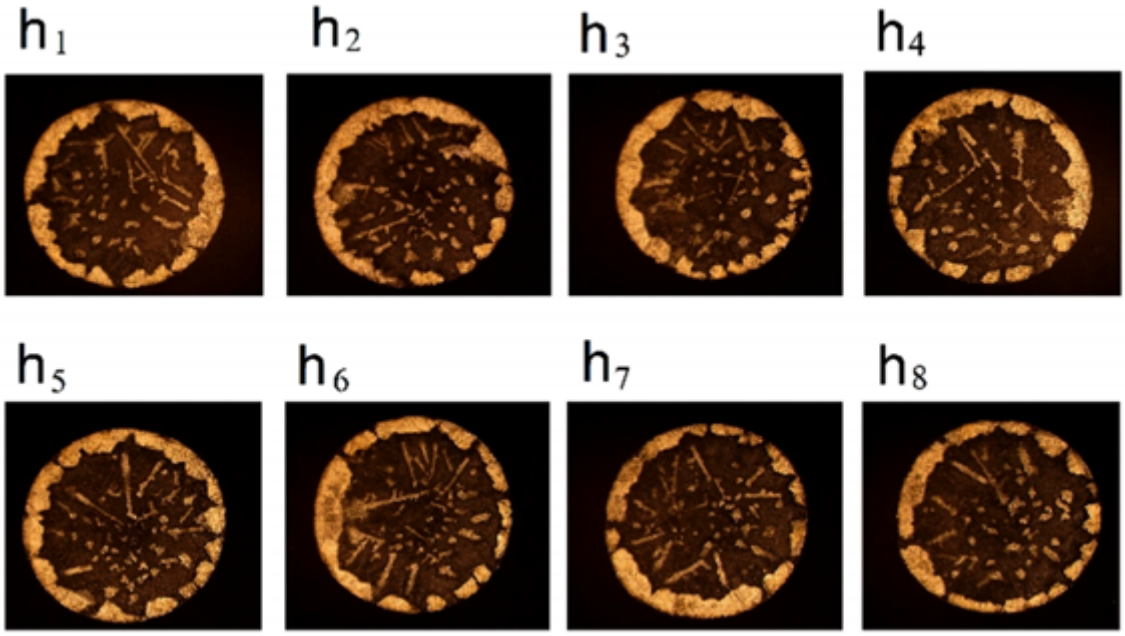


Fig. 3 Depósitos generador por el tequila 100 años. El radio de los depósitos es de 2.7 mm.

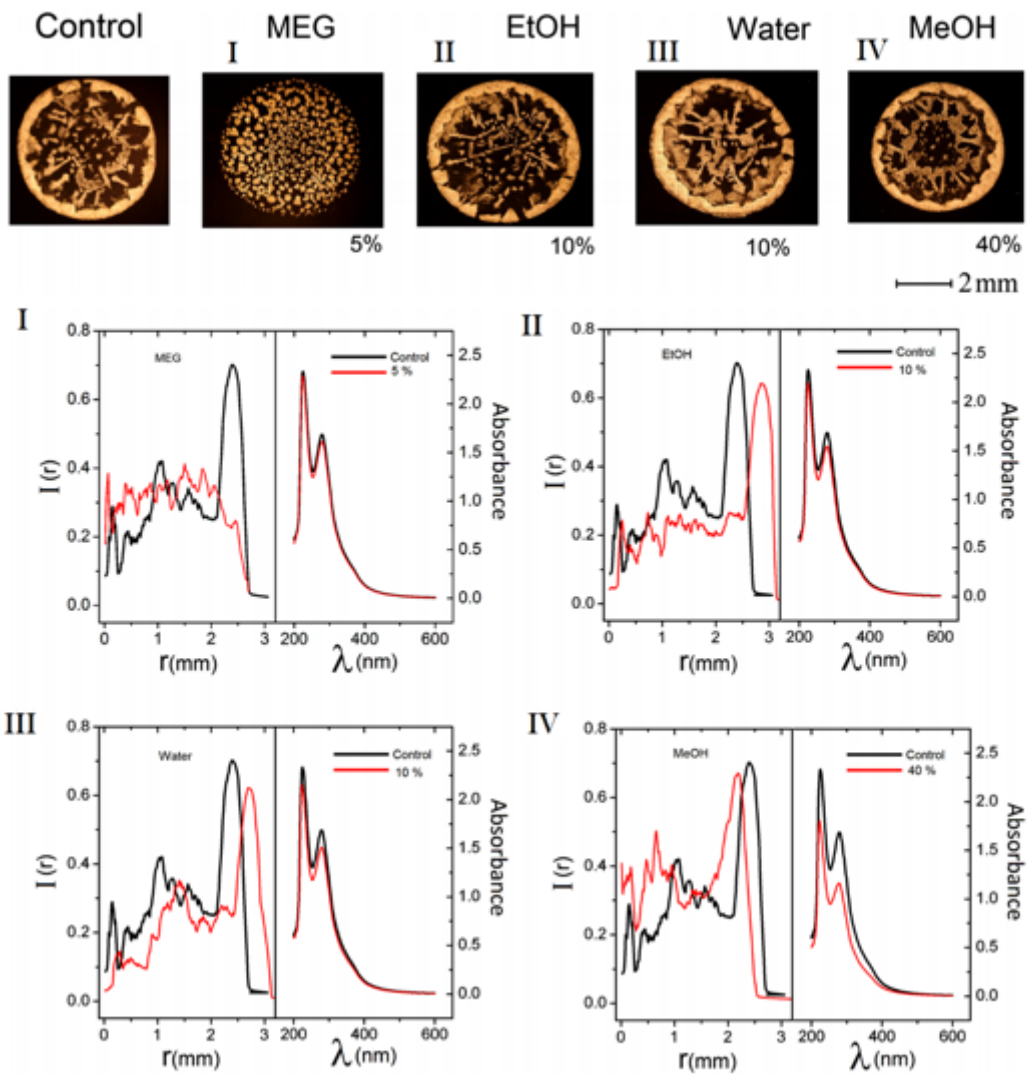


Fig. 4. En la parte superior se muestran 4 depósitos generados con Corralejo añejo adulterado a diferentes concentraciones de etilenglicol, etanol, metanol y agua, respectivamente. La parte izquierda de las gráficas se muestran los perfiles de masa de los depósitos, mientras que la parte derecha los espectros de UV-vis. Note que hay una mayor diferencia en las curvas encontradas con nuestro método.

Debo señalar que nuestro método es útil para detectar adulteraciones que conservan la proporción de etanol-agua (35:65% en peso) que existe naturalmente en una bebida espiritual. Para probar esto, sondamos tales casos, y otros, para detectar estas adulteraciones inteligentes, ver Fig. 5.

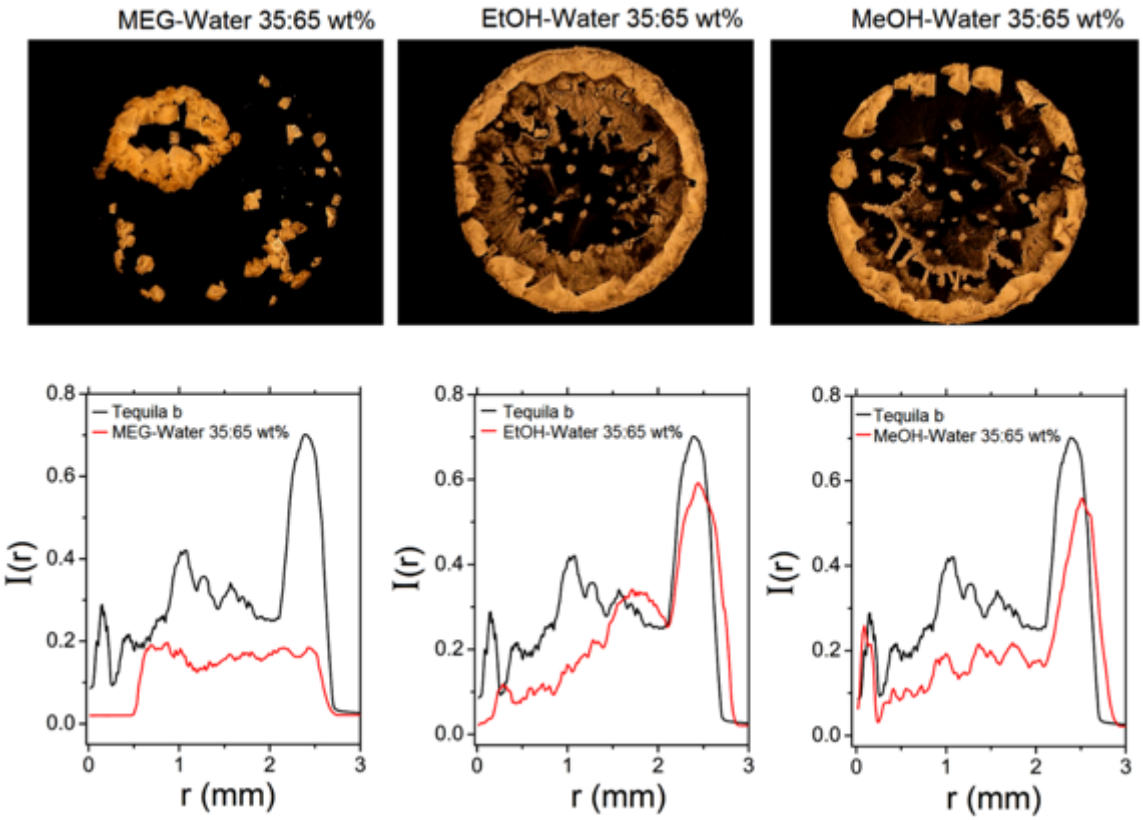


Fig. 5 Estructuras obtenidas a partir de tequila adulterado Corralejo, utilizando mezclas binarias (etilenglicol-agua, etanol agua, metanol-agua) a 35:65% en peso, con concentraciones de volumen de 10%. Las curvas negras indican el control y las curvas rojas los depósitos creados con mezclas. Note que hay un gran cambio en la distribución de masa de los depósitos.

Finalmente, sobre la utilización del método propuesto, debo comentar que existen dos puntos importantes a considerar antes de que podamos realizar un reconocimiento de bebidas. En primer lugar, debemos eliminar la deposición de partículas uniforme con el fin de generar patrones con diferencias estructurales significativas. En segundo lugar, tenemos que hacer un análisis correcto de las imágenes capaz de cuantificar tales diferencias. Probamos que esto es posible añadiendo NaCl y usando un análisis estructural de los depósitos. Las técnicas para clasificar las bebidas alcohólicas emplean la cromatografía y medidas fotoacústicas. Sin embargo, ninguno de estos métodos está libre de instrumentos sofisticados, circuitos microfluídicos o personal especializado. Una ventaja de la técnica descrita aquí es que se puede implementar fácilmente en un laboratorio básico donde habitualmente se encuentran pipetas, superficies hidrófobas y hornos.

En conclusión, hemos desarrollado un nuevo método para llevar a cabo el reconocimiento de las bebidas. Para probar el concepto, usamos tequila. Aunque el método no puede determinar si un tequila es 100% agave azul, muestra un uso potencial para reconocer adulteración por mezclas,

siempre y cuando tengamos el patrón o mancha dejado por una gota de control. En comparación con otras técnicas, nuestro método se beneficia de la evaporación al aumentar la concentración de componentes de las bebidas alcohólicas durante la evaporación y la interacción iónica específica que permite la formación de cristales. Finalmente, debo remarcar que el método puede ser útil para reconocer otras soluciones relevantes tales como suplementos alimenticios o fármacos, una investigación que nos gustaría llevar a cabo en el futuro. $C^2$

## Referencias


- Kim, F. Boulogne, E. Um, I. Jacobi, E. Button, and H. A. Stone, Phys. Rev. Lett. 116, 124501 (2016).
- Artículo original: Jorge González-Gutiérrez, Rosendo Pérez-Isidoro, and J.C. Ruiz-Suárez, Review of Scientific Instruments. 88, 074101 (2017).