

# Aprovechamiento de efluentes vinícolas para generar nuevos productos

Los efluentes vinícolas son uno de los residuos más abundantes en la producción del vino. En este artículo se brinda información sobre la composición de este residuo, así como sobre su impacto negativo en el medio ambiente, para, finalmente, presentar las alternativas que se han propuesto para el aprovechamiento de estos residuos en la generación de nuevos productos.

## Introducción

El vino es una deliciosa bebida que se produce a partir del zumo de uvas maduras de diversas partes del mundo. A nivel internacional, en 2021 se produjeron cerca de 25 000 millones de litros de esta icónica bebida. Sin embargo, por cada litro de vino que se produce se generan de uno a cuatro L de aguas residuales. Éstas contienen muchos compuestos que, si se incorporan en los ecosistemas, pueden provocar severos daños. Por ello, se han propuesto diferentes tecnologías para el tratamiento de estos efluentes.

### Efluentes

Líquidos residuales que se generan en una planta industrial.

## El proceso de producción del vino

El proceso de producción del vino inicia con la cosecha de la uva (Figura 1). En un esquema tradicional, esta etapa se realiza a mano debido a delicadeza de las uvas. Puede parecer que no es una etapa muy significativa; sin embargo, si no se realiza con el cuidado adecuado, las uvas que se maltratan pueden ser atacadas por microorganismos (principalmente hongos) que dañan el producto, generan mal olor y sabor, así como riesgos para la salud.

En la siguiente etapa se realiza el despalillado, el cual consiste en separar la uva de su racimo. Este paso se puede realizar de manera tradicional, como la etapa anterior, o mediante máquinas automatizadas. Algunas de estas máquinas cuentan con sistemas de selección vibratoria u óptica para realizar esta tarea sin dañar a la uva. Este paso es uno de los más importantes, ya que el racimo contiene compuestos





Figura 1. Proceso de elaboración del vino. Elaboración propia.

vegetales que afectan de manera significativa la calidad del vino.

Posteriormente, está la etapa de prensado, proceso en el que se separa el jugo de la uva del resto de sus componentes, los cuales se conocen como orujo. Actualmente, las prensas empleadas son mecánicas; sin embargo, el uso de máquinas para el prensado no siempre fue así. Tradicionalmente, las uvas se prensaban con los pies, y en algunos viñedos suele recrearse esta actividad con fines recreativos y de esparcimiento.

La cosecha de la uva, el despalillado y el prensado son etapas que permiten acondicionar las uvas para su transformación en vino, etapa que se conoce como fermentación y que usualmente se define como el corazón del proceso de la producción del vino. La fermentación se realiza en un tanque conocido como biorreactor, en el cual la transformación del jugo de uva en vino se lleva a cabo mediante el uso de levaduras. Las levaduras son hongos unicelulares que pueden adaptar su metabolismo para sobrevivir sin oxígeno; debido a ello se les clasifica como microorganismos aerobios facultativos. Este concepto se describe a continuación.

La función del oxígeno en todos los organismos que lo respiran es recibir electrones que ya no le sirven a las células. Posteriormente, ese oxígeno

no se desecha en forma de vapor de agua; este proceso se realiza en pequeños organelos llamados mitocondrias. Para sobrevivir en condiciones sin oxígeno, las levaduras consumen su alimento (un azúcar llamada glucosa) de una manera incompleta; es decir, en lugar de degradar el alimento en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  —lo cual se realiza en una serie de procesos llamados glucólisis, ciclo de Krebs y cadena respiratoria—, el alimento se degrada hasta una molécula conocida como piruvato. A través de una serie de pasos, el piruvato acepta los electrones que debería haber tomado el oxígeno; como consecuencia, se obtiene el alcohol del vino —etanol—, en lugar de generar dióxido de carbono y agua. Para la operación del biorreactor, es fundamental eliminar todas las fuentes de oxígeno; de lo contrario, la levadura no producirá el etanol y sólo se generarán malos olores y sabores en un caldo que claramente no es vino.

Después de la fermentación, es necesario retirar la levadura, así como las partículas sólidas (restos de piel de uva) que se encuentren suspendidas en el vino. A esta operación se le conoce como clarificación. Si la clarificación no se lleva a cabo, se tendrá un vino de mala calidad, y no precisamente porque resulte peligroso para consumo humano, sino porque la turbidez se vuelve una característica desagradable.

dable a la vista. La clarificación se puede llevar a cabo mediante filtraciones, sedimentaciones (precipitación de partículas sólidas), y coagulación (formación de grumos que se pueden precipitar). Todos los residuos sólidos que provienen de esta etapa se conocen como lías, las cuales están constituidas por levaduras, y residuos de uva (celulosa, hemicelulosa y lignina).

Una vez que se tiene el vino clarificado, éste se coloca en barricas de madera, en las que comienza un proceso de maduración. El objetivo de esta etapa es que el vino adquiera aromas y colores por la transferencia de compuestos orgánicos (por ejemplo: los taninos) desde la madera.

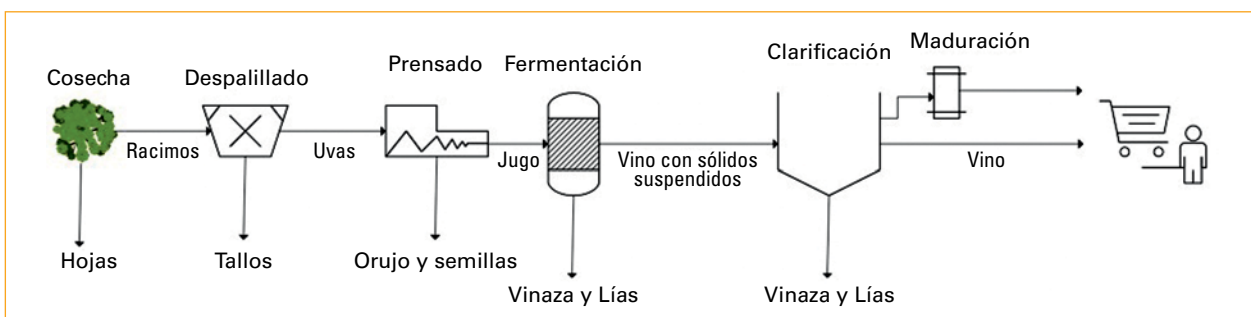
La **Figura 2** muestra una representación gráfica del proceso antes mencionado. Además, el diagrama muestra varias corrientes hacia abajo, las cuales simbolizan algunos de los residuos que se generan. Todos los residuos generados en el proceso de producción de vino pueden emplearse para la generación de nuevos productos, lo que permitiría que la industria vinícola utilizara de manera integral toda la cosecha de la uva. Tales residuos incluyen hojas, tallos, orujo, semillas, vinazas y lías. En particular, en este artículo se analizan las estrategias de aprovechamiento de las vinazas provenientes de la fermentación y clarificación, las cuales forman parte de los efluentes vinícolas.

Los efluentes vinícolas se definen como todos los desechos líquidos (no sanitarios) provenientes del proceso vinícola; en otras palabras, es la mezcla de vinazas, agua del lavado de los tanques de fermentación, clarificación y prensa. Además, los efluentes incluyen vinazas, las cuales se definen como el líquido que se queda al momento de retirar levaduras y partículas sólidas. En los efluentes también se con-

sideran los derrames de producto durante la producción, aquel producto rechazado por el departamento de calidad (el cual debe tirarse), o incluso las devoluciones hechas por los clientes, las cuales también deben verterse al drenaje.

Estos efluentes vinícolas constan de diversos componentes. Los más abundantes y representativos son el agua, azúcar (en forma de sacarosa, glucosa y fructuosa), etanol y compuestos sólidos (materiales con lignina, celulosa y hemicelulosa, que son componentes de las hojas, tallos y orujo). Los componentes de los efluentes vinícolas pueden dañar a los ecosistemas si entran en contacto con ellos; de allí que, por regulaciones ambientales, no deben verterse directamente al drenaje. En consecuencia, los efluentes deben someterse a procesos de tratamiento para remover esos componentes, y así cumplir con los límites establecidos en las disposiciones ambientales.

Existen tecnologías disponibles para el tratamiento de efluentes vinícolas; la más común es una planta de tratamiento de aguas residuales y en ella se emplean diversos procesos físicos y químicos cuyo objetivo es remover los componentes contaminantes de los efluentes vinícolas. En consecuencia, se obtiene agua con una composición apropiada para su uso en riego de áreas verdes, y lodos que pueden emplearse para generar electricidad. No obstante, estas tecnologías usualmente se perciben en las empresas como un gasto para cumplir con las regulaciones ambientales; pero puede cambiarse este paradigma y ver de otra manera a los residuos vinícolas. En otras palabras, los efluentes vinícolas no son necesariamente un problema, sino que pueden ser una materia prima que puede revalorizarse para generar nuevos productos que se reinserten en el mercado.



**Figura 2.** Proceso de elaboración del vino. Elaboración propia.

**Tabla 1.** Ejemplos de procesos de revalorización.

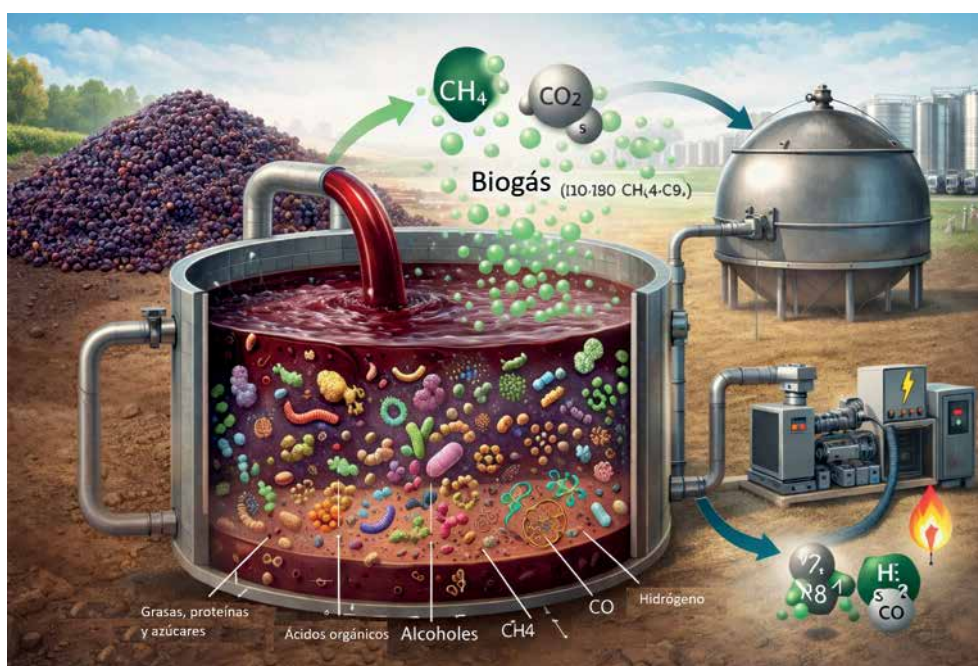
Naturaleza del proceso	Principio de funcionamiento	Tipos de productos generados
Química	Conversión del residuo mediante reacciones químicas que requieren catalizadores (sustancias que aceleran las reacciones químicas) usualmente metálicos.	Biocombustibles, químicos, plásticos.
Bioquímica	Conversión del residuo por la acción de catalizadores biológicos, los cuales son pequeñas moléculas que, aunque se obtienen de seres vivos, no son considerados seres vivos ( <b>Figura 3</b> ).	Productos de pretratamiento, como compuestos fenólicos o azúcares simples.
Termoquímica	Conversión del residuo debida a una reacción química con oxígeno, en diferentes proporciones, a altas temperaturas.	Biocombustibles, calor.
Biológica	Conversión del residuo en productos de valor o biomasa por acción de los microorganismos, tales como las microalgas o las lombrices.	Alcoholes, lípidos, compuestos de valor agregado, biomasa.

■ **Revalorización de efluentes vinícolas**

■ La revalorización se define como el proceso de recuperación o producción de compuestos de valor agregado a partir de residuos. Así, los procesos de revalorización permiten emplear como materias primas los residuos, reduciendo con ello su impacto negativo en el ambiente. Por otra parte, los nuevos productos pueden reincorporarse en el mercado, impulsando así el crecimiento económico y el uso eficiente de los recursos. Los productos generados pueden tener diversas aplicaciones según su naturaleza; por ejemplo, pueden emplearse como catalizadores biotecnológicos, emulsificantes, polímeros

precursores de plásticos, adsorbentes biológicos, o biocombustibles. Estos productos pueden obtenerse mediante diversas tecnologías, las cuales incluyen procesos químicos, bioquímicos, termoquímicos y biológicos; algunos ejemplos de tecnologías se muestran en la **Tabla 1**.

Este tipo de tecnologías permite obtener biocombustibles, bioenergía, o bien productos de valor agregado. Sin embargo, ninguna de ellas permite generar los tres tipos de productos de manera simultánea. Contar con un esquema de procesamiento que permita obtenerlos podría contribuir al aprovechamiento integral de los residuos; es decir, utilizarlos comple-



**Figura 3.** Valoración bioquímica del efluente vinícola. Elaboración propia.

tamente. Además, permitiría mejorar la economía del proceso, ya que su rentabilidad recae en varios productos, en lugar de en uno solo. A este esquema de procesamiento se le llama biorrefinería.

El término biorrefinería se acuñó con base en el concepto de petrorrefinerías, en donde una materia prima (el petróleo) se transforma en una serie de productos (químicos y combustibles, entre otros). Por lo que una biorrefinería es un esquema de procesamiento en el cual una materia prima –en este caso un residuo o biomasa– se transforma en productos de valor agregado, biocombustibles y bioenergía. Para ello, se emplean diversos procesos de revalorización, como los presentados en la [Tabla 1](#). Para ejemplificar y diferenciar los conceptos de tecnología de revalorización y una biorrefinería con enfoque en la revalorización, consideremos un residuo; por ejemplo, la cascarilla de café. Ésta es un residuo que se genera en la producción de los granos de café y se estima que se generan 150 gramos de cascarilla por cada kilogramo de granos de café.

Una tecnología de revalorización de la cascarilla de café podría ser un proceso termoquímico, en el cual únicamente se quemaría el residuo para la generación de calor (proceso individual). Por otro lado, de la cascarilla de café se puede extraer la ca-

feína contenida, y después el residuo sólido puede ser densificado en un *pellet* (biocombustible sólido). Al conjunto de procesos de extracción de cafeína y elaboración de *pellets* se le define como un esquema de biorrefinería. Es importante mencionar que un gran reto que tienen las biorrefinerías es la materia prima que procesan. Dado que pueden convertir cualquier tipo de biomasa es importante que ésta no compita con el alimento del ser humano; esta afectación puede ser de manera directa o indirecta (al utilizar tierras de cultivo para siembras no enfocadas a la seguridad alimentaria). De allí que las biorrefinerías que procesan residuos es un área de investigación en constante desarrollo y crecimiento.

En el caso de los efluentes vinícolas se han propuesto diversos esquemas de biorrefinerías para la generación de productos de alto valor agregado y biocombustibles. Algunos de los productos elaborados a partir de efluentes vinícolas incluyen materiales usados en la producción de plásticos biodegradables (polihidroxialcanoatos, polihidroxibutiratos), jabones (biosurfactantes), biocombustibles (biogás, bioetanol, hidrógeno renovable), productos biotecnológicos (enzimas), grasas, proteínas, así como biomasa ([Figura 4](#)). Por tanto, el aprovechamiento de los efluentes vinícolas permite generar productos



**Figura 4.** Esquema de biorrefinería para la conversión de efluentes vinícolas. Elaboración propia.



de valor agregado a precios más accesibles, así como biocombustibles y bioenergía; y lo más importante, contribuye a disminuir los daños al medio ambiente y a prevenir afectaciones a la salud humana. Por esa razón es importante continuar desarrollando nuevos esquemas de biorrefinerías para la revalorización de los residuos.

Aparte de las biorrefinerías, los residuos vinícolas se han revalorizado mediante otros enfoques. Hay reportes que señalan el desarrollo de productos alimenticios a partir del orujo de uva, tales como aditivos de carne para hamburguesa, sazónadores para pechuga de pollo y pastas fortificadas. En el área de la salud, se han encontrado aplicaciones bastante novedosas e interesantes. Por ejemplo, el orujo se utiliza en formulaciones de prebióticos con base en el bagazo de uva. Cabe mencionar que un prebiótico es un material no vivo que ayuda en nuestra salud; por ejemplo: los minerales. Un probiótico, por el contrario, es un microorganismo vivo que también contri-

buye a nuestra salud, como los *lactobacilos*. Además, los probióticos nos ayudan con el tránsito intestinal porque contienen fibra dietética y antioxidantes.

Por otra parte, existen investigaciones en las cuales se revalorizan los residuos vinícolas en materiales avanzados. Algunos ejemplos incluyen la formación de nanocristales de celulosa del bagazo fermentado de la uva. Los nanocristales son materiales extremadamente pequeños; si observas 1 milímetro en una regla y lo divides en un millón de partes, cada una de esas partes es un nanómetro. Estos materiales se utilizan en la producción de baterías. Otra aplicación en el área de los materiales es la producción de soportes de **fotocatalizadores**. Además, también hay investigación centrada en la elaboración de implantes médicos para personas con problemas periodontales (problemas en las encías).

Como puede observarse, los residuos vinícolas no representan un problema, sino una materia prima valiosa para generar productos en diversos sec-

**Fotocatalizador**

Catalizador que reacciona con la luz y se pueden aplicar para generar biocombustibles o eliminar contaminantes en el agua y aire.

tores. La investigación en torno al aprovechamiento de residuos mediante esquemas de biorrefinerías es muy interesante y posibilita contribuir al desarrollo sustentable. ¿Quieres sumarte al equipo de científicos que trabajamos en esta interesante temática? ¡Te esperamos! ¡El planeta cuenta contigo!

#### **Carlos Eduardo Guzmán Martínez**

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro  
carlos.guzman@uaq.mx

#### **Claudia Gutiérrez Antonio**

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro  
claudia.gutierrez@uaq.mx

#### **Lecturas recomendadas**

Bastidas-Oyanedel, J. R. y J. E. Schmidt (2019), *Biorefinery: Integrated Sustainable Processes for Biomass Conversion to Biomaterials, Biofuels, and Fertilizers*, 1.ª ed., Suiza, Springer.

Fan, Q., C. Jiang, W. Wang, L. Bai, H. Chen, H. Yang, D. Wei y L. Yang (2020), "Ecofriendly extraction of cellulose nanocrystals from grape pomace and construction of self-healing nanocomposite hydrogels", *Cellulose*, 27:2541-2553.

Ortega-Heras, M., E. Villarroel, S. Mateos, J. García-Lomillo, J. Rovira y M. L. González-Sanjosé (2020), "Application of a seasoning obtained from red grape pomace as a salt replacer for the elaboration of marinated chicken breasts: study of their physical-chemical and sensory properties and microbiological stability", *CyTA Journal of Food*, 18(1):122-131. Disponible en: <<https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1709558>>.

Ratna, S., S. Rastogi y R. Kumar (2021), "Current trends for distillery wastewater management and its emerging applications for sustainable environment", *Journal of Environmental Management*, 290:112544. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112544>>.

Tolve, R., G. Pasini, F. Vignale, F. Favati y B. Simonato (2020), "Effect of grape pomace addition on the technological, sensory, and nutritional properties of durum wheat pasta", *Foods*, 9(3):354.

