

Artículo



Revista

Ciencia  
y Naturaleza

# La vinaza tequilera: lo que no se sabe del tequila


Arturo Montoya Chávez  
Florentina Zurita Martínez  
Anderson Alberto Ramírez Ramírez

1089



Artículo

# La vinaza tequilera: lo que no se sabe del tequila



**Cómo citar este artículo:** Montoya-Chávez A, Zurita-Martínez F, Ramírez-Ramírez AA.2024. La vinaza tequilera: lo que no se sabe del tequila. Revista Ciencia y Naturaleza (1089).







## *Tequila, una bebida icónica mexicana*

El tequila es una bebida alcohólica mexicana que se elabora exclusivamente con el *Agave tequilana* Weber variedad azul (Figura 1a). Además, es una bebida con Denominación de Origen (DO), lo que quiere decir que la plantación o cultivo del agave sólo se puede llevar a cabo en algunas regiones específicas en México. Estas regiones se seleccionan a partir de los factores naturales y humanos que poseen para garantizar que el agave cultivado permita la producción de un tequila con las características deseables y conocidas



El área geográfica mexicana con la protección de DO “Tequila” se ha ido modificando a lo largo de los años. Actualmente 181 municipios repartidos en 5 estados cuentan con esta protección: Jalisco (125), Michoacán (30), Tamaulipas (11), Nayarit (8) y Guanajuato (7) (Figura 1b).



**Figura 1.** a) *Agaves tequilana* Weber variedad azul. b) Ubicación de los estados de México que actualmente cuentan con la DO “Tequila”.

La historia del tequila se remonta a la época prehispánica, durante la cual las tribus indígenas producían una bebida fermentada y embriagante a partir del agave. Posteriormente, la llegada de los españoles a América durante el siglo XVI, implicó el arribo de nuevos procesos y conocimientos, entre ellas la destilación, dando comienzo a la elaboración del tequila que era conocido como “vino mezcal”.

Inicialmente, la producción del tequila estaba prohibida debido a que el gobierno lo consideraba como competencia para otras bebidas de origen español, por lo que su fabricación se llevaba a cabo de manera clandestina.







Fue hasta 1637 cuando se comenzó con la legalización de su producción. Así, durante los siglos XVIII y XIX, su fabricación se industrializó y dio un giro con la aparición de grandes e importantes tequileras. Ya en el siglo pasado, el 9 de diciembre 1974 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación, la Declaración General de Protección a la DO "Tequila" y el 17 de mayo de 1994 se formó el Consejo Regulador del Tequila (CRT) con el objetivo de hacer cumplir a las tequileras las normas relacionadas con la producción, envase y comercialización del tequila. Actualmente la norma que rige esto es la NOM-006-SCFI-2012, Bebidas alcohólicas – Tequila – Especificaciones.



## *¿Cómo se elabora el tequila?*

La fabricación del tequila comienza con el cultivo del *Agave tequilana* Weber variedad azul en los territorios con la DO "Tequila" y posteriormente, la recolección se realiza cuando el agave alcanza el tiempo de maduración.



Durante la cosecha del agave las hojas son retiradas del tallo (también conocido como cabeza o piña) con la ayuda de una herramienta especial llamada coa de jima.

Las piñas son llevadas a la etapa de cocimiento en hornos de piedra, ladrillo o autoclaves de acero inoxidable, con el objetivo de transformar sus azúcares complejos en azúcares simples fáciles de fermentar.



Después, las piñas cocidas pasan a la etapa de molienda en sistemas de molinos o en un molino rudimentario llamado “tahona”, con la finalidad de extraerles un jugo rico en azúcares al que se le llama mosto. Cabe mencionar que algunas tequileras utilizan sistemas de difusores con piñas crudas para extraer los jugos, los cuales consecutivamente son cocidos. Posteriormente, estos mostos se fermentan en tanques de acero inoxidable o de madera con la ayuda de levaduras para la conversión de sus azúcares en alcohol etílico (etanol).

Existen dos categorías de tequila dependiendo del porcentaje de azúcares en el mosto a fermentar que procedan del agave: el “Tequila 100% de Agave” y el “Tequila”. En el “Tequila 100% de Agave”, los azúcares provienen totalmente del *Agave tequilana* Weber variedad azul; mientras que en el “Tequila”, el 51% de los azúcares vienen del agave y el 49% de azúcares restantes pueden provenir de otras materias primas como el piloncillo, melaza y jarabe de maíz.



En ambos casos, la bebida debe producirse en una fábrica localizada en las regiones con DO. El mosto fermentado es llevado al proceso de destilación en donde se separan los alcoholes del mosto mediante su evaporación y condensación en columnas de destilación o alambiques de acero inoxidable o cobre (en el caso de los alambiques es muy común una doble etapa de destilación). Finalmente, el destilado es filtrado, diluido con agua potable o desmineralizada, envejecido en el caso de que se deseé y envasado para su distribución.





El envejecimiento, también llamado maduración, consiste en dejar en reposo el tequila en contenedores de madera de roble o encino llamadas "barricas" para la adquisición de ciertas características sensoriales (olor, color y sabor).



Existen 5 clases de tequila: blanco (tequila después de la última etapa de destilación y filtrado), joven (tequila con ciertos ingredientes para suavizar su sabor, conocido como "abocado"), reposado (tequila en maduración por dos meses), añejo (tequila en maduración por un año) y extra añejo (tequila en maduración por tres años).



Dependiendo de la cantidad de tequila producido anualmente, las tequileras se pueden clasificar en 4 tipos: micro (de 1 a 300 mil litros por año), pequeña (de 300 mil a 1 millón de litros por año), mediana (de 1 millón a 3 millones de litros por año) y grande (más de 3 millones de litros por año).

## *Una bebida de gran importancia*

El papel que juega el tequila en la cultura, sociedad y economía, no solamente de los estados productores con la DO sino en todo México es fundamental. Se le considera como una bebida popular e icónica que otorga identidad a todas estas regiones, además de que es conocida y consumida en diferentes partes del mundo.

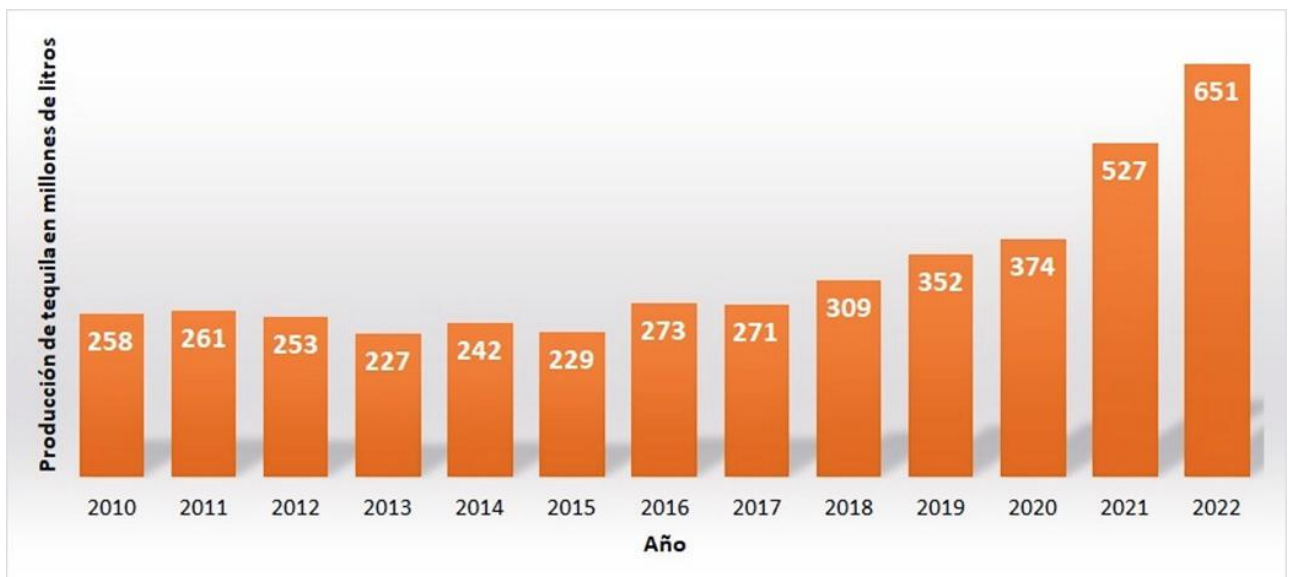




Según datos del CRT, en el año 2022 se exportaron 418.9 millones de litros de tequila a varios países del mundo, principalmente a Alemania, Estados Unidos de América, España, Francia y Reino Unido.



En la Figura 2 se observa una gráfica que muestra la cantidad producida de tequila por año, con datos obtenidos del CRT, desde el 2010 hasta el 2022. Lo interesante de esta gráfica es su comportamiento, ya que podemos observar un claro aumento de la cantidad de tequila que se produce conforme pasan los años; lo que significa que la industria tequilera crece cada vez más rápido.



**Figura 2.** Producción de tequila en millones de litros del 2010 al 2022

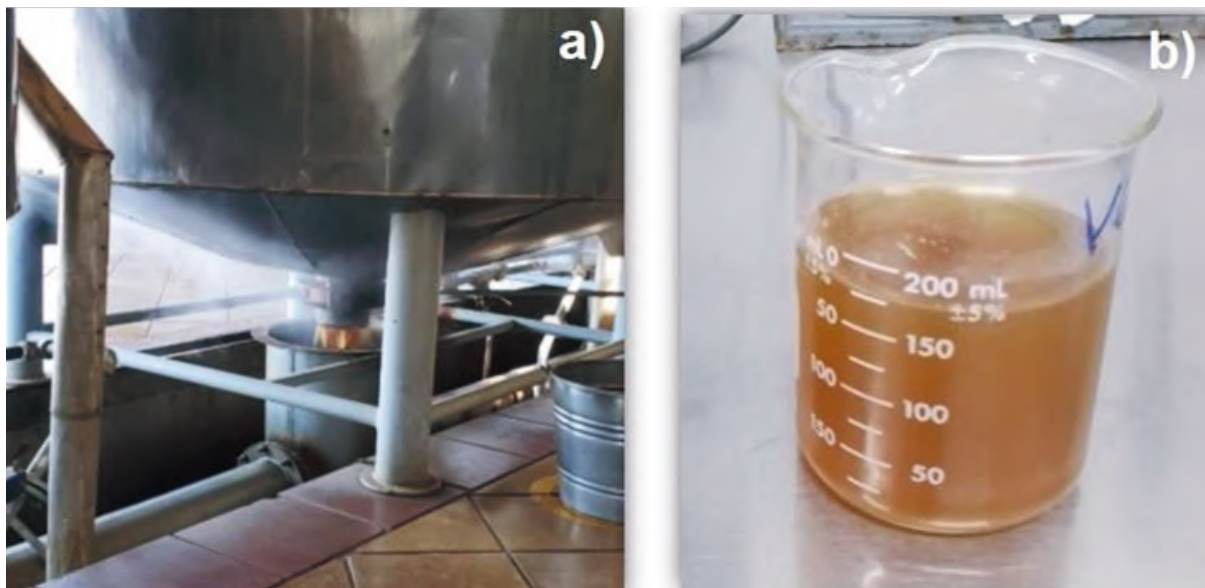




## *Vinaza tequilera, uno de los residuos del tequila*

### *¿Qué es la vinaza tequilera?*

A pesar de la gran importancia socio-cultural y económica que tiene el tequila, durante el proceso de su producción se generan dos residuos: el bagazo y la vinaza tequilera. La vinaza tequilera es un residuo líquido color rojo-café oscuro y turbio con olor a alcohol-caramelo, proveniente principalmente de la etapa de la destilación de los mostos fermentados y generada en la parte inferior de los alambiques, por lo que se compone casi en su totalidad de sustancias no volátiles, es decir, que se evaporan con dificultad (Figura 3).



**Figura 3.** a) Vinaza tequilera siendo retirada de un alambique. b) Muestra de vinaza tequilera.

Las características de la vinaza tequilera pueden variar dependiendo principalmente de la categoría del tequila producido y de los procesos, técnicas y equipos utilizados durante su elaboración.



Sin embargo, todas las vinazas tequileras se caracterizan por su pH ácido, su alta temperatura al momento de ser retiradas de los alambiques, sus altas concentraciones de materia orgánica, sólidos, nutrientes como fósforo y nitrógeno, entre otros.

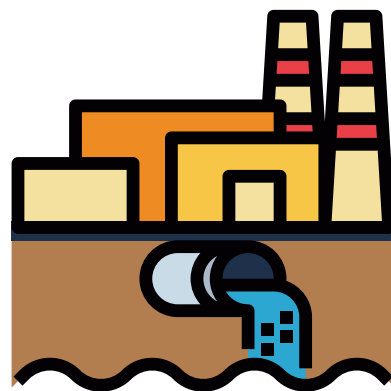
Debido a estas características es considerada como un agua residual compleja a diferencia de las aguas residuales domésticas, es decir, el agua residual proveniente de los baños (retretes, lavamanos y duchas), cocinas (tarjas y lavaplatos) y áreas de lavado (lavadoras y fregaderos para ropa).



Se sabe que por cada litro de tequila se producen entre 10 y 15 litros de vinaza tequilera. Considerando la cantidad de tequila producido en el año 2022, es decir 651.4 millones de litros (Figura 2), es posible estimar la cantidad de vinaza tequilera producido en ese año; por lo tanto, ¡en ese mismo año se generaron entre 6,514 y 9,771 millones de litros de vinaza! Además, el aumento de la producción de tequila conforme pasa los años también deriva en un aumento de la generación de vinaza tequilera.

## *El tratamiento convencional de la vinaza tequilera y su punto débil*

Actualmente algunas tequileras cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales para tratar sus vinazas tequileras; estas plantas están conformadas por las etapas de: pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario.



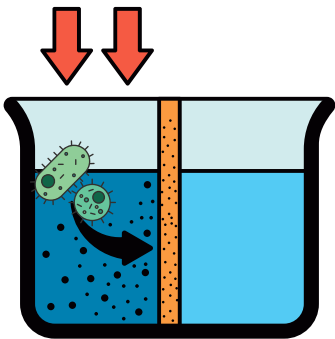




El pretratamiento se lleva a cabo comúnmente en lagunas de retención y aquí lo que se hace es reducir las altas temperaturas de la vinaza tequilera a temperatura ambiente mediante su exposición a la intemperie, además de neutralizar el pH, es decir, llevarlo a un valor aproximado de 7, comúnmente con ayuda de óxido de calcio (también conocido como cal).

Posteriormente, en el tratamiento primario son utilizadas las lagunas de sedimentación para la reducción de los sólidos sedimentables de la vinaza tequilera mediante su reposo (es decir, los que se depositan en el fondo de las lagunas por medio de la gravedad).

El tratamiento secundario puede ser por métodos fisicoquímicos o biológicos. En el método fisicoquímico el proceso más usado es el de coagulación-floculación con ayuda de la dosificación de compuestos químicos para la reducción de sólidos. Por otro lado, en los métodos biológicos se utilizan microorganismos para la reducción de la materia orgánica, los cuales pueden ser aerobios o anaerobios. En el proceso aerobio los microorganismos se encuentran en presencia de oxígeno, mientras que en el proceso anaerobio ocurre lo contrario, es decir, en ausencia de oxígeno.



Las plantas de tratamiento convencionales son muy efectivas para tratar la vinaza tequilera. Sin embargo, presentan la desventaja de ser muy caras en cuanto a su construcción, mantenimiento y operación (principalmente debido a los altos costos que involucran la compra de compuestos químicos y el consumo de energía eléctrica de los sopladores para la aireación en el proceso aerobio).

A causa de esto no todas las tequileras tienen una planta de tratamiento convencional, ya que no pueden mantener estos gastos, especialmente las tequileras micro, es decir, las que producen de 1 a 300 mil litros de tequila por año.



En un estudio sobre la generación, caracterización y prácticas de disposición de la vinaza tequilera se encontró que, de 42 tequileras del estado de Jalisco, solamente 20 pretratan sus vinazas con una laguna de retención y ajuste de pH (es importante mencionar que un pretratamiento es un tratamiento incompleto, ya que no hay reducción significativa en los sólidos, materia orgánica y otros parámetros) y 12 no le dan ningún tipo de tratamiento; de estas 32 tequileras que no tratan su vinaza, 24 son de tamaño micro. Debido a lo anterior, ¡Es muy común que estas tequileras decidan tirar sus vinazas sin tratar o con un tratamiento incompleto a las aguas superficiales y suelos! (Figura 4).



**Figura 4.** Tubería descargando vinaza tequilera en un arroyo (un ejemplo de agua superficial).

Las plantas de tratamiento convencionales presentan la desventaja de ser muy caras. Debido a lo anterior, es muy común que las tequileras micro decidan tirar sus vinazas sin tratar o con un tratamiento incompleto a las aguas superficiales y suelos.







## *Los impactos ambientales de la vinaza tequilera*

Debido a las características de la vinaza tequilera anteriormente mencionadas, las descargas de vinazas tequileras sin tratar o con un tratamiento incompleto pueden causar severos impactos ambientales en las aguas superficiales, suelos y aguas subterráneas.

En el caso de las aguas superficiales, las altas temperaturas y el pH ácido causan un estrés en los seres vivos, además de que las partículas de los sólidos, como los residuos de fibrillas de agave, obstruyen las branquias de los peces provocando una interferencia en su respiración y habilidad para filtrar correctamente su alimento, ya que otra función de las branquias (específicamente unas estructuras llamadas "branquiespinas" ubicadas en la parte superior de las branquias) es retener los alimentos que pueden ser aprovechados y consumidos por los peces.



Las altas temperaturas y principalmente las altas concentraciones de materia orgánica ocasionan la disminución de la concentración de oxígeno disuelto (es decir, el oxígeno gaseoso que hay en los cuerpos de aguas).



Algunos de los microorganismos que viven en el agua utilizan el oxígeno disuelto para degradar la materia orgánica y así poder alimentarse, por lo que mientras más materia orgánica se encuentre en el agua más oxígeno disuelto se consumirá.




Las altas concentraciones de nutrientes ocasionan en la superficie del agua el desarrollo excesivo de población de plantas y algas acuáticas; a este fenómeno se le conoce como “eutrofización”. La eutrofización está presente, por ejemplo, en algunas partes del Río Santiago (Figura 5a). Además, el color oscuro característico de la vinaza tequilera y su alta turbidez debido principalmente a las altas concentraciones de sólidos ocasionan, junto con la eutrofización, un impedimento en la penetración de la luz solar dentro del cuerpo de agua, lo que causa que las plantas acuáticas no puedan llevar a cabo la fotosíntesis y, por ende, no puedan producir oxígeno disuelto.



**Figura 5.** a) Eutrofización en el Río Santiago en el estado de Jalisco, uno de los ríos que terminan recibiendo descargas de vinazas tequileras. b) Arroyo contaminado con vinaza tequilera en el cual ya no es posible el desarrollo de la vida.

Esta ausencia de oxígeno disuelto ocasiona la muerte de muchos seres vivos aerobios acuáticos (es decir, los que necesitan oxígeno para respirar), por ejemplo, los peces, y con ello junto con la muerte de otras plantas y seres vivos se crea una inestabilidad en el ecosistema acuático, ¡Lo que después de cierto tiempo lleva a la muerte del cuerpo de agua superficial!, es decir, las condiciones de ese cuerpo de agua ya no son óptimas para la existencia de la vida, (Figura 5b). ¿Te das cuenta de cómo todo está conectado y lo peligroso que pueden llegar a ser las vinazas tequileras?





La ausencia de oxígeno disuelto ocasiona la muerte de muchos seres vivos y con ello una inestabilidad en el ecosistema acuático, lo que después de cierto tiempo lleva a la muerte del cuerpo de agua superficial.

## *Una alternativa para tratar la vinaza tequilera*

Actualmente se están buscando tecnologías alternativas para el tratamiento de la vinaza tequilera. Nuestro equipo de trabajo se encuentra investigando el tratamiento de la vinaza tequilera mediante humedales. Los humedales de tratamiento son una biotecnología que pretende emular de forma controlada la manera en que los humedales naturales depuran las aguas.

Una de las ventajas de los humedales de tratamiento son sus bajos costos de construcción, operación y mantenimiento (lo cual es beneficioso para las tequileras micro); además de que se han evaluado anteriormente con residuos líquidos muy parecidos a las vinazas tequileras, como los residuos de las industrias vinícolas (es decir, de la producción del vino) y azucareras, con muy buenos resultados.



Los humedales de tratamiento se componen principalmente de plantas, un medio filtrante (rocas, arena, grava, etc.) y microorganismos; estos tres componentes se encargan de tratar el agua residual (en este caso vinaza tequilera) mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Actualmente nos encontramos evaluando dos tipos de humedales de tratamiento con los cuales hemos obtenido resultados muy interesantes en las remociones de diferentes parámetros, especialmente en la remoción de materia orgánica.



## *Para reflexionar*

El agua es un recurso de gran importancia para la vida en general, el cual no es ilimitado, lo que quiere decir que puede llegar a acabarse si no se cuida. ¿Te imaginas vivir en un mundo sin agua? Un mundo sin agua o con agua contaminada es un mundo con ecosistemas acuáticos sin vida. Los ecosistemas acuáticos contaminados ponen en riesgo la existencia de otros seres vivos, por ejemplo, el envenenamiento de especies terrestres que beban de estas aguas (incluyéndonos a nosotros los seres humanos).

Además, el agua también juega un papel importante en nuestro desarrollo social, económico e industrial. ¡Según el Banco Mundial en el año 2050 aproximadamente mil millones de personas en el mundo no tendrán acceso a agua de calidad! Por otra parte, ¡México ocupa el segundo lugar en América Latina en tener el mayor índice promedio de estrés hídrico!, lo que quiere decir que es un país cercano a llegar a tener una demanda de agua más alta que la cantidad disponible que existe en el mismo, ya sea por su escasez o por su baja calidad.



Es por esto la importancia de seguir investigando y desarrollando tecnologías amigables con el medio ambiente que puedan limpiar residuos líquidos y aguas residuales tan complejos de tratar como lo son las vinazas tequileras; pero más importante, debemos hacer conciencia como especie para evitar la contaminación de nuestros cuerpos de agua y así gozar de un futuro mejor para todos. 🍀

“ **El Agua Es La Fuerza Motriz De Toda La Naturaleza.** ”  
-Leonardo Da Vinci





## Conceptos






**Materia orgánica:** Materia conformada por compuestos con carbono, hidrógeno y oxígeno (en algunos casos nitrógeno) proveniente de seres vivos.

**pH:** Es un indicador que expresa la concentración de iones hidrógeno en el agua en una escala de 0 a 14. Un pH menor a 7, se considera ácido; igual a 7, neutro; y mayor a 7, alcalino. El rango óptimo para la existencia de la gran mayoría de formas de vida es típicamente de 6 a 9.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) por brindar el apoyo financiero para nuestro proyecto.

## Para Consulta

-  Consejo Regulador del Tequila. 25 de agosto de 2023. Información estadística. <https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>
-  Montoya A, Tejeda A, Sulbarán-Rangel B, et al. 2023. Treatment of tequila vinasse mixed with domestic wastewater in two types of constructed wetlands. *Water Science and Technology* 87 (12): 3072-3082. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.189>
-  Morales-Figueroa C, Teutil-Sequeira EA, Martínez-Miranda V, et al. 2023. El estrés hídrico en México: Retos, estrategias y tendencias futuras de cómo enfrentar el día cero. *Diotima, Revista Científica de Estudios Transdisciplinaria* 8 (23).
-  Orozco-Martínez JL. 2019. Panorámica actual de la industria tequilera, capítulo 1. Manual del técnico tequilero (1ra ed.). Consejo Regulador del Tequila. [https://www.crt.org.mx/images/Documentos/Manual\\_Tecnico\\_Tequilero/ManualTecnicoTequilero%20ImpresionAlta.pdf](https://www.crt.org.mx/images/Documentos/Manual_Tecnico_Tequilero/ManualTecnicoTequilero%20ImpresionAlta.pdf)
-  Zurita F, Tejeda A, Montoya A, et al. 2022. Generation of tequila vinasses, characterization, current disposal practices and study cases of disposal methods. *Water* 14 (9): 1395. <https://doi.org/10.3390/w14091395>



Crédito de imágenes en orden de aparición: Muertos Crew (Pexels,P), pascualraigaza (pixabay, pi), sparklestroke, Mokka (Trendify, T), nghiadesign, zstockphotos, Tony Batac (T), Grey, Camaralenta (Getty Images, GI), Vinh Dao, Becerra Govea Photos (P), Svitlana Varfolomieieva, Guseppe Ramos J, goodstudio, Tara Winstead (P), Clker-Free-Vector-Images (pi), luketaibai, MarcoARG (GI), canva samples, Eucalypt, Gustavo\_Asciutti (GI), House, alffoto (GI), Maxicons, Mangostar Studio, Dermawansyah's Images, E\_Rojas (GI), ruslannesterenko, Fábian Montaña, Felicia Smith, igorr1 (GI).

*Diseño de publicación: Yareli Tiburcio*

**Eduardo Aguayo Leyva**  
Editor Asociado Revista CyN



**Arturo  
Montoya Chávez**

Maestro en Ciencias en Ingeniería del Agua y la Energía y estudiante del Doctorado en Agua y Energía de la Universidad de Guadalajara. Es parte del Centro de Investigación en Calidad Ambiental. Enfoca su tesis en el tratamiento de las vinazas tequileras mediante dos tipos de humedales de tratamiento y su reúso en la agricultura.

**contacto:**

[arturo.montoya@academicos.udg.mx](mailto:arturo.montoya@academicos.udg.mx)



**Florentina  
Zurita Martínez**

Profesora Titular en el Departamento de Ciencias Tecnológicas y Directora del Centro de Investigación en Calidad Ambiental en el Centro Universitario de la Ciénega de la Universidad de Guadalajara. Estudia la fitorremediación y los humedales construidos, para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales como las vinazas tequileras.

**Contacto:**

[florentina.zurita@academicos.udg.mx](mailto:florentina.zurita@academicos.udg.mx)



**Anderson Alberto  
Ramírez Ramírez**

Posdoctorante en el Centro de Investigación en Calidad Ambiental del Centro Universitario de la Ciénega de la Universidad de Guadalajara. Sus líneas de investigación son el tratamiento de las aguas residuales domésticas, residuos industriales (vinazas tequileras) y lodos residuales.

**Contacto:**

[ander\\_brit@hotmail.com](mailto:ander_brit@hotmail.com)