Revista Científica Arbitrada Reporte Climatológico
ISSN (e): 3080 – 2504 / Depósito Legal: ZU2024000193
Vol.1 (1), julio-diciembre 2025

PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE VINO A PARTIR DE CÁSCARAS DE FRUTAS: INNOVACIÓN Y VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS PARA UNA ECONOMÍA CIRCULAR

Edgardo Munive Mendoza*
https://orcid.org/0000-0002-0390-6938
Milagros Yinez Oñate Maury**
https://orcid.org/0009-0001-8764-5535

RECIBIDO: 21/06/2025 **ACEPTADO**: 30/07/2025 **PUBLICADO**: 08/08/2025

Cómo citar: Munive, E. y Oñate, M. (2025). Producción sostenible de vino a partir de cáscaras de frutas: innovación y valorización de subproductos para una economía circular. *Revista Científica Arbitrada Reporte Climatológico, 1*(1), 5-19. https://doi.org/10.36390/x9q63d53

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo aprovechar los residuos agroindustriales, particularmente las cáscaras de frutas, para producir vino, promoviendo así un modelo de economía circular. En el contexto de la creciente generación de desechos orgánicos y la necesidad de prácticas sostenibles en regiones vulnerables como La Guajira, esta propuesta ofrece una alternativa social, ambiental y económica. El estudio se desarrolla en San Juan del Cesar, Colombia, y emplea una metodología experimental con diseño cuasiexperimental. Se seleccionaron cáscaras de frutas como naranja, piña, maracuyá y mango, las cuales fueron sometidas a procesos de fermentación controlada. Se monitorearon variables como temperatura, pH y tiempo de fermentación, evaluando parámetros físicos, químicos y sensoriales del producto resultante. Los resultados revelaron que estas cáscaras poseen un alto contenido de azúcares fermentables, logrando producir vinos con un contenido alcohólico entre 11% y 16.5%. La cáscara de piña presentó el mejor rendimiento. Además, se observó que el control riguroso de las condiciones de fermentación garantizó vinos con buena calidad sensorial y microbiológica. Esta innovación contribuye significativamente a la reducción de residuos, al aprovechamiento de subproductos agrícolas y al desarrollo de nuevas oportunidades para pequeños productores. El proyecto no solo fortalece la sostenibilidad ambiental, sino también genera impactos socioeconómicos positivos en comunidades rurales, alineándose con los principios de la economía circular.

Palabras clave: vino, subproducto, sostenibilidad, economía circular.

---

*Instituto Nacional de Formación Técnica Profesional. San Juan del Cesar, La Guajira - Colombia, emunive@infotep.edu.co

**Instituto Nacional de Formación Técnica Profesional. San Juan del Cesar, La Guajira - Colombia, m.onate@infotep.edu.co

Sustainable wine production from fruit peels: innovation and valuation of by-products for a circular economy

ABSTRACT

The research aims to make use of agro-industrial waste, particularly fruit peels, to produce wine, thereby promoting a circular economy model. In the context of the increasing generation of organic waste and the need for sustainable practices in vulnerable regions such as La Guajira, this proposal offers a social, environmental, and economic alternative. The study is being conducted in San Juan del Cesar, Colombia, and employs an experimental methodology with a quasi-experimental design. Fruit peels such as orange, pineapple, passion fruit, and mango were selected and subjected to controlled fermentation processes. Variables such as temperature, pH, and fermentation time were monitored, evaluating the physical, chemical, and sensory parameters of the resulting product. The results revealed that these peels have a high content of fermentable sugars, enabling the production of wines with an alcohol content between 11% and 16.5%. Pineapple peels showed the best performance. Furthermore, it was observed that rigorous control of fermentation conditions ensured wines with good sensory and microbiological quality. This innovation contributes significantly to waste reduction, the utilization of agricultural by-products, and the development of new opportunities for small producers. The project not only strengthens environmental sustainability but also generates positive socio-economic impacts in rural communities, aligning with the principles of the circular economy.

Keywords: wine, byproduct, sustainability, circular economy.

1. INTRODUCCIÓN

La producción sostenible de vino a partir de cáscaras de frutas constituye una estrategia innovadora que se enmarca en la economía circular, orientada al aprovechamiento de residuos agroindustriales. A nivel mundial, se reutiliza únicamente el 5 % de los subproductos frutales, lo que genera pérdidas económicas y ambientales significativas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021). Esta problemática se intensifica en regiones como San Juan del Cesar, en el departamento de La Guajira (Colombia), donde aproximadamente el 70% de los agricultores no cuentan con técnicas adecuadas para valorizar residuos frutales, a pesar de las ventajas comprobadas de implementar modelos circulares (Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Frente a esta realidad, la presente investigación busca contribuir al desarrollo de soluciones sostenibles que reduzcan la generación de residuos orgánicos y promuevan oportunidades económicas en comunidades rurales. El estudio se apoya en referentes teóricos como el modelo de economía circular (Fundación Ellen MacArthur, 2019), el concepto de sostenibilidad (Brundtland, 1987; Organización de las Naciones Unidas ONU, 2015) y la valorización de subproductos agroindustriales (FAO, 2021), empleando categorías analíticas como subproducto, fermentación controlada y desarrollo rural sostenible.

Las investigaciones previas demuestran la viabilidad técnica de producir vino a partir de residuos frutales. Sin embargo, hay vacíos respecto a la diversidad de materias primas, el control de variables experimentales y la aplicación en contextos rurales de baja tecnificación. Esta propuesta amplía el conocimiento existente al evaluar cáscaras de naranja, piña, maracuyá y mango mediante un diseño cuasiexperimental, con control de variables como temperatura y pH, en un entorno real de baja tecnificación del sector agrícola colombiano.

La hipótesis sostiene que es posible obtener vino con calidad microbiológica y sensorial aceptable a partir de cáscaras de frutas tropicales, mediante un proceso de fermentación controlado. Esto contribuye a la sostenibilidad ambiental y al fortalecimiento de las economías rurales. El objetivo general del estudio es desarrollar un proceso sostenible para la producción de vino a partir de cáscaras de frutas, promoviendo la valorización de subproductos agroindustriales. Los objetivos específicos incluyen: evaluar el potencial fermentativo de distintas cáscaras, desarrollar un proceso de fermentación controlado y analizar el impacto ambiental y económico en comparación con métodos tradicionales.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El vino es una de las bebidas fermentadas más antiguas y apreciadas a nivel mundial, la historia de la producción de vino se remonta a las antiguas civilizaciones de Mesopotamia y Egipto, donde la fermentación de frutas era una técnica conocida para la obtención de bebidas alcohólicas (McGovern, 2009). Sin embargo, la valorización de subproductos como las cáscaras de frutas es un enfoque más reciente, vinculado a la sostenibilidad y la

economía circular, un concepto que comenzó a ganar fuerza en la década de 1970 y fue formalizado por la Fundación Ellen MacArthur en 2013.

La producción de vino tradicionalmente se basa en la fermentación de uvas, sin embargo, la industria vinícola genera grandes volúmenes de residuos y subproductos, como cáscaras, semillas y pulpas, que suelen ser desechados o subutilizados. Estos subproductos son ricos en compuestos bioactivos, como polifenoles, antioxidantes y fibras, que los convierte en materias primas valiosas para la elaboración de nuevos productos alimentarios. La valorización de estos residuos no solo contribuye a la reducción del impacto ambiental, sino que también abre oportunidades para la innovación y diversificación de la industria alimentaria.

El vino es una bebida alcohólica obtenida por la fermentación del jugo de frutas, principalmente la uva, aunque también puede elaborarse a partir de otras frutas y subproductos, como las cáscaras. Según la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), el vino es el resultado de la fermentación alcohólica, total o parcial, de la uva fresca o del mosto de uva (OIV, 2022).

Los subproductos, como son las cáscaras de frutas, son materia prima secundaria generadas durante un proceso principal de producción, que puede ser aprovechado para nuevos usos o productos. La FAO define los subproductos agroindustriales como residuos que, mediante innovación, pueden ser valorizados y reincorporados a la cadena productiva (FAO, 2021).

En este sentido, el concepto de subproducto ha sido abordado por diversos autores, quienes coinciden en que estos materiales son residuos generados durante el procesamiento y transformación de materias primas, tanto de origen animal como vegetal. Autores como: Preciado-Saldaña, Ruiz-Canizales, Villegas-Ochoa, Domínguez-Ávila y González-Aguilar (2022) destacan la importancia del aprovechamiento de subproductos agroalimentarios como una estrategia clave dentro del enfoque de economía circular, así mismo, señalan que los subproductos, aunque no forman parte del producto principal, poseen un alto potencial para ser reutilizados en la formulación de nuevos alimentos. Para el caso de la investigación, la utilización de las cáscaras de frutas fomenta procesos de sostenibilidad.

La utilización de las cáscaras de frutas, hace parte de los procesos de innovación y sostenibilidad que soporta la investigación. En este sentido la sostenibilidad, implica satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas, integrando dimensiones ambientales, sociales y económicas (Brundtland, 1987; ONU, 2015).

Desde esta perspectiva, la sostenibilidad en la producción de vino implica la adopción de prácticas que minimicen el impacto ambiental, promuevan la salud de las personas, y aseguren la viabilidad económica y social entres sus participantes, también busca equilibrar los pilares productivo, social y económico, garantizando productos de alta calidad que respeten el entorno.

La producción sostenible de vino, a partir de cáscaras de frutas esta alineado con los procesos de economía circular, ya que es un modelo de producción y consumo que fomenta la reutilización, reciclaje y valorización de residuos, minimizando el desperdicio y cerrando los ciclos de materiales (Fundación Ellen MacArthur, 2019; Unión Europea, 2020).

En la producción del vino, la economía circular se traduce en la reutilización y valorización de subproductos, como las cáscaras de frutas, para la creación de nuevos productos, como bebidas fermentadas o ingredientes. Este enfoque reduce la generación de residuos, disminuye la dependencia de recursos vírgenes y contribuye a la sostenibilidad ambiental y económica del sector.

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolla en el municipio de San Juan del Cesar, ubicado en el departamento de La Guajira, Colombia. Esta región se caracteriza por su producción agrícola, especialmente de frutas tropicales, lo que la convierte en un entorno ideal para el aprovechamiento de los subproductos agroindustriales.

El estudio es de tipo experimental, ya que se llevará a cabo la producción de vino a partir de cáscaras de frutas bajo condiciones controladas, evaluando diferentes variables como el tipo de fruta, tiempo de fermentación y temperatura. El diseño es cuasi-experimental, pues se establecerán condiciones controladas para el proceso de fermentación, sin asignación aleatoria de tratamientos. Se utilizarán diferentes tipos de

cáscaras de frutas (naranja, piña, maracuyá, entre otras) como materia prima, y se evaluará su rendimiento en la producción de vino y porcentaje de alcohol. La población estará constituida por los subproductos derivados del procesamiento de frutas en San Juan del Cesar. La muestra estará compuesta por cáscaras de frutas recolectadas de mercados y productores locales, seleccionando aquellas que presenten las mejores condiciones para la fermentación (sin signos de descomposición). Como técnicas para la recolección de datos se emplearon: observación directa, análisis de laboratorio, registro fotográfico y ficha de control, lo anterior aplicado al proceso productivo que inicia con la selección de la materia prima, la cual incluye la recolección y selección de cáscaras de frutas como naranja, piña, maracuyá, entre otras. Seguidamente se realiza la preparación del sustrato y el estudio del proceso durante la fermentación, finalmente se hacen análisis de calidad, donde se evalúa el contenido alcohólico, acidez y perfil sensorial del vino obtenido.

El diseño cuasi-experimental fue el más adecuado para el estudio realizado en San Juan del Cesar porque permite una investigación rigurosa en un entorno real donde la asignación aleatoria de sujetos o grupos no es factible o éticamente viable. A diferencia de un experimento puro de laboratorio, este diseño nos permitió manipular y controlar variables clave (como la temperatura y el pH) directamente en el contexto rural de los pequeños productores. Esta elección metodológica fue crucial por varias razones:

Viabilidad en el campo: el estudio se llevó a cabo en un contexto con diversas condiciones que no podrían replicarse fielmente en un laboratorio. El diseño cuasi-experimental permitió evaluar la efectividad del proceso de producción de bioetanol en un escenario realista.

Flexibilidad: pudo adaptarse a las condiciones únicas de la región, como la disponibilidad variable de materias primas y las limitaciones de recursos, lo que lo hace más relevante para el problema de investigación.

Validez externa: al trabajar en el contexto real de los productores, la aplicabilidad y generalización de los resultados son mucho mayores. El estudio no solo demuestra que el proceso funciona, sino que es viable en las condiciones reales de la comunidad.

Una mejora significativa: novedad y aporte del estudio, este diseño representa una mejora sustancial al superar las limitaciones de investigaciones previas. El enfoque no solo se centra en un único parámetro, sino que logra interpretar los datos y compararlos con el conocimiento existente.

Diversidad de materias primas: mientras que otros estudios se han centrado en materias primas específicas, el enfoque de esta investigación se centra en la diversidad de subproductos agrícolas locales (un factor inherente a la región de San Juan del Cesar), lo cual demuestra la versatilidad y adaptabilidad del proceso. Esta interpretación de datos llena un vacío importante sobre la viabilidad de la economía circular en contextos de baja escala y alta diversidad.

Control de parámetros: la meticulosa medición y control de parámetros como el pH y la temperatura, que se detallan en la sección de resultados y discusión permite afirmar que el proceso es tan eficiente como aquellos documentados en entornos de laboratorio más controlados.

. **Procedimientos de elaboración del vino**

- **Tamaño y selección de la muestra:** la población del estudio la constituyen los subproductos derivados del procesamiento de frutas en San Juan del Cesar. La muestra está compuesta por cáscaras de frutas recolectadas de mercados y productores locales. Los criterios de selección fueron elegir las cáscaras que presentaran las mejores condiciones para la fermentación, es decir, sin signos de descomposición.

. **Procedimientos de preparación de las cáscaras**

- **Preparación de las cáscaras:** el documento menciona que las cáscaras de frutas (naranja, piña, maracuyá y mango) fueron recolectadas de mercados y productores locales y seleccionadas para el estudio, asegurándose de que no tuvieran signos de descomposición. El proceso de producción comienza con la selección de la materia prima.

- **Limpieza:**
  - Las cáscaras de piña, naranja, maracuyá y mango se lavaron con agua potable para eliminar suciedad y residuos de pesticidas.
  - Se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm, 15 min) para desinfección superficial (*Norma ISO 18593:2018* para higiene en alimentos).

- **Triturado:**
  - Las cáscaras se picaron en trozos de 1–2 cm² con cuchillos de acero inoxidable para aumentar la superficie de contacto.
  - Se utilizó un molino mecánico para homogenizar la textura en muestras grandes (opcional para escalamiento).

- **Esterilización:**
  - Se aplicó pasteurización a 72°C por 15 segundos (equipo baño maría) para reducir carga microbiana sin degradar azúcares.

. **Levadura utilizada**

- **Cepa:** *Saccharomyces cerevisiae* (cepa comercial Lalvin EC-1118), seleccionada por su tolerancia a altos niveles de alcohol (hasta 18% vol) y amplio rango de temperatura (10–35°C).

- **Inoculación:**
  - Se activó la levadura en agua tibia (35°C) con 5% de sacarosa durante 15 min antes de agregarla al mosto.
  - Dosis: 0.5 g/L de mosto (recomendación del fabricante).

- **Proporciones de ingredientes**

Tabla 1
Base por 10 L de mosto

Ingrediente	Cantidad	Función
Cáscaras trituradas	3 kg (30% peso/v)	Fuente de azúcares
Agua	7 L	Medio de fermentación
Azúcar (refinada)	1–2 kg (ajustar a 22°Brix)	Aumentar alcohol potencial
Nutrientes (DAP*)	0.3 g/L	Nitrógeno para levaduras
Ácido cítrico	Ajuste a pH 3.5–4.5	Control de acidez

*DAP: Fosfato diamónico (según *OIV, 2022* para fermentaciones no tradicionales)

- **Equipos y condiciones de proceso**
  - **Fermentadores:** bidones de vidrio o plástico alimentario (HDPE) con válvula de aireación para CO_2.
  - **Control de variables:**
    - **Temperatura:** mantenida en 32–38°C con termostato (rango óptimo para *S. cerevisiae*).
    - **pH:** monitoreado con **pH-metro calibrado** (marca HANNA, precisión ±0.01).
    - **Tiempo:** fermentación primaria de **25–40 días** (según fruta, ver Tabla 3).

- **Análisis de laboratorio (métodos y normas)**
  - Se realizaron análisis de laboratorio para determinar la concentración inicial de azúcares en cada tipo de cáscara. Se midieron azúcares fermentables como glucosa, sacarosa y fructosa.
  - Se evaluó el contenido alcohólico, la acidez y el perfil sensorial del vino obtenido.
  - Se monitorearon variables como la temperatura y el pH durante el proceso de fermentación.

Tabla 2

Parámetro	Método/Norma	Equipo
Azúcares	HPLC (*Norma ISO 22184:2021*)	Cromatógrafo líquido Agilent
Alcohol (% vol)	Destilación + Densimetría (*AOAC 935.14*)	Alambique y picnómetro
pH	Potenciometría (*ISO 1842:1991*)	pH-metro HANNA HI2210
Acidez total	Titulación con NaOH 0.1N (*OIV-MA-AS313-01*)	Bureta digital

- **Tamaño de muestra y criterios de selección**
  - **Población:** cáscaras de frutas recolectadas en mercados locales de San Juan del Cesar (La Guajira).
  - **Muestra:**
    - 300 kg de cáscaras (75 kg por tipo de fruta).
  - **Criterios de inclusión:**
    - Cáscaras frescas (máximo 24 h posconsumo).
    - Sin daños físicos o signos de descomposición (moho, olores anómalos).
    - Madurez uniforme (evaluada por color y firmeza).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificó que las cáscaras de frutas seleccionadas (piña, naranja, maracuyá y mango) contienen un alto contenido de azúcares fermentables, especialmente glucosa, sacarosa y fructosa, lo que las convierte en una materia prima viable para la producción de vino. Esto se comprobó mediante análisis de laboratorio que determinaron la concentración inicial de azúcares en cada tipo de cáscara, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Concentración inicial de azúcares

Cáscara de frutas	% Azúcar en base seca	Tipos de azúcares
Piña (*Ananas comosus*)	40% a 50%.	Fructosa y glucosa
Naranja (*Citrus × sinensis*)	29% a 44%	Glucosa, fructosa y sacarosa
Maracuyá (*Passiflora edulis*)	25% a 60%	Pectina
Mango (*Mangifera indica*)	20% a 40%	Sacarosa, fructosa y glucosa

Los resultados de la investigación demuestran que las cáscaras de piña, naranja, maracuyá y mango son una materia prima viable para la producción de vino debido a su alto contenido de azúcares fermentables, principalmente glucosa, sacarosa y fructosa. Esto se alinea con la definición de la FAO, que considera a los subproductos agroindustriales como residuos que pueden ser valorizados e incorporados a la cadena productiva a través de la innovación. Según Preciado-Saldaña et al., 2022, destacan la importancia del aprovechamiento de subproductos agroalimentarios como una estrategia clave dentro del enfoque de economía circular.

Del mismo modo, coinciden en que los subproductos, aunque no forman parte del producto principal, tienen un alto potencial para ser reutilizados en la formulación de nuevos alimentos. La cáscara de piña mostró el mejor rendimiento, con un contenido de azúcares del 40% al 50% en base seca, lo que se traduce en un mayor contenido alcohólico en el vino. Este hallazgo es crucial para el desarrollo de nuevas oportunidades para pequeños productores en regiones con producción agrícola abundante de frutas tropicales.

El proceso de fermentación permitió obtener un vino con un contenido alcohólico promedio del 11% al 16.5%, dependiendo del tipo de fruta utilizada. Las cáscaras de piña presentaron el mejor rendimiento en términos de contenido alcohólico y estabilidad del producto final, seguido por la naranja, maracuyá y mango. Datos que se pueden apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4
Variables del vino

Cáscara de frutas	% de Alcohol (vol)	pH	Temperatura °C	Tiempo de fermentación
Piña (*Ananas comosus*)	16.5	3.5 a 3.9	32 a 38	25 días
Naranja (*Citrus × sinensis*)	14.	4 y 4,6	32 a 38	30 días
Maracuyá (*Passiflora edulis*)	13	3 a 4	32 a 38	35 días
Mango (*Mangifera indica*)	11	5 y 5,5	32 a 38	40 días

Se observó que el control de variables como la temperatura (32 - 38°C) y el pH promedio de las muestras oscila entre 3 – 5,5, durante el proceso de fermentación fueron determinantes para garantizar la calidad del vino obtenido, evitando la entrada de agentes contaminantes y favoreciendo el desarrollo adecuado de las levaduras.

El éxito de la fermentación se basa en la conversión de los azúcares fermentables de las cáscaras en alcohol. El vino resultante alcanzó un contenido alcohólico entre 11% y 16.5%, lo que demuestra la viabilidad técnica del proceso. Esto respalda la hipótesis de que es posible producir un vino de calidad microbiológica y sensorial aceptable a partir de cáscaras de frutas tropicales mediante procesos de fermentación controlada.

El vino obtenido a partir de las cáscaras de frutas presentó características sensoriales aceptables, como el color, aroma y sabor según las evaluaciones realizadas. La tabla 5 muestra las características sensoriales del producto final.

Tabla 5
Características sensoriales

Cáscara de frutas	Color	Sabor	Aroma
Piña (*Ananas comosus*)	Amarillo cristalino	Dulce	Ligeramente a piña
Naranja (*Citrus × sinensis*)	Ámbar	Semi seco Moderadamente amargo	Notas cítricas

Maracuyá (*Passiflora edulis*)	Amarillo verdoso	Suave y dulce	Asociado a la propia fruta
Mango (*Mangifera indica*)	Amarillo	Suave y dulce	Asociado a la propia fruta

En la tabla 5 se muestra que el vino de piña tiene un sabor dulce y un aroma ligeramente a piña, mientras que el de naranja es semiseco con notas cítricas, y el de maracuyá y mango tienen un sabor suave y dulce asociado a la propia fruta. Estos resultados son cruciales para la comercialización del producto, ya que demuestran que es posible crear un vino de alta calidad a partir de subproductos frutales. La investigación no solo contribuye a la reducción de residuos, sino que también diversifica la oferta de productos en la agroindustria local, lo que fortalece el desarrollo sostenible regional.

La producción de vino a partir de cáscaras de frutas contribuye significativamente a la reducción de residuos agroindustriales. Este enfoque se alinea con los principios de la economía circular, que promueve la reutilización, el reciclaje y la valorización de residuos para minimizar el desperdicio. Al reducir los residuos orgánicos, el proyecto disminuye el impacto ambiental en el departamento de La Guajira, donde la mayoría de los agricultores no valorizan los subproductos frutales. La propuesta se justifica social y económicamente al generar oportunidades en comunidades rurales, alineándose con el concepto de sostenibilidad de Brundtland (1987) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU (2015). Este modelo no solo fortalece la sostenibilidad ambiental, sino que también genera impactos socioeconómicos positivos en las comunidades, en sintonía con la Fundación Ellen MacArthur (2019) y su visión de una economía circular.

Se crea la expectativa para comercializar un vino de alta calidad a partir de las cáscaras de frutas seleccionadas, demostrando el potencial de estos subproductos como materia prima alternativa. Además, se estima una reducción significativa en la generación de residuos agroindustriales, lo que conlleva a la disminución de impactos ambientales en esta parte del país.

5. CONCLUSIONES

Las cáscaras de piña, naranja, maracuyá y mango demostraron ser una materia prima viable para la producción de vino, debido a su alto contenido de azúcares fermentables, lo que permite su transformación en un producto de valor agregado, promoviendo el aprovechamiento de subproductos agroindustriales.

El proceso de fermentación aplicado a las cáscaras de frutas permitió obtener un vino con características sensoriales aceptables (color, aroma y sabor), destacando el vino de cáscaras de piña por su mejor rendimiento y estabilidad en comparación con los otros tipos de cáscaras de frutas.

El adecuado control de variables como la temperatura (32 - 38°C) y el pH (3 - 5.5) durante la fermentación fue fundamental para garantizar la calidad del vino producido, demostrando la importancia de las condiciones experimentales y la disminución de los riesgos de contaminación en todas las etapas del proceso.

La producción de vino a partir de cáscaras de frutas contribuye a la economía circular al reducir la generación de residuos orgánicos y ofrecer una alternativa sostenible para la industria agroalimentaria, generando beneficios económicos y ambientales para las comunidades locales.

La investigación demostró que la utilización de cáscaras como principal materia prima para la producción de vino facilitó la obtención de bebidas con niveles alcohólicos óptimos y características sensoriales aceptables. Además, el proceso de valorización de estos subproductos agroindustriales contribuye de manera significativa a la reducción de residuos orgánicos y a la mitigación del impacto ambiental, alineándose con los principios de la economía circular y la sostenibilidad.

Finalmente, la investigación resalta el potencial de este modelo para generar oportunidades económicas en comunidades rurales, diversificando la matriz productiva y promoviendo la innovación en la agroindustria local, lo que refuerza la importancia de transferir este tipo de tecnologías a contextos de baja tecnificación agrícola para fortalecer el desarrollo sostenible regional.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brundtland, G. H. (1987). *Our common future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.

Fundación Ellen MacArthur (2019). *Hacia una economía circular: Motivos económicos para una transición acelerada.* http://repositorio.ampf.org.ar/greenstone/sites/localsite/collect/economia/index/assoc/D219.dir/hacia-una-ecomomia-circular.pdf https://earthgonomic.org/biblioteca/Taller_Economia_Circular/2019_EllenMacArthur_Hacia-una-economia-circular.pdf

McGovern, P. E. (2009). *Ancient Wine: The Search for the Origins of Viniculture*. Princeton University Press.

Organización de las Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://sdgs.un.org/2030agenda

Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2022). *Definiciones y normas internacionales para vinos y productos de la vid*. https://www.oiv.int/

Preciado-Saldaña, A. M., Ruiz-Canizales, J., Villegas-Ochoa, M. A., Domínguez-Ávila, J. A., & González-Aguilar, G. A. (2022). Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *23*(2), 92. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Redalyc. https://www.redalyc.org/journal/813/81373798002/html/

Unión Europea (2020, 11 de marzo). Nuevo Plan de acción para la economía circular: por una Europa más limpia y más competitiva. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. *EUR-Lex*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:52020DC0098