

## **EARTH INSTITUTE JOURNAL**

REVISTA QUE PROMUEVE LOS ARTÍCULOS CIENTÍFICOS CON VISIÓN DE LA AGENDA GLOBAL

ISSN: 3084-7281 (En línea)

**Edición Nro. 2 (2025)**

<https://doi.org/10.71018/eij.2025>

**Portal de consultas:**

- [www.earthinstitute.us](http://www.earthinstitute.us)
- [journal@earthinstitute.us](mailto:journal@earthinstitute.us)

## PRESENTACIÓN

Como **Earth Institute** (Instituto en Ciencias de la Tierra), nos inspiramos y prosperamos en los grandes desafíos de la **Agenda Global** de Naciones Unidas que consideran 5 ejes claves, entre ellos: Gestión del Riesgo; Desarrollo Sostenible; Net Zero 2050; Ordenamiento Territorial y Gobernanza.

Nuestros pensamientos y acciones se orientan a un trabajo conjunto con los Grupos de Interés (Stakeholders), entre ellos La Academia, contribuyendo a resolver estos desafíos en la seguridad de progresar y alcanzar el bien común en sus dimensiones Social, Ambiental y Económico, con una mejora continua con capacitación, investigación, tecnología y desarrollo que implementamos por más de 20 años incluso previo a la fundación de nuestra institución.

Nos complace presentar la edición 2025 de **Earth Institute Journal**, nuestra revista electrónica (en línea) de carácter internacional y multidisciplinaria cuyo objetivo es difundir las investigaciones y artículos científicos conducente a las iniciativas de la **Agenda Global**.

Como línea temática abarca las investigaciones multidisciplinarias con enfoque en la **Agenda Global**, entre ellos las ciencias de la ingeniería relacionados a las ciencias de la tierra como los aspectos ambiental; asuntos sociales, económicos; aspectos del ser humano como la seguridad industrial, salud ocupacional, medio ambiente y comunidades (HSEC); gestión del riesgo, agenda del cambio climático (Netzero-2050), Ordenamiento Territorial, Gobernanza, sostenibilidad de la gestión de los recursos naturales (minería, petróleo, agricultura,

ganadería, etc); gestión del agua; economía circular; reportes de sostenibilidad, evaluación de Gases de Efectos Invernadero (GEI), indicadores de Objetivos del Desarrollo Sostenible, evaluación de metas globales al 2050 y otros.

Nuestro equipo editorial se halla bajo la dirección del Dr. Thomas Furst, quien es el Director de Asuntos Internacionales de Earth Institute, con base en Perú y Estados Unidos; profesional e investigador senior con títulos de Ph.D., Soil Science & Geology (Utah State University, 1991); M.S., Agronomy - Soil Science, Agricultural Engineering, Plant Taxonomy (Mississippi State University, 1985) y B.S., Range Science & Soil Science (Texas A&M University, 1981).

Asimismo, forma parte del equipo editorial la Dra. Norma Pineda, nuestra Directora Académica, profesional con más de 25 años de experiencia en la docencia, quien es Doctora en Educación y Magíster en Educación con mención en Tecnología Educativa, grado otorgado por la Universidad Femenina del Sagrado Corazón (UNIFÉ); y Licenciada en Educación Química, grado otorgada por la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima - Perú.

A través de nuestros Directores del equipo editorial, **Earth Institute** convoca permanentemente a expertos promotores de la **Agenda Global**, a nivel internacional (base en Estados Unidos) y orientados particularmente al entorno geográfico de América Latina, con base en Perú.

***El Consejo Directivo***

### CREDITOS:

#### Edición Nro. 2 (2025)

REVISTA QUE PROMUEVE LOS ARTÍCULOS CIENTÍFICOS CON VISIÓN DE LA AGENDA GLOBAL

**Título de la publicación:** EARTH INSTITUTE JOURNAL

#### Razón social y domicilio legal del editor:

Earth Institute (RUC: 20515592742)

Av. Javier Prado Este 4403, Santiago de Surco, Lima-Perú

admin@earth-institute.net

**Mes y año de edición:** Enero - Diciembre, 2025 (en desarrollo)

**Depósito Legal N°:** 2025-00292

**ISSN:** 3084-7281 (En línea)

#### Portal de consultas:

www.earthinstitute.us

journal@earthinstitute.us

## EARTH INSTITUTE JOURNAL








REVISTA QUE PROMUEVE LOS ARTÍCULOS CIENTÍFICOS CON VISIÓN DE LA AGENDA GLOBAL

ISSN: 3084-7281 (En línea)

Edición Nro. 2 (2025)

<https://doi.org/10.71018/eij.2025>

Contenido:

Nro.	Artículos / Autores	Páginas (de / a)	
	<b>Economía circular en la elaboración artesanal de vinos jóvenes en el valle de Ica - 2024</b> <i>Alexander Quispe Quispe</i>	<b>004</b>	<b>012</b>
	<b>Por definir</b> <i>Por definir</i>	<b>de</b>	<b>a</b>
	<b>Por definir</b> <i>Por definir</i>	<b>de</b>	<b>a</b>
	<b>Por definir</b> <i>Por definir</i>	<b>de</b>	<b>a</b>
	<b>Por definir</b> <i>Por definir</i>	<b>de</b>	<b>a</b>
	<b>Por definir</b> <i>Por definir</i>	<b>de</b>	<b>a</b>
	<b>Por definir</b> <i>Por definir</i>	<b>de</b>	<b>a</b>

# Economía circular en la elaboración artesanal de vinos jóvenes en el valle de Ica - 2024

## Circular economy in the artisanal production of young wines in the Ica valley - 2024

Recibido: Marzo 29, 2024 | Revisado: Abril 29, 2024 | Aceptado: Junio 23, 2025

Quispe Quispe, Alexander <sup>1</sup>

Escuela Universitaria de Posgrado – Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV)

**Artículo Nro. 01-2025:** Publicado por Earth Institute, acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution – Non Commercial – Share Alike 4.0 International.



<sup>1</sup> Ingeniero Ambiental y Sanitario, con Maestría en Minería y Metalurgia y estudios de Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; con más de 08 años de experiencia que incluye la docencia a nivel universitario; acreditado ante el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE) para elaborar Estudios de Impacto Ambiental para el sub sector minero; Consultor en Ingeniería Ambiental y el Desarrollo Sostenible. E-mail: 2021008322@unfv.edu.pe  
ORCID: 0000-0002-3822-6959.

<https://doi.org/10.71018/eij.2025.01>

### ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze how circular economy practices can promote the reuse of liquid waste generated during the artisanal production of young wines in the Ica Valley in 2023. A quantitative study was carried out, at the experimental level, using a pre-experimental design. The sample consisted of one artisanal winery selected from the 36 existing in the region, focusing on liquid waste with a high tartaric acid content. The technique used was direct observation, and data collection was performed through structured forms aimed at recording specific oenological parameters such as sugar concentration (°Brix), pH, and total acidity. The results showed that sugar concentration peaked at 34.04 °Brix, with the highest rate of change recorded on the fifth day of fermentation. Regarding pH, a gradual increase was observed, with the maximum rate of change occurring at 2.5 days. Similarly, total acidity decreased progressively to levels consistent with efficient fermentation. The applied statistical model showed a high degree of fit, with coefficients of determination above 97%, supporting the reliability of the data. In conclusion, the adoption of circular economy strategies enabled the effective reuse of liquid waste, enhancing the quality of young wine, lowering production costs, and promoting the sustainability of artisanal winemaking in the Ica Valley.

**Keywords:** sustainable development, circular economy, young wines, liquid waste.

### RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad analizar cómo la economía circular puede favorecer el reaprovechamiento de los residuos líquidos generados durante la producción artesanal de vinos jóvenes en el Valle de Ica en el año 2023. Para ello, se implementó un estudio de enfoque cuantitativo, nivel experimental y diseño preexperimental. Se trabajó con una bodega artesanal seleccionada entre las 36 existentes en dicha región, centrando el análisis en los residuos líquidos con elevado contenido de ácido tartárico. La técnica utilizada fue la observación directa, y el instrumento empleado consistió en fichas diseñadas para recopilar datos sobre parámetros enológicos específicos, tales como la concentración de azúcares (°Brix), el pH y la acidez total. Los resultados mostraron que la concentración de azúcares alcanzó un valor pico de 34.04 °Brix, con la mayor tasa de cambio registrada al quinto día de fermentación. En relación con el pH, se evidenció un aumento progresivo, con una velocidad máxima de cambio registrada a los 2.5 días. Asimismo, se detectó una disminución gradual de la acidez total, hasta niveles compatibles con un proceso fermentativo adecuado. El modelo estadístico aplicado reflejó un alto nivel de ajuste, con coeficientes de determinación superiores al 97 %, lo que respalda la validez de los datos. En síntesis, se concluye que la implementación de prácticas basadas en la economía circular facilitó el reúso eficiente de los residuos líquidos, optimizando la calidad del vino joven, reduciendo los costos asociados a la producción y promoviendo la sostenibilidad en la vitivinicultura artesanal del Valle de Ica.

**Palabras clave:** desarrollo sostenible, economía circular, vinos jóvenes, residuos líquidos.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Problema

La **economía circular** (EC) en la **elaboración artesanal de vinos jóvenes** en el **Valle de Ica** depende de la gestión adecuada de los **residuos líquidos** generados durante el proceso de producción. Estos residuos, que contienen componentes como **concentración de azúcar**, **pH** y **acidez total**, pueden ser reutilizados para mejorar la calidad del vino y reducir el impacto ambiental.

El problema, por tanto, es analizar de qué manera la **economía circular** y sus dimensiones (i) la gestión de **residuos líquidos**, ii) las características químicas de los residuos líquidos, y iii) su contribución a la **producción vitivinícola**, inciden en la **sostenibilidad** de la **elaboración artesanal de vinos jóvenes** en el **Valle de Ica** durante el año 2024.

1.2 Bases teóricas

La economía circular no se encuentra vinculada exclusivamente a un único autor, sino que ha sido influenciada por diversos pensadores, académicos, políticos y empresarios. Esta teoría ha evolucionado a lo largo del tiempo, y uno de los hitos más importantes fue su inclusión en el 11° Plan Quinquenal del gobierno chino, así como la publicación de un informe clave por la Fundación Ellen MacArthur en 2012, el cual definió los principios esenciales para la transición hacia una economía circular. El modelo de economía circular promueve un ciclo de producción y consumo en el cual los recursos se reutilizan, a diferencia del modelo lineal de "extraer, producir, consumir y desechar". Esto tiene como objetivo reducir el desperdicio y maximizar el valor de los recursos durante todo su ciclo de vida. En el ámbito vitivinícola, los residuos como el orujo de uva, compuesto por pieles, semillas y raspón, representan una oportunidad para la reutilización dentro de este modelo, ya que su composición química es rica en alcoholes, ácidos, azúcares y polifenoles, compuestos que pueden ser aprovechados en diversas tecnologías ecológicas. La adopción de este modelo en la elaboración artesanal de vinos jóvenes puede mejorar la

sostenibilidad de la producción, favoreciendo la reutilización de residuos y contribuyendo a la reducción del impacto ambiental.

La sostenibilidad en la producción vinícola también implica la optimización de recursos, como el agua, especialmente en regiones como el Valle de Ica, donde la escasez hídrica es un desafío. La gestión adecuada del agua y el uso eficiente de los recursos naturales son principios fundamentales de la economía circular en la vitivinicultura. Además, la responsabilidad social juega un papel clave, ya que la sostenibilidad no solo se refiere al cuidado del medio ambiente, sino también al bienestar de las comunidades locales y a la creación de empleo en el sector. De acuerdo con la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2016), los residuos vitivinícolas se dividen principalmente en orujo y vinaza, su correcto manejo puede convertir estos subproductos en recursos valiosos. Por ello, se busca reducir los impactos ambientales de la producción vinícola, transformar los residuos en productos útiles, y fomentar prácticas más sostenibles que favorezcan tanto el ambiente como la viabilidad económica industrial.

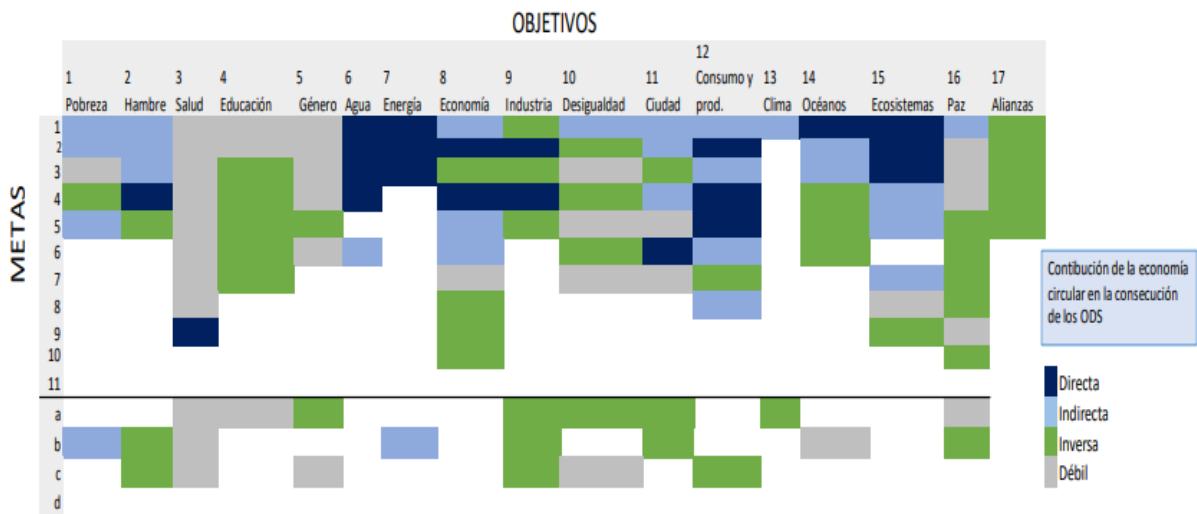


Figura 1: Relación entre economía circular y ODS

Nota. Tomado de las prácticas de la economía circular (CE) y las 169 metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) Anggraeni y Schröder (2018).

1.3 Antecedentes

Entre los referidos a la presente investigación, se tienen:

Mura et al. (2023) "Resultados económicos y ambientales de un enfoque sostenible y circular: estudio de caso de una empresa productora de vino italiana". Mencionan que la economía circular puede generar resultados positivos en términos de sostenibilidad ambiental y ahorro de costos en la industria del vino, pero

la escasez de estudios sobre su aplicación en las PYMES limita su adopción en este sector.

Perra et al. (2022) "Una perspectiva sobre enfoques modernos y sostenibles para el manejo del orujo de uva mediante la integración de procesos verdes, biotecnologías y enfoques biomédicos avanzados". Destacan que el orujo de uva, principal residuo sólido de

la industria vitivinícola, contiene compuestos valiosos que pueden ser reutilizados mediante procesos biotecnológicos, lo que representa una oportunidad de aprovechamiento ecológico.

Cavicchi y Vagnoni (2021) “El papel de la medición del desempeño en la evaluación de la contribución de la economía circular a la sostenibilidad de la cadena de valor del vino”. Señalan que las cooperativas vitivinícolas pueden mejorar la sostenibilidad de la cadena de valor del vino al adoptar sistemas de medición de desempeño que monitoreen las prácticas de economía circular.

Suarez (2021) “Integración de la economía circular en el marco del desarrollo sostenible: Marco teórico e implementación práctica”. Proponen que la economía circular debe ser integrada dentro de los principios de sostenibilidad ambiental para garantizar que las actividades humanas se adapten a los requisitos de un

desarrollo más justo y respetuoso con el medio ambiente.

Sehnm et al. (2020) “Economía circular en la cadena productiva del vino: madurez, desafíos y lecciones desde una perspectiva de economía emergente”. Concluyen que existe una clara relación entre la madurez de las prácticas de economía circular y las etapas de madurez en los modelos de negocio de la industria vitivinícola, destacando la implementación de prácticas sostenibles en las etapas más avanzadas.

Flores et al. (2023) “Propuesta para Promover y Rentabilizar la Economía Circular entre las Empresas de Lima Metropolitana y Callao”. Resaltan la importancia de crear plataformas digitales para la gestión de residuos sólidos, lo que facilitaría el desarrollo del mercado de reciclaje en el país y ayudaría a promover la economía circular en Perú.

## 1.4 Justificación

Desde un enfoque teórico: La región de Ica es un referente en la producción artesanal de vinos y piscos, pero enfrenta desafíos en el manejo de residuos y el uso intensivo de recursos. La economía circular representa una alternativa viable para transformar los residuos en insumos útiles, promoviendo la sostenibilidad y reduciendo el impacto ambiental, lo que fortalecería la competitividad del sector.

Desde un punto de vista práctico: Aunque la economía circular ha sido aplicada en otras industrias, en la vitivinícola del Valle de Ica los residuos se desperdician sin aprovechamiento, generando un gran impacto en los

distintos componentes ambientales. Esta investigación propone soluciones prácticas para aplicar los principios de economía circular, mejorando la eficiencia del sector, reduciendo los costos y contribuyendo a una industria más resiliente y sostenible.

Desde un enfoque metodológico: El diseño experimental permite obtener evidencia empírica sobre la efectividad del reúso de residuos líquidos en la producción de vinos jóvenes. Este enfoque evaluará la viabilidad del reúso de residuos, proporcionando resultados concretos para la mejora del proceso productivo y la sostenibilidad del sector.

## 1.5 Objetivo

Determinar de qué manera la economía circular contribuye al reúso de los residuos líquidos generados en la elaboración artesanal de vinos jóvenes en el Valle de Ica, 2024.

## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo de investigación

La presente investigación es cuantitativa y experimental, centrada en el análisis de la economía circular aplicada al manejo de residuos líquidos en la elaboración artesanal de vinos. Se enfoca en el área de tecnologías de reúso de materias primas industriales, específicamente en la industria vitivinícola.

### 2.2 Población y muestra

La población fue el total de bodegas artesanales en el Valle de Ica (36 bodegas). La muestra fue una bodega artesanal del Valle de Ica, siendo los residuos líquidos generados por la vitivinícola, específicamente con alto contenido de ácido tartárico, la muestra en estudio de la economía circular.

### 2.3 Variables y procedimientos de análisis de datos

Se describieron las variables independiente (economía circular aplicada al manejo de residuos líquidos) y dependiente (elaboración artesanal de vinos jóvenes), estableciendo los procedimientos y criterios para el análisis de los datos ponderadores.

### III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidencian el comportamiento dinámico de variables clave como la concentración de azúcares, el pH y la acidez total durante el proceso de maduración de la uva Quebranta en el Valle de Ica, bajo condiciones de clima cálido y técnicas de elaboración artesanal. Se identificaron valores crecientes de °Brix que alcanzaron hasta 26.40 en la semana once, junto con una tendencia ascendente del pH y una disminución progresiva de la acidez, lo que confirma un patrón técnico que influye directamente en la calidad del mosto y en la viabilidad del reúso de residuos líquidos. A través del modelado cinético y la estimación de velocidades de cambio, se determinó el momento óptimo para recuperar subproductos con alto valor enológico, contribuyendo

así a estrategias de economía circular en la producción de vinos jóvenes.

Cada análisis realizado proporciona sustento cuantitativo para validar la potencial reincorporación de estos residuos al ciclo productivo, mejorando la eficiencia sin comprometer la calidad del producto final.

Con respecto a la evolución de la concentración de azúcar (°Brix) se observó un incremento progresivo de la concentración de azúcar en la uva Quebranta durante el proceso de maduración, alcanzando un máximo de 26.4 °Brix en la semana 11, reflejando la acumulación eficiente de azúcares en las etapas finales del desarrollo de la fruta.

**Tabla 1**

*Evolución de la concentración de azúcar (°Brix) de la uva Quebranta en función del tiempo de maduración.*

Semana	Concentración (°Brix)
1	9.30
2	10.20
3	12.20
4	16.00
5	18.50
6	20.40
7	21.80
8	22.80
9	24.20
10	25.60
11	26.40

**Nota.** La concentración se incrementa progresivamente durante las semanas de maduración, alcanzando un máximo de 26.40 °Brix en la semana 11.

Los datos evidencian un aumento sostenido de sólidos solubles en la uva Quebranta, con una ganancia de 17.10 °Brix a lo largo de once semanas. Esta progresión refleja una maduración acelerada, típica del clima cálido del Valle de Ica. Los residuos líquidos generados durante la vendimia presentan una alta carga azucarada, especialmente entre las semanas 6 y 11, lo que los convierte en insumos potenciales para nuevos procesos fermentativos dentro de un sistema de economía circular.

**Tabla 2**

*Comparación entre los valores observados y estimados de concentración de azúcar (°Brix).*

Semana	C Observada (°Brix)	C Estimada (°Brix)
1	9.30	9.69
2	10.20	11.37
3	12.20	13.18
4	16.00	15.01
5	18.50	17.05
6	20.40	19.01
7	21.80	20.91
8	22.80	22.72
9	24.20	24.40
10	25.60	25.91
11	26.40	27.26

**Nota.** Los valores estimados fueron obtenidos mediante un modelo cinético logístico, mostrando alta concordancia con los valores reales observados.

La correspondencia entre los valores observados y los calculados mediante el modelo matemático evidencia un coeficiente de determinación elevado ( $r^2 = 97.49\%$ ). Por ejemplo, en la semana 5 se registró 18.50 °Brix frente a un estimado de 17.05 °Brix, lo que representa una diferencia menor al 10 %. Este ajuste preciso permite predecir el potencial azucarado de los residuos sin necesidad de mediciones constantes,

optimizando su selección para nuevos ciclos fermentativos.

**Tabla 3**  
*Velocidad de concentración de azúcar (°Brix/semana) en función del tiempo de maduración*

Semana	dC/dt (°Brix/semana)
1	1.6027
2	1.7507
3	1.8675
4	1.9422
5	<b>1.9675</b>
6	1.9407
7	1.8645
8	1.7466
9	1.5978
10	1.4304
11	1.2559

**Nota.** La mayor velocidad de acumulación de azúcar se presenta en la semana 5, con un valor máximo de 1.9675 °Brix/semana.

**Interpretación.**

El comportamiento de la velocidad de concentración muestra una curva ascendente hasta la semana 5, donde alcanza su pico, y luego desciende progresivamente. Este patrón indica que el mayor potencial fermentativo de los residuos se encuentra entre la semana 4 y 6. En el contexto de economía circular, este periodo resulta crítico para la captación de residuos con mayor eficiencia fermentativa.

**Tabla 4**  
*Valores de pH y acidez total en la uva Quebranta durante el proceso de maduración.*

Semana	pH	Acidez total (g/L)
1	2.30	10.01
2	2.80	9.00
3	3.20	7.50
4	3.45	6.80
5	3.68	6.40
6	3.92	5.70

7	4.20	5.10
8	4.45	4.92
9	4.62	4.83
10	4.70	4.89

**Nota.** Se observa un incremento continuo del pH y una reducción de la acidez total conforme avanza el tiempo de maduración.

El pH de la uva Quebranta aumentó de 2.30 a 4.70 entre las semanas 1 y 10, mientras que la acidez disminuyó de 10.01 a 4.89 g/L. Esta relación inversa sugiere que los residuos líquidos generados durante las semanas intermedias (4 a 7) ofrecen un equilibrio ácido-base óptimo para ser reutilizados sin comprometer la estabilidad microbiológica de nuevas fermentaciones artesanales.

**Tabla 5**  
*Comparación entre los valores observados y estimados del pH durante la maduración*

Semana	pH Observado	pH Estimado
1	2.90	2.30
2	3.20	2.80
3	3.37	3.20
4	3.41	3.45
5	3.48	3.68
6	3.62	3.92
7	3.95	4.20
8	4.25	4.45
9	4.35	4.62
10	4.42	4.70

**Nota.** Los valores estimados de pH presentan un alto grado de ajuste con los datos observados, calculados mediante ecuaciones de regresión exponencial.

El modelo predictivo del pH presentó un coeficiente de determinación de 98.94 %, lo que refleja un ajuste casi perfecto con los valores reales. Esta precisión permite anticipar el momento exacto en el que los residuos líquidos presentan un pH funcional, sin necesidad de aditivos o ajustes correctivos en el proceso de vinificación artesanal.



#### IV. DISCUSIÓN

Para determinar y analizar la concentración de azúcar en °Brix se utilizó la ecuación:  $C = \frac{C_f}{1+b \times e^{-K_C \times t}}$  que, tras ser debidamente linealizada, permitió modelar matemáticamente la evolución de la concentración azucarada en función del tiempo de fermentación (semanas). La ecuación resultante mostró un coeficiente de regresión de Pearson de  $r = -0.9874$  y un coeficiente de determinación de  $r^2 = 97.49 \%$ , lo cual evidencia una alta fiabilidad del modelo aplicado. Estos resultados coinciden con lo descrito por Mura et al. (2023), quienes afirman que la aplicación de metodologías cuantitativas en industrias vitivinícolas permite optimizar procesos fermentativos y establecer puntos críticos de control para implementar estrategias sostenibles de economía circular. En su estudio, demostraron que el monitoreo de parámetros físico-químicos puede contribuir a reducir residuos y aumentar el rendimiento económico.

La velocidad con que cambia la concentración quedó determinada por la ecuación:  $\frac{dC}{dt} = \frac{24.9116 \times e^{-0.2312 \times t}}{(1+3.1660 \times e^{-0.2312 \times t})^2}$ , cuyo punto máximo se alcanzó en un tiempo crítico  $t_c \approx 5$  días, reflejando la etapa de mayor actividad fermentativa. Este comportamiento se alinea con lo señalado por Cavicchi y Vagnoni (2021), quienes destacan que los indicadores de eficiencia en la cadena vitivinícola permiten implementar modelos de economía circular a través de sistemas de medición del desempeño. Los autores sostienen que identificar momentos críticos en la producción es clave para reutilizar residuos líquidos ricos en compuestos fermentables, como se plantea en este estudio.

Respecto al comportamiento del pH, se trabajó con la ecuación:  $pH = \frac{pH_f}{1+b \times e^{-K_{pH} \times t}}$  que, tras ser transformada mediante procesos de linealización, condujo a la ecuación:  $pH = \frac{5.70}{1+1.6033 \times e^{-0.2120 \times t}}$ , con un coeficiente de regresión  $r = -0.9947$  y  $r^2 = 98.94 \%$ , lo que indica una elevada capacidad predictiva. La velocidad de cambio de pH fue modelada por la ecuación:  $\frac{dpH}{dt} = \frac{1.9374 \times e^{-0.2120 \times t}}{(1+1.6033 \times e^{-0.2120 \times t})^2}$  y alcanzó su punto crítico en un tiempo  $t_c \approx 2.5$  días. Este patrón de evolución coincide con los hallazgos de Perra et al. (2022), quienes argumentan que los residuos de la uva, como orujos y mostos residuales, contienen características ácido-base clave que deben monitorearse para su uso como insumos alternativos. En este sentido, un pH estable y predecible facilita la reincorporación de estos residuos al sistema productivo vitivinícola sin comprometer la calidad microbiológica del producto final.

En cuanto a la acidez total, el modelo establecido mediante la ecuación:  $AT_{(AT)} = 7.8068 \times e^{-0.2768 \times t} + 4.19$ , que demostró un coeficiente de Pearson de  $r = -0.9898$  y un coeficiente de determinación  $r^2 = 97.97 \%$ , confirmando nuevamente la confiabilidad del enfoque matemático. La velocidad de disminución de la acidez ( $\frac{dAT_{(AT)}}{dt} = -2.1609 \times e^{-0.2768 \times t}$ ) evidenció un descenso progresivo, siendo más intensa en las primeras semanas. Esto guarda correspondencia con lo planteado por Suárez (2021), quien sostiene que integrar principios de economía circular requiere de una evaluación cuantitativa de los recursos presentes en los residuos, tales como ácidos orgánicos, que pueden ser aprovechados para mejorar las propiedades sensoriales o estabilizar nuevos lotes de producción.

De forma complementaria, Sehnem et al. (2020) remarcan que las prácticas de reutilización de residuos líquidos están directamente ligadas con la madurez de los modelos de negocio que incorporan economía circular. En su estudio con vitivinícolas brasileñas, concluyeron que en etapas más avanzadas de madurez se presentan mayores niveles de innovación para transformar residuos en recursos, lo cual es coherente con el enfoque adoptado en este trabajo.

En el contexto nacional, Espinoza (2023) y Flores et al. (2023) han puesto énfasis en la importancia de plataformas tecnológicas y mecanismos organizacionales para viabilizar la economía circular. Aunque sus investigaciones no se centraron en el sector vitivinícola, sí aportan evidencia de que la reutilización eficiente de subproductos como los residuos líquidos aquí analizados requiere no solo de conocimiento técnico, sino de infraestructura operativa y acompañamiento institucional. Del mismo modo, Munguía (2022) resalta la necesidad de aplicar mediciones rigurosas (como las aquí implementadas) para valorar el verdadero impacto ambiental y productivo del reúso, recomendando integrar la medición del pH, °Brix y acidez como herramientas clave de gestión sostenible.

Finalmente, el análisis realizado coincide con lo propuesto por Pereira (2021) y De Miguel et al. (2021), quienes señalan que las actividades de transformación de residuos mediante servicios tecnológicos o prácticas sostenibles generan desmaterialización productiva, y que estas transformaciones son viables únicamente cuando se dispone de datos fiables y sistematizados, como los obtenidos en el presente estudio.

## V. Conclusiones

Los resultados obtenidos permitieron establecer que la concentración máxima de azúcar (°Brix) estimada fue de 34.04, alcanzando una velocidad máxima de acumulación de 1.9675 °Brix/semana al quinto día de maduración, situándose dentro del rango técnico permisible para mostos de calidad en procesos fermentativos.

Respecto al comportamiento del pH, se determinó un tiempo crítico de 2.5 días para su variación máxima, con una velocidad de cambio entre 0.3019 y 0.3001 unidades por día, alcanzando un valor potencial de pH = 5.4, lo cual se encuentra dentro de los rangos esperados para mostos destinados a vinificaciones artesanales.

En cuanto a la acidez total expresada en ácido tartárico, se estimó un valor mínimo posible de 4.19 g/L, resultado que concuerda con los valores señalados por diversos autores en investigaciones previas sobre fermentación controlada y reutilización de residuos enológicos.

Los coeficientes de regresión de Pearson para las tres variables analizadas (concentración de azúcar, pH y acidez total) superaron el umbral de  $r = 0.90$ , lo que confirma una correlación negativa fuerte entre ellas. Este hallazgo respalda la consistencia estadística del modelo aplicado y la predictibilidad de los procesos durante la maduración de la uva Quebranta.

Finalmente, se concluye que la aplicación del enfoque de economía circular (EC) en la elaboración artesanal de vinos jóvenes no solo permite mejorar la calidad del producto final, sino que también reduce costos de producción, aumentando así su competitividad frente a otros productos vitivinícolas y piscos de la región. Este modelo favorece de manera directa a los pequeños agricultores al promover un sistema sostenible de aprovechamiento de subproductos y residuos, fortaleciendo la agricultura local y fomentando la diversificación productiva vinculada a los recursos naturales del Valle de Ica.

## Referencias

- Albaladejo, M., & Mirazo, P. (2021). *La economía circular: Un cambio de paradigma para soluciones globales* [Economía]. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. <https://www.unido.org/stories/la-economia-circular-un-cambio-de-paradigma-para-soluciones-globales>
- Armacanqui-Tipacti, J. S., Goicochea-Parks, D. I., Saavedra-Silva, B. O., & Saavedra, S. (2021). El concepto de la economía circular y aplicaciones prácticas en el apoyo a la educación básica y superior demostrados en una escuela rural y una universidad del sur del Perú. *Scientific Research Journal CIDI*, 1(1), Artículo 1. <https://doi.org/10.53942/srjcdi.v1i1.45>
- Berenguer, M., Vegara, S., Barraón, E., Saura, D., Valero, M., & Martí, N. (2016). Physicochemical characterization of pomegranate wines fermented with three different *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains. *Food Chemistry*, 190, 848–855. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.027>
- Bronshtein, I., & Semendiaev, K. (2018). *Manual de matemáticas para ingenieros y estudiantes* (4ª ed.). Editorial Mir.
- Cavicchi, C., & Vagnoni, E. (2021). The role of performance measurement in assessing the contribution of circular economy to the sustainability of a wine value chain. *British Food Journal*, 124(5), 1551–1568. <https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2021-0920>
- Cury, R., Aguas, Y., Martínez, M., Olivero, R., & Chams, L. (2017). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122–132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- Espinoza, R. (2023). *Economía circular y sostenibilidad empresarial de la empresa agraria azucarera Andahuasi, Sayán – 2022* [Tesis doctoral, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7130>
- García, L., Flórez, C., & Marrugo, Y. (2016). Elaboración y caracterización fisicoquímica de un vino joven de fruta de borojó (*B. patinoi* Cuatrec). *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 27(52), 507–519. <https://www.redalyc.org/pdf/145/14547610020.pdf>

- González, M. (2017). *Principios de elaboración de las cervezas artesanales*. Editorial Lulu Enterprise.  
<https://books.google.com.pe/books?id=OCOaDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Hatta, B. (2004). Influencia de la fermentación con orujos en los componentes volátiles mayoritarios del pisco de uva Italia (*Vitis vinifera* L. var. Italia). *Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras*.  
[https://smbb.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA\\_X/OX-01.pdf](https://smbb.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA_X/OX-01.pdf)
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Kowszy, Y., & Maher, R. (2018). *Estudios de caso sobre modelos de economía circular e integración de los objetivos de desarrollo sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC*. EU-LAC Foundation.
- Lara, L. (2022). *Economía circular en el sector vitivinícola español* [Tesis de grado, Universidad Pontificia Comillas].  
<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/56596>
- Lashkari, A., Irannezhad, M., Liu, J., & Schulthess, U. (2022). Cascading socio-environmental sustainability risks of agricultural export miracle in Peru. *Environmental Sustainability*, 5(2), 255–259.  
<https://doi.org/10.1007/s42398-022-00233-w>
- López, C. (2011). *Estudio del comportamiento de columnas de destilación en la elaboración de aguardientes de orujo: Características analíticas y sensoriales de los destilados* [Tesis de maestría, Universidad de Santiago de Compostela].
- Lopez, J. (2022). *Industrialización del pisco y su impacto en la economía en el Departamento de Ica, en el distrito de Los Aquijes, periodo 2015–2018* [Tesis de maestría, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica].  
<https://repositorio.unica.edu.pe/handle/20.500.13028/3548>
- Marín-Machuca, O., Zambrano-Cabanillas, A. W., García-Talledo, E. G., Ortiz-Guizado, J. I., Rivas-Ruiz, D. E., & Marín-Sánchez, O. (2020). Modelamiento matemático del comportamiento epidemiológico de la pandemia COVID-19 en China. *The Biologist*, 18(1).  
<https://doi.org/10.24039/rbt2020181473>
- Mercader, M., Camporeale, P., & Cózar-Cózar, E. (2019). Evaluación de impacto ambiental mediante la introducción de indicadores a un modelo BIM de vivienda social. *Revista Hábitat Sustentable*, 9(2), 78–93.  
<https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.07>
- Munguía, E. (2022). *Factores de la economía circular en la empresa textil Mantari Sweater* [Tesis doctoral, Universidad Continental].  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12457>
- Muñoz, J. (2010). *Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad*. AAPAUNAM, México.
- Mura, R., Vicentini, F., Botti, M., & Chiriaco, M. (2023). Economic and environmental outcomes of a sustainable and circular approach: Case study of an Italian wine-producing firm. *Journal of Business Research*, 154, 113300.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113300>
- Naranjo, A. (2019). *Ingeniería básica para la elaboración de licor destilado a partir de Pimpinella anisum L.* [Tesis de pregrado, Universidad de Sevilla].
- Núñez, P., Valdiviezo, G., & Vega, Y. (2022). Propuesta de la implementación de un plan HACCP en el proceso de elaboración de un licor de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.). [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura].  
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/3470/IAIA-CAM-VAL-VEG-2022.pdf?sequence=1>
- Obare, G., Omiti, J., & Nyuyo, W. (2010). Technical efficiency in resource use: Evidence from smallholder Irish potato farmers in Nyandarua North District, Kenya. *African Journal of Agricultural Research*.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Technical-efficiency-in-resource-use%3A-Evidence-from-Nyagaka-Obare/d2c809c834b608355a9f1e26361b1f14c59da954>
- Pereira, Á. (2021). Actividades de servicio y servitización: Oportunidades para una economía circular más sostenible. 360: *Revista de Ciencias de la Gestión*, 6, Artículo 6.  
<https://doi.org/10.18800/360gestion.202106.008>
- Perra, M., Bacchetta, G., Muntoni, A., De Gioannis, G., Castangia, I., Rajha, H. N., Manca, M. L., & Manconi, M. (2022). An outlook on modern and sustainable approaches to the management of grape pomace by integrating green processes, biotechnologies and advanced biomedical approaches. *Journal of Functional*

- Foods*, 98, 105276. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105276>
- Polo, T. (2016). *Taller de Medio Ambiente: Elaboración artesanal de licores*. Editorial Acribia.
- Pont, P., & Thomas, H. (2009). ¿Cómo fue que el viñedo adquirió importancia? Significados de las vides, calidades de las uvas, y cambio sociotécnico en la producción vinícola de Mendoza. *Apuntes de Investigación del CECYP*. <https://www.semanticscholar.org/paper/%C2%BFC%C3%B3mo-fue-que-el-vi%C3%B1edo-adquiri%C3%B3-importancia-de-las-Pont-Thomas/dcaac88e24f19cdf2d42faa8972a048e750c5a90>
- Ramos, R. (2015). *Estudio de prefactibilidad para el desarrollo industrial de productos alternativos en base a subproductos derivados de la industria vitivinícola en la región de Ica* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/6012>
- Rivera, P. (2022). Economía circular y empresas verdes: Prospectiva del desarrollo sostenible regional en Colombia. *CITAS*, 8(1). <https://doi.org/10.15332/24224529.7572>
- Rodríguez, F., & Flores, E. (2022). Desarrollo sostenible desde la educación ambiental en Latinoamérica: Una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), Artículo 3. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i3.2348](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2348)
- Sampietro-Saquicela, J. L., Izquierdo-Obando, J. E., Pico-Plaza, M. T., Plata-Cabrera, C. S., Solis-Charcopa, K. F., Intriago-Mera, R. A., Quintero-Estrada, A. K., De La A Salinas, L. D. R., & Quintero-Quinónez, M. G. (2022). Estudio de viabilidad económica para la instalación de un sistema de monitoreo de calidad de aire en base a una red sensorial. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(1), 1030–1056. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i1.282>
- Sánchez, J., & Lara, I. (2021). Responsabilidad social empresarial para la competitividad de las organizaciones en México. *Mercados y Negocios*, 43, 97–118. <https://doi.org/10.32870/myn.v0i43.7546>
- Sehnm, S., Ndubisi, N. O., Preschlak, D., Bernardy, R. J., & Santos Junior, S. (2020). Circular economy in the wine chain production: Maturity, challenges, and lessons from an emerging economy perspective. *Production Planning & Control*, 31(11-12), 1014–1034. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1695914>
- Suárez, B. (2021). *Integración de la economía circular en el marco del desarrollo sostenible: Marco teórico e implementación práctica* [Tesis doctoral, Universidad de Vigo]. <https://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/2414>
- Teles, A., Chávez, D., Oliveira, R. A., Bon, E., Terzi, S. C., Souza, E. F., Gottschalk, L., & Tonon, R. V. (2019). Use of grape pomace for the production of hydrolytic enzymes by solid-state fermentation and recovery of its bioactive compounds. *Food Research International*, 120, 441–448. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.083>