



Identificación de los factores que afectan a la turbidez en cervezas artesanales tipo Ale: Una revisión sistemática

Identification of the Factors Affecting Turbidity in Ale-Style Craft Beers: A systematic review

Presentación: 30/04/2025

Aprobación: 12/06/2025

Publicación: 24/06/2025

Josselyn Pico-Poma

 <https://orcid.org/0000-0003-0857-9494>

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
jp.picop@uea.edu.ec

Reni Danilo Vinocunga-Pillajo

 <https://orcid.org/0000-0001-6698-7846>

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
rd.vinocungap@uea.edu.ec

Jaime Noriega-Lino

 <https://orcid.org/0009-0001-0629-4551>

Fundación Pachamama, Ecuador.
jnoriega@pachamama.org.ec

Diego Sarabia-Guevara

 <https://orcid.org/0000-0001-9240-1693>

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
da.sarabiag@uea.edu.ec

Estela Guardado-Yordi

 <https://orcid.org/0000-0002-0515-6720>

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
e.guardadoy@uea.edu.ec

Guillermo Andrés Noriega Lino

 <https://orcid.org/0009-0005-2339-0122>

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
ga.noriegal@uea.edu.ec

Amaury Pérez Martínez

 <https://orcid.org/0000-0003-3978-7982>

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
amperez@uea.edu.ec

Resumen

La creciente demanda de cervezas artesanales ha impulsado la producción de bebidas con perfiles sensoriales diferenciados, sin embargo, uno de los desafíos más persistentes es la turbidez. El objetivo del trabajo fue identificar mediante una revisión sistemática los factores que afectan a la turbidez en el proceso productivo de la cerveza artesanal de alta fermentación. La presente revisión sistemática identificó como causas biológicas principales a *Pediococcus claussenii*, *Lactobacillus backii* y *Fusarium* spp., mientras que las no biológicas incluyeron polisacáridos de alto peso molecular, almidón residual, oxalato cálcico y microfragmentos inorgánicos. Estos elementos generan turbidez visible (1–10 µm) y no visible (<0,1 µm), afectando negativamente la calidad final. Tecnologías como la centrifugación de flujo continuo y el uso de PVPP (Polivinilpolipirrolidona) modificada demostraron alta eficacia para reducir la turbidez sin alterar el perfil sensorial. En consecuencia, el control de parámetros críticos como pH, ABV (Alcohol by Volume) y NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) es necesario para mantener la autenticidad y calidad en la producción de cervezas artesanales.

Palabras claves: Beta-glucanos, clarificación, estabilidad coloidal, interacción proteína-polifenol, microorganismos contaminantes.

Abstract

The growing demand for craft beers has driven the production of beverages with differentiated sensory profiles; however, one of the most persistent challenges is turbidity. The aim of this study was to identify, through a systematic review, the factors that affect turbidity in the production process of top-fermented craft beer. This systematic review identified *Pediococcus claussenii*, *Lactobacillus backii*, and *Fusarium* spp. as the main biological causes, while non-biological factors included high molecular weight polysaccharides, residual starch, calcium oxalate, and inorganic microfragments. These elements generate both visible turbidity (1–10 µm) and sub-visible turbidity (<0.1 µm), negatively affecting final product quality. Technologies such as continuous flow centrifugation and the use of modified PVPP (polyvinylpolypyrrolidone) have proven highly effective in reducing turbidity without altering the sensory profile. Consequently, controlling critical parameters such as pH, ABV (alcohol by volume), and NTU (nephelometric turbidity units) is essential to ensure authenticity and quality in craft beer production.

Keywords: Beta-glucans, clarification, colloidal stability, protein-polyphenol interaction, contaminating microorganisms.

1. Introducción

La cerveza artesanal ha crecido a nivel global debido a la innovación en su elaboración y a la búsqueda de productos con alta calidad y sabores complejos. Este auge inició en los años noventa con el crecimiento de microcervecías en Estados Unidos (Paucar-Menacho et al., 2025). Actualmente, dicho país se consolida como uno de los principales productores del sector, albergando miles de cervecías que ofrecen una amplia gama de estilos. En términos de participación de mercado, la cerveza artesanal representa el 23,1 % del valor económico y el 12,3 % del volumen total de ventas en Estados Unidos

(De Francesco et al., 2025). Por su parte, en América Latina, Brasil ha evidenciado un crecimiento similar en el 2020, se registraron 1383 cervecerías ante el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA), con un incremento del 14,4 % respecto al año anterior (Cunha et al., 2023).

La calidad de la cerveza se determina por parámetros específicos de cada estilo como el carácter de la malta, la intensidad del lúpulo, el nivel de amargor, dulzor y sequedad, entre otros. No obstante, es necesario regular o eliminar sabores indeseados, conocidos como off flavors, que incluyen compuestos como diacetilo (mantequilla), acetaldehído (manzana verde), fenoles y productos de oxidación (sabor áspero o rancio) (Guerberoff et al., 2020). En este contexto, la cerveza artesanal se diferencia de la industrial por emplear ingredientes de mayor calidad, aplicar métodos de producción manuales y personalizados, y presentar una composición única en cada receta, garantizando productos irrepetibles en el mercado. (Colino et al., 2017) Una diferencia con la cerveza industrial es la estabilidad del producto, dado que la cerveza artesanal debe mantenerse sin sedimentación durante toda su vida útil (Latorre et al., 2023). Aunque esta característica preserva sus propiedades nutritivas, también puede afectar su estabilidad (Viteri Borja et al., 2022). Por ello, es necesario caracterizar los factores que influyen en la turbidez de las cervezas artesanales con el fin de mejorar la calidad sensorial y mejorar su estabilidad a lo largo del tiempo.

La turbidez no biológica es la inestabilidad más común en las cervezas artesanales generada por interacciones entre proteínas de bajo peso molecular, taninos y carbohidratos, los cuales, en condiciones óptimas, deberían precipitar junto con las levaduras durante la fermentación. (Rodríguez-Saavedra et al., 2020) La temperatura de almacenamiento y la técnica de filtrado también influyen en este fenómeno. En estilos como las cervezas de trigo o las New England IPAs, la turbidez es una característica buscada que contribuye a la estética y textura del producto (Svedlund et al., 2025). En cambio, en cervezas de baja fermentación o tipo lager, comúnmente elaboradas a nivel industrial, se considera una condición no deseada. Para reducirla, se aplican procesos de lagering entre 6 °C y 9 °C, donde las levaduras se someten a estrés para consumir subproductos potencialmente turbios (Gomes et al., 2022). Además de emplearse centrifugación y filtración, métodos eficaces y sostenibles cuando se trabaja con grandes volúmenes de producción (Mastanjević et al., 2018).

En contraste, las cervezas artesanales, usualmente de estilos Ale o de alta fermentación, no suelen someterse a bajas temperaturas, ya que su fermentación óptima se sitúa entre los 15°C y 20°C, además de que muchas cervecerías artesanales reutilizan las levaduras residuales para gasificar la cerveza mediante una re-fermentación o acondicionamiento (Štulíková et al., 2020). Estas cervezas, consideradas soluciones coloidales de composición compleja, presentan un alto riesgo de formación de compuestos que generan turbidez, lo que puede afectar su vida útil y sabor, constituyendo un problema significativo de calidad (Wang & Ye, 2021). Los parámetros sensoriales, como la turbidez y la apariencia cristalina, influyen en la aceptación del producto debido a su fácil percepción por el consumidor.

Atendiendo las premisas anteriores el objetivo del presente trabajo fue caracterizar mediante una revisión sistemática los factores que afectan a la turbidez en el proceso productivo de la cerveza artesanal de alta fermentación.

2. Metodología

La revisión bibliográfica se desarrolló en dos fases secuenciales. En primer lugar, se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos. Se emplearon sentencias de búsqueda específicas (ecuación 1). Estas búsquedas se realizaron principalmente en idioma inglés debido a la predominancia de literatura científica relevante en ese idioma y porque las bases de datos utilizadas no traducen automáticamente los términos ingresados. Adicionalmente, se realizaron búsquedas complementarias en español con términos como “turbidez cerveza artesanal” e “interacción proteína polifenol”, lo que permitió incorporar artículos relevantes en este idioma.

$$("beer\ haze" OR "beer\ turbidity") AND ("Ale\ beer" OR "craft\ beer") AND ("protein -polyphenol\ interaction" OR "colloidal\ stability") NOT ("industrial\ lager") \quad (1)$$

Posteriormente, se ejecutó una fase de filtrado en la que se descartaron estudios no pertinentes, priorizando aquellos que abordaran variables como la interacción proteína-polifenol, la estabilidad coloidal, la carga microbiana y los métodos de clarificación aplicables a escala artesanal. Ambos procesos se estructuraron bajo los principios de la metodología PRISMA (Elementos de Referencia Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis, por sus siglas en inglés: *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), la cual comprende cuatro etapas, identificación, selección, evaluación de elegibilidad e inclusión de estudios pertinentes según Urrútia and Bonfill (2010).

2.1 Recuperación de la información

La metodología PRISMA empleada en el presente estudio se estructuró según las directrices propuestas por Page et al. (2021), considerando cuatro etapas. En la fase de identificación, se recopilaron investigaciones publicadas entre 2010 y 2025, centradas en los factores que inciden en la turbidez de cervezas artesanales. Se realizó una búsqueda sistemática en MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute), ScienceDirect y Google Scholar, priorizando artículos que abordaran fenómenos coloidales, estabilidad proteica, contaminación microbiológica, interacción proteína-polifenol y procesos de clarificación.

En la fase de selección, se descartaron automáticamente los artículos cuyos títulos o resúmenes no incluían los términos clave definidos en las sentencias de búsqueda, al considerarse no pertinentes para los objetivos de esta revisión. Además, se excluyeron los estudios sin revisión por pares, aquellos que carecían de datos cuantificables o que no presentaban un análisis metodológico claro. Se incluyeron artículos que aportaran evidencia empírica sobre parámetros como NTU, EBC-TU, β -glucanos, turbidez visible e invisible, y el efecto de técnicas de clarificación como la centrifugación, filtración o aditivos como PVPP.

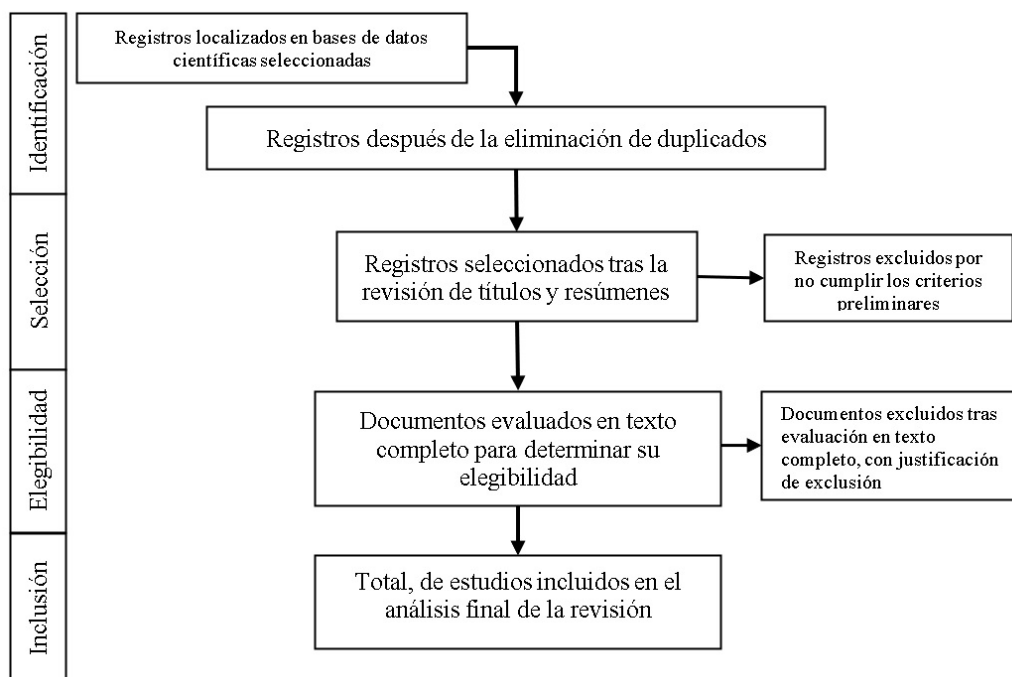


Fig. 1: Proceso metodológico de inclusión de documentos en la revisión sistemática.

La etapa de elegibilidad implicó una revisión del texto completo de los artículos preseleccionados, evaluando su calidad técnica, validez de los resultados y pertinencia temática en función del objetivo del estudio. Se priorizaron estudios que abordaran fermentación alta, impacto de contaminantes como *Pediococcus* y *Lactobacillus*, y factores físico-químicos como el pH, ABV y la interacción entre polisacáridos y proteínas. Finalmente, en la fase de inclusión, se incorporaron 55 estudios que cumplieran con todos los criterios establecidos, permitiendo desarrollar un análisis integral sobre los determinantes de la turbidez en cervezas.

3. Resultados y discusión

3.1 Análisis del comportamiento de los artículos

La revisión de literatura muestra un crecimiento sostenido en el interés investigativo durante los últimos años (figura 2). El año 2020 registra el mayor número de publicaciones con un total de 10 estudios, seguido por 2023 con 9 y 2022 con 8. En los años 2021 y 2025 se contabilizaron 6 publicaciones cada uno, consolidando la tendencia ascendente a partir del 2020. Entre 2016 y 2019, se observa una producción científica moderada con entre 1 y 2 artículos anuales. En cambio, el periodo 2011–2015 presenta una baja actividad investigativa con un máximo de un artículo en 2015 y ausencia total de registros entre 2011 y 2014. El año 2010 presenta 2 publicaciones, pese a ubicarse en el inicio del periodo analizado.

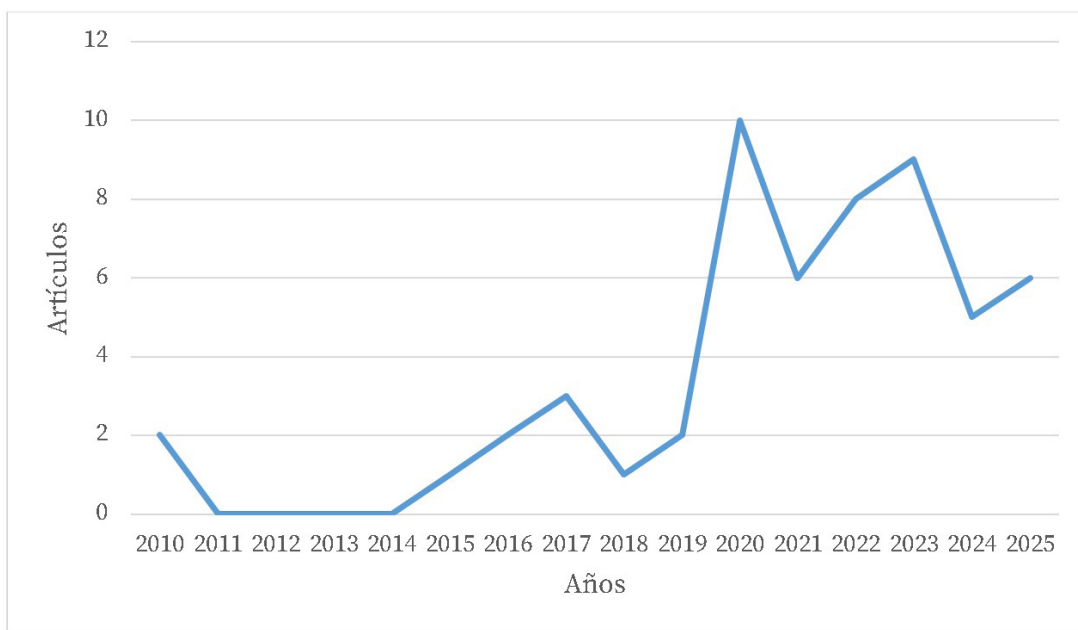


Fig. 2: Comportamiento anual de los artículos seleccionados sobre turbidez en cervezas.

Este comportamiento muestra que el interés académico por los mecanismos que explican la formación de turbidez en cervezas se ha intensificado a partir del auge de la producción artesanal y de la preocupación por la estabilidad del producto. El incremento observado entre 2020 y 2023 está relacionado con la expansión del mercado de cervezas artesanales y con la necesidad de comprender mejor los factores fisicoquímicos y microbiológicos que comprometen la claridad del producto final (Paucar-Menacho et al., 2025).

3.2 Principales tipos de cerveza

La clasificación de las cervezas se basa en el tipo de fermentación y la levadura empleada en el proceso. Existen dos tipos de cervezas de baja fermentación (Lager) y cervezas de alta fermentación (Ale) (Villas Boas Mello & Nogueira da Silva, 2020). Las cervezas Lager son fermentadas con *Saccharomyces pastorianus*, una levadura de fermentación baja que opera en un rango de 8°C a 15°C (Bazelaïs et al., 2024). A esta temperatura, la levadura se sedimenta en el fondo del fermentador, generando un proceso más lento y prolongado, con una fermentación primaria de 1 a 3 semanas, seguido de una maduración extendida conocida como lagering, que permite la depuración de compuestos volátiles indeseados (Burini et al., 2021). Este proceso reduce la presencia de ésteres y fenoles, generando cervezas con un perfil más limpio y suave, características deseadas en productos comerciales de gran escala (Hutzler et al., 2019). Entre los estilos más representativos de esta familia se encuentran la Pilsner, Munich Helles, Vienna, Märzen (Oktoberfest) y Doppelbock.

Las cervezas Ale emplean *Saccharomyces cerevisiae*, una levadura de fermentación alta que actúa en temperaturas más elevadas, entre 18°C y 25°C (Paszkot et al., 2023). La fermentación primaria se desarrolla en un periodo de 2 a 5 días con una mayor actividad en la superficie del mosto, permitiendo una rápida conversión de los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono (Thesseling et al., 2019). A diferencia de las Lager, las Ales

presentan una mayor concentración de ésteres y fenoles, los cuales aportan aromas y sabores frutales, especiados y complejos (Mastanjević et al., 2018). Además, la ausencia de procesos de estabilización química y filtración en la mayoría de las cervecerías artesanales genera una mayor predisposición a la turbidez coloidal, afectando la percepción sensorial y la vida útil del producto (Królak et al., 2023). Entre los estilos más representativos de esta categoría se encuentran la Pale Ale, Belgian Tripel, Dunkelweizen, Porter y Stout, siendo esta última la base de marcas icónicas como Guinness® Extra Stout.

3.3 Turbidez

La turbidez es un fenómeno frecuente en cervezas artesanales de alta fermentación, influenciado por diversos factores en el proceso productivo. La carbonatación natural en botella, común en estas cervezas, impide una clarificación completa, dejando levaduras en suspensión que afectan la estabilidad coloidal (Segobia Muñoz, 2022). Además, la falta de control térmico en fermentación y maduración dificulta la sedimentación de partículas y favorece la interacción entre proteínas y polifenoles, generando turbidez permanente. Deficiencias en el macerado y filtrado también contribuyen a la opacidad del producto, debido al depósito de residuos de polisacáridos, proteínas y almidones en la cerveza terminada (Habschied et al., 2021). A esto se suma la ausencia de tecnologías avanzadas de clarificación, como filtración con membranas o el uso de agentes estabilizantes, dificultando la eliminación de partículas sin comprometer las propiedades sensoriales de la bebida (Kahle et al., 2021; Mastanjević et al., 2018). Los factores anteriores se pueden englobar en una clasificación biológica y no biológica.

El mercado de cervezas artesanales ha promovido la percepción de estos productos como más naturales y menos procesados, asociando la falta de filtración con un indicador de autenticidad (López Chun et al., 2024). Sin embargo, la ausencia de procesos de estabilización puede afectar negativamente la vida útil de la cerveza, aumentando la formación de sedimentos con el tiempo. En contraste, las cervezas Lager, que representan el principal mercado mundial, aplican estrictos procesos de clarificación que garantizan una apariencia brillante y estable (Faganel & Rižnar, 2023). Esta diferencia ha generado un sesgo en la percepción del consumidor, quien suele relacionar la turbidez con defectos de calidad, aunque en ciertos estilos de Ale es un atributo intencional que mejora la textura y el perfil sensorial del producto.

3.3.1 Turbidez biológica

La cerveza se caracteriza por un entorno poco favorable para el desarrollo microbiano, dado su pH entre 3,8 y 4,7, etanol de 0,5–10 %, dióxido de carbono (~0,5 %), baja disponibilidad de oxígeno (<0,3 ppm) y la acción antimicrobiana de los iso- α -ácidos del lúpulo (17–55 ppm), estas no garantizan una inmunidad total frente a la contaminación biológica (Geissler et al., 2016; Stewart, 2016). Dichas condiciones inhiben el desarrollo de patógenos comunes como *Salmonella* o *Staphylococcus*, pero permiten la proliferación de bacterias ácido-lácticas, levaduras salvajes, enterobacterias y micelios fúngicos, responsables de generar turbidez visible, sedimentos y deterioro sensorial (Liu, 2015; Peña et al., 2020; Xu et al., 2020). Esta vulnerabilidad microbiológica representa una debilidad en cervezas sin pasteurizar, donde los mecanismos de control deben reforzarse mediante clarificación activa o tratamientos complementarios.

Entre los microorganismos más problemáticos se encuentran *Lactobacillus* y *Pediococcus*, asociados a turbidez alta y sedimentación alta. *Pediococcus claussenii* y *Lactobacillus backii*,

desarrollan una fermentación mixta (tabla 1), generando ácido láctico (hasta 3,5 g/L), ácido acético (hasta 1,6 g/L), acetato y aminas biógenas como histamina, tiramina y GABA, que afectan tanto la calidad higiénica como sensorial del producto (Carriglio et al., 2022; Geissler et al., 2016; Xu et al., 2020). Su resistencia al lúpulo se debe a genes específicos como *horA*, *horB* y *horC*, que codifican bombas de expulsión que les permiten mantenerse activos incluso en cervezas altamente lupuladas (Xu et al., 2020). Esta resistencia complica el control microbiológico en estilos con alto contenido de lúpulo, dificultando la prevención de turbidez y reduciendo la vida útil del producto final.

Microorganismo	Turbidez	Sedimentación	Referencia
<i>Lactobacillus</i>	Alta	Alta	(Liu, 2015) (Peña et al., 2020) (Stewart, 2016) (Xu et al., 2020)
<i>Pediococcus</i>	Alta	Alta	(Liu, 2015) (Stewart, 2016) (Kahle et al., 2021) (Wang & Ye, 2021) (Xu et al., 2020)
<i>Pectinatus</i>	Muy alta	Muy alta	(Kahle et al., 2021) (Liu, 2015) (Peña et al., 2020) (Stewart, 2016)
<i>Megasphaera</i>	Débil	Débil	(Kahle et al., 2021) (Liu, 2015) (Peña et al., 2020)
<i>Saccharomyces</i>	Débil	Débil	(Kahle et al., 2021) (Liu, 2015)
<i>Non-Saccharomyces</i>	Alta	Alta	(Kahle et al., 2021) (Peña et al., 2020)
<i>Pichia</i>	Muy débil	Muy débil	(Kahle et al., 2021) (Stewart, 2016)
<i>Fusarium spp.</i>	Alta	Alta	(Mastanjević et al., 2018) (Stewart, 2016)
<i>Acetobacter</i>	Alta	Alta	(Stewart, 2016)
<i>Gluconobacter</i>	Alta	Muy débil	(Kahle et al., 2021) (Stewart, 2016)
<i>Enterobacteria</i>	Débil	Débil	(Carriglio et al., 2022)
<i>Zymomonas</i>	Alta	Alta	(Kahle et al., 2021) (Stewart, 2016)

Tabla 1: Principales organismos biológicos precursores de turbidez y sedimentación según niveles de formación: Muy alta, Fuerte, Débil, Muy débil.

Durante la fermentación principal *Saccharomyces cerevisiae* transforma el mosto en cerveza, generando etanol, CO₂ y manoproteínas que estabilizan la espuma y reducen la turbidez. Estas levaduras controladas presentan turbidez débil y sedimentación débil, resultando deseables en

la producción (Liu, 2015). No obstante, bajo estrés térmico o nutricional, pueden liberar β -glucanasas y proteasas que alteran la viscosidad, generando neblinas no deseadas, especialmente en estilos Ale de alta fermentación y baja floculación (tabla 1). La falta de control en la maduración favorece la aparición de contaminantes críticos como *Pectinatus*, cuya acción produce turbidez muy alta y sedimentación muy alta, además de compuestos indeseables como H_2S , ácido butírico y valérico (Kahle et al., 2021; Liu, 2015; Stewart, 2016). Esta transición de un proceso controlado a uno inestable muestra la necesidad de una fermentación monitoreada, debido a que desviaciones mínimas pueden afectar negativamente la claridad, la estabilidad coloidal y el perfil sensorial del producto terminado.

Asimismo, levaduras no convencionales del grupo *Non-Saccharomyces*, como *Brettanomyces bruxellensis*, colonizan la cerveza durante la maduración prolongada, generando ésteres (acetato de etilo hasta 167 ppm), fenoles volátiles y una turbidez alta con sedimentación alta (Carriglio et al., 2022; Kahle et al., 2021). Aunque *Pichia* produce turbidez muy débil y sedimentación muy débil (Kahle et al., 2021), otras levaduras salvajes y bacterias como *Megasphaera* o *Zymomonas* pueden inducir neblinas persistentes. *Zymomonas*, en particular, se asocia a turbidez alta y sedimentación alta, afectando directamente la apariencia visual (Stewart, 2016).

En cervezas artesanales sin pasteurizar, la carga microbiana puede alcanzar $4,67 \pm 0,33$ log CFU/mL para bacterias mesófilas y más de 4,3 log CFU/mL para mohos y levaduras, afectando directamente la claridad y estabilidad del producto (Peña et al., 2020). En este contexto, *Fusarium culmorum* presente en la malta contribuye a turbidez alta y sedimentación alta mediante la liberación de material celular y micotoxinas (tabla 1), agravando la percepción de defecto visual (Mastanjević et al., 2018). Finalmente, *Acetobacter* presentan turbidez alta y sedimentación alta, mientras que *Gluconobacter* genera turbidez alta, aunque su sedimentación es muy débil (Kahle et al., 2021; Stewart, 2016). La presencia combinada de estos microorganismos deteriora el aspecto final y limita la eficacia de los tratamientos convencionales de clarificación.

3.3.2 Turbidez no biológica

La turbidez no biológica en la cerveza, conocida como turbidez coloidal, se asocia estrechamente con la calidad de las materias primas y la eficiencia de procesos como la maceración y el malteado. Una conversión incompleta del almidón durante el macerado puede dejar residuos de almidón y dextrinas no fermentables de baja solubilidad en soluciones alcohólicas que forman agregados coloidales visibles incluso en cervezas correctamente almacenadas (Mastanjević et al., 2018; Wang & Ye, 2021). Este fenómeno, clasificado como turbidez visible, ha sido vinculado directamente con la presencia de almidón residual, pentosanos y polisacáridos (>300 kDa), que generan partículas de entre 1 y 10 μm de diámetro (Kahle et al., 2021; Steiner et al., 2010). La turbidez coloidal no siempre muestra una falla técnica, en cervezas sin filtrar tipo craft, puede formar parte del perfil visual esperado, aunque compromete la estabilidad a largo plazo.

Entre los mecanismos se encuentra la interacción entre polifenoles (500–3000 Da) y proteínas ricas en prolina (tabla 2), como las hordeínas, las cuales conforman hasta el 75 % del total de proteínas responsables de la turbidez (Mastanjević et al., 2018; Stewart, 2016). Estas interacciones generan turbidez reversible (chill haze) con partículas de 0,1–1,0 μm cuando los enlaces son no covalentes, y turbidez permanente si se forman enlaces covalentes estables incluso por encima de 30 °C (Kahle et al., 2021). Basta con tan solo 2 mg/L de proteínas para generar 1 unidad EBC de turbidez, aunque la cerveza puede contener hasta 500 mg/L de polipéptidos (Steiner et al., 2010; Wang & Ye, 2021). Esta categoría corresponde a la interacción proteína-fenol, reconocida como una causa directa de opacidad cuando la cerveza se somete a periodos prolongados de almacenamiento o a condiciones de estrés térmico (Guardado Yordi et al., 2024).

Categoría	Factor causal	Referencia
Precipitados	Altas temperaturas (>50 °C), oxidación catalizada por metales, enlaces covalentes en complejos proteína-polifenol	(Mastanjević et al., 2018) (Stewart, 2016)
Bits	Insolubilización de aditivos, proteínas parcialmente hidrofobizadas, pentosanos, polisacáridos no almidonados	(Mastanjević et al., 2018) (Steiner et al., 2010) (Stewart, 2016)
Turbidez visible (haze)	Almidón residual, pentosanos, ácido oxálico, β -glucanos (>300 kDa), complejos proteína-fenol, lubricantes de tapas, bacterias muertas, metales, microvidrios	(Mastanjević et al., 2018) (Steiner et al., 2010) (Stewart, 2016) (Gribkova et al., 2022) (Wang & Ye, 2021)
Turbidez no visible (invisible haze)	Partículas <0,1 μ m, residuos del endospermo de cebada, retrogradación del almidón, polisacáridos de levaduras estresadas	(Kahle et al., 2021) (Mastanjević et al., 2018) (Stewart, 2016)

Tabla 2: Tipos de inestabilidad coloidal y factores causales.

Asimismo, los β -glucanos (0–5 g/L) y arabinoxilanos (hasta 2,5 g/L), además de contribuir a la viscosidad del producto, favorecen la formación de turbidez al interactuar con proteínas a través de puentes de hidrógeno (tabla 2), consolidando estructuras insolubles (Gribkova et al., 2022). Las partículas resultantes tienen diámetros de hasta 3 μ m y presentan correlación directa con turbidez nefelométrica (Mastanjević et al., 2018). El oxalato cálcico, derivado de la combinación entre calcio y ácido oxálico, genera precipitados cuando supera los 20 mg/L, formando cristales visibles responsables de enturbiamiento y clasificados también como precipitados inorgánicos (Steiner et al., 2010).

En el ámbito de residuos no orgánicos, se han identificado agentes filtrantes como PVPP, kieselguhr (tierra de diatomeas) y sílice gel, los cuales pueden permanecer como contaminantes físicos si no son adecuadamente eliminados. Estudios recientes también reportan la presencia de hasta 118 partículas/L de microplásticos en botellas retornables, favoreciendo aún más la turbidez visible por materia inorgánica (Kahle et al., 2021). Además, lubricantes de tapas, fragmentos de etiquetas y partículas metálicas como Al, Cu, Fe y Mn catalizan reacciones de oxidación y precipitación coloidal (Stewart, 2016; Wang & Ye, 2021). Por último, la turbidez no visible o *invisible haze* se asocia a partículas menores de 0,1 μ m, retrogradación de almidón, residuos del endospermo de cebada y polisacáridos desprendidos de la superficie de levaduras, cuya acumulación precede a la turbidez visible si no se estabiliza el producto (Kahle et al., 2021; Stewart, 2016). Aunque imperceptible a simple vista, esta turbidez compromete la transparencia óptica de la cerveza filtrada.

3.4 Parámetros de calidad en cervezas artesanales

El color y la densidad son parámetros esenciales para la percepción del consumidor y el control del proceso cervecero (tabla 3). Casales-García et al. (2023). determinó que tonos como el negro o marrón fueron asociados con mayor amargor y contenido alcohólico percibido, mientras que colores como azul y verde fueron relacionados con menor intensidad y mayor acidez. El color naranja, en cambio, generó la mayor disposición de pago. No obstante, Koren et al. (2020). mostró que métodos tradicionales como EBC (European Brewery Convention) y

SRM (Standard Reference Method), basados en 430 nm, no permiten distinguir diferencias reales cuando se utilizan frutas, al registrarse contrastes visuales de hasta $\Delta E_{ab} = 17,4$ con menos del 5 % de variación en EBC. Por su parte, Buonocore et al. (2024) reportó que una OG (Original Gravity) de $1,036 \text{ g/cm}^3$ generó un ABV (Alcohol by Volume) de 3,41 %, y una OG de $1,054 \text{ g/cm}^3$ alcanzó 5,25 %, con fuerte correlación entre peso y densidad ($R^2 = 0,9948$), sin embargo, Puligundla et al. (2020) evidenció que OG por encima de 18°P reducen el rendimiento fermentativo por estrés osmótico. Esta limitación compromete la clasificación objetiva, se propone el uso del modelo CIE Lab para caracterizar cervezas con ingredientes no tradicionales, representando un avance metodológico (Afonso et al., 2017), pero requiere de inversión en herramientas de espectrofotometría multiespectral poco comunes en cervecerías artesanales.

Cocuzza et al. (2022), observó que elevar el ABV hasta 10,5 % aumentó la solubilidad de alfa-ácidos a 62,0 mg/L, beta-ácidos a 8,4 mg/L y xanthohumol a 4,3 mg/L, mejorando el perfil aromático en cervezas dry-hopped. Rivera Jiménez et al. (2022), halló que con mostos de $12,5^\circ \text{P}$ y fermentación a 20°C se alcanzó una eficiencia de 0,34 g de etanol/g de sólidos, mientras que con mayor gravedad se elevó el glicerol y disminuyó el rendimiento. Godínez-Hernández et al. (2025), reportó valores de ABV entre 6,2 % y 7,5 % en cervezas artesanales, correlacionando negativamente con glucosa ($r = -0,9421$), validando como indicador de avance fermentativo (tabla 3). En relación a la espuma, Nyarko et al. (2021), estableció que una duración entre 3 y 5 minutos indica buena calidad y Lyu et al. (2022), mostró que a 15°C y 1,5 bar se obtuvo una relación espuma/cerveza del 83 %/17 %, con aumentos del 73,2 % en altura y 68,5 % en estabilidad. Aunque estos resultados confirman que el ABV y condiciones de servicio impactan en el producto final, también muestra la necesidad de integrar sensores y control de parámetros en tiempo real, cuya ausencia limita la estandarización en procesos artesanales.

Parámetro	Unidad / Rango	Importancia técnica	Referencias
Color	EBC / SRM	Diferencias visuales de hasta $\Delta E_{ab} = 17,4$ no detectadas con <5 % de variación EBC	(Casales-Garcia et al., 2023) (Koren et al., 2020)
Densidad (OG y FG)	Gravedad específica	Una OG de $1,054 \text{ g/cm}^3$ genera 5,25 % ABV; $R^2 = 0,9948$ con pérdida de peso	(Buonocore et al., 2024) (Puligundla et al., 2020)
Alcohol (ABV)	% v/v	Hasta 62 mg/L de α -ácidos extraídos a 10,5 % ABV; $r = -0,9421$ con glucosa	(Cocuzza et al., 2022) (Godínez-Hernández et al., 2025) (Rivera Jiménez et al., 2022)
pH	Mosto: 5,3–5,5 / Cerveza: 4,1–4,5	pH < 3,87 reduce etanol y levaduras ($R^2 = 0,989$); óptimo enzimático entre 5,0–5,2	(Goyal et al., 2023) (Cheng et al., 2025)
Estabilidad de espuma	Segundos / proporción visual	Estabilidad óptima 3–5 min; relación espuma/cerveza 83 %/17 % a 15°C y 1,5 bar	(Nyarko et al., 2021) (Lyu et al., 2022)
Amargor (IBU)	mg/L de iso- α -ácidos	α -ácidos hasta 28 mg/L no son perceptibles; umbral $\pm 5 \text{ mg/L}$ para diferencias sensoriales	(Klimczak & Cioch-Skoneczny, 2023) (Oladokun et al., 2017)
Turbidez	NTU / EBC-TU	2 mg/L de proteínas = 1 EBC-TU; cervezas brillantes < 0,2 EBC-TU; turbias > 8,0 EBC-TU	(Baiano et al., 2024) (Kahle et al., 2021) (Wang & Ye, 2021)

Tabla 3: Parámetros de calidad en cervezas artesanales.

Los parámetros pH, amargor IBU (International Bitterness Units) y turbidez inciden de forma crítica en la estabilidad y aceptabilidad del producto final. Cheng et al. (2025), reportó que un descenso del pH a 3,66 por fermentación láctica afectó la viabilidad de *S. cerevisiae* ($R^2 = 0,989$), reduciendo el etanol. En cambio, Goyal et al. (2023), establece que un pH entre 4,1–4,5 favorece la actividad enzimática clave. Klimczak and Cioch-Skoneczny (2023) señaló que concentraciones de α -ácidos hasta 28 mg/L no generan amargor perceptible y Oladokun et al. (2017), confirmó que niveles de iso- α -ácidos entre 9 y 12 mg/L no producen variaciones sensoriales, pese a diferencias en polifenoles de 209–288 mg/L (tabla 3). La adición de extractos aumentó la percepción de amargor sin modificar los valores medidos, cuestionando la fiabilidad del IBU como único parámetro. Kahle et al. (2021), estableció un límite técnico de 0,2 EBC-TU (European Brewery Convention – Turbidity Units) para cervezas brillantes, mientras que Baiano et al. (2024), defendió la turbidez como atributo deseable en estilos como witbier. Wang and Ye (2021), demostraron que 2 mg/L de proteínas generan 1 unidad EBC (European Brewery Convention – Color) y que la oxidación de flavanoles intensifica el fenómeno durante el almacenamiento. Aunque existen medios de control como PVPP (Polivinilpolipirrolidona), su uso puede alterar el perfil sensorial. La industria requiere indicadores más integrados, que relacionen mejor la percepción sensorial con parámetros analíticos, evitando decisiones basadas en métricas incompletas o insensibles al contexto estilístico.

3.5 Procesos tecnológicos para disminución de turbidez

La comparación entre técnicas muestra que la centrifugación de flujo continuo propuesta por Bucio-Galindo et al. (2020), alcanzó una remoción de turbidez del 99,6 % en 15 ciclos a 600 nm, utilizando un equipo de menos de US\$2.000 y peso inferior a 3 kg, accesible para microproductores de cerveza. Esta tecnología no afecta la composición química ni genera mermas significativas, siendo superior a métodos tradicionales como la sedimentación o filtración con bentonita (pérdidas de hasta 10 %). En contraste, la microfiltración a 0,45 μm evaluada por De Francesco et al. (2025), reduce turbidez, pero provoca pérdida de hasta 4 IBU, incremento de hexanal y reducción de espuma, afectando la estabilidad sensorial, especialmente tras 90 días. Estas limitaciones posicionan la microfiltración como una opción técnicamente limitada en cervezas artesanales no pasteurizadas. Por otro lado, Carvalho et al. (2023), describen tecnologías emergentes como PEF (Pulsed Electric Fields), disminuyendo $\geq 6,8$ log de levaduras a 45 kV/cm y HPP (High Pressure Processing) y eliminando 7 log en 5 s a 600 MPa, aunque esta última provocó turbidez en frío, muestra la necesidad de realizar ajustes técnicos y contar con una validación sensorial antes de su aplicación a escala industrial.

Frente a estas técnicas de disminución de turbidez, Cela et al. (2020), exploraron alternativas químicas como gel de sílice y ácido tánico. El primero logró una reducción de gluten de 63 % sin afectar el sabor, mientras que el segundo, aunque efectivo a 20 g/hL, puede alterar el perfil sensorial. En paralelo, la aplicación de AN-PEP (*Aspergillus niger* Prolyl EndoPeptidase) permitió eliminar agregados proteicos, manteniendo atributos sensoriales y niveles de gluten <20 ppm. En este contexto, la propuesta de Postai et al. (2025), sobre PVPP modificada enzimáticamente mostró la mayor eficacia, reduciendo turbidez en 13,20 %, frente a 4,99 % (PVPP convencional) y 3,06 % (gel de sílice), además de aumentar la adsorción de polifenoles (198,00 mg/g vs. 143,50 mg/g). Aunque prometedora, esta opción requiere mayor validación industrial. En conjunto, la centrifugación y los clarificantes avanzados como PVPP modificada ofrecen alta eficiencia sin comprometer la calidad sensorial, mientras que técnicas

como la microfiltración y algunas innovaciones físicas presentan restricciones prácticas o sensoriales que deben ser consideradas.

4. Conclusiones

La presente revisión bibliográfica proporciona un análisis integral del estado actual del conocimiento sobre la turbidez en cervezas artesanales, evidenciando las causas de origen biológico y no biológico de la turbidez en las cervezas. Las de origen no biológico comprenden la interacción entre proteínas ricas en prolina y polifenoles, la acumulación de polisacáridos como β -glucanos y arabinoxilanos, residuos de almidón no degradado, oxalato cálcico y fragmentos inorgánicos. En cuanto a las causas biológicas, se encuentran las especies *Pediococcus claussenii*, *Lactobacillus backii* y *Fusarium spp.*, cuya presencia en cervezas sin pasteurizar puede superar 4 log CFU/mL, comprometiendo la estabilidad coloidal y sensorial. Si bien la turbidez puede ser un atributo deseado en ciertos estilos, su aparición no controlada afecta negativamente la vida útil y percepción del consumidor. En este contexto, el empleo de tecnologías como centrifugación de flujo continuo, clarificantes avanzados como PVPP modificada y control de parámetros críticos (pH, ABV, NTU) se presentan como estrategias viables para reducir la turbidez sin comprometer la autenticidad del producto artesanal.

Referencias

- Afonso, T., Moresco, R., Uarrota, V. G., Navarro, B. B., Nunes, E. D. C., Maraschin, M., & Rocha, M. (2017). UV-Vis and CIELAB Based Chemometric Characterization of Manihot esculenta Carotenoid Contents. *Journal of integrative bioinformatics*, 14(4). <https://doi.org/10.1515/jib-2017-0056>
- Baiano, A., Fiore, A., Gatta, B. I., Capozzi, V., De Simone, N., Gerardi, C., & Grieco, F. (2024). Unmalted Cereals, Oenological Yeasts, and In-Bottle Sugar Addition as Synergic Strategies to Enhance the Quality of Craft Beers. *Beverages*, 10(1), 8. <https://doi.org/10.3390/beverages10010008>
- Bazelais, M., Aguaiza Anchundia, G. A., Munizaga Párraga, D. R., Burgos Briones, G. A., & Alcívar Cedeño, U. E. (2024). Agregado e insumos en segunda fermentación de cerveza artesanal. *Centro Azúcar*, 51(e1061), 2. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612024000200001&nrm=iso
- Bucio-Galindo, A., Izquierdo-Reyes, F., & Bautista-Muñoz, C. d. C. (2020). Uso de la centrifuga de flujo continuo para clarificar vinos y cervezas artesanales. *Agro Productividad*, 13(4), 59-63. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1567>
- Buonocore, D., Ciavolino, G., Dello Iacono, S., & Liguori, C. (2024). Online Identification of Beer Fermentation Phases. *Fermentation*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/fermentation10080399>
- Burini, J. A., Eizaguirre, J. I., Loviso, C., & Libkind, D. (2021). Levaduras no convencionales como herramientas de innovación y diferenciación en la producción de cerveza. *Revista Argentina de Microbiología*, 53(4), 359-377. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.01.003>
- Carriglio, J., Budner, D., & Thompson-Witrick, K. A. (2022). Comparison Review of the Production, Microbiology, and Sensory Profile of Lambic and American Coolship Ales. *Fermentation*, 8(11), 646. <https://doi.org/10.3390/fermentation8110646>
- Carvalho, G., Leite, A. C., Leal, R., & Pereira, R. (2023). The Role of Emergent Processing Technologies in Beer Production. *Beverages*, 9(1), 7. <https://doi.org/10.3390/beverages9010007>
- Casales-Garcia, V., Gonzalez-Abril, L., Veflen, N., & Velasco, C. (2023). Assessing the influence of colour and glass type on beer expectations. *Food Quality and Preference*, 103, 104701. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104701>
- Cela, N., Condelli, N., Caruso, M. C., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., & Galgano, F. (2020). Gluten-Free Brewing: Issues and Perspectives. *Fermentation*, 6(2), 53. <https://doi.org/10.3390/fermentation6020053>
- Cheng, S., Zhang, Y., Zhou, H., Huang, Z., Jia, H., Jiang, Y., Wang, H., & Man, C. (2025). Lactobacillus gasseri JM1 pre-acidification induced regulation in the flavor profile of beer processes. *Food Chemistry: X*, 25(6), 102229. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102229>
- Cocuzza, S., Gmeinwieser, S., Helmschrott, K., Peifer, F., & Zarnkow, M. (2022). How alcohol content in dry-hopped beer affects final beer composition - a model study. *Brewing Science*, 75, 44-53. <https://doi.org/10.23763/BrSc22-06cocuzza>

- Colino, E., Civitaresi, H. M., Capuano, A., Quiroga, J. M., & Winkelman, B. (2017). Análisis de la estructura y dinámica del complejo cervecero artesanal de Bariloche, Argentina. *Revista Pilquen*, 20(2), 79-91. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-31232017000200007&lng=es&tlng=es
- Cunha, A. C. d., Lopes, N. D., Barcia, M. T., Sautter, C. K., & Augusto Ballus, C. (2023). Production and characterization of craft beers with different additions of native fruits and agro-industrial residues: a review. *Ciência Rural*, 53(9), e20220194. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220194>
- De Francesco, G., Sileoni, V., & Marconi, O. (2025). Influence of Selected Technological Conditions on the Flavour Stability of Unpasteurised Top-Fermented Craft Beer. *Food and Bioprocess Technology*. <https://doi.org/10.1007/s11947-025-03830-9>
- Faganel, A., & Rižnar, I. (2023). The Growth in Demand for Craft Beer and the Proliferation of Microbreweries in Slovenia. *Beverages*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/beverages9040086>
- Geissler, A. J., Behr, J., von Kamp, K., & Vogel, R. F. (2016). Metabolic strategies of beer spoilage lactic acid bacteria in beer. *International Journal of Food Microbiology*, 216, 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.08.016>
- Godínez-Hernández, C. I., Rodríguez-Cardona, T. D., Rendón-Huerta, J. A., Cervantes-Paz, B., & Michel-Cuello, C. (2025). Physicochemical Kinetics and Determination of Methyl and Ethyl Alcohols in Own-Manufactured Craft Beer and Comparison with Commercial Mexican Craft Beers. *Beverages*, 11(1), 28. <https://doi.org/10.3390/beverages11010028>
- Gomes, F. d. O., Guimarães, B. P., Ceola, D., & Ghesti, G. F. (2022). Advances in dry hopping for industrial brewing: a review. *Food Science and Technology*, 42, e60620. <https://doi.org/10.1590/fst.60620>
- Goyal, A., Shukla, G., Mishra, S., Mallik, S., Singh, A., & Dubey, M. K. (2023). Beer production by fermentation process: A review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 13(4), e9532. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.9532>
- Gribkova, I. N., Eliseev, M. N., Belkin, Y. D., Zakharov, M. A., & Kosareva, O. A. (2022). The Influence of Biomolecule Composition on Colloidal Beer Structure. *Biomolecules*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/biom12010024>
- Guardado Yordi, E., Conde Rodríguez, S. C., Quishpe Barroso, D. Y., & Pérez Martínez, A. (2024). Technological factors affecting the shelf life of top-fermented craft beer. *Centro Azúcar Journal*, 51(2), e1063. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/796
- Guerberoff, G., Marchesino, M., López, P., & Olmedo, R. (2020). El perfil sensorial de la cerveza como criterio de calidad y aceptación. *Nexo agropecuario. Revista de difusión socio-tecnológica*, 8(1), 52-59. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/28926>
- Habschied, K., Košir, I. J., Krstanović, V., Kumrić, G., & Mastanjević, K. (2021). Beer Polyphenols—Bitterness, Astringency, and Off-Flavors. *Beverages*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/beverages7020038>
- Hutzler, M., Narziß, L., Stretz, D., von Terzi, K., Meier-Dörnberg, T., Walter, H., Schäfer,

- M., Zollo, T., Jacob, F., & Michel, M. (2019). Resurrection of the lager strain *Saccharomyces pastorianus* TUM 35. *BrewingScience*, 72(3/4), 69-77. <https://doi.org/10.23763/BrSc19-06hutzler>
- Kahle, E.-M., Zarnkow, M., & Jacob, F. (2021). Beer Turbidity Part 1: A Review of Factors and Solutions. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 79(2), 99-114. <https://doi.org/10.1080/03610470.2020.1803468>
- Klimczak, K., & Cioch-Skoneczny, M. (2023). Changes in beer bitterness level during the beer production process. *European Food Research and Technology*, 249(1), 13-22. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04154-0>
- Koren, D., Hegyesné Vecseri, B., Kun-Farkas, G., Urbin, Á., Nyitrai, Á., & Sipos, L. (2020). How to objectively determine the color of beer? *J Food Sci Technol*, 57(3), 1183-1189. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04237-4>
- Królak, K., Kobus, K., & Kordialik-Bogacka, E. (2023). Effects on beer colloidal stability of full-scale brewing with adjuncts, enzymes, and finings. *European Food Research and Technology*, 249(1), 47-53. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04131-7>
- Latorre, M., Bruzone, M. C., de Garcia, V., & Libkind, D. (2023). Contaminantes microbianos en cervezas artesanales embotelladas de la Patagonia andina argentina. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(1), 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.05.006>
- Liu, S. Q. (2015). 17 - Impact of yeast and bacteria on beer appearance and flavour. In A. E. Hill (Ed.), *Brewing Microbiology* (pp. 357-374). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-331-7.00017-4>
- López Chun, C. A., Palma Parrales, Y. M., Alcívar Cedeño, U. E., Burgos Briones, G. A., & Munizaga Párraga, D. R. (2024). Extracto funcional de cerveza artesanal como ingrediente innovador en la industria repostería. *Centro Azúcar*, 51(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612024000300001&lng=es&tlng=es
- Lyu, W., Bauer, T., Gatternig, B., Delgado, A., & Schellin, T. (2022). Experimental and Numerical Investigation of Beer Foam. *Physics of Fluids*, 35(2), 023318. <https://doi.org/10.1063/5.0132657>
- Mastanjević, K., Krstanović, V., Lukinac, J., Jukić, M., Vulin, Z., & Mastanjević, K. (2018). Beer-The Importance of Colloidal Stability (Non-Biological Haze). *Fermentation*, 4(4), 91. <https://doi.org/10.3390/fermentation4040091>
- Nyarko, E. K., Glavaš, H., Habschied, K., & Mastanjević, K. (2021). Determination of Foam Stability in Lager Beers Using Digital Image Analysis of Images Obtained Using RGB and 3D Cameras. *Fermentation*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/fermentation7020046>
- Oladokun, O., James, S., Cowley, T., Dehrmann, F., Smart, K., Hort, J., & Cook, D. (2017). Perceived bitterness character of beer in relation to hop variety and the impact of hop aroma. *Food Chem*, 230, 215-224. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.031>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Mo-

her, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Paszkot, J., Gasiński, A., & Kawa-Rygielska, J. (2023). Evaluation of volatile compound profiles and sensory properties of dark and pale beers fermented by different strains of brewing yeast. *Sci Rep*, 13(1), 6725. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33246-4>

Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Simpalo-Lopez, W. D., Lavado-Cruz, A., Verona-Ruiz, A., Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., Castillo-Martinez, W. E., López-Rodriguez, W., & Quezada-Berrú, S. (2025). Optimization of Ale-Type Craft Beer Through the Addition of Cañihua Malt (*Chenopodium pallidicaule*) and Aguaymanto Juice (*Physalis peruviana*) Using a D-Optimal Experimental Design. *Beverages*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/beverages11010004>

Peña, N., Ruiz, M., Pérez, É., Fernández, I., & Barat, J. M. (2020). Microbial stabilization of craft beer by filtration through silica supports functionalized with essential oil components. *LWT*, 117, 108626. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108626>

Postai, A. N., Muxel, A. A., Zapp, E., & Brondani, P. B. (2025). Enzymatic Modification of Polyvinylpyrrolidone (PVPP) for Improved Adsorption of Proteins and Polyphenols Causing Haze in Beer. *ACS Food Science & Technology*, 5(2), 843-850. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.4c01004>

Puligundla, P., Smogrovicova, D., Mok, C., & Obulam, V. S. R. (2020). Recent developments in high gravity beer-brewing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, 102399. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102399>

Rivera Jiménez, M. T., Huerta Zurita, R., Herrera Hernández, M. G., Herrera Enciso, V., & Flores Gómez, C. A. (2022). Condiciones de maceración y fermentación que incrementan el contenido de etanol en mosto fermentado para whisky de malta. *Biocencia*, 24(1), 133-141. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v24i1.1576>

Rodríguez-Saavedra, M., González de Llano, D., & Moreno-Arribas, M. V. (2020). Beer spoilage lactic acid bacteria from craft brewery microbiota: Microbiological quality and food safety. *Food Research International*, 138, 109762. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109762>

Segobia Muñoz, S. A. (2022). Evaluación de la adición de centeno (*Secale cereale*) en la formulación de cerveza artesanal Belgian Pale Ale. *Enfoque UTE*, 13(3), 14-28. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.830>

Steiner, E., Becker, T., & Gastl, M. (2010). Turbidity and Haze Formation in Beer — Insights and Overview. *Journal of the Institute of Brewing*, 116(4), 360-368. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00787.x>

Stewart, G. G. (2016). 10 - Beer Shelf Life and Stability. In P. Subramaniam (Ed.), *The Stability and Shelf Life of Food (Second Edition)* (pp. 293-309). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00010-1>

Štulíková, K., Novák, J., Vlček, J., Šavel, J., Košin, P., & Dostálek, P. (2020). Bottle Conditioning: Technology and Mechanisms Applied in Refermented Beers. *Beverages*, 6(3), 56. <https://doi.org/10.3390/beverages6030056>

Svedlund, N., Kiepert, A., Rodríguez Pérez, J., Magalhães, F., Wietstock, P. C., & Gibson, B. (2025). Enhancement of dry-hopped cider aroma through selection of apple cultivar, hop variety and yeast strain. *Food Microbiology*, 129, 104755. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2025.104755>

Thesseling, F. A., Bircham, P. W., Mertens, S., Voordeckers, K., & Verstrepen, K. J. (2019). A Hands-On Guide to Brewing and Analyzing Beer in the Laboratory. *Curr Protoc Microbiol*, 54(1), e91. <https://doi.org/10.1002/cpmc.91>

Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. [Artículo especial]. *Medicina Clínica - Elsevier Doyma*, 135, 507-5011. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>

Villas Boas Mello, J. A., & Nogueira da Silva, J. L. (2020). Requisitos de produto para um projeto de cerveja artesanal. *Innovar*, 30(77), 39-52. <https://doi.org/10.15446/innovar.v30n77.87428>

Viteri Borja, J. G., Párraga Alava, R. C., García Mendoza, J. J., Barre Zambrano, R. L., & Romero Bravo, J. P. (2022). Calidad fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal estilo blonde ale con infusión de flor deshidratada de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). *Manglar*, 19(4), 331-339. <https://doi.org/10.57188/manglar.2022.042>

Wang, Y., & Ye, L. (2021). Haze in Beer: Its Formation and Alleviating Strategies, from a Protein–Polyphenol Complex Angle. *Foods*, 10(12), 3114. <https://doi.org/10.3390/foods10123114>

Xu, Z., Luo, Y., Mao, Y., Peng, R., Chen, J., Soteyome, T., Bai, C., Chen, L., Liang, Y., Su, J., Wang, K., Liu, J., & Kjellerup, B. V. (2020). Spoilage Lactic Acid Bacteria in the Brewing Industry. *J Microbiol Biotechnol*, 30(7), 955-961. <https://doi.org/10.4014/jmb.1908.08069>

Contribución de los Autores

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Josselyn Pico-Poma			x							x				
Reni Danilo Vinocunga-Pillajo						x		x					x	
Jaime Noriega-Lino							x			x				
Diego Sarabia-Guevara			x				x							
Estela Guardado-Yordi						x		x						x
Guillermo Andrés Noriega Lino													x	x
Amaury Pérez Martínez	x			x								x		

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.