

UNIVERSIDAD EAN
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO DE GRADO
INGENIERIA QUIMICA

CERVEZA ARTESANAL A PARTIR DE LAS CASCARAS DE NARANJA
(AUROM ARANGIUM)

JUAN SEBASTIÁN ÁLVAREZ SILVA

SEBASTIÁN MORENO MORA

NICOLÁS CETINA GUTIÉRREZ

LINA MARÍA CHACÓN RIVERA

BOGOTA D.C.

Resumen

Este proyecto de grado tiene como finalidad analizar, caracterizar e identificar de qué manera la cáscara de naranja se puede implementar como levadura en el proceso de fabricación de cerveza artesanal. Para ello, se realizó una investigación exhaustiva sobre los componentes que facilitan este proceso. Se identificó que el tipo de fermentación óptimo es la fermentación a baja temperatura, característica de la cerveza tipo *Jäger*. Asimismo, se determinó que la levadura utilizada en este tipo de cerveza puede metabolizar los compuestos presentes en la cáscara de naranja.

Por otra parte, la cáscara de naranja es rica en aceites esenciales, azúcares simples y compuestos biológicamente activos valiosos (Janda-Mulcare, 2025). Estas propiedades pueden aprovecharse para nutrir a los microorganismos responsables de la fermentación, contribuyendo a la producción de cerveza artesanal tipo *Jäger* con un enfoque sostenible y aprovechando residuos agroindustriales.

Introducción

Dentro de la industria cervecera, uno de los principales ingredientes para la elaboración de cerveza es la levadura, obtenida de manera natural. Debido al crecimiento de la cervecería artesanal en Colombia, la participación de este sector alcanzó un 0,5 % del mercado en 2020, con aproximadamente 255 micro cervecerías en Bogotá (Cortés, Mora, &

Acuña, 2020). La cerveza se considera “la bebida más consumida en el mundo después del agua y el té” (Guide, 2020).

Desde 2013, la cerveza industrial ha perdido participación en el mercado, lo que ha dado lugar a nuevas opciones, como la cerveza artesanal, que ofrece productos naturales y atractivos para el consumidor (Euromonitor, 2020). Este aumento en la demanda de levadura de distintas calidades ha incrementado los costos de producción y limitado la entrada de nuevos compradores (González, 2017). Por ello, se busca una alternativa que permita el crecimiento de la industria y la reducción de los costos de producción de la cerveza artesanal.

Adicionalmente, la industria de fabricación de zumos genera aproximadamente 70 millones de toneladas de residuos de cáscara de naranja, con una tasa de crecimiento anual del 5,7 % entre 2018 y 2024 (Ozturk et al., 2019; Papadaki et al., 2020). Esta investigación se centra en el desarrollo de una cerveza tipo *Jäger*, incorporando la cáscara de naranja en el proceso de producción. De esta manera, se contribuye a la reducción de desechos industriales y se desarrolla un producto acorde con las tendencias de consumo que privilegian ingredientes más naturales.

Se decidió modificar el proceso de producción de la cerveza artesanal porque su desarrollo es más exhaustivo y permite identificar las condiciones necesarias para una adecuada integración de la cáscara de naranja, asegurando su funcionalidad en el proceso de fermentación.

En este documento se presenta un análisis general de las cervezas artesanales, sus características, ruta de fabricación y maduración, así como los objetivos y la metodología experimental para la fabricación de una cerveza artesanal a partir de cascara de naranja.

Objetivo general

Desarrollar una cerveza artesanal a partir de cáscara de naranja como insumo biotecnológico alternativo, modificando la cantidad de levadura, buscando una reducción del costo y elevar el potencial de la fruta como fermento.

Objetivos Específicos

- Determinar las características de la cáscara de naranja que favorecen al proceso de fermentación de la cerveza artesanal tipo lager.
- Validar la sustitución parcial o total de las levaduras tradicional con compuestos presentes en la cascara de naranja
- Realizar formulaciones preliminares a nivel laboratorio para tener un producto viable
- Caracterizar la cerveza artesanal de acuerdo con los estándares para determinar el cumplimiento de los parámetros de calidad

Definición del Problema

La industria de los cítricos constituye una de las más relevantes dentro del sector agroalimentario, con una producción anual que oscila entre 110 y 124 millones de toneladas. Este volumen genera una gran cantidad de residuos orgánicos, principalmente cáscaras, que representan alrededor del 50% del peso de la fruta. Pese a su carácter biodegradable, la mayoría de estos desechos terminan en rellenos sanitarios, provocando impactos ambientales como la emisión de gases de efecto invernadero y riesgos sanitarios por su descomposición. Entre 2018 y 2024, la generación de estos residuos aumentó un 5.7 %, lo que evidencia la necesidad de encontrar soluciones sostenibles y eficientes para su aprovechamiento.

Diversas investigaciones han mostrado el potencial de las cáscaras de naranja gracias a su composición rica en azúcares simples, aceites esenciales, flavonoides y compuestos biológicamente activos. Estos elementos no solo les confieren valor nutricional, sino que también los posicionan como una materia prima de interés biotecnológico. Sin embargo, persisten retos técnicos que deben ser abordados: la eliminación de compuestos amargos como los limonoides, la reducción de pesticidas que puedan comprometer la calidad del producto y la estandarización de procesos de transformación que garanticen resultados consistentes.

En la actualidad, el sector de jugos es uno de los principales generadores de residuos cítricos, con un estimado de entre 6 y 22 millones de toneladas anuales de subproductos

sólidos y líquidos. A pesar de ello, el aprovechamiento de estas cáscaras ha sido limitado debido a los altos costos de procesamiento y la baja rentabilidad percibida, lo que ha llevado a que gran parte se descarte sin un uso productivo.

Frente a esta problemática, surge la oportunidad de implementar la cáscara de naranja como insumo biotecnológico alternativo en la producción de cerveza artesanal, específicamente en procesos de fermentación tipo *lager/Jäger* que requieren bajas temperaturas. Los compuestos presentes en la cáscara pueden servir como fuente de nutrientes para la levadura y, en ciertos escenarios, sustituir parcial o totalmente a las levaduras comerciales. Esta estrategia no solo contribuye a reducir costos de producción, sino que también impulsa la innovación en la industria cervecera artesanal.

De esta manera, la integración de la cáscara de naranja en la elaboración de cerveza artesanal aporta un valor agregado al producto final, refuerza la sostenibilidad mediante prácticas de economía circular y fortalece el reconocimiento del sector artesanal como un actor comprometido con el aprovechamiento de residuos agroindustriales y la reducción de la dependencia de insumos importados.

La contradicción central radica en que, aunque la cáscara de naranja contiene compuestos bioactivos y nutrientes de alto valor para procesos biotecnológicos, la mayor parte de este recurso sigue tratándose como desecho, lo que genera impactos ambientales y pérdidas económicas para la industria.

Justificación

La industria cítrica genera millones de toneladas de cáscaras de naranja cada año, la mayoría de las cuales termina en rellenos sanitarios o basureros, contribuyendo a la generación de gases de efecto invernadero derivados de su descomposición. Esta situación impacta de manera negativa tanto al medio ambiente como a la salud pública. Aunque existen alternativas de aprovechamiento, como la producción de alimentos para ganado o carbón vegetal, estas resultan poco rentables para la industria debido a los altos costos de transformación, lo que conduce a que gran parte de estos residuos se desechen sin darles un valor agregado.

En este contexto, la implementación de la cáscara de naranja como insumo biotecnológico alternativo en la fermentación de cerveza artesanal constituye una alternativa sostenible, innovadora y económicamente viable. Esta propuesta no solo contribuye a la reducción de residuos agroindustriales, sino que también ofrece una solución para disminuir los costos de producción asociados al uso de levaduras comerciales. Asimismo, permite la elaboración de un producto diferenciado —cerveza tipo lager/Jäger fermentada a baja temperatura— que fortalece la competitividad del sector de bebidas artesanales.

De esta manera, el proyecto se enmarca en los principios de la química verde y la economía circular, aportando al desarrollo de innovaciones responsables en la industria alimentaria, al tiempo que fomenta la sostenibilidad, la reducción de la dependencia de insumos importados y el crecimiento del sector cervecero artesanal en Colombia.

Análisis de requerimientos

Intensión del producto

Uso y funcionalidad del producto:

Uso: La cerveza es una bebida alcohólica utilizada mayormente para el consumo social y cultural. Lo que implica la comparecer por reuniones sociales y eventos de entretenimiento. Se busca que el consumo fomente un ambiente de bienestar, camaradería y permita la identidad regional en el caso del origen artesanal. Al ser una cerveza tipo jager elaborada de manera artesanal usando la cascara de naranja, los perfiles cítricos aportan un factor maridaje perfecto para ser empleado en diversas recetas o como un acompañamiento en la comida.

Funcionalidad: Bebida alcohólica de origen natural, al ser elaborada con cáscara de naranja debe conservar el aroma, el sabor y los componentes cítricos de la naranja. La claridad, el aroma y color son factores que se deben cuidar de manera meticulosa para lograr una correcta funcionalidad en el mercado

Factor diferencial: Al emplear y hacer uso de componentes cítricos, el público objetivo espera una presencia considerable de este compuesto tanto en el sabor como en el olor, estos flavonoides, son compuestos fenólicos presentes en frutas cítricas con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. En la cáscara de naranja actúan como un “depósito” natural de flavonoides porque allí la planta concentra estos compuestos para proteger los tejidos más expuestos al ambiente. Estos compuestos contribuyen al color, sabor y beneficios nutraceuticos de la fruta, siendo considerados de alto valor para la salud humana

(Rodríguez et al., 2020). aportando un perfil más cítrico a la bebida dándole carácter refrescante y por ende menos pesadas que otras lagers.

Parámetros de diseño

Materias primas

Para un lote de 20 litros, se emplea una base de 4.5 kg de malta Pilsner y 0.5 kg de malta Caramelo clara, lo que garantiza un color dorado pálido y estabilidad de espuma. Como lúpulos se recomiendan variedades nobles, tales como Saaz o Hallertau, en una proporción de 25 g totales, con el objetivo de mantener un IBU (International Bitterness Units o Unidades Internacionales de Amargor) de 18–22. La levadura utilizada corresponde a *Saccharomyces pastorianus*, propia de fermentaciones tipo lager. Finalmente, se incorpora cáscara de naranja seca o fresca (sin parte blanca) en dosis de 15–25 g, cantidad sugerida por cerveceros artesanales en lotes de 20 L (The Homebrew Forum, 2024).

Proceso de elaboración

El macerado se desarrolla a 65 °C durante 60 minutos, con un pH entre 5.2 y 5.4, rango óptimo para la actividad enzimática. Posteriormente, el mosto se hierve por 60 minutos, añadiendo el lúpulo en dos momentos: al inicio del hervor y en los últimos 10–15 minutos. La cáscara de naranja puede agregarse en los últimos 5–10 minutos de ebullición (Forum Homebrewers Association, 2017) o durante el whirlpool a 60–80 °C para conservar mejor los aceites aromáticos (Reddit, 2017).

La fermentación se lleva a cabo entre 10–12 °C durante 7 a 14 días. Hacia el final de esta fase se recomienda un descanso de diacetilo, elevando la temperatura a 14–16 °C por 1–2 días, práctica que permite reducir compuestos indeseados como el diacetilo (American Homebrewers Association, 2015; White Labs, 2025). Posteriormente, el producto se somete a maduración en frío (0–2 °C) durante 3–6 semanas, lo que facilita la clarificación y la estabilización del perfil sensorial (HomebrewTalk, 2017).

Parámetros de diseño

- Densidad inicial (OG): 1.048
- Densidad final (FG): 1.010–1.012
- Atenuación: 75–80 %
- Alcohol por volumen (ABV): ~5 %
- IBU: 18–22
- SRM: 3–6

Estos valores coinciden con lo reportado en recetas reales de lager con naranja, que presentan OG 1.047, FG 1.014, IBU 21 y SRM 3 (BYO, s. f.).

Estimación de las características de diseño:

Definición del producto:

A continuación, se describen a detalle las propiedades físicas y químicas que tendrá el producto final teniendo en cuenta el tipo de producto que desarrollaremos

Propiedades Físicas:

Color: Esta propiedad depende en gran medida del tipo de fermentación, en este caso al ser una cerveza artesanal, optamos por una fermentación baja obteniendo así una cerveza tipo lager con un color amarillo dorado con matices naranjas derivados de la materia prima, que corresponde a 9 EBC (European Brewery Convention). Como se puede observar a continuación

Figura 1.

Índices de calidad Según el EBC

	SRM	EBC
Lager pálida	2 – 3	3,94 – 5,91
Weissbier	3 – 4	5,91 – 7,88
Witbier	4 – 5	7,88 – 9,85
Belgian Blond	6 – 9	11,82 – 17,73
Pale Ale	10 – 14	19,70 – 27,58
IPA	14 – 17	27,58 – 33,49
Mild	17 – 18	33,49 – 35,46
Brown ale	19 – 22	37,43 – 43,34
Black lager	22 – 30	43,34 – 59,10
Porter	30 – 35	59,10 – 68,95
Stout	35 +	68,95 – 78,80
Imperial Stout	40+	>78,80

Nota. Fuente. (European Brewery Convention).

Claridad: Debido a su tipo de cerveza, la claridad de la cerveza será clara cristalina y gracias a la temperatura que se empleará en la realización (8°C a 12°C) se obtendrá una correcta sedimentación de las partículas aportando a la claridad de la cerveza.

Los valores de las siguientes propiedades físicas están determinados a una temperatura de 20°C

Densidad: Esta corresponde entre valores de 1008 y 1013 g/ml*s

Viscosidad: Este valor corresponde a valores entre 1.3 a 1.7 megapascuales por segundo, este valor corresponde a una viscosidad fluida (viscosidad Dinámica) y cercana a la viscosidad del agua

Punto de ebullición: En una cerveza lager entre 4-5% de alcohol y con cascara de naranja tienen un punto de ebullición aproximadamente entre 93 a 95 °C.

PH: Las cervezas lager tienen un ph al rededor del 3.9 a 4.2, pero con las cascara de naranja puede verse afectadas teniendo un ph mayor entre 4.2 a 4.5.

Propiedades Químicas:

Amargor: Contiene un amargor moderado que oscila entre 18–24 IBU (International Bitterness Units o Unidades Internacionales de Amargor), resultado de la cascara de naranja y obtenido de lúpulos más neutros o nobles

Acidez: Este valor se encuentra entre 4.0 y 4.5 siendo el rango normal acidez normal de una cerveza, al contener diferentes compuestos ácidos derivados de la materia prima, se espera una acidez ligeramente alta

Inflamabilidad: El etanol al estar diluido en agua baja considerablemente su inflamabilidad haciendo este un producto con bajo índice de inflamabilidad, el porcentaje de alcohol será aproximadamente de 5% grados.

Estándares de calidad

Turbidez: Al ser una cerveza clara este tiene un 1.0 EBC, sin embargo, al implementar aceites cítricos este llega hasta 2 EBC

Oxígeno disuelto: Contiene <0.05 ppm en envasado, esto con la finalidad de evitar la oxidación rápida

CO₂ disuelto: Presenta un volumen entre 2.2 a 2.7, con la finalidad de tener un producto refrescante y no hostigante

Tamaño de partículas: Se analizan 2 estándares debido para determinar el tamaño de las partículas; Turbidez por partícula, presenta entre 1-3 NTU (Unidad de Turbidez Nefelométrica). En contra parte, la sedimentación visible no debe superar 1 mm en envases después de 30 días refrigerado

Vida útil: Teniendo el producto almacenado a temperaturas entre 4- 6 °C, puede durar 6 meses, teniendo un perfil sensorial óptimo, sin embargo, si se almacena a temperatura ambiente (20 °C) puede durar 3 meses antes de perder su frescura. Estos datos corresponden al comportamiento de degradación de los terpenos de la naranja (limoneno y linalool)

Parámetros sensoriales:

- **Aroma:** notas cítricas (limoneno, citral, linalool), limpias, sin oxidación (aroma a cartón).
- **Sabor:** equilibrio entre maltosidad ligera, amargor moderado (18–24 IBU) y frescor cítrico.

- **Cuerpo:** ligero a medio.
- **Carbonatación:** moderada, refrescante.

Marco legal

Registro sanitario y normatividad nacional

Toda bebida alcohólica que se comercialice en Colombia ya sea a granel o envasada, debe contar con un registro sanitario otorgado por el INVIMA, entidad encargada de garantizar la seguridad y calidad del producto.

Las microempresas pueden acceder a un riesgo sanitario especial, de acuerdo con el Decreto 1366 de 2020, el cual permite agrupar varias líneas de producto bajo una misma clasificación y marca, con plazo de vigencia y condiciones de renovación específicas.

Clasificación en buenas prácticas de manufactura (bpm)

Todos los establecimientos que fabriquen elaboren, hidraten o envasen bebidas alcohólicas deben obtener un certificado de buenas prácticas de manufactura (BPM), expedido por el INVIMA, en cumplimiento del Decreto 1686 de 2012, modificado por el Decreto 1506 de 2014, el Decreto 162 de 2021 amplió los plazos para que los microempresarios puedan obtener esta certificación, vinculándola de manera directa al registro sanitario.

Calidad y alcohol potable

La ley 1816 de 2016 y sus decretos reglamentarios regulan el monopolio y los impuestos sobre el alcohol potable utilizado en la producción de licores, incluida la cerveza, estableciendo disposiciones para su desnaturalización y manejo.

Normas internacionales

Normas específicas de cerveza:

EAS 63:2014 (EAC) y DEAS 63:2025(Kenia); Son normas aplicadas en África oriental que establecen los requisitos de calidad y métodos de muestreo para la cerveza. Regulando parámetros como;

- Contenido alcohólico permitido por estilo.
- Estándares de pureza de ingredientes (agua, malta, lúpulo, levadura).
- Límites de contaminantes químicos o microbiológicos.
- Procedimientos de muestreo y ensayo para verificar la conformidad.

Este tipo de normas sirven de referencia para asegurar que los lotes pequeños mantengan la seguridad e inocuidad, evitando contaminación cruzada o variaciones extremas en el perfil del producto.

Laboratorio y calidad

ISO/IEC 17025:2017

Es la norma internacional que define los requisitos de competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

- Asegura que las pruebas de laboratorios (PH, densidad, IBU, microorganismos, contenido de metales pesados) sean precisas y repetibles.
- Permite que los resultados analíticos de la cerveza artesanal tengan validez internacional, requisito clave si se busca exportar.

ISO 22000:2018 – Gestión de la inocuidad alimentaria

Establece un sistema de gestión de seguridad alimentaria basada en el análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP).

- Aplica a toda la cadena de producción; materias primas, procesos, envasado y distribución.
- En una micro cervecería ayuda a estructurar procedimientos de limpieza, esterilización de equipos y control de fermentaciones.
- Es muy útil para certificar cervezas artesanales y demostrar que cumplan con estándares internacionales de inocuidad.

ASTM E1879-20 Y ISO 4120,8589, 13299 regulan la evaluación sensorial de bebidas alcohólicas.

- ISO 4120: describe el método del test triangular, utilizado para detectar deferencias entre dos muestras de cerveza.
- ISO 8589: Establece ser la sala de cata, controlando iluminación, temperatura, ausencia de olores y aislamiento acústico.

- ISO 13299: Proporciona lineamientos para elaborar un perfil sensorial completo (aroma, sabor, textura, cuerpo, amargor, retrogusto).
- ASTM E1879-20: Guía estandarizada para evaluar características de bebidas mediante paneles de entrenados.

Estas normas ayudan a diferenciar estilos y a mantener la consistencia de sabor entre lotes pequeños, además de aportar información técnica en cursos y exportación.

Parámetros de medición cervecera

IBU (International Bitterness Units): Estándar internacional que mide la cantidad de iso-alfacidos derivados del lúpulo en la cerveza. Un valor bajo de (<15 IBU) esto nos indica que la cerveza es suave (lager ligera), mientras que valores altos (>60 IBU) nos indica que es un estilo muy amargo como las IPA.

Es clave en la cerveza artesanal porque permite al consumidor identificar que esperar en términos de amargo y facilita la comparación entre estilos.

EBC units (European Brewery convention): Define métodos de análisis fisicoquímico de la cerveza; color, turbidez, densidad, extracto, espuma, etc.

El color se mide en EBC, donde una lager clara puede tener 6-8 EBC y una stout oscura más de 80 EBC.

En artesanales, garantiza que los cerveceros puedan comunicar de forma objetiva el color y la claridad, aspectos muy valorados por el consumidor.

Envase y etiquetado

CARICOM Standars: Conjunto de alineamientos de la comunidad del caribe para el etiquetado de bebidas alcohólicas establece que la información debe contener la etiqueta (grado de alcohólico, lote, fecha de vencimiento, advertencias de salud), las letras deben ser legible y contraste, las normas de seguridad en envases (resistencia de botella y sellado hermético).

Aunque son regionales, sirven como referencia internacional para estandarizar envase y etiquetas en cervezas artesanales que busquen exportar.

Aspectos legales complementarios

El decreto 1686 de 2012 es el reglamento técnico principal que define las normas sanitarias generales para las bebidas alcohólicas en Colombia, incluyendo requisitos de fabricación, envasado, transporte, comercialización y sanciones por incumplimientos.

Marco conceptual

Fermentación cervecera

La fermentación constituye una de las etapas esenciales en la elaboración de cerveza artesanal, ya que en este proceso las levaduras transforman los azúcares fermentables del mosto en etanol, dióxido de carbono y compuestos secundarios que definen las características sensoriales finales del producto (*How to Brew*, s.f.). Según este autor, la fermentación puede clasificarse en dos grandes categorías: fermentación alta y fermentación baja.

Fermentación alta (Ales)

La fermentación alta se lleva a cabo con levaduras del tipo *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales actúan a temperaturas cálidas entre 18 °C y 22 °C, produciendo perfiles afrutados y complejos debido a la formación de ésteres y fenoles (*How to Brew*, s.f.). Este método es característico de cervezas como Pale Ales, IPAs, Stouts, Porters y Wheat Beers.

Fermentación baja (Lagers)

La fermentación baja emplea levaduras *Saccharomyces pastorianus*, que trabajan a temperaturas entre 8 °C y 12 °C, generando cervezas con perfiles más limpios y suaves por la baja producción de compuestos secundarios (*How to Brew*, s.f.). Entre los estilos más representativos se encuentran las Pilsners, Helles, Dunkels y Bocks.

Fermentación espontánea

Además de los métodos tradicionales, algunas cervecerías utilizan procesos de fermentación espontánea, en los cuales intervienen microorganismos presentes en el ambiente o en la materia prima, originando cervezas ácidas, complejas y de alta expresividad organoléptica (National Geographic, 2024). Este tipo de fermentación requiere un control estricto de parámetros sanitarios para asegurar la calidad del producto final (National Geographic, 2024).

Uso de la cáscara de naranja como materia prima diferenciadora

El objetivo principal de este marco conceptual es presentar un modelo práctico y teórico para la elaboración de cerveza artesanal, destacando la implementación de la cáscara de

naranja como materia prima diferenciadora. Esta fruta posee aceites esenciales con propiedades funcionales relevantes para la industria alimentaria, entre los cuales destaca el limoneno, responsable de aportar notas cítricas y refrescantes (Kaur & Chauhan, 2024).

Además, se ha documentado que dicho compuesto puede presentar actividad antimicrobiana, contribuyendo a la estabilidad microbiológica del producto (Kaur & Chauhan, 2024). No obstante, su concentración debe controlarse debido a que niveles elevados pueden interferir negativamente en la actividad fermentativa de la levadura (Kaur & Chauhan, 2024). Asimismo, otros compuestos presentes, como la naringina y la hesperidina, aportan capacidad antioxidante, ayudando a prolongar la vida útil del producto (Kaur & Chauhan, 2024).

La superficie de la cáscara alberga microecosistemas con bacterias y levaduras naturales que pueden aprovecharse para procesos de fermentación espontánea, los cuales dependen de microorganismos salvajes presentes en la materia prima (National Geographic, 2024). Para su implementación, es necesario preparar la cáscara y separar el mosto por diferencias de densidad con el fin de favorecer la captación de microorganismos nativos (National Geographic, 2024).

Métodos de incorporación de la cáscara de naranja

Dos métodos son comúnmente empleados para integrar esta materia prima en el proceso cervecero:

Método boiling

Este método consiste en añadir la cáscara durante los últimos 10 a 15 minutos de la etapa de ebullición del mosto, lo que favorece la volatilización de los aceites esenciales responsables del aroma sin comprometer la actividad fermentativa (*How to Brew*, s.f.). Este procedimiento suele emplearse en cervezas de perfil fresco y ligero.

Adición en fermentación secundaria

La incorporación de cáscara en la fermentación secundaria permite una integración más perceptible del sabor y aroma, siendo especialmente útil en cervezas de mayor graduación alcohólica o de perfiles robustos (*How to Brew*, s.f.). Sin embargo, se requiere un control preciso para evitar concentraciones excesivas de compuestos aromáticos que puedan inhibir la fermentación (Kaur & Chauhan, 2024).

Consideraciones sanitarias

Para asegurar la calidad y seguridad alimentaria del producto final, se deben cumplir protocolos sanitarios estrictos y emplear materia prima fresca, libre de contaminantes o pesticidas (National Geographic, 2024). El componente de mayor valor en la cáscara es el *flavedo*, donde se concentran los aceites esenciales más relevantes para la elaboración cervecera (Kaur & Chauhan, 2024).

Asimismo, el proceso requiere monitorear variables fundamentales como la temperatura, el pH, la concentración de aceites esenciales y la carga microbiana, especialmente cuando se utilizan técnicas de fermentación espontánea (National Geographic, 2024).

Alternativas

Como objetivo intrínseco del proyecto se busca agregar la cascara de naranja en el proceso de producción de la cerveza artesanal, Para ello, se plantean tres metodologías para este fin.

La incorporación de la cascara de naranja como insumo biotecnológico alternativo, modificando la cantidad de cascara de la levadura en el proceso de fermentación; La modificación de las proporciones de malta usada como fuente de azúcares, vitaminas y compuestos esenciales para el crecimiento de la levadura por cascara de naranja, que como se enuncian en apartados anteriores presenta una gran cantidad de estos componentes.

Como última alternativa se busca realizar la carbonatación de forma natural, mediante una doble fermentación, la primera es gracias a la levadura y consume todo los azúcares disponibles por la malta, mientras que la segunda fermentación busca gastar los azúcares añadidos nuevamente y para ello se emplea la cascara de naranja como fuente principal.

Cabe resaltar que es importante un continuo monitoreo de la temperatura y control de sanidad de cada proceso que se realice, debido a que es importante tener los datos y resultados precisos para tener la certeza de que no funcione por factores ajeno a los que se pueden controlar e independientes de la proporción de la cascara de naranja. Este proceso

es crucial para poder lograr un producto en óptimas condiciones que pueda ser utilizado y aprovechado en la industria.

Tabla 1.

Análisis Efecto- Impacto

ETAPA.	ASPECTO.	IMPACTO.	DESCRIPCIÓN.	RELEVANCIA.	MITIGACIÓN.
Acondicionamiento materia prima.	Cascaras de Naranja materia prima.	Impacto positivo.	Se aprovechan los residuos.	Alta.	Proveedores de residuos orgánicos.
Molienda y mosto	Uso de agua y energía.	Impacto negativo.	Aprovechamiento de recursos naturales para aprovechamiento de limpieza	Media	Implementación de equipos eficientes y de energía renovable
Fermentación y	Generación de CO2	Neutro.	Se capta el CO2 y así	Media.	Instalar equipos

maduración.	natural del proceso.		se reducen emisiones.		que capten este compuesto.
Envasado y etiquetado.	Implementación de botellas de vidrio.	Positivo.	Impacto positivo en cuanto a reciclaje.	Media.	Accionar plan de compostaje .
Distribución y comercialización.	Consumo consciente y responsable de alcohol.	Negativo.	Riesgo asociado al abuso de alcohol.	Media.	Campañas de concientización sobre el consumo responsable.

Nota. Fuente. Autoría propia

Incertidumbre

Balanza

Esta es la que mide la cascara de naranja, lúpulo, malta, etc. La incertidumbre típica es que en la balanza domestica tiene un error de ± 5 gramos, con una balanza de laboratorio hay un error menor que es del $\pm 0.1g$, que esto ayuda a ser más precisos a la hora de tomar

medidas en nuestras materias primas. Y esto nos afecta siempre por que cambian la cantidad de microorganismo y cuantos aceites introducimos y afecta la fermentación sabor.

Hidrómetro

Es el que mide densidad inicial y final, que se usa para calcular el alcohol hay una incertidumbre típica es de ± 0.001 en gravedad específica, una gravedad de 0.001 SG equivale a $\pm 0.13\%$ ABV en la cerveza. Si apuntamos a un 5% podríamos terminar con 4.9 o 5.1 tan solo por el error del instrumento de medida.

Termómetro digital

Este mide la temperatura de maceración y de fermentación, tenemos una incertidumbre de típica en un termómetro casero de ± 0.5 a $\pm 1^\circ\text{C}$ y uno industrial es de $\pm 0.1^\circ\text{C}$. En la maceración tener un error de 1°C cambia el tipo de azúcares obtenidos (más fermentables o menos). En la fermentación lager una variación de $\pm 2^\circ\text{C}$ puede hacer que la levadura salvaje no fermente como se esperaba o que crezcan bacterias no deseadas.

Fermentador con control de frío

Mantiene la cerveza a temperatura estable durante la fermentación, incertidumbre típica es en sistemas caseros son cámara con termostato $\pm 1-2^\circ\text{C}$, en el sistema industrial $\pm 0.1^\circ\text{C}$, en una cerveza lager la precisión es importante porque si se sube a 15 la fermentación se descontrolaría y si se baja demasiado la fermentación se detendría.

Ph-metro

Este mide la acidez del mosto y de la fermentación, tiene una incertidumbre típica ± 0.01 a ± 0.05 unidades de PH. Tener un PH más alto de lo esperado puede permitir bacterias contaminantes y uno más bajo puede frenar la fermentación.

Manómetro

Este mide la presión de CO₂ en la cerveza, tiene una incertidumbre típica ± 0.1 bar, puede dar lugar a una carbonatación demasiada baja como una cerveza plana o demasiada alta puede tener un riesgo de explosión de botellas.

Metodología

Materias primas

La base de una cerveza lager está compuesta principalmente por malta tipo Pilsner, que aporta los azúcares fermentables y el color dorado característico. En algunas recetas se complementa con maltas Munich para dar más cuerpo y complejidad (BJCP, 2021). Los lúpulos nobles se emplean en dosis moderadas (18–24 IBU), generando un amargor balanceado que no domina el perfil. La levadura *Saccharomyces pastorianus* es la responsable de la fermentación baja, que ocurre entre 8 y 12 °C y otorga el carácter limpio típico de las lagers (BJCP, 2021).

La cáscara de naranja es la materia prima diferenciadora. Puede usarse fresca o seca; la forma seca es más sencilla de dosificar y almacenar, mientras que la fresca requiere mayor cuidado sanitario. Su composición incluye aceites esenciales y flavonoides que no solo

aportan aroma y sabor, sino también propiedades antioxidantes que ayudan a estabilizar el producto (Maltosaa, 2020). La elección entre naranja dulce o amarga (curaçao) determina si las notas serán más frutales y suaves, o más herbales e intensas (Maltosaa, 2020).

Proceso

El proceso de elaboración comienza con la molienda y maceración de la malta, en la cual el almidón se convierte en azúcares fermentables. Posteriormente, se hierve el mosto junto con el lúpulo para aportar amargor y garantizar estabilidad microbiológica. Tras el enfriamiento, se inocula la levadura y se desarrolla la fermentación primaria (7–10 días a 8–12 °C). Una vez completada, la cerveza pasa a tanques de maduración donde ocurre la fermentación secundaria o lagering (varias semanas a 1–4 °C) (BJCP, 2021).

Durante esta fase se incorpora la cáscara de naranja, lo que permite conservar sus compuestos volátiles sin que se degraden en etapas más agresivas. Finalmente, la cerveza se filtra, se carbonata y se envasa en botellas de vidrio ámbar de 330 mL, lo cual protege de la luz UV y prolonga la vida útil del producto (Wild Goose Filling, s. f.; Presens, s. f.).

Matriz de estudio de mercados para la alternativa seleccionada.

Con una producción aproximada de 8 millones de litros anuales, la cerveza artesanal en Colombia se ha consolidado como un segmento emergente dentro del mercado cervecero nacional. Este producto, caracterizado por su diversidad de estilos y el uso de ingredientes locales como frutas, especias y cáscaras de cítricos, ha incrementado su presencia en

ciudades principales y en ferias gastronómicas. Según la Asociación Colombiana de Cerveceros Artesanales, el consumo de cerveza artesanal ha tenido un crecimiento constante del 10% anual en la última década, impulsado por consumidores jóvenes que buscan experiencias diferenciadas y bebidas con valor agregado (ACCA, 2024).

En cuanto a los hábitos de consumo, se estima que la cerveza artesanal representa cerca del 1% del mercado total de cerveza en el país, con un consumo per cápita aproximado de 0,15 litros por persona al año. Aunque esta cifra aún es baja en comparación con los 51 litros per cápita de cerveza industrial, la tendencia muestra un mercado en expansión. Para 2025, la producción proyectada de cerveza artesanal se acerca a los 10 millones de litros, mientras que la demanda sigue en aumento, especialmente en el segmento premium y en consumidores interesados en productos locales y sostenibles (Euromonitor, 2025).

De esta manera, se observa un mercado disponible en crecimiento que refleja una oportunidad tanto para la diversificación de estilos como para la incorporación de materias primas nacionales, generando valor agregado a la cadena cervecera en Colombia.

Tabla 2.

Análisis del mercado para la cerveza artesanal en Colombia

<i>Año</i>	<i>Producción</i>	<i>Consumo</i>	<i>Mercado</i>	<i>Consumo per</i>	<i>Población</i>	<i>Crecimiento</i>
	<i>de cerveza</i>	<i>total</i>	<i>disponible</i>	<i>cápita</i>		<i>(%)</i>
		<i>(L/año)</i>	<i>(L/año)</i>	<i>(L/persona/año)</i>		

artesanal

(L/año)

2021	8000000	7146929.72	853070.3	0.14	51049498	10.0
2022	8800000	7733998.95	1066001	0.15	51559993	10.0
2023	9680000	8852850.79	827149.2	0.17	52075593	10.0
2024	10648000	9467342.79	1180657	0.18	52596349	10.0
2025	11712800	10624462.5	1088338	0.2	53122312	10.0
2026	12884080	11803777.8	1080302	0.22	53653535	10.0
2027	14172488	13005617	1166871	0.24	54190071	10.0
2028	15589737	14230312.6	1359424	0.26	54731972	10.0
2029	17148710	15478201.5	1670509	0.28	55279291	10.0
2030	18863582	16749625.2	2113956	0.3	55832084	10.0
2031	20749940	18044929.6	2705010	0.32	56390405	10.0
2032	22824934	19364465.1	3460469	0.34	56954309	10.0
2033	25107427	20708586.8	4398840	0.36	57523852	10.0
2034	27618170	22077654.4	5540515	0.38	58099091	10.0
2035	30379987	23472032.6	6907954	0.4	58680082	10.0

Nota. Fuente. Autoría propia

Tras analizar el mercado potencial, se percibe que depende de los lugares y bares en donde se produzcan, es por ello por lo que el sector no esta tan limitado como se esperaba. La propuesta innovadora del producto final busca reducir los costos de producción al sustituir parte de la levadura por cascara de naranja. Por ende, al tener un precio competitivo con los demás productores se espera lograr abarcar un 30 % del mercado, pero al ser un poco mas objetivos es probable abarcar un 10 o 15%. Valores consignados en la **Tabla 2**.

Tabla 3

Mercado a abarcar

Año	Mercado disponible (L/año)	Mercado del 5%
2021	853070.3	42653.51
2022	1066001	53300.05
2023	827149.2	41357.46
2024	1180657	59032.86
2025	1088338	54416.88
2026	1080302	54015.11
2027	1166871	58343.55
2028	1359424	67971.21
2029	1670509	83525.45

2030	2113956	105697.8
2031	2705010	135250.5
2032	3460469	173023.4
2033	4398840	219942
2034	5540515	277025.8
2035	6907954	345397.7

Nota. Fuente. Autoría propia

Mercado disponible por materia prima:

Malta tipo Pilsner

Con una importación aproximada de 350.000 toneladas de malta tipo Pilsner, Colombia asegura el suministro de este insumo esencial para la industria cervecera, dado que la producción nacional de cebada maltera es limitada. Según datos de la Federación Nacional de Cerveceros, esta malta representa la base principal en la elaboración de cervezas claras y su consumo está directamente relacionado con la demanda de cerveza en el país. Además, se estima que el consumo per cápita de malta en Colombia es de 6,2 kg/persona/año, calculado a partir del consumo nacional de cerveza, cercano a los 51 litros por persona (Beer Consumption in Colombia, 2024).

Para determinar el mercado disponible, se consideró la importación total de malta, la cual se sitúa en 350.000 toneladas/año con un crecimiento del 1,0% (Cerveceros de Colombia,

2023). Por otro lado, el consumo nacional de malta alcanza aproximadamente 320.000 toneladas anuales, con un incremento del 1,1% en línea con el crecimiento poblacional (Population Growth for Colombia, 2025). De esta manera, se identifica un mercado disponible cercano a las 30.000 toneladas, lo que refleja una oportunidad constante para suplir la industria cervecera en el país.

Tabla 4.

Análisis del mercado para la Malta Tipo Pilsner

<i>Año</i>	<i>Producción/importación de malta (Ton/año)</i>	<i>Consumo de malta (Ton/año)</i>	<i>Mercado disponible (Ton/año)</i>	<i>Consumo per cápita (kg/persona/año)</i>	<i>Población</i>	<i>Crecimiento (%)</i>
2021	350.000	320.000	30.000	6,2	51.049.498	1,0
2022	353.500	323.520	29.980	6,3	51.615.000	1,1
2023	357.035	327.138	29.897	6,3	52.180.000	1,1
2024	360.605	330.796	29.809	6,4	52.746.000	1,1
2025	364.211	334.504	29.707	6,4	53.312.000	1,1

Nota. Fuente. Autoría propia

Lúpulo

Con una importación aproximada de 1.200 toneladas de lúpulo al año, Colombia cubre la demanda de este insumo fundamental para la elaboración de cerveza, utilizado principalmente para aportar amargor, aroma y estabilidad a la bebida. Debido a que no existe producción local significativa, la totalidad del lúpulo proviene de países como Estados Unidos, Alemania y República Checa. Según datos de la Asociación Colombiana de Cerveceros, el consumo per cápita de lúpulo en Colombia se estima en 200 gramos por persona al año, en función de los estilos de cerveza más consumidos en el país (Beer Ingredients Market, 2024).

Para establecer el mercado disponible, se tomó como referencia la importación de lúpulo, que asciende a 1.200 toneladas/año y presenta un crecimiento del 1,3% (Hop Growers of America, 2023). Por otra parte, el consumo nacional de lúpulo ronda las 1.000 toneladas anuales, con un aumento de 1,1% asociado al crecimiento poblacional y al incremento del consumo de cerveza artesanal (Population Growth for Colombia, 2025). Así, se proyecta un mercado disponible de alrededor de 200 toneladas, lo que representa una oportunidad para el abastecimiento constante del sector cervecero en el país.

Tabla 5.

Análisis del mercado para el Lúpulo

<i>Año</i>	<i>Importación de lúpulo (Ton/año)</i>	<i>Consumo de lúpulo (Ton/año)</i>	<i>Mercado disponible (Ton/año)</i>	<i>Consumo per cápita (kg/persona/año)</i>	<i>Población</i>	<i>Crecimiento (%)</i>
2021	1.200,0	1.000,0	200,0	0,0196	51.049.498	1,3
2022	1.212,0	1.011,0	201,0	0,0196	51.615.000	1,3
2023	1.224,1	1.022,1	202,0	0,0196	52.180.000	1,3
2024	1.236,4	1.033,5	202,9	0,0196	52.746.000	1,3
2025	1.248,7	1.044,8	203,9	0,0196	53.312.000	1,3

Nota. Fuente. Autoría propia

Levadura *Sacharomyces*

Con una importación aproximada de 1.500 toneladas de levadura *Saccharomyces* anuales, Colombia cubre la demanda de este insumo esencial para la industria cervecera, dado que se utiliza en la fermentación alcohólica, transformando los azúcares de la malta en alcohol y dióxido de carbono. Al no existir producción local significativa a escala industrial, la totalidad de la levadura empleada en el país proviene de importaciones, principalmente de proveedores de Europa y Norteamérica. El consumo per cápita de levadura en Colombia se estima en 26 gramos por persona al año, considerando un consumo promedio de 51 litros de cerveza por habitante (Beer Consumption in Colombia, 2024).

Para establecer el mercado disponible, se consideró la importación anual de levadura, estimada en 1.500 toneladas con un crecimiento proyectado del 1,2% (Bolsa Mercantil de

Colombia, 2023). Por otra parte, el consumo nacional alcanza alrededor de 1.350 toneladas anuales, creciendo a la par del consumo de cerveza y del aumento poblacional, cercano al 1,1% (Population Growth for Colombia, 2025). De esta manera, se identifica un mercado disponible de aproximadamente 150 a 160 toneladas por año, lo que representa una oportunidad para el abastecimiento de la industria cervecera en el país.

Tabla 6.

Análisis del mercado para la Levadura *Sacharomyces*

<i>Año</i>	<i>Importación de levadura (Ton/año)</i>	<i>Consumo de levadura (Ton/año)</i>	<i>Mercado disponible (Ton/año)</i>	<i>Consumo per cápita (kg/persona/año)</i>	<i>Población</i>	<i>Crecimiento (%)</i>
2021	1.500,0	1.350,0	150,0	0,0264	51.049.498	1,2
2022	1.518,0	1.364,9	153,1	0,0264	51.615.000	1,2
2023	1.536,2	1.380,0	156,2	0,0264	52.180.000	1,2
2024	1.554,6	1.395,2	159,4	0,0265	52.746.000	1,2
2025	1.573,2	1.410,6	162,6	0,0266	53.312.000	1,2

Nota. Fuente. Autoría propia

Cascara de naranja

Con una disponibilidad aproximada de 180.000 toneladas anuales de cáscara de naranja como subproducto de la agroindustria de jugos y procesamiento de cítricos, Colombia

cuenta con un recurso potencial para la innovación en la industria cervecera. La cáscara de naranja se utiliza principalmente en la producción de cervezas tipo *Witbier* y Lager artesanal, aportando compuestos aromáticos como limoneno y flavonoides que enriquecen el perfil sensorial de la bebida. Según el Ministerio de Agricultura, la producción nacional de naranja supera los 2 millones de toneladas anuales, de las cuales cerca del 9% corresponde a residuos agroindustriales aprovechables (MinAgricultura, 2024).

Para determinar el mercado disponible, se tomó como referencia la producción de naranja destinada a la industria de jugos, estimada en 1,8 millones de toneladas al año, lo que genera aproximadamente 180.000 toneladas de cáscara como subproducto. De este total, se calcula que la industria cervecera artesanal aprovecha alrededor de 2.500 toneladas, con un crecimiento estimado del 1,2% (Asociación de Cerveceros Artesanales de Colombia, 2023). De esta manera, se proyecta un mercado disponible superior a 170.000 toneladas anuales, reflejando un amplio potencial para el desarrollo de cervezas diferenciadas con ingredientes locales.

Tabla 7.

Análisis del mercado para la Cascara de Naranja

<i>Año</i>	<i>Producción</i>	<i>Consumo</i>	<i>Mercado</i>	<i>Consumo per</i>	<i>Población</i>	<i>Crecimiento</i>
	<i>de cáscara de</i>	<i>en cerveza</i>	<i>disponible</i>	<i>cápita</i>		<i>(%)</i>
	<i>naranja</i>	<i>(Ton/año)</i>	<i>(Ton/año)</i>	<i>(kg/persona/año)</i>		
	<i>(Ton/año)</i>					

2021	170.000	2.000	168.000	0,0392	51.049.498	1,2
2022	172.040	2.024	170.016	0,0392	51.615.000	1,2
2023	174.104	2.048	172.056	0,0392	52.180.000	1,2
2024	176.194	2.073	174.121	0,0393	52.746.000	1,2
2025	178.308	2.098	176.210	0,0393	53.312.000	1,2

Nota. Fuente. Autoría propia

Estudio del público objetivo

En este apartado se enuncia las estrategias seguidas para entender a los futuros consumidores, para ello se realizó una encuesta con la finalidad de conocer las expectativas que tienen las personas del producto ofrecido. Se realizan preguntas que permite sectorizar según los hábitos de consumo, conocer que el perfil de sabores esperados y conocer cuanto estarían dispuestos a pagar por él. Teniendo en cuenta el siguiente formato:

En contraparte se realizó entrevistas a los competidores, con la finalidad de conocer sus opiniones y primeras impresiones del nuevo modelo de elaboración de cerveza artesanal.

En estas entrevistas, no buscamos únicamente sus opiniones sino se buscó incorporarlos a la idea de negocio, Ya sea como inversores, colaboradores o desarrolladores.

1. ¿Has implementado en tus fabricaciones la cascara de naranja? De ser así ¿De qué manera la implementaste y como fueron los resultados obtenidos en la implementación?
2. Teniendo presente una perspectiva de elaboración ¿Cuál consideras es el principal desafío que se presenta al incorporar la cascara con el fin de obtener un buen perfil aromático y sabor consistente?
3. ¿Qué consejo sería fundamental para que una cerveza artesanal con cascara de naranja destaque en el mercado local? ¿Recomiendas añadir otro ingrediente?

Resultados

Para poder corroborar la hipótesis “La cascara de naranja tiene la capacidad de fermentar y producir etanol”, se realizó investigación en la literatura que nos dio como resultado:

La cáscara de naranja contiene sustratos fermentables endógenos que "causan" o permiten la fermentación microbiana. Los principales sustratos son:

Tabla 8.

Sustratos de la cascara de Naranja

<i>Sustratos</i>	<i>Rango en material seco</i>	<i>Monómeros /productos fermentables</i>
<i>Azúcares libres</i>	9,5 – 24,5 %	Glucosa, fructosa, sacarosa

<i>Pectina</i> <i>(polisacáridos</i> <i>péctidos)</i>	14 – 23 %	Ácido galacturónico, galactosa, raminosa y oligómeros.
<i>Celulosa</i>	9 – 37 %	Glucosa
<i>Hemicelulosa</i>	5 – 17 %	Azucres C5/C6
<i>Proteínas /materia</i> <i>nitrogenada</i>	3,7 – 9 %	Aminoácidos, péptidos

Nota. Fuente. Autoría propia

Se realizó una identificación del porcentaje de cascara de naranja y levadura

Tabla 9.

Misma cantidad de cascara

<i>Levadura</i>		
<i>Cantidad</i>	Ph	°Brix
100%	6	14
70%	6	12.8
50%	6	14.2
30%	6	13.8

Nota. Fuente. Autoría propia

Tabla 10.

Misma cantidad de levadura

Cáscara

Cantidad	Ph	°Brix
100%	6	14.1
85%	6	14.2
75%	6	14.6
50%	6	14.8

Nota. Fuente. Autoría propia

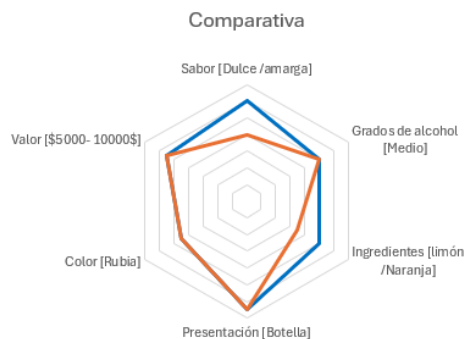
Análisis de resultados:

- Al observar las tablas comparativas de grados Brix podemos evidenciar que los grados disminuyen de manera constante y significativa, esto se debe al aumento en la presencia de la levadura en nuestras muestras. Al observar los valores obtenidos en comparativa de la cantidad de cascara muestran una tendencia a disminuir la cantidad de grados Brix, pero no de manera ya constante, ya que la cantidad de sustrato varia en la cáscara.
- La cáscara de Naranja al contener una numerosa cantidad de biocompuestos la hace un insumo ideal para procesos de producción en donde la fermentación se vea involucrada. Esto se evidencia en la cantidad de Pectina que hay presente en la cáscara representando el 23% de la cáscara.
- El alto porcentaje de celulosa (9% a 37%) sugiere una correcta sinergia entre los lactobacilos presentes y las pectinas que degradan compuestos orgánicos como la celulosa y azúcares simples.
- La presencia de aminoácidos constituye una contribución importante al proceso de fermentación ya que estos compuestos se convierten en sustratos que el sabor y cuerpo de la bebida a realizar.

- El valor de PH se mantiene constante a lo largo de las pruebas realizadas debido a que la reacción química que se presenta no supone un gran cambio en estos valores.
- La presencia de péptidos supone realizar pruebas adicionales para caracterizar los insumos naturales que se degradan con el fin de garantizar un producto mínimo viable de consumo.

Figura 2.

Comparativa Encuestas vs Producto final



Nota. Fuente. Autoría propia

- Se analizó la información obtenida en las encuestas, donde se preguntaron aspectos visuales, sensitivos y precios; Con las características finales del prototipo mínimo viables.
- En términos generales se abarcaron la mayoría de los puntos, exceptuando, el sabor, donde se optó por sabor amargo peor no tan marcado. Otro punto son los ingredientes, donde se esperaba por el consumidor el uso de limón

Conclusiones

- La cascara de naranja es un insumo biotecnológico viable con características y microorganismos fermentables, con un porcentaje óptimo para utilizar cascara de naranja y levadura y, es de 60 40, respectivamente. Logrando una integración al proceso cervecero sin afectar los estándares de calidad.
- Este proyecto es punto de partida para poder caracterizar los microorganismos presentes en la cascara de naranja para producir una levadura colombiana.
- Nuestro proyecto cumple con los objetivos de desarrollo sostenible 12 (Producción y consumo responsable) y 9 (industria, innovación e infraestructura), debido a que implementamos como materia prima un residuo (cascara de naranja), dándole una nueva vida útil.
- Se logró desarrollar correctamente una cerveza artesanal que cumpliera con los requisitos mínimos.

Además, cumple con los principios de la química verde 7 (utilización de materia primas renovables) y 11 (Monitore de los procesos en tiempo real), al realizar una cerveza artesanal es indispensable tener un control de las temperaturas, presiones y tiempos de cocción lo cual determinan la calidad y el cuerpo de la cerveza.

Bibliografía

- American Homebrewers Association. (2015). *Diacetyl Rest in Lager Fermentation*.
- ASTM International. (2020). *ASTM E1879-20: Standard Guide for Sensory Evaluation of Beverages*.
- BYO. (s.f.). *Recipes for Orange Lager*. Brew Your Own Magazine.
- CARICOM. (2018). *CARICOM Standards for Labelling of Alcoholic Beverages*.
- European Brewery Convention (EBC). (2017). *Analytica-EBC*.
- Forum Homebrewers Association. (2017). *Orange Peel in Beer Recipes*.
- HomebrewTalk. (2017). *Lagering and Clarification in Homebrewing*.
- ISO. (2005). *ISO 22000: Food Safety Management Systems*.
- ISO. (2010). *ISO/IEC 17025: Testing and Calibration Laboratories*.
- ISO. (2019). *ISO 4120: Sensory Analysis – Triangle Test*.
- ISO. (2019). *ISO 8589: General Guidance for the Design of Test Rooms*.
- ISO. (2019). *ISO 13299: Sensory Analysis – Methodology – General Guidance for Establishing a Sensory Profile*.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MINTIC. (2010). *Decreto 120 de 2010*. Normograma MINTIC.
https://normograma.mintic.gov.co/mintic/compilacion/docs/decreto_0120_2010.htm
- Red PaPaz. (s.f.). ¿Cuál es la norma frente a la publicidad y etiquetado de bebidas alcohólicas? Kit PaPaz Ángel Protector. <https://alcohol.redpapaz.org/cual-es-la-norma-frente-a-la-publicidad-y-etiquetado-de-bebidas-alcoholicas/>

- Reddit. (2017). *Orange Peel Whirlpool Brewing Discussion*.
- <https://www.cerveza-artesanal.co/como-usar-frutas-en-la-preparacion-de-cerveza/>
- <https://argentinabrewers.com/levaduras-salvajes/>
- Superintendencia Nacional de Salud – SuperSalud. (2020). *Decreto 1366 de 2020*. Normograma Supersalud.
https://normograma.supersalud.gov.co/compilacion/docs/decreto_1366_2020.htm
- Weihenstephan Research Center. (2019). *Weihenstephan Standards for Brewing Automation*.
- White Labs. (2025). *Diacetyl Reduction in Lager Yeast Strains*.
- Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos – INVIMA. (2021). *Decreto 162 de 2021*. Normograma INVIMA.
https://normograma.invima.gov.co/normograma/docs/decreto_0162_2021.htm
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11172398/>
- <https://maltosaa.com.mx/elaborar-cerveza-con-cascara-de-naranja/>

Cortés, H., Mora, M., & Acuña, A. (2020). *Microcervecerías en Bogotá: análisis de crecimiento del sector artesanal*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Euromonitor. (2020). *Market sizes: Beer industry trends*. Euromonitor International.

González, M. (2017). *Producción de levadura en la cerveza artesanal: desafíos y oportunidades*.

Revista de Ingeniería de Alimentos, 12(3), 45-56.

Guide, A. (2020). *Global beverage consumption statistics*. Beverage World.

Janda-Mulcare, K. (2025). *Biologically active compounds in citrus peel: applications in fermentation*. Journal of Food Science, 90(2), 123-134.

Ozturk, S., Papadaki, A., & Smith, J. (2019). *Citrus peel waste management and valorization*.

Waste Management, 95, 123-135.

Papadaki, A., Ozturk, S., & Johnson, L. (2020). *Trends in citrus waste utilization in the food industry*. Journal of Agricultural Research, 58(4), 210-222

(Kaur, A 2017)(PAG 189-196) *Advances in Environmental Biotechnology*

https://doi.org/10.1007/978-981-10-4041-2_11

(Oriola, A. O., Adeyemi, J. O., Miya, G. M., Hosu, Y. S., Oyedeji, O. O., Kuria, S. K.,

Oyedeji, A. O.)(PAG 11-26) *Journal of Applied Pharmaceutical Science* (2024)

<https://doi.org/10.7324/JAPS.2024.158781>

(zhou, w., widmer, w. w., & grohmann, k., 2008)(pag 307-310)

<http://journals.fcla.edu/fshs/article/download/87423/84256>

Rodríguez, L., Gómez, P., & Martínez, J. (2020). *Flavonoides cítricos: biosíntesis, propiedades y aplicaciones nutraceuticas*. Revista de Ciencias Alimentarias, 18(2), 45-59.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000500007

<https://argentinabrewers.com/levaduras-salvajes/>

<https://maltosaa.com.mx/elaborar-cerveza-con-cascara-de-naranja/>

Bamforth, C. W. (2020). *Beer: Tap into the art and science of brewing* (4th ed.). Oxford University Press.

Briggs, D. E., Boulton, C. A., Brookes, P. A., & Stevens, R. (2004). *Brewing: Science and practice*. Woodhead Publishing.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010). *Manual de prácticas de control de calidad en la elaboración de cerveza artesanal*. FAO.

Kunze, W. (2019). *Technology brewing & malting* (6th ed.). VLB Berlin.

Vanderhaegen, B., Delvaux, F., & Delvaux, F. R. (2006). Control and analysis of brewing fermentations. *Journal of the Institute of Brewing*, 112(3), 169–180.

<https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00722.x>

Bamforth, C. W. (2006). *Scientific Principles of Malting and Brewing*. American Society of Brewing Chemists.

Fix, G. J. (1999). *Principles of Brewing Science*. Brewers Publications.

Palma, S., et al. (2018). Characterization of artisanal beers made with different types of cereals. *Journal of the Institute of Brewing*.

Thesseling, F. A., et al. (2019). *A Hands-On Guide to Brewing and Analyzing Beer in the Laboratory*. (incluye protocolos de fermentación y manejo de levaduras). PMC.

Recursos profesionales/guías brewhouse (brewhouse calculations / malt usage): *Beer-Brewing* (capítulos técnicos) y guías de práctica que reportan $\approx 15\text{--}17 \text{ kg malt / hL}$ para lagers

IndexBox / market reports (datos promedio de precio de malta 2024): *Worldwide Malt Market* (resumen de precios exportación 2024)

Liang, C., et al. (2023). *New Insights on Low-Temperature Fermentation for Food Fermentation* (MDPI). <https://www.mdpi.com/2311-5637/9/5/477>. (revisión sobre fermentaciones a baja temperatura: mecanismos, ventajas y control).

Peterson, S. D., et al. (2022). *Material and energy flow analysis of craft brewing: A case study*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.

Sturm, B., et al. (2012). *Opportunities and barriers for efficient energy use in a medium-sized brewery*. *Journal of Cleaner Production / Energy studies*.

Olajire, A. A. (2012). *The brewing industry and environmental challenges*. Journal / report. (Revisión sobre consumo energético en cervecerías y gestión ambiental).

Galitsky, C., Hubbard, H., et al. (2006). *Energy Efficiency Opportunities in the Brewery Industry* (Lawrence Berkeley National Laboratory). <https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/lbnl-50979.pdf>

El País. (2025, abril 11). *Bogotá acaba con el racionamiento de agua un año después*. El País América. <https://elpais.com/america-colombia/2025-04-11/bogota-acaba-con-el-racionamiento-de-agua-un-ano-despues.html>

Expert Market Research. (2024). *Colombia craft beer market size, share, forecast 2025–2034*. Expert Market Research. <https://www.expertmarketresearch.com/reports/colombia-craft-beer-market>

Latam FDI. (2025). *Exploring industrial parks in Colombia*. Latam FDI. <https://latamfdi.com/industrial-parks-in-colombia/>

Mordor Intelligence. (2025). *South America craft beer market*. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/south-america-craft-beer-market>

Waterleau. (s. f.). *Sustainable brewing in Colombia: Brewery wastewater treatment case (Sesquillé)*. Waterleau. <https://www.waterleau.com/en/cases/sustainable-brewing-in-colombia-how-waterleaus-biotim-uasb-transforms-central-cervecera>

INVIMA. (2024). *Guía para trámites de bebidas alcohólicas*. Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. <https://www.invima.gov.co/sites/default/files/alimentos-y-bebidas->

[alcoholicas/bebidas/gu%C3%ADa_para_tr%C3%A1mites_bebidas_alcoh%C3%B3licas_2024_%281%29_%281%29.pdf](#)

Staff, F. (2023b, octubre 4). Venta de cervezas artesanales crece 51% en Colombia. Forbes Colombia. <https://forbes.co/2023/10/04/actualidad/venta-de-cervezas-artesanales-crece-51-en-colombia>

Borgna, S. (2020). *Plan de negocios: Desarrollo de una cerveza artesanal con jengibre*. Trabajo de grado, Universidad Católica de Córdoba. Repositorio Digital UCC. https://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/1694/1/TM_Borgna.pdf

How to Brew. (s.f.). *How to Brew: Everything you need to know to brew beer right the first time*. Recuperado de <https://howtobrew.com/>

Kaur, R., & Chauhan, I. (2024). *Estudios sobre polímeros biodegradables y aceites esenciales en procesos alimentarios*. Journal of Food Bioprocessing.

National Geographic. (2024, diciembre 17). *Microplásticos: Definición, impacto y formación en el ambiente*. National Geographic Society.

Purushothaman, R. (2025). *Circular economy and resource regeneration: A systemic industrial approach*. International Journal of Sustainable Production.

Rahul, B. (s.f.). *Sostenibilidad urbana basada en indicadores: Una revisión*. Journal of Urban Environmental Studies.

The Natural Resources Defense Council (NRDC). (s.f.). *Single-use plastics and their environmental impact*. NRDC Reports.

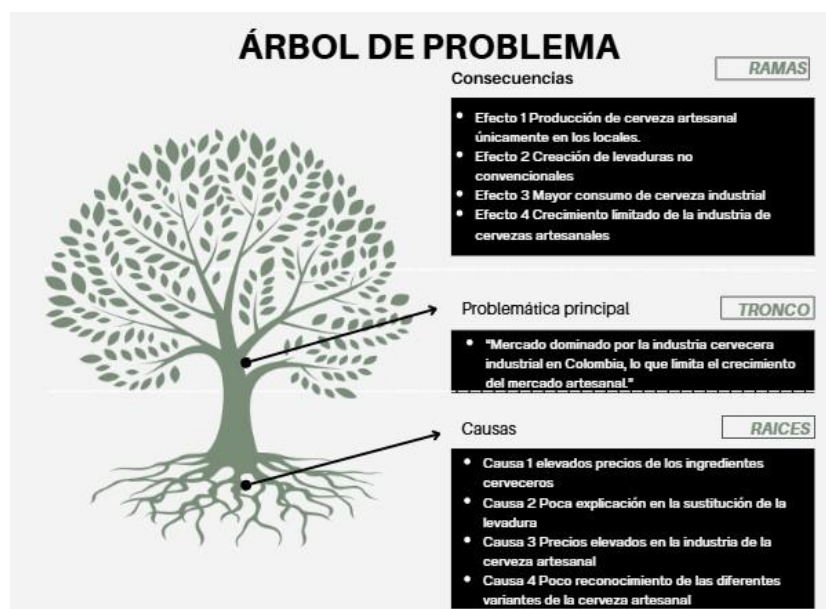
EVS Institute (Environmental Sustainability Institute). (s.f.). *Environmental pollution and harmful substances in ecosystems*. EVS Publications.

Anexos

Para el desarrollo de los objetivos se implementó como herramienta de ayuda, el árbol de problemas, presentado en la Figura 1

Figura 3.

Árbol de problemas



Nota.Fuente.Autoria Propia

Pruebas fotográficas de las pruebas realizadas

Figura 4.



Nota.Fuente.Autoria Propia

Figura 5.



Nota.Fuente.Autoria Propia

Figura 6.



Nota.Fuente.Autoria Propia

Figura 7.



Nota.Fuente.Autoria Propia

Figura 8.

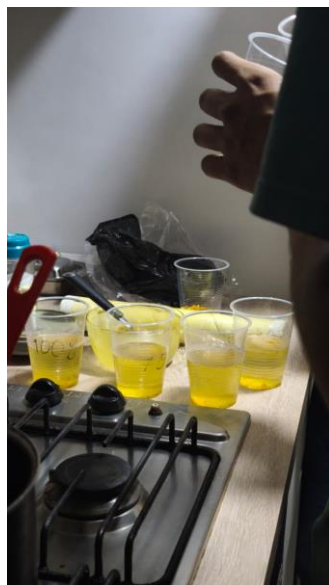


Nota.Fuente.Autoria Propia

Figura 9.



Nota.Fuente.Autoria Propia



Nota.Fuente.Autoria Propia

Figura 10.

Cáscara empleada para realización de materia prima.



Nota. Fuente. Autoría propia

Figura 11.

Proceso de fermentación.



Nota. Fuente. Autoría propia

Figura 12.

Peso de materia prima antes de acondicionamiento.



Nota. Fuente. Autoría propia

Figura 12.



Nota. Fuente. Autoría propia

Figura 12.

Carbonatación a partir de Dextrosa.



Nota. Fuente. Autoría propia

Figura 12.



Nota. Fuente. Autoría propia

Figura 13.



Nota. Fuente. Autoría propia