



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA**

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Trabajo de Integración Curricular presentado al H. Consejo
Directivo de la facultad como requisito previo para obtener el
título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Evaluación del proceso de extracción de la levadura seca
(*Saccharomyces cerevisiae*) a partir de dos tipos de sustrato

AUTOR:

Ronnie Arturo Villanueva Villamar

TUTOR:

Ing. Enrique Salazar Llorente, PhD.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA
Y VETERINARIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo de Integración Curricular, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Evaluación del proceso de extracción de la levadura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) a partir de dos tipos de sustrato

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Mg. ia Yary Gilberto Ruiz Parrales MAE.

PRESIDENTE



Ing. Sheyling Alexis Segobia Muñoz, MSc.

PRIMER VOCAL



Ing. José Ricardo Rojas Sánchez, MSc.

SEGUNDO VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con profundo amor y gratitud, a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental en cada paso de mi vida académica. A ellos, por su sacrificio, comprensión y enseñanzas que me guiaron para alcanzar esta meta.

De manera muy especial, dedico este logro a mi madre, por ser mi mayor inspiración, por su esfuerzo incansable, amor incondicional y fortaleza, que me motivaron a no rendirme en los momentos más difíciles.

También dedico este trabajo a mis abuelos, quienes con su cariño, consejos y ejemplo de vida han dejado en mí valores que me acompañarán siempre.

Finalmente, dedico este triunfo a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la salud necesarias para culminar este proyecto que representa un paso muy importante en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, por concederme la vida, salud y la oportunidad de alcanzar este objetivo que representa el fruto de años de esfuerzo y dedicación.

A mis padres, por ser el pilar fundamental en todo este proceso, por su amor, confianza y constante motivación, que me dieron la fuerza necesaria para nunca rendirme.

De manera especial, extiendo mi sincero reconocimiento al Ing. Cristian Vite Moncayo, quien también fue mi tutor y cuya orientación, tiempo y conocimientos compartidos fueron de gran valor para mi formación. Asimismo, expreso mi gratitud a mi tutor de tesis, por su apoyo, exigencia y conocimientos compartidos, los cuales fueron esenciales para la culminación exitosa de este proyecto.

AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

El suscrito, Ronnie Arturo Villanueva Villamar portador de cédula de ciudadanía número 1250062468, libre y voluntariamente declaro que el Informe final del trabajo de integración curricular titulado: "Evaluación del proceso de extracción de la levadura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) a partir de dos tipos de sustrato", es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mí sola responsabilidad legal y académica.

Ronnie Villanueva



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FECHA: 31/8/2025
HORA: 7:39

SR(A).
ING. EDWIN AMADO MENDOZA HIDALGO
COORDINADOR DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
EN SU DESPACHO.-

DE MI CONSIDERACIÓN:

EN ATENCIÓN A LA DESIGNACIÓN COMO DOCENTE TUTOR PARA GUIAR EL TRABAJO DE TITULACIÓN
CON EL TEMA:

MODALIDAD	FASE	TEMA
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LA LEVADURA SECA (SACCHAROMYCES CEREVISIAE) A PARTIR DE DOS TIPOS DE SUSTRATO

PERTENECIENTE A EL/LOS ESTUDIANTES:

FACULTAD	CARRERA	ESTUDIANTE
FACIAG	AGROINDUSTRIA	VILLANUEVA VILLAMAR RONNIE ARTURO

AL RESPECTO TENGO A BIEN INFORMAR QUE EL/LOS ESTUDIANTES HAN CUMPLIDO CON LAS DISPOSICIONES ESTABLECIDAS EN EL REGLAMENTO E INSTRUCTIVO DE TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, EN LOS TIEMPOS ESTABLECIDOS PARA EL EFECTO.

POR LO ANTERIORMENTE EXPUESTO, EL TRABAJO DE TITULACIÓN ES APROBADO POR QUIEN SUSCRIBE, AUTORIZANDO CONTINUAR CON EL PROCESO LEGAL PERTINENTE

POR LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA DAR AL PRESENTE ME SUSCRIBO.

ATENTAMENTE,



ENRIQUE JOSÉ SALAZAR LLORENTE
DOCENTE TUTOR DEL EQUIPO DE TITULACIÓN



Av. Universitaria Km 2 1/2 Vía Montalvo
05 2570 368
rectorado@utb.edu.ec
www.utb.edu.ec



FECHA: 16/9/2025
HORA: 10:3

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIDAD DE TITULACIÓN

SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE TITULACIÓN

DOCENTE TUTOR: SALAZAR LLORENTE ENRIQUE JOSÉ
ESTUDIANTES: VILLANUEVA VILLAMAR RONNIE ARTURO
PERIODO TITULACIÓN: ABRIL 2025 - SEPTIEMBRE 2025
MODALIDAD DE TITULACIÓN: TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
FASE DE MODALIDAD: INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PROYECTO DE TITULACIÓN: EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LA LEVADURA SECA (SACCHAROMYCES CEREVISIAE) A PARTIR DE DOS TIPOS DE SUSTRATO

INFORMACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LA LEVADURA SECA (SACCHAROMYCES CEREVISIAE) A PARTIR DE DOS TIPOS DE SUSTRATO

FASE	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO
INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	2025-07-01	2025-09-16	TERMINADO	100%	HABILITADO

INFORMACIÓN DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO

CAPITULO I - CONTEXTUALIZACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA					
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO
CAPITULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO

CAPITULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA					
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO
CAPITULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO

CAPITULO I - JUSTIFICACIÓN					
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO
CAPITULO I - JUSTIFICACIÓN	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO

CAPITULO I - OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN					
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO
CAPITULO I - OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO


CAPITULO I - HIPÓTESIS					
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO
CAPITULO I: HIPÓTESIS	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO

CAPITULO II - ANTECEDENTES					
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO
CAPITULO 2: ANTECEDENTES	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO

CAPITULO II - BASES TEÓRICAS					
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO
CAPITULO 2: BASES TEÓRICAS	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO

CAPITULO III - TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO III - TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
CAPITULO III - OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO III - OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
CAPITULO III - POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO III - POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
CAPITULO III - TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO III - TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
CAPITULO III - PROCESAMIENTO DE DATOS						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO III- PROCESAMIENTO DE DATOS	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
CAPITULO III - ASPECTOS ÉTICOS						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO III: ASPECTOS ÉTICOS	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
CAPITULO IV - RESULTADOS						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO IV - RESULTADOS	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
CAPITULO IV - DISCUSIÓN						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO IV- DISCUSIÓN	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
CAPITULO V - CONCLUSIONES						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO V - CONCLUSIONES	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
CAPITULO V - RECOMENDACIONES						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
CAPITULO V- RECOMENDACIONES	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
REFERENCIAS						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
REFERENCIAS	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
ANEXOS						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
ANEXOS	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
TRABAJO FINAL						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	
TRABAJO FINAL	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO	
TRABAJO FINAL CORREGIDO	2025-09-11	2025-09-12	TERMINADO	100%	HABILITADO	
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE						
ACTIVIDAD	F. INICIO	F. FIN	PROCESO	PORC.	ESTADO	

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	2025-08-25	2025-08-30	TERMINADO	100%	HABILITADO
--------------------------	------------	------------	-----------	------	------------


VILLANUEVA VILLAMAR RONNIE ARTURO
ESTUDIANTE


SALAZAR LORENTE ENRIQUE JOSÉ
DOCENTE TUTOR



Tesis levadura seca

6%
Textos sospechosos

< 1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
2% Idiomas no reconocidos
4% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Tesis levadura seca.docx
ID del documento: 267d9fa99a26ec5230db237dbd72ff26accaa549
Tamaño del documento original: 1,11 MB

Depositante: SALAZAR LLORENTE ENRIQUE JOSÉ
Fecha de depósito: 30/8/2025
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 30/8/2025

Número de palabras: 8566
Número de caracteres: 54.396

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuente con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 aportecivico.gobiernoelectronico.gob.ec Consulta pública para la actualizació... https://aportecivico.gobiernoelectronico.gob.ec/legislation/processes/21/draft_versions/41	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Handwritten signature in blue ink

INDICE GENERAL

Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Resumen.....	XIV
Abstract.....	XV
CAPITULO I. Introducción.....	1
1.1 Contextualización problemática.....	1
1.1.1 Contexto internacional.....	1
1.1.2 Contexto nacional.....	1
1.1.3 Contexto local.....	2
1.2 Problema de investigación.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos de la investigación.....	5
1.4.2 Objetivo general.....	5
1.4.3 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO.....	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.2 Bases Teóricas.....	7
2.2.1 Saccharomyces cerevisiae: Características, morfología y fisiología.....	7
2.2.2 Requerimientos nutricionales y condiciones óptimas de cultivo.....	8
2.2.3 Proceso de extracción de levadura seca.....	9
2.2.4 Principales parámetros operativos que afectan el rendimiento.....	11
2.2.5 Propiedades fisicoquímicas y perfil proteico.....	12
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2. Operacionalización de variables.....	15
3.3. Población y muestra de investigación.....	16
3.3.1. Población.....	16

3.3.2. Muestra	17
3.4. Técnicas e instrumentos de medición	17
3.4.1. Instrumentos	18
CAPITULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSION	20
4.1 Resultados	20
4.1.1 Balance del proceso de extracción de levadura seca.....	20
4.1.2 Rendimiento de levadura y consumo de sustratos	23
4.2 Discusión.....	41
CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1 Conclusiones	42
5.2 Recomendaciones	43
REFERENCIAS	44
Anexos	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables independientes y dependientes.....	16
Tabla 2. Técnicas utilizadas en la investigación.....	17
Tabla 3. Instrumentos utilizados.....	18
Tabla 4. Procesamiento de datos.....	19
Tabla 5. Análisis descriptivo y prueba de normalidad de los datos (melaza y jugo de caña).....	24
Tabla 6. Tamaño de muestra por variable.....	26
Tabla 7. Pruebas de normalidad y homogeneidad.....	26
Tabla 8. Resultados de pruebas estadísticas.....	27
Tabla 9. Intervalos de confianza bootstrap para medias y medianas.....	28
Tabla 10. Cliff's delta para comparación entre grupos.....	29

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de flujo del proceso de extracción de levadura seca.....	14
Gráfico 2. Distribución de kg semanales por periodo.....	35
Gráfico 3. Distribución de proteína promedio por periodo.....	36
Gráfico 4. Distribución de humedad promedio por periodo.....	37
Gráfico 5. Distribución de cenizas promedio por periodo.....	38
Gráfico 6. Matriz de correlación no zafra.....	39
Gráfico 7. Matriz de correlación zafra.....	40
Gráfico 8. Relación proteína – humedad por periodo.....	41
Gráfico 9. Cantidad total de kg no zafra.....	43
Gráfico 10. Cantidad total de kg zafra	44
Gráfico 11. Comparación mensual de producción.....	45

RESUMEN

El presente estudio evaluó el proceso de extracción de levadura seca inactiva (*Saccharomyces cerevisiae*) a partir de dos sustratos melaza y jugo de caña, analizando su efecto en parámetros de rendimiento y calidad fisicoquímica. Este estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo, se ejecutaron fermentaciones, centrifugado, compactación y secado por aspersión para obtener levadura seca inactiva; se midieron rendimiento gravimétrico (OIML R61), proteína (Dumas, AOAC 990.03), humedad (AOAC 925.10; NTE INEN 540) y cenizas (AOAC 942.05; ISO 5985:2002). Los resultados evidencian incrementos significativos en zafra: 7 000–25 000 kg/semana frente a 3 000–6 000 kg en no zafra, mayor proteína (34 a 38 % vs. 28 a 33 %) y menor humedad (5 a 6 % vs. hasta 9 %) y cenizas (7,5 a 8,5 % vs. 9 a 14 %). Estos parámetros se encuentran dentro de rangos admisibles para uso en alimentación animal conforme a la Resolución No. 111 y el Reglamento Técnico RTE-187, y el proceso se enmarca en los requisitos de Agrocalidad, Resolución 0066 (BPM) de 2017 el cual establece los estándares para auditorías de certificación de Buenas Prácticas de Manufactura y almacenamiento de productos veterinarios. Se concluye que la combinación de sustratos y la estacionalidad optimizan tanto el rendimiento como la calidad, incrementando el valor agregado y la competitividad industrial.

Palabras clave: fermentación, levadura seca, no zafra, proteína, rendimiento, *Saccharomyces cerevisiae*, zafra.

ABSTRAC

This study evaluated the extraction process of inactive dry yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) from two substrates—molasses and sugarcane juice—analyzing its effect on yield and physicochemical quality parameters. The research was conducted under a quantitative approach, performing fermentation, centrifugation, compaction, and spray drying to obtain inactive dry yeast. Gravimetric yield (OIML R61), protein content (Dumas method, AOAC 990.03), moisture (AOAC 925.10; NTE INEN 540), and ash content (AOAC 942.05; ISO 5985:2002) were measured. The results showed significant increases during the harvest season: 7,000–25,000 kg/week compared to 3,000–6,000 kg in the off-season, higher protein levels (34–38% vs. 28–33%), and lower moisture (5–6% vs. up to 9%) and ash content (7.5–8.5% vs. 9–14%). These parameters fall within acceptable ranges for use in animal feed according to Resolution No. 111 and Technical Regulation RTE-187, and the process complies with the requirements of Agrocalidad, Resolution 0066 (GMP) of 2017, for certification audits of Good Manufacturing Practices and storage of veterinary products. It is concluded that the combination of substrates and seasonality optimizes both yield and quality, increasing added value and industrial competitiveness.

Keywords: dry yeast, fermentation, harvest season, off-season, protein, *Saccharomyces cerevisiae*, yield.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Contextualización problemática

1.1.1 Contexto internacional

Las levaduras tradicionalmente han sido ampliamente reconocidas y utilizadas a nivel mundial tanto por su capacidad fermentativa en la industria de bebidas alcohólicas en la panificación y la producción de suplementos alimenticios. La producción mundial de levadura ha experimentado un crecimiento significativo, alcanzando 2 millones de toneladas en 2022 (FAO, 2024), esto debido a un aumento neto de 270,000 toneladas desde 2018, algunas proyecciones mencionan un mercado global de USD 6.5 mil millones para 2035 (Cassie Tyler, 2025),

Algunos análisis regionales como en el de América del Norte anticipan que el mercado de la levadura obtuvo un valor de USD 1,487 millones de dolares aproximadamente en el año 2022 y se estima que para el año 2030 esta cifra sea de 2,814 millones (Data Bridge, 2022).

Particularmente, la levadura seca inactiva (LSI) es valorada por su alta digestibilidad, perfil nutricional y viabilidad para ser utilizada como ingrediente funcional en alimentos balanceados, suplementos y formulaciones veganas (Yu Pin Li et al., 2024) Sin embargo, también se ha documentado que la calidad depende de variables como el tipo de sustrato, la duración del proceso fermentativo y el tratamiento post-fermentación (Ji et al., 2024)

1.1.2 Contexto nacional

En Ecuador, el uso de levadura se concentra principalmente en panaderías, destilerías y cervecerías. No obstante, la mayoría de la levadura residual generada por estos procesos se descarta como residuo sin valor agregado (Preciado-Saldaña et al., 2022), a pesar de su riqueza en nutrientes. Esta situación contrasta con las políticas

públicas que promueven la bioeconomía y el aprovechamiento de subproductos agroindustriales (Riera, 2021).

La literatura nacional apunta a que el país no aprovecha estos residuos fermentativos para transformarlos en insumos proteicos de uso alimentario y agropecuario, reduciendo así la dependencia de insumos importados, en este sentido, la valorización de levadura residual mediante su procesamiento y mejoramiento, podría aportar a la economía circular, la seguridad alimentaria y la competitividad agroindustrial del país (Cevallos Cruel, 2023).

1.1.3 Contexto local

En la provincia del Guayas, se centra gran parte de la producción de caña de azúcar a nivel nacional fue de 130.677 hectáreas esta producción se concentra en la provincia del Guayas con el 75,90 % del total del cultivo (INEC, 2022), esta materia prima es la principal para la producción de azúcar luego de la producción de azúcar se genera melaza y jugo de caña el cual es un subproducto necesario para realizar alcohol mediante procesos fermentativos, no obstante no se tiene registros de un aprovechamiento del subproducto en este caso levadura proveniente del proceso fermentativo de alcohol.

Es por ello que la utilización de este subproducto es una opción viable para general valor agregado a un debido a su alto contenido nutricional y versatilidad de aplicaciones en el mercado, transformando de esta manera un residuo industrial en un recurso valioso.

1.1.4 Contextualización de la problemática

La levadura es un producto derivado de la fermentación de caña de azúcar y el cual presenta una diversidad de aplicaciones industriales, estas aplicaciones abarcan desde sectores alimentarios, farmacéuticos, agrícolas y biotecnológicos (Lamas Pérez et al., 2023)

No obstante, se ha identificado un problema crítico en la cantidad de producto final extraído, especialmente durante la época de no zafra, el bajo rendimiento de la levadura seca. Esta deficiencia se debe principalmente a causas como la reutilización de sustratos ya agotados (levadura previamente usada), la baja tasa de renovación de materia prima fresca y los tiempos prolongados de producción (Bansfield et al., 2023).

Los factores anteriormente mencionados conllevan al agotamiento de los nutrientes esenciales del medio, disminuyendo la calidad de las levaduras y, como consecuencia el contenido proteico final. Como resultado, se genera baja cantidad de producto, y en ocasiones es un producto no apto para la comercialización (Acosta-García et al., 2024).

En conjunto todos estos problemas dan lugar a reprocesamiento de lotes para mejorar el contenido proteico final, generando así un consumo de recursos y tiempo que se ve reflejado como pérdidas y gastos económicos extras.

1.2 Problema de investigación

¿Cómo influye la incorporación de melaza y jugo de caña en el rendimiento de extracción y perfil proteico de levadura seca obtenida de procesos fermentativos?

1.3 Justificación

El aprovechamiento de residuos industriales representa una estrategia clave para el desarrollo sostenible de la agroindustria, especialmente en regiones donde abundan subproductos fermentativos como la levadura residual (Ogbu & Okey, 2023).

En este contexto, la recuperación y valorización de levaduras residuales provenientes de procesos de fermentación permite generar productos innovadores con alto valor nutricional, tales como la levadura seca inactiva, utilizada como fuente alternativa de proteína en alimentos funcionales, balanceados o suplementos (Jach et al., 2022).

La levadura de caña de azúcar contiene los nueve aminoácidos esenciales en proporciones equilibradas, comparable a proteínas animales. Un estudio confirma que la levadura autolizada alcanza 51.17% de proteína cruda en base seca, con digestibilidad ileal estandarizada de aminoácidos comparable a la harina de soja (Kaewtapee et al., 2022).

De esta manera también se lograría mejorar la economía circular al utilizar subproductos de la industria azucarera (como melazas), minimizando de esta forma los residuos generados por las mismas de esta manera la fermentación de caña de azúcar transforma los desechos en proteína microbiana de alto valor biológico (Ley-de Coss et al., 2023).

Y de igual manera se apoyaría a minimizar la huella ecológica ya que La producción de proteína a partir de levaduras representa una alternativa sostenible frente a las fuentes tradicionales de origen animal. Según (Raita et al., 2022), esta biotecnología emite apenas 0.45 kg de CO₂ equivalente por kilogramo de proteína, en comparación con los 5.8 a 7.5 kg de CO₂eq/kg emitidos en la producción de proteína

bovina. Posicionándola como una solución eficiente y ambientalmente amigable para la industria alimentaria y de piensos.

Es por ello que esta investigación busca determinar el volumen de extracción de levadura usando solo melaza versus melaza y jugo de caña verificando su perfil proteico asegurando un rendimiento de proteína aceptable para su comercialización.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.2 Objetivo general

- Realizar la evaluación del proceso de extracción de la levadura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) a partir de dos tipos de sustrato.

1.4.3 Objetivos Específicos

- Determinar el balance parcial de las etapas de extracción y secado de la levadura seca obtenidas a partir del proceso fermentativo.
- Comparar los rendimientos de la levadura seca resultante del proceso de fermentación con los diferentes sustratos
- Analizar el perfil proteico y otras características fisicoquímicas de la levadura resultante de los procesos de fermentación.

1.5 Hipótesis

Ho: Los sustratos melaza y jugo de caña no afectara significativamente el rendimiento de extracción de la levadura seca

Hi: Los sustratos de melaza y jugo de caña afectara significativamente el rendimiento de extracción de la levadura seca.

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es la más usada en el proceso de fermentación en destilerías. Este es un microorganismo especializado en la fermentación alcohólica, el cual tiene cepas adaptadas para fermentar bajo diversas condiciones. Su capacidad tolerante a las altas concentraciones de azúcares, pH bajos, alta concentración de etanol y temperaturas variadas la hace especialmente viable para predominar en la fermentación alcohólica (Martín Guindal, 2024).

La creciente demanda por parte del sector alimentario genera cada vez más nuevas formas de aprovechamiento de recursos secundarios que anteriormente eran descartados por las empresas en el caso de la levadura proveniente de procesos fermentativos para la generación de alcohol en forma de levadura que generalmente no se aprovecha. Durante el proceso de fermentación para obtener alcohol la levadura residual forma flóculos y se deposita como residuos que representa entre 2 a 2.5 kg por cada 100 L de producto fermentado (Santacruz-Salas et al., 2023).

La levadura seca que es proveniente de procesos fermentativos, como la *Saccharomyces cerevisiae*, es muy apreciada debido a sus elevados niveles de proteína. Se ha demostrado que la biomasa seca obtenida de esta levadura suele contener entre un 32-49% de proteína bruta, y unos valores típicos entre 40-46%, así como una elevada digestibilidad y aminoácidos esenciales, que incluyen treonina, lisina, y valina, que aportan un buen valor nutricional (Elhalis, 2024).

Por lo tanto la levadura seca suele ser usada como alimentos funcionales y suplementos proteicos en esta aplicación se usa como suplemento nutricional y proteico, debido al alto contenido proteico, polisacáridos (β -glucanos y mananos) entre otros nutrientes que mejoran la respuesta inmune y ayudan a moderar el estrés y enfermedades (Fuentes-Gutiérrez et al., 2022).

Así mismo la levadura seca puede ser empleada en la industria de fermentación de bebidas y alimentos ya que es fundamental para la producción de cerveza, vino, pan, licores, y otros productos fermentados, aportando no solo el componente de fermentación sino también confiere propiedades sensoriales tales como aroma y control microbiológico por efecto killer (que inhibe el desarrollo de levaduras contaminantes).

En el campo biotecnológico la levadura *S. cerevisiae* se usa para producción heteróloga de enzimas, proteínas farmacéuticas, biocombustibles y como biocatalizador de diversos procesos químicos. Se cultiva industrialmente en biorreactores para biomasa y productos específicos

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 *Saccharomyces cerevisiae*: Características, morfología y fisiología

Saccharomyces cerevisiae es un hongo unicelular eucariota usado ampliamente en industrias fermentativas y biotecnológicas. Las células tienen una forma típica en forma esférica u ovoidal, con un diámetro que ronda entre 5–10 μm . Su modelo de reproductivo es principalmente por gemación asimétrica, originando de esta manera células hijas que crecen unidos a la célula madre, mientras que la reproducción sexual (menos frecuente en contextos industriales) produce ascosporas contenidas en un ascus tras la meiosis (Sudiyani et al., 2021).

Esto desde un punto de vista celular la *S. cerevisiae* posee una pared rica en polisacáridos como glucanos, quitina y manoproteínas, los cuales les confiere de un soporte estructural y resistencia frente a las agresiones físicas o químicas del entorno en que se encuentre. Esta defensa se modifica por medio de la vía de integridad de la pared celular (CWI), en la cual la activación induce la expresión de genes denominados FKS2 y CRH1 en respuesta a estrés por etanol, reestructurando su pared para aumentar la robustez (Sabate, 2023).

En lo que respecta a la fisiología la *S. cerevisiae* es capaz de tolerar condiciones extremas de fermentación como alta concentración de etanol (hasta alrededor del 8–10 %), regresando su viabilidad a través de mecanismos de estrés como acumulación de glucosa, trehalosa y proteínas de choque térmico (HSPs). Estas moléculas estabilizan proteínas y membranas celulares frente a deshidratación y etanol. La trehalosa actúa como protectora retardando la actividad de radicales libres y preservando la estructura celular durante estrés oxidativo u osmótico (Ochoa Florez et al., 2024).

El estrés osmótico inducido por una alta osmolaridad o baja pH activa la vía HOG (High Osmolarity Glycerol), provocando la expresión de GPD1 y GPD2 y la acumulación de glicerol intracelular como medio osmoprotector. En cepas evolucionadas experimentalmente para tolerancia osmótica, se ha observado sobreexpresión de genes como ELO2, que incrementan la síntesis de esfingolípidos complejos y mejoran la integridad de membrana ante estrés iónico u osmótico (Ojeda, 2022).

Por último, *S. cerevisiae* también manifiesta un conocido efecto Crabtree, el cual se da fermentando glucosa preferentemente a etanol incluso aún bajo condiciones aerobias con alta concentración de azúcar, lo que representa una clara ventaja competitiva en entornos ricos en sustrato (Nguyen et al., 2024)

2.2.2 Requerimientos nutricionales y condiciones óptimas de cultivo.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* requiere principalmente de una fuente de carbono fácilmente asimilable, de tipo hexosas como glucosa, fructosa o maltosa. En cultivos industriales, se ha demostrado que el uso de dextrina como fuente de carbono (90 g/L) permite una producción de biomasa de alta densidad (~55 g/L) sin disparar el efecto Crabtree, favoreciendo un crecimiento aeróbico eficiente incluso en altas concentraciones de sustrato (Xiao et al., 2025).

La disponibilidad de nitrógeno asimilable (YAN), entre los cuales se incluye amonio y aminoácidos libres, es una parte crítica y fundamental para conseguir fermentaciones completas y rendimientos elevados. En aplicaciones como la industria del vino, se reconoce que valores de YAN entre 150 y 400 mg N/L son necesarios para evitar fermentaciones lentas (Martín Guindal, 2024).

Las vitaminas del grupo B (biotina, tiamina, piridoxina, riboflavina, ácido pantoténico e inositol) tienen un rol fundamental en el crecimiento y rendimiento fermentativo. La adición de biotina ($\approx 12.5 \mu\text{g/L}$) ha sido asociada con un aumento significativo en la producción de etanol, mientras que su omisión redujo el rendimiento, aunque sin afectar el crecimiento en ciertas cepas (Perli et al., 2020).

La temperatura óptima para el cultivo de *S. cerevisiae* suele estar entre 30 °C y 33 °C en fermentaciones aerobias. Un trabajo sobre producción de glucógeno evidenció que 30 °C y una aireación de 3 vvm con 120 g/L de glucosa garantizaban alta acumulación de esta biomolécula sin generar etanol como inhibidor principal. Por encima de 33 °C, la eficiencia metabólica decae y aumentan los requerimientos energéticos de mantenimiento, reduciendo la productividad (Malairuang et al., 2020).

2.2.3 Proceso de extracción de levadura seca

El proceso de extracción de la levadura seca inicia con la recepción de materia prima, que consiste principalmente en melaza y jugo de caña este último sustrato varia si es temporada de zafra, estos subproductos de la industria azucarera ricos en azúcares fermentables, son esenciales para proporcionar la fuente de carbono necesaria para el crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. En esta etapa, se reciben, verifican y acondicionan antes de su incorporación al sistema de producción.

Posteriormente, el material pasa a la etapa de prefermentación, donde se verifican y ajustan parámetros fundamentales del mosto. Se regula la concentración de

sólidos solubles a un rango de 15–18 °Brix, el pH entre 4.5 y 5.0, y se adicionan nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo. Por medio de esta preparación se crea un medio favorable para el desarrollo inicial de la levadura, asegurando que los nutrientes estén disponibles en las proporciones óptimas para favorecer su metabolismo y futura fermentación.

En la fase de fermentación, se inocula el mosto con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y se somete a condiciones controladas como temperatura de 30–35 °C y tiempo de fermentación entre 24 a 48 horas y un ambiente estrictamente anaerobio. Es durante esta etapa, en la cual la levadura actúa transformando los azúcares en etanol y dióxido de carbono, generando un producto intermedio denominado vino de fermentación, que contiene aproximadamente 12° alcohólicos, mientras que el CO₂ se almacena para otros usos.

Posterior a esto el vino fermentado se somete a un primer centrifugado, esto se da con el objetivo de separar los restos de melaza no fermentada y otras impurezas. El líquido clarificado obtenido, conocido como vino centrifugado, es el principal constituyente para las etapas posteriores de la obtención de la levadura seca.

El vino centrifugado se almacena en tanques de almacenamiento para su estabilización temporal. Desde estos tanques, el producto se conduce a un segundo centrifugado, donde se obtiene la denominada crema diluida, que contiene un 20% de concentración. En esta operación también se elimina agua alcohólica que es aprovechada en otros procesos como el de destilación.

La crema diluida pasa luego a tanques pulmón, que actúan como depósitos intermedios para homogenizar el producto antes de su concentración final. Seguidamente, se procede a la etapa de compactación, en la que se eleva la concentración de levadura hasta alcanzar un contenido celular del 80%, eliminando nuevamente agua alcohólica sobrante.

Una vez compactada, la levadura se somete a la fase de secado, realizada mediante un sistema de spray dryer. En esta operación, la crema de levadura concentrada se pulveriza en una corriente de aire caliente a 195 °C, utilizando GLP y vapor de agua como fuentes térmicas. Este secado rápido reduce la humedad de la levadura hasta un valor máximo del 8%, obteniendo así la levadura seca en polvo, mientras que se genera un subproducto secundario denominado polvo fino de levadura.

Después del secado, la levadura es conducida a silos para su almacenamiento y posterior empacado, en el cual la levadura seca se dosifica en fundas de poliestireno recubiertas en fundas papel kraft de con una capacidad de 25 kg garantizando así su protección frente a humedad y contaminantes externos previamente rotuladas con el lote específico para un mejor registro y trazabilidad del producto terminado.

Finalmente, el producto empacado se traslada mediante bandas transportadoras al área de almacenamiento final, donde permanece en condiciones controladas de temperatura y humedad hasta su distribución final. Este manejo cuidadoso asegura que la levadura seca conserve su calidad, composición fisicoquímica y características deseadas para aplicaciones alimenticias o biotecnológicas.

2.2.4 Principales parámetros operativos que afectan el rendimiento

Los parámetros operativos clave que determinan el rendimiento en el secado por atomización de levadura incluyen temperatura de entrada y salida, tasa de alimentación (feed rate) y velocidad de atomización o presión del spray. Estas variables afectan tanto la viabilidad celular como la eficiencia del proceso, medida en recuperación de producto en polvo seco, contenido de humedad y actividad funcional como fermentativa o probiótica (Obando Troya, 2022).

La velocidad de atomización y presión de la boquilla (spray pressure / nozzle diameter) afectan el tamaño de gota y por ende el tamaño final de partícula. Gotas más pequeñas secan más rápido, pero pueden dañar células por mayor exposición térmica y afectar el producto final. Asimismo, la velocidad afecta el tiempo de residencia en la cámara y, por tanto, la pérdida de humedad y viabilidad (Sin et al., 2024).

Finalmente, el tiempo en el que está expuesta la materia prima en el secador actúa como un parámetro indirecto de manera que cuanto más prolongado el contacto con temperaturas elevadas sin suficiente evaporación mayor es el daño térmico recibido y menor la viabilidad celular pudiendo obtener de esta manera un producto no conforme a lo esperado (Fusieger et al., 2025).

2.2.5 Propiedades fisicoquímicas y perfil proteico

Perfil proteico

El perfil proteico de la levadura seca de *Saccharomyces cerevisiae*, suele rondar entre un 40% y 50% del peso seco siendo muy popular por esto. Esta proteína posee un gran valor biológico debido a un perfil balanceado de aminoácidos esenciales, destacándose especialmente lisina, treonina, arginina, valina e isoleucina. La proteína de *S. cerevisiae* también es conocida por tener una buena digestibilidad, siendo así apreciada tanto para aplicaciones alimentarias como en suplementos nutricionales (Jach et al., 2022).

Humedad

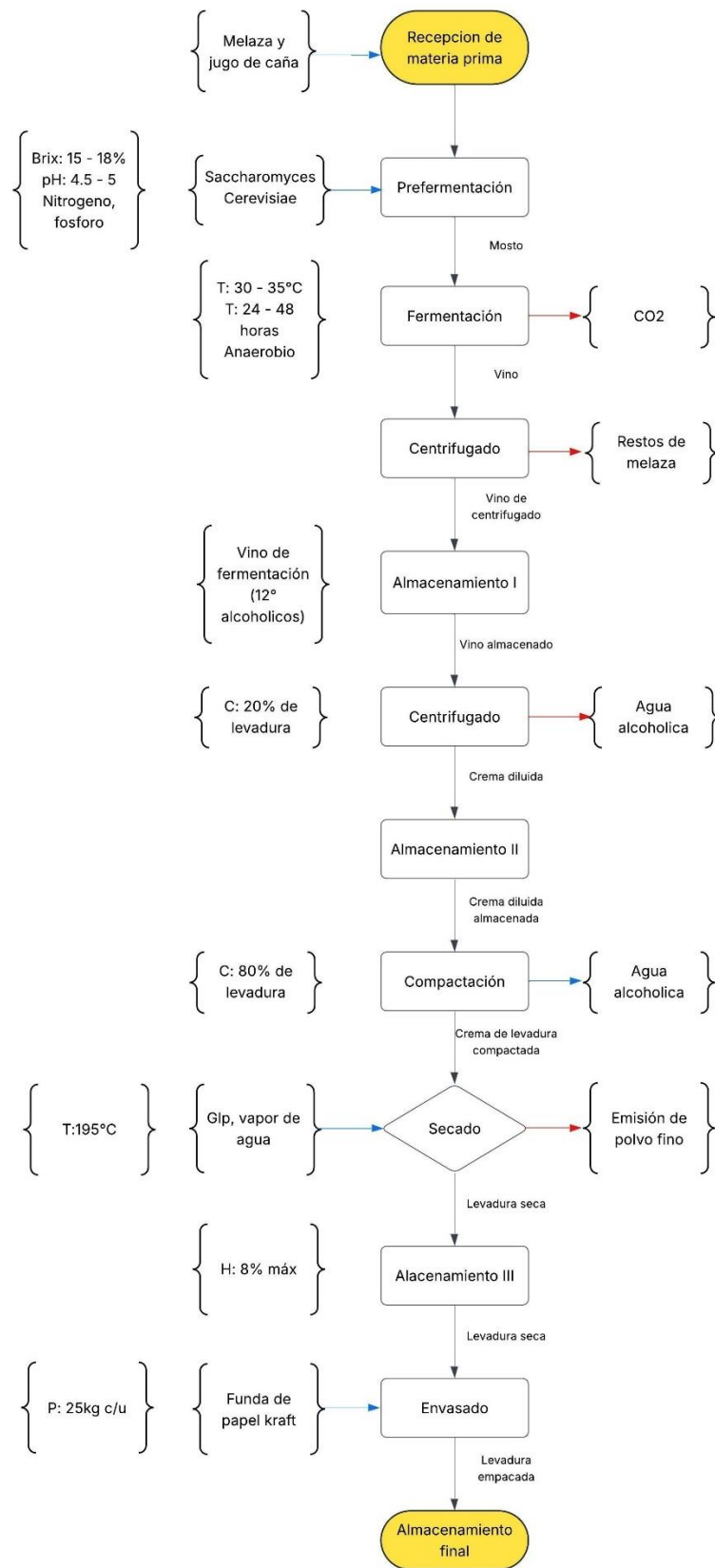
Un análisis reciente de biomasa de *S. cerevisiae* informa que el contenido de humedad en levadura seca comercial suele rondar el 11,6 % sobre peso húmedo ($\approx 88,4$ % de materia seca). Este nivel de humedad es crítico ya que de esta manera se garantiza la estabilidad microbiológica, además de asegurar una vida útil adecuada alrededor de los 8–10 % de humedad final en polvo (O. Martin & Chan, 2024).

Cenizas

Respecto a las cenizas (minerales totales), se reportan valores típicos de 6–7 % en base seca para levadura seca (equivalente a ceniza $\approx 6,5$ % sobre peso húmedo). Esto nos da como referencia una presencia relevante de minerales como hierro, zinc, fósforo, magnesio y manganeso, los cuales van a aportar un valor nutricional ya sean estos en suplementos como en ingredientes funcionales (O. Martin & Chan, 2024).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Gráfico 1. Diagrama del proceso de extracción de levadura seca



Autor: Villanueva, 2025

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, dado que se busca determinar la cantidad de levadura extraída al usar melaza y luego determinar la cantidad extraída al usar melaza adicionando jugo de caña en el proceso de fermentación.

3.2. Operacionalización de variables

La “Tabla 1” muestra las variables del estudio, donde las independientes corresponden al tipo de proceso fermentativo (melaza o melaza con jugo de caña), y las dependientes incluyen perfil proteico, rendimiento de levadura, humedad y cenizas. Estas fueron medidas mediante normativas de la AOAC y la OIML R61, asegurando la validez de los resultados.

Tabla 1.*Variables independientes y dependientes*

Variables	Descripción	Medición	Métodos de medición / normativa
Independientes	Proceso fermentativo de melaza	Continua	Historial de tipo de sustrato usado
	Proceso fermentativo de melaza + jugo de caña	Continua	Historial de tipo de sustrato usado
	Perfil proteico del proceso fermentativo (melaza vs melaza y jugo de caña)	Cuantitativa	Aoac 990.03
Dependientes	Rendimiento de levadura del proceso fermentativo (melaza vs melaza y jugo de caña)	Cuantitativa	OIML R61
	Humedad	Porcentual	Aoac 925.10
	Cenizas	Porcentual	Aoac 942.05

Autor: Villanueva, 2025

3.3. Población y muestra de investigación

3.3.1. Población

La población de estudio está compuesta por los lotes de levadura seca obtenidos a partir de biomasa fermentativa residual generada en una planta destiladora de alcohol ubicada en la provincia del Guayas, Ecuador.

3.3.2. Muestra

La muestra se conformará por dos grupos de sustrato para la extracción de levadura seca inactiva:

- Grupo A: Levadura seca obtenida de melaza de caña.
- Grupo B: Levadura seca obtenida de melaza y jugo de caña.

3.4. Técnicas e instrumentos de medición

La “Tabla 2” muestra las técnicas empleadas para evaluar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto. Estas técnicas permitieron cuantificar el rendimiento de levadura seca, determinar su contenido de humedad y proteína, así como evaluar las características organolépticas a través de un análisis sensorial estructurado.

Tabla 2.

Técnicas utilizadas en la investigación

Indicador	Técnica utilizada	Métodos de medición / normativa
Rendimiento de levadura	Técnica gravimétrica (pesado directo)	OIML R61
Contenido proteico	Método Dumas	Aoac 990.03
Humedad	Secado en estufa	Aoac 925.10
Cenizas	Incineración en mufla	Aoac 942.05

Autor: Villanueva, 2025

3.4.1. Instrumentos

La “Tabla 3” presenta los instrumentos utilizados para llevar a cabo las determinaciones de levadura seca inactiva obtenida de los procesos fermentativos. Se emplearon equipos de laboratorio de precisión como balanzas analíticas, estufas y el analizador Dumatec para el contenido proteico.

Tabla 3.

Instrumentos utilizados

Indicador	Instrumentos	Normativa
Rendimiento de levadura	Balanza	OIML R61
Contenido proteico	Dumatec (analizador de nitrógeno para método Dumas)	Aoac 990.03
Humedad	Estufa de secado, balanza de precisión (\pm 0.01 g)	Aoac 925.10
Cenizas	Mufla de incineración (550 °C)	Aoac 942.05

Autor: Villanueva, 2025

3.5. Procesamiento de datos

En la “Tabla 4” se detallan las etapas del procesamiento de datos que se seguirán en esta investigación. La recolección abarcará un total de 30 muestras: 15 correspondientes al proceso fermentativo de melaza y 15 al proceso con adición de jugo de caña. Estos datos serán organizados y procesados en hojas de cálculo, y analizados estadísticamente mediante el software Infostat versión 2020. Se aplicará la prueba ANOVA con el fin de evaluar la existencia de diferencias significativas en el rendimiento de extracción de levadura seca y perfil proteico.

Tabla 4.*Procesamiento de datos*

Recolección de datos	Organización de datos	Análisis de datos	Tabulación y presentación
Se obtendrán 30 datos mínimos (15 cada temporada zafra y no zafra respectivamente)	Agrupación en tablas de Excel	Análisis estadístico con R y graficos con Phyton (95% de confianza)	Resultados en tablas y gráficos comparativos para interpretación objetiva

Autor: Villanueva, 2025

3.6. Aspectos éticos

La presente investigación cumplirá con principios éticos como el respeto, responsabilidad y transparencia. No se utilizarán organismos genéticamente modificados ni prácticas que afecten al medio ambiente. Asimismo, se garantizará la confidencialidad de los datos industriales, así como también se respetará el anonimato de la empresa en la cual se realizó la investigación. Se respetarán las normas éticas establecidas por la Universidad Técnica de Babahoyo y la legislación ecuatoriana vigente.

CAPITULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados

4.1.1 Balance del proceso de extracción de levadura seca

Producción de levadura seca en un día teorico

Etapa inicial: Alimentación

$$F = 90m^3 \text{ de } \frac{\text{vino}}{h} \times 24h = 2160 m^3 \text{ de vino}$$

En esta etapa se determina el volumen total de vino de fermentación que entra al proceso en un día, multiplicando el caudal teórico en este caso (90 m3 por hora) un día completo de 24 horas. El resultado corresponde al volumen de alimentación diaria.

Etapa 1: Centrifugación inicial

$$VC = C \times V$$

$$VC = 0.05 \times 2160 m^3 = 108 m^3$$

$$VCL = V - VC$$

$$VCL = 2160 - 108 = 2052 m^3$$

$$VC + VCL = V$$

$$108 m^3 + 2052 m^3 = 2160 m^3$$

$$2160 m^3 = 2160 m^3$$

Aquí se aplica una centrifugación que separa un pequeño porcentaje de la corriente de alimentación como flujo rico en levadura (vino concentrado, VC), mientras

que el resto se retira como vino clarificado (VCL). La eficiencia de esta separación está determinada por la eficiencia de operación de la centrifuga $EC = 0,05$ multiplicándolo por el vino (V) obteniendo así 108 m^3 de vino concentrado (VC) y 2052 m^3 de vino clarificado (VCL), cumpliendo el balance de masa. Para la siguiente etapa se considera que el vino concentrado continúa como corriente de entrada.

Etapa 2: Primera concentración (20%)

$$LD = C \times VC$$

$$LD = 0.2 \times 108 \text{ m}^3 = 21.6 \text{ m}^3$$

$$AA = LD - VC$$

$$VCL = 21.6 - 108 = 86.4 \text{ m}^3$$

$$LD + AA = VC$$

$$21.6 \text{ m}^3 + 86.4 \text{ m}^3 = 108 \text{ m}^3$$

$$108 \text{ m}^3 = 108 \text{ m}^3$$

Aquí se aplica una centrifugación que extrae la levadura del vino concentrado denominándose (levadura diluida, LD), mientras que el resto se retira como agua alcohólica (AA). El nivel de concentración de la centrifuga es de $C = 0.2$ multiplicándolo por el vino concentrado (CV) obteniendo así 108 m^3 de levadura diluida (LD) y 86.4 m^3 agua alcohólica (AA), cumpliendo el balance de masa. Para la siguiente etapa se considera que la levadura diluida continúa como corriente de entrada.

Etapa 3: Segunda concentración (80%)

$$LC = C \times LD$$

$$LC = 0.8 \times 21.6 \text{ m}^3 = 17.28 \text{ m}^3$$

$$AA = LC - LD$$

$$VCL = 17.28 \text{ m}^3 - 21.6 \text{ m}^3 = 4.32 \text{ m}^3$$

$$LC + AA = LD$$

$$17.28 \text{ m}^3 + 4.32 \text{ m}^3 = 21.6 \text{ m}^3$$

$$21.6 \text{ m}^3 = 21.6 \text{ m}^3$$

La levadura diluida (LD) se concentra aún más, alcanzando una fracción de levadura compactada al 80% (LC). El nivel de concentración de la centrifuga es de $C=0.8$ multiplicándolo por la levadura diluida (LD) obteniendo así 17.28 m^3 de levadura compactada (LC) y 4.32 m^3 agua alcohólica (AA), cumpliendo el balance de masa. Para la siguiente etapa se considera que la levadura compactada continúa como corriente de entrada.

Etapa 4: Conversión a producto seco (spray drier, factor x 200)

$$\textit{Levadura seca} = \textit{levadura compactada} \times \textit{factor de secado}$$

$$\textit{Levadura compactada} = 17.28 \times 200 \times 0.85 = 2937.6 \text{ kg/día}$$

La levadura compactada se transforma en producto seco aplicando el factor fijo del spray drier, que consiste en multiplicar la corriente de entrada entre un valor constante de diseño (200). Con este cálculo se determina el producto seco teórico, y al

considerar la eficiencia del 85% se debe multiplicar por (0.85) con este cálculo se obtiene el producto real teórico en un día de producción.

4.1.2 Rendimiento de levadura y consumo de sustratos

Se presentan los resultados obtenidos de los sustratos melaza y jugo de caña a lo largo del año 2024 así como el rendimiento proteico, humedad y cenizas. No se tomaron en cuenta los meses de enero y noviembre debido a problemas operativos internos los cuales podían generar problemas al analizar estadísticamente los datos.

Se realizó una depuración y normalización de los datos a un formato analítico por semana (producción de levadura) y mes (consumo de sustrato) esto se realizó con el fin de garantizar la calidad y comparabilidad de la información, permitiendo un análisis estadístico riguroso y estandarizado; la estadística descriptiva (media, mediana, desviación estándar, IQR, CV%, asimetría y curtosis) ofreció una caracterización inicial de la variabilidad y distribución de los datos.

Mientras que la inferencia se orientó a comprobar supuestos de normalidad (Shapiro–Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene), aplicando pruebas adecuadas según los resultados (t de Welch para distribuciones normales con varianzas heterogéneas o Mann–Whitney en caso contrario); adicionalmente, a esto se incorporaron medidas de tamaño de efecto (d de Cohen y r biserial de rangos), corrección por multiplicidad de comparaciones (Holm–Bonferroni) y métodos robustos basados en bootstrap (10 000 remuestreos) junto con Cliff's delta, lo que asegura conclusiones más sólidas, replicables y resistentes a la influencia de valores atípicos o distribuciones no normales.

Estadística descriptiva

En la “Tabla 5a y 5b” se muestran las medidas descriptivas (media, mediana, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación, mínimo, máximo, asimetría y curtosis) y la prueba de normalidad Shapiro-Wilk (p). Los datos corresponden a consumo de sustratos (melaza y jugo de caña) con su respectivo análisis fisicoquímicos (proteína, humedad, cenizas) en periodos de zafra y no zafra.

Tabla 5a.

Análisis descriptivo y prueba de normalidad de los datos (melaza y jugo de caña)

Métrica	No zafra	Zafra
Kg total n	15	23
Kg total mean	5938,333	12963,04
Kg total sd	4600	12500
Kg total median	4119,226	6652,827
Kg total iqr	5325	11212,5
Kg total cv %	69,3667	51,32149
Kg total min	1300	1575
Kg total max	13950	45675
Kg total skew	0,839674	0,131139
Kg total kurt	0,57728	1,11872
Kg total shapiro p	0,050769	0,386548
Proteina prom % n	15	23
Proteina prom % mean	31,59933	34,84087
Proteina prom % median	31,8	35,62
Proteina prom % sd	2,536779	2,75041
Proteina prom % iqr	4,415	2,07
Proteina prom % cv %	8,027952	7,894205
Proteina prom % min	28,37	28,55
Proteina prom % max	35,16	38,05
Proteina prom % skew	0,117648	1,39723
Proteina prom % kurt	1,59414	1,233158
Proteina prom % shapiro p	0,090667	0,000784

Autor: Villanueva, 2025

Tabla 5b.*Análisis descriptivo y prueba de normalidad de los datos (melaza y jugo de caña)*

Métrica	No zafra	Zafra
Humedad prom % n	15	23
Humedad prom % mean	6,926667	5,97
Humedad prom % median	6,83	5,97
Humedad prom % sd	0,953517	0,649867
Humedad prom % lqr	,076	0,605
Humedad prom % cv %	13,76589	10,88555
Humedad prom % min	4,8	4,8
Humedad prom % max	9,15	7,8
Humedad prom % skew	0,226218	0,827135
Humedad prom % kurt	2,467138	1,73468
Humedad prom % shapiro p	0,293783	0,385859
Cenizas prom % n	15	23
Cenizas prom % mean	10,578	8,426957
Cenizas prom % median	10,31	7,92
Cenizas prom % sd	1,763804	1,531121
Cenizas prom % lqr	2,08	1,05
Cenizas prom % cv %	16,67426	18,16932
Cenizas prom % min	7,65	6,57
Cenizas prom % max	14,26	14,26
Cenizas prom % skew	0,505907	2,792875
Cenizas prom % kurt	0,00255	9,721924
Cenizas prom % shapiro p	0,91858	1,52E05

Autor: Villanueva, 2025

Pruebas de hipótesis y errores múltiples

Tabla 6.

Tamaño de muestra por variable

Variable	n Zafra	n No zafra
Kg total	23.0	15.0
Proteína prom %	23.0	15.0
Humedad prom %	23.0	15.0
Cenizas prom %	23.0	15.0

Autor: Villanueva, 2025

La Tabla 6 presenta el tamaño de la muestra utilizada para cada variable, donde se observa que se trabajó con 23 observaciones en el periodo de zafra y 15 en el de no zafra para todas las variables analizadas (Kg total, Proteína prom %, Humedad prom % y Cenizas prom %). Este tamaño muestral nos permite garantizar de manera precisa que las comparaciones estadísticas entre los dos periodos tengan la potencia adecuada para detectar diferencias significativas.

Tabla 7.

Pruebas de normalidad y homogeneidad

Variable	Shapiro p Zafra	Shapiro p No zafra	Levene p
Kg total	0.3865	0.0508	0.026
Proteína prom %	0.0008	0.0907	0.6539
Humedad prom %	0.3859	0.2938	0.38
Cenizas prom %	0.0	0.9186	0.2867

Autor: Villanueva, 2025

En la “Tabla 7” se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de normalidad Shapiro–Wilk y homogeneidad de varianzas Levene realizadas. Para Kg total, en el periodo de zafra los datos cumplen con la normalidad, mientras en la no zafra se encuentran en el límite $p = 0.0508$ y presentan varianzas desiguales Levene $p = 0.026$, por lo cual se aplica la prueba Welch’s t-test. En Proteína prom %, la normalidad no se cumple en la zafra $p = 0.0008$, por lo cual se usa una prueba no paramétrica Mann–Whitney U.

En lo que respecta a Humedad prom %, ambas muestras presentan distribución normal y homogeneidad de varianzas $p = 0.38$, por lo cual se aplica una prueba paramétrica. Por último, en Cenizas prom % se muestra que la zafra no cumple la normalidad $p = 0.0$, aplicando una prueba no paramétrica.

Tabla 8.

Resultados de pruebas estadísticas

Variable	Test	Statistic	P value	Cohen's d	Rank-biserial r	P Holm
Kg total	Welch's t-test	4.0187	0.0003	1.211	nan	0.0009
Proteína prom %	Mann–Whitney U	281.5	0.0012	nan	-0.6319	0.0024
Humedad prom %	Welch's t-test	-3.4042	0.0025	-1.2232	nan	0.0025
Cenizas prom %	Mann–Whitney U	44.5	0.0001	nan	0.742	0.0004

Autor: Villanueva, 2025

En la “Tabla 8” se muestran los resultados de las pruebas estadísticas para cada variable. Para Kg total, la prueba Welch’s t-test muestra diferencias altamente significativas $p = 0.0003$ con un tamaño de efecto grande Cohen’s $d = 1.211$, esto nos

da una perspectiva de que la producción de levadura es mayor en un periodo. La proteína promedio % también presentó diferencias significativas $p = 0.0012$ mediante la prueba Mann–Whitney U, con un efecto significativo $r = -0.6319$, la cual evidencia una variación en la proteína. En el parámetro humedad promedio %, la prueba Welch's t-test muestra una diferencia significativa $p = 0.0025$ con un tamaño de efecto el cual fue significativo $d = -1.2232$, evidenciando un cambio en el contenido de humedad.

Finalmente, el contenido de cenizas promedio % presentó una diferencia más significativa $p = 0.0001$ así como un tamaño de efecto significativo de $r = 0.742$ mostrando que la fracción mineral de la levadura depende del periodo productivo. Estos resultados confirman que durante la temporada de producción (zafra vs no zafra) se ven influidas las características físicas y químicas del producto.

Estimaciones robustas y tamaños de efecto

Tabla 9.

Intervalos de confianza bootstrap para medias y medianas

Variable	Diferencia de medias (Z-N)	IC 95% medias (LI)	IC 95% medias (LS)	Diferencia de medianas (Z-N)	IC 95% medianas (LI)	IC 95% medianas (LS)
Kg total	7024.7101	3675.1051	10339.4565	7900.0	2250.0	12775.0
Proteína prom %	3.2415	1.5523	4.8641	3.82	1.51	6.75
Humedad prom %	-0.9567	-1.4859	-0.4066	-0.86	-1.4	-0.48
Cenizas prom %	-2.151	-3.212	-1.0637	-2.39	-3.59	-1.24

Autor: Villanueva, 2025

El peso total y la proteína promedio son mayores en zafra (diferencias medias de 7024.71 kg y 3.24%, respectivamente), mientras que el parámetro de humedad (-0.95%) y sus cenizas (-2.15%) son menores. Los intervalos de confianza no incluyen cero, lo que indica diferencias significativas tanto en medias como en medianas.

Tabla 10

Cliff's delta para comparación entre grupos

Variable	Cliff's delta (Z>N)
Kg total	0.513
Proteína prom %	0.5536
Humedad prom %	-0.6725
Cenizas prom %	-0.7275

Autor: Villanueva, 2025

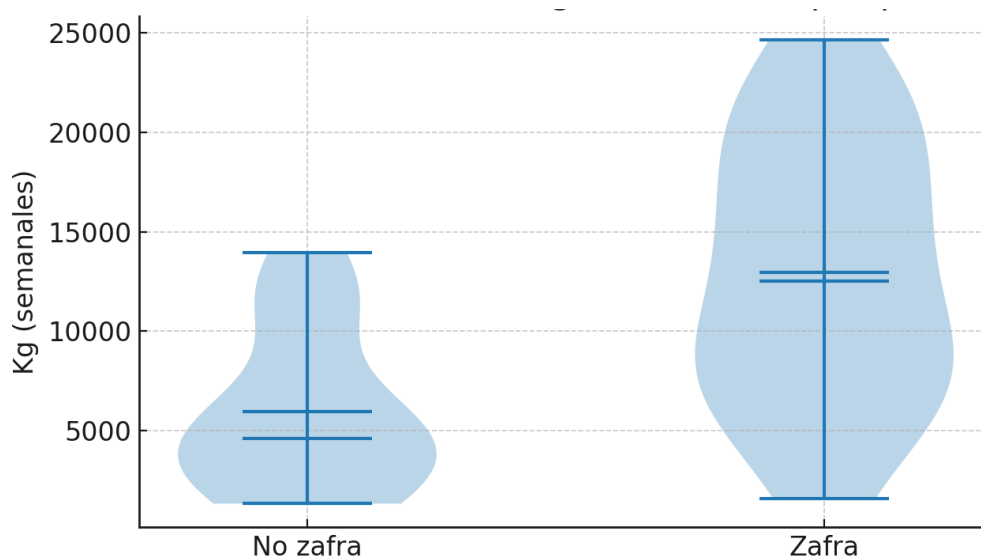
El tamaño del efecto (Cliff's delta) muestra magnitudes moderadas a grandes. El peso total $\delta = 0.513$ y la proteína $\delta = 0.5536$ son notablemente mayores en Zafra, mientras que la humedad $\delta = -0.6725$ y las cenizas $\delta = -0.7275$ son considerablemente menores, indicando efectos opuestos en cada conjunto de variables según el período.

Visualizaciones de distribución

Se incluyen violines por variable y matrices de correlación por periodo, además también se incluyen la dispersión proteína–humedad.

Gráfico 2.

Distribución de kg semanales por periodo



Autor: Villanueva, 2025

En el “Gráfico 1” se visualiza de manera conjunta los contrastes entre los periodos de zafra y no zafra, evidenciando no solo diferencias en las medidas de tendencia central sino también en la forma y dispersión de las distribuciones. En términos de producción semanal (Kg), la zafra concentra valores elevados y heterogéneos (7 000–25 000 Kg), lo que sugiere una mayor capacidad de aprovechamiento de la materia prima y un proceso más intensivo, mientras que en no zafra los valores son más bajos y estables (3 000–6 000 Kg), reflejando limitaciones en la disponibilidad de sustratos.

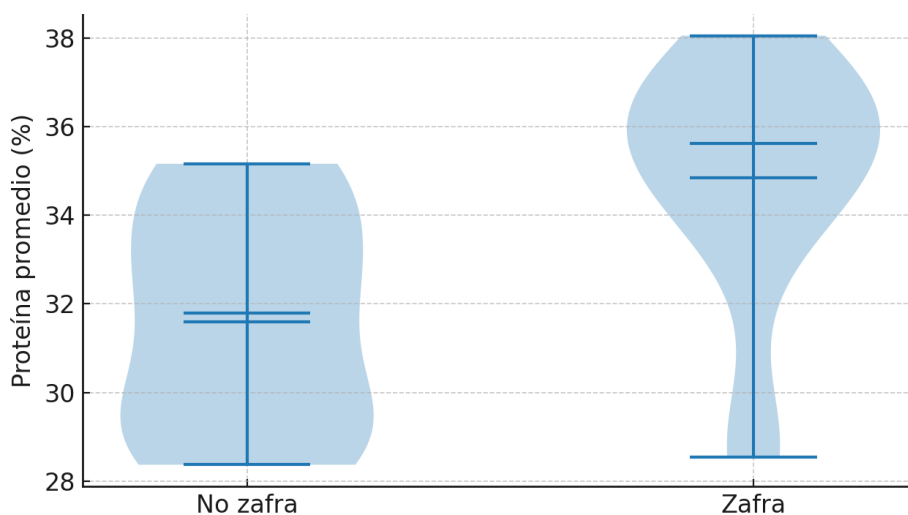
Evidenciamos que la proteína promedio se ve favorecida en zafra con rangos que van desde el 34 a 38 % frente a los 28 a 33 % en no zafra, con distribuciones más compactas en torno a niveles altos, esto nos indica un mejor perfil nutricional de la

biomasa resultante. A si mismo el parámetro de la humedad promedio se mantiene más controlada en zafra $\approx 5-6\%$, con una menor dispersión, garantizando un producto con mayor estabilidad y vida útil; en su contraparte la no zafra se observan registros hasta 9% , lo que implica un mayor riesgo de deterioro.

Finalmente, el contenido de cenizas es también menor y más uniforme en zafra ($7.5-8.5\%$) que en no zafra ($9-14\%$), lo que indica menor presencia de impurezas minerales y mayor eficiencia en el proceso de clarificación. En conjunto, los violines confirman que la zafra no solo incrementa de forma significativa el rendimiento de producción, sino que además optimiza parámetros críticos de calidad nutricional (proteína), tecnológica (humedad) y de pureza (cenizas), otorgando al producto mayor valor agregado y competitividad industrial

Gráfico 3.

Distribución de proteína promedio por periodo



Autor: Villanueva, 2025

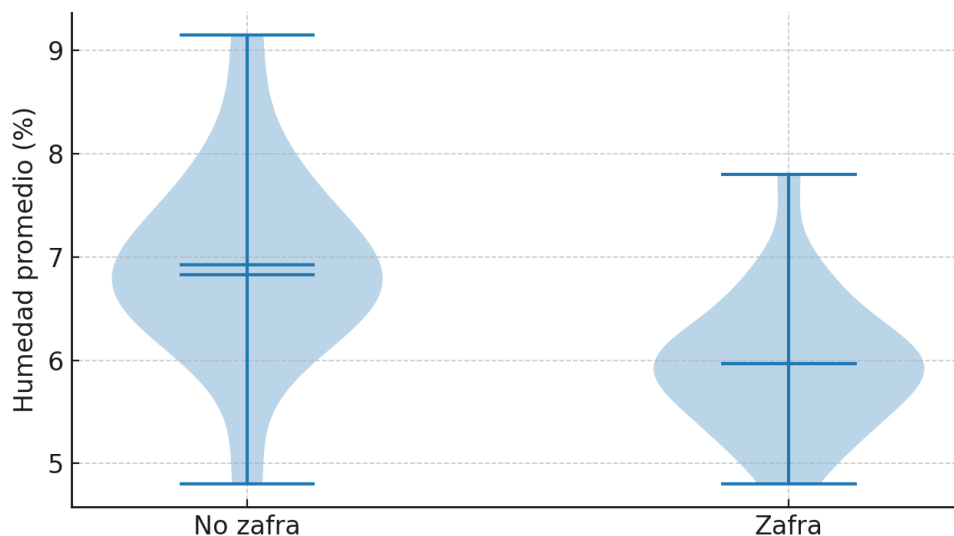
En el “Gráfico 2” se observa que la proteína promedio es mayor y más estable en zafra ($35-36\%$) en comparación con no zafra ($31-32\%$), evidenciando un producto con mejor calidad nutricional; en cuanto a la humedad, en zafra se concentra en valores bajos y homogéneos ($\approx 5-6\%$), mientras que en no zafra alcanza hasta 9% con mayor

dispersión, lo que implica un riesgo superior de inestabilidad y deterioro; finalmente, el contenido de cenizas también es menor en zafra (7.5–8.5 %)

respecto a temporada de no zafra (9–14 %), indicando un producto más puro y con menos impurezas minerales. En conjunto, estos resultados confirman que la zafra no solo incrementa la proteína, sino que además reduce significativamente la humedad y las cenizas, optimizando parámetros críticos de calidad tecnológica y composicional de la levadura.

Gráfico 4.

Distribución de humedad promedio por periodo



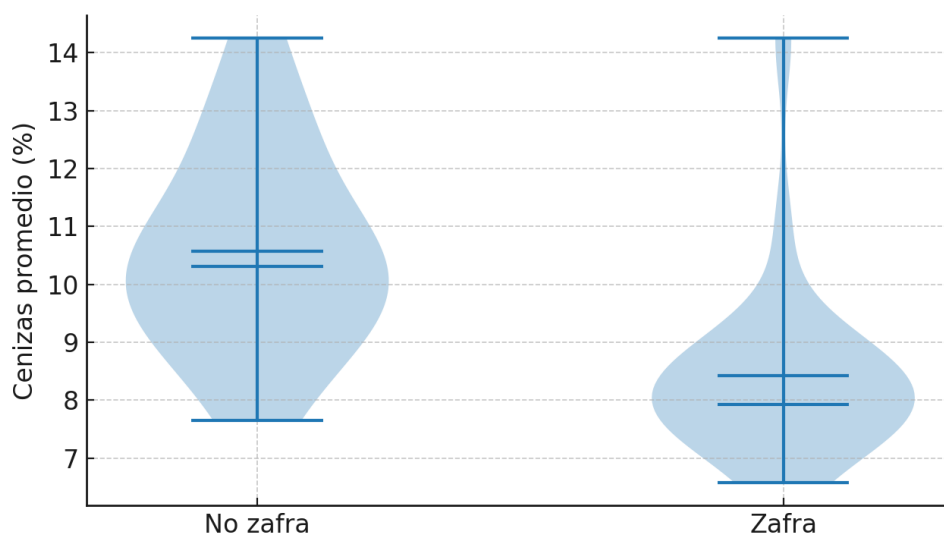
Autor: Villanueva, 2025

En el “Gráfico 3” se revela diferencias notorias entre los periodos de no zafra y zafra: en no zafra, la distribución se concentra alrededor del 6.5–7.5 %, pero con una dispersión más amplia que alcanza valores extremos cercanos al 9 %, lo que indica variabilidad en el control del secado y un mayor riesgo de inestabilidad del producto; además, la anchura del violín sugiere mayor heterogeneidad en la población de datos, reflejando posibles inconsistencias en las condiciones de producción o en la calidad de la materia prima.

En contraste, en zafra la humedad se distribuye de forma más compacta, con valores predominantes en torno al 5–6 %, sin registros extremos altos, lo que evidencia un proceso más uniforme y controlado que reduce el contenido de agua libre en la levadura y favorece su conservación. En conjunto, el gráfico confirma que la zafra no solo se asocia a mayor rendimiento y proteína, sino también a una mejor gestión tecnológica del secado, con un producto más estable, de mayor vida útil y con menor probabilidad de deterioro microbiológico o pérdida de calidad.

Gráfico 5.

Distribución de cenizas promedio por periodo



Autor: Villanueva, 2025

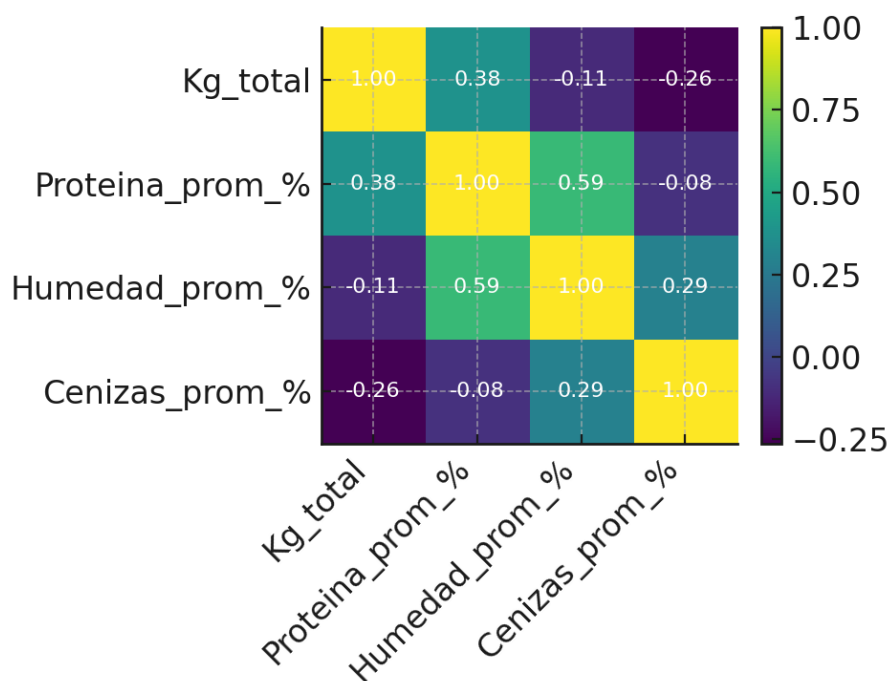
El “Gráfico 4” se evidencia un contraste marcado entre la temporada de no zafra y zafra: en no zafra, la distribución se concentra en torno al 10 –11 %, pero notándose una gran dispersión que alcanza picos de hasta 14 %, lo evidenciando un producto menos consistente y con mayor presencia de impurezas minerales.

Además, la anchura del violín también indica heterogeneidad en los datos, lo que se nota en la inestabilidad en su composición. En su contraparte la temporada de zafra, la distribución es mucho más compacta, con valores entre 7.5 y 8.5 %, y una mediana más baja ~8 % y ausencia de extremos tan elevados, lo que revela un producto más

homogéneo y de mejor calidad tecnológica, con menor contenido de residuos. Este comportamiento nos confirma de manera clara que la zafra no solo favorece la producción y la concentración de proteína, sino que también mejora la pureza del producto final.

Gráfico 6.

Matriz de correlación no zafra



Autor: Villanueva, 2025

En el “Gráfico 5” se muestra el mapa de correlación en no zafra muestra interacciones débiles a moderadas entre las variables analizadas. La producción semanal (Kg total) presenta correlaciones negativas bajas tanto con la proteína ($r \approx -0.38$) como con las cenizas ($r \approx -0.26$), lo que indica que un mayor volumen no necesariamente se asocia a una mejora en calidad nutricional o pureza, e incluso podría reflejar cierta dilución del contenido proteico.

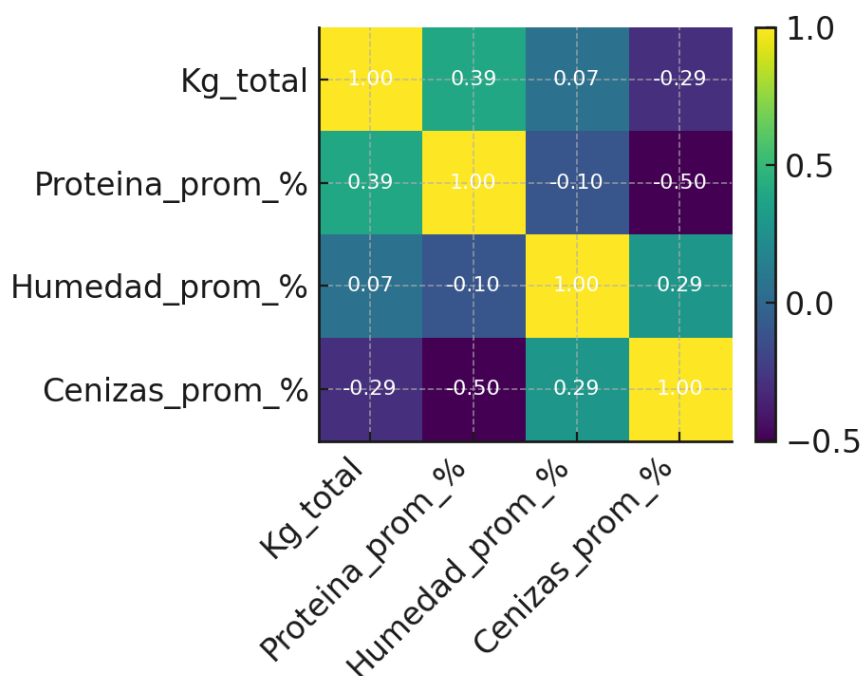
La proteína promedio se relaciona positivamente con la humedad ($r \approx 0.59$), lo cual sugiere que, en no zafra, cuando la biomasa retiene más agua, también concentra

más proteína, aunque este efecto podría deberse a la influencia del sustrato o a limitaciones en el secado.

Las cenizas muestran correlaciones bajas y no consistentes, lo que indica que la variabilidad en impurezas minerales no depende directamente ni del volumen ni de la proteína. En conjunto, esta matriz revela que en no zafra las asociaciones entre rendimiento y calidad son débiles y poco favorables, destacando que la mayor producción no se acompaña de mejoras consistentes en los parámetros de composición, lo que resalta la vulnerabilidad tecnológica y nutricional de este periodo frente a la zafra.

Gráfico 7.

Matriz de correlación zafra



Autor: Villanueva, 2025

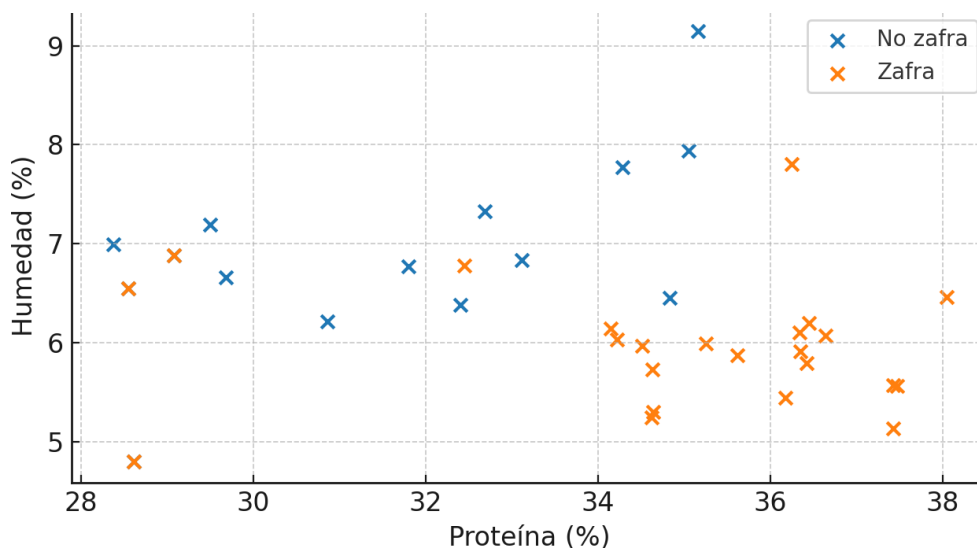
En el “Gráfico 6” se muestra la matriz de correlación en la temporada de zafra nos muestra un patrón más claro y consistente que la temporada de no zafra. La producción semanal (Kg total) mantiene una correlación negativa media con las cenizas ($r \approx -0.29$), entendiéndose que, a mayor rendimiento, menor contenido de impurezas,

reflejando un proceso más eficiente. Por otro lado, la proteína promedio se correlaciona positivamente con la producción $r \approx 0.39$, indicando así que en la temporada de zafra no solo se obtiene más levadura, sino un mayor contenido de proteína.

Además, se observa una correlación negativa notable entre proteína y cenizas ($r \approx -0.50$), reforzando la idea de que un producto más rico en proteína tiende a ser también más puro. Las correlaciones con el parámetro de humedad son débiles, lo que sugiere que este valor se mantiene estable y controlado. Por ello esta matriz refleja que durante la zafra existe una sinergia favorable entre volumen y calidad, ya que una mayor producción se mas proteínas y menos cenizas resultantes, a diferencia de lo observado en la temporada de no zafra.

Gráfico 8.

Relación proteína – humedad por periodo



Autor: Villanueva, 2025

En el “Gráfico 7” se visualiza el diagrama de dispersión de proteína (%) vs. humedad (%) por periodo revela patrones bien diferenciados entre no zafra y zafra. En no zafra (puntos azules), la nube de datos se concentra en proteínas moderadas (28–34 %) con humedades relativamente altas (6.5–9 %), mostrando una correlación positiva

débil que indica que, a mayor retención de agua, la biomasa tiende a presentar niveles algo más altos de proteína, aunque con gran dispersión y sin un patrón claro, lo que refleja inestabilidad en el proceso.

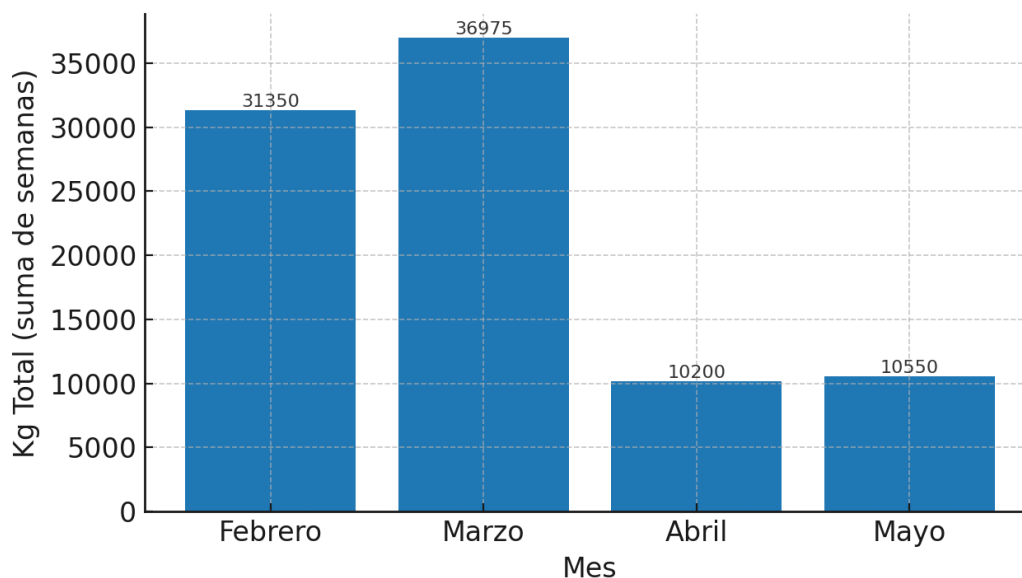
En cambio, en zafra (puntos naranjas) la distribución se desplaza hacia proteínas más altas (34–38 %) y humedades más bajas y homogéneas (5–6.5 %), lo que dibuja una relación inversa más clara: las muestras con mayor concentración proteica son también las que presentan menor contenido de agua. Esta diferenciación visual confirma que en zafra existe un equilibrio tecnológico más favorable, en el que se optimizan simultáneamente la calidad nutricional y la estabilidad del producto, mientras que en no zafra se observa un comportamiento más errático y menos eficiente.

El boxplot de Kg total por periodo nos confirma de manera clara la brecha productiva en no zafra, la mediana se ubica en torno a los 4 500 Kg semanales, con un rango intercuartílico estrecho (~3 000–8 000 Kg) y estos valores máximos que no llegan a superar los 14 000 Kg, reflejando así una producción limitada y relativamente estable. En contraste, en zafra la mediana asciende a aproximadamente 12 500 Kg, el rango intercuartílico se amplía (~7 500–18 000 Kg) y los valores máximos alcanzan casi 25 000 Kg, lo que muestra no solo un incremento sustancial del volumen.

La ausencia de valores atípicos extremos sugiere que esta dispersión es inherente al proceso y no producto de registros atípicos. En conjunto, el gráfico ilustra que la zafra multiplica significativamente la producción semanal de levadura, consolidando lo evidenciado en las pruebas estadísticas (t de Welch, $p < 0.001$; $d \approx 1.21$), y pone de relieve la importancia del periodo de cosecha como factor determinante en el rendimiento industrial.

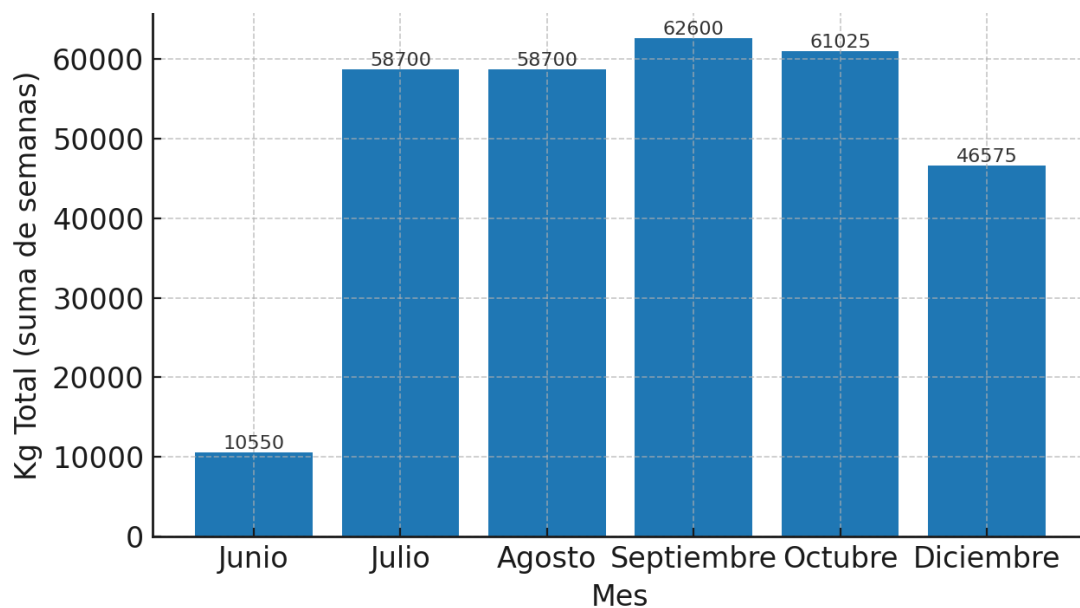
Gráfico 9.

Cantidad total de kg no zafra



Autor: Villanueva, 2025

En el “gráfico 8” se logró evidenciar una gran variabilidad en la disponibilidad de materia prima. En el mes de febrero obteniendo (31,350 kg) y en marzo (36,975 kg) se registran los valores más altos, mientras que en abril (10,200 kg) y mayo (10,550 kg) se observa una drástica disminución. Esta caída significativa sugiere una dependencia estacional de la producción fuera de zafra, y también vinculada a posibles daños operativos a nivel de planta así como también la parada respectiva de la planta previo inicio la época de zafra. Demostrando así que la no zafra se caracteriza por una producción irregular e inestable, lo que representa un desafío para mantener una provisión continua de materia prima.

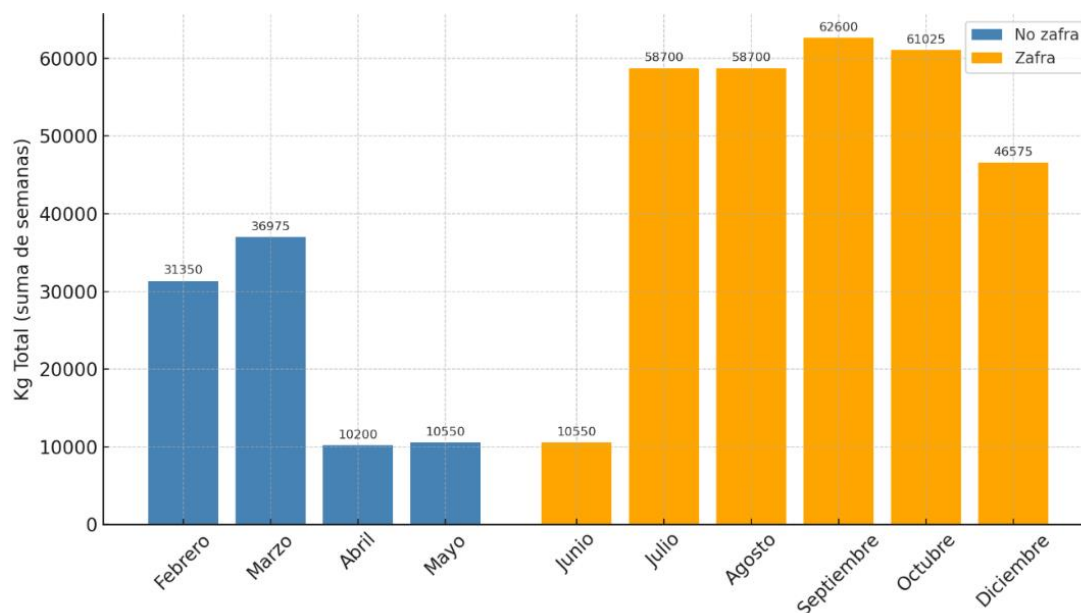
Gráfico 10.*Cantidad total de kg zafra***Autor:** Villanueva, 2025

En el “Gráfico 9” se mostró un comportamiento muy distinto al de no zafra, caracterizado por una producción mucho más alta, estable y sostenida. Aunque en junio (10,550 kg) los valores son similares a los de los meses bajos de no zafra esto posiblemente causado por la puesta en marcha de la planta ocasionada por la parada de mantenimiento preventivo antes de la época de zafra, a partir de julio y agosto la producción se incrementa drásticamente, alcanzando así los 58,700 kg, y se mantiene en niveles elevados durante septiembre (62,600 kg) y octubre (61,025 kg), lo que refleja el pico máximo de disponibilidad de materia prima.

Posteriormente, en el mes de diciembre se obtienen (46,575 kg) evidenciando una ligera disminución, aunque todavía con volúmenes superiores a cualquier mes de no zafra. En conjunto, se tiene que la temporada de zafra garantiza una oferta estable y abundante, permitiendo planificar y reducir riesgos de escasez

Gráfico 11.

Comparación mensual de producción (no zafra vs zafra)



Autor: Villanueva, 2025

En el "Gráfico 10" se muestran diferencias marcadas entre los periodos de no zafra y zafra: en la no zafra en los meses de (febrero a mayo) los valores de producción se mantienen bajos, alcanzando el pico en marzo con 36.975 kg de producción de levadura seca y una caída pronunciada en el mes de abril y mayo entre 10.200 y 10.550 kg, mientras que durante la temporada de zafra (junio a diciembre) la producción se incrementa de manera drástica, así alcanzando más de 58.000 kg en julio y agosto, con un punto máximo de producción en septiembre de 62.600 kg, manteniéndose aun elevada en octubre con 61.025 kg y descendiendo en el mes de diciembre a 46.575 kg, aunque este último valor sigue siendo muy superior a cualquier mes de no zafra es posible que este valor se deba a algún problema reportado en la planta y esta haya decaído su producción; en conjunto, estos resultados muestran que la zafra multiplica entre cinco y seis veces la producción respecto a la temporada de no zafra, marcando su papel decisivo en la producción total anual.

4.2 Discusión

La producción semanal (Kg) es claramente superior la zafra concentra valores elevados entre 7000 a 25000 Kg, mientras que en no zafra los valores son más bajos y estables 3000 a 6000 Kg, lo que respalda una diferencia sustancial operativa esto se da como respuesta a el uso de los dos tipos de sustrato melaza y jugo de caña durante la temporada de zafra a diferencia de solo un sustrato (melaza) empleado durante la no zafra según (Artos Uribe & Inga Ayala, 2022) el cual nos indica que se obtiene más producción de levadura al emplear dos tipos de sustratos ricos en azúcares fermentables lo que se da en una mayor de alcohol y obtención de esta biomasa.

El parámetro de la proteína fue más favorable durante la época de zafra registrando valores promedios de 35 a 36 % en comparación con no zafra que se registran promedios de 31–32 %, estos datos se respaldan por lo mencionado por (Fuess et al., 2020) en el que menciona que la variación en la composición del sustrato afecta a la nutrición de la levadura apoyando la plausibilidad de que la proteína de la biomasa de levadura varíe entre zafra y no-zafra.

En cuanto al porcentaje de humedad no zafra, se obtienen valores de alrededor del 6.5–7.5 %, a diferencia de la temporada de zafra en el que la humedad obtiene valores en torno al 5–6 %, estos valores se respaldan por lo mencionado por (Fathima et al., 2023) el cual menciona rangos de 7.7% de contenido de humedad para la levadura seca abarcando de esta manera la comparativa de rangos dentro de zafra y no zafra respectivamente.

El porcentaje de cenizas reportado para la temporada de no zafra, se concentra en torno al 10–11 %, en zafra, por el contrario, el contenido de cenizas obtiene valores entre 7.5 y 8.5 %, de acuerdo a (Terefe Yigzaw et al., 2024) el cual reporta rangos de ceniza en levadura seca entre 5,9 % y 14 % los cuales están ampliamente dentro de los valores obtenidos.

CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Podemos concluir que en a lo largo del analisis al proceso de extracción de levadura seca durante el año 2024 podemos aceptar la hipótesis afirmativa que establece que los sustratos de melaza y jugo de caña influyen de manera significativa en el rendimiento de extracción de la levadura seca. Esta afirmación se sustenta en los resultados obtenidos, donde durante la zafra se registraron valores semanales promedio de entre 7.000 y 25.000 kg, mientras que en el periodo de no zafra los valores oscilaron entre 3.000 y 6.000 kg. Esto evidencia que el uso combinado de dos tipos de sustrato, junto con mayores volúmenes de flujo, optimiza la disponibilidad de azúcares fermentables, lo que a su vez genera un incremento significativo en la producción de levadura.

En cuanto al nivel proteico de las mismas nos encontramos que esta se encontró dentro de los rangos permisibles por la Resolución No. 111 y el Reglamento Técnico RTE-187 el cual regula el nivel proteico destinados a un sustrato para alimentación animal, la normativa no establece un porcentaje único para todas las especies, dicho lo anterior aunque hubo variaciones entre las temporadas de zafra y no zafra se concluye que al haber 2 tipos de sustrato la levadura tiene más azucares fermentables y su tiempo de procesamiento es menor ya que obtenemos un mayor volumen de la misma

En las características de humedad y cenizas, aunque tambien hubo variaciones en la temporada de zafra y no zafra se sigue encontrando dentro de los rangos permisibles respaldados por la normativa NTE INEN 540 el cual asegura un correcto proceso para el analisis y determinación de humedad, en el caso del contenido de cenizas se puede hacer referencia a la normativa ISO 5985:2002

Todos estos datos obtenidos son amparados bajo la Resolución 0066 de Agrocalidad para las auditorías de certificación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y almacenamiento de productos veterinarios en Ecuador. Esta normativa la cual

fue emitida en el 2017, establece las condiciones para el control de la aplicación de las BPM con el objetivo de garantizar la inocuidad de estos productos y asegurar que no afecten la salud animal.

La levadura seca inactiva al ser un sustrato en el pienso de animales principalmente empleado por su contenido proteico de origen vegetal no se administra como alimento en forma final y por lo tanto requiere supervisión del fabricante así como de médicos veterinarios para ser elaborado de acuerdo a las necesidades específicas de cada especie animal.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios y pruebas para determinar otros tipos de subproductos a partir de la levadura residual de procesos fermentativos tales como levadura hidrolizada la cual tiene un mayor mercado, incrementando las ventas.
- Controlar el grado de concentración de la levadura para un correcto funcionamiento de los equipos (bombas, centrifugas, compactador) a fin de evitar averías en los equipos.
- Determinar métodos de recuperación de levadura en la etapa de secado para evaluar su eficacia y minimizar pérdidas.
- Verificar normativas y ver factibilidad de comercializar el producto de manera internacional.

REFERENCIAS

- Acosta-García, E. D., Soto-Cruz, N. O., Valdivia-Hernández, E. A., Rojas-Contreras, J. A., Moreno-Jiménez, M. R., & Páez-Lerma, J. B. (2024). The Nutritional Quality of the Culture Medium Influences the Survival of Non-Saccharomyces Yeasts Co-Cultured with *Saccharomyces cerevisiae*. *Fermentation*, *10*(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/fermentation10080400>
- Artos Uribe, K. D., & Inga Ayala, F. A. (2022). *Evaluación de la adición de nutrientes (melaza de caña y nutriente comercial) para el crecimiento de levaduras en la elaboración de vino de naranjilla (Solanum quitoense Lam)*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9353>
- Bansfield, D., Spilling, K., Mikola, A., & Piiparinen, J. (2023). Growth of fungi and yeasts in food production waste streams: A feasibility study. *BMC Microbiology*, *23*(1), 328. <https://doi.org/10.1186/s12866-023-03083-6>
- Cassie Tyler. (2025). *Yeast Market Poised for Robust Growth: Anticipating a USD 6.5 Billion Valuation by 2035*. <https://www.linkedin.com/pulse/yeast-market-poised-robust-growth-anticipating-usd-65-cassie-tyler-rzcre>
- Cevallos Cruel, K. L. (2023). *Aprovechamiento de los compuestos activos a partir de extractos de residuos agroindustriales como sustituto de los conservantes sintéticos convencionales de alimentos*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Data Bridge. (2022). *Tamaño Del Mercado Y Oportunidades De Crecimiento De Levadura En América Del Norte Para 2029*. <https://www.databridgemarketresearch.com/es/reports/north-america-yeast-market>
- Elhalis, H. (2024). Expanding the Horizons of *Saccharomyces cerevisiae*: Nutrition, Oenology, and Bioethanol Production. *Sustainability*, *16*(24), 11151. <https://doi.org/10.3390/su162411151>

- FAO. (2024). *DISCUSSION PAPER ON THE DEVELOPMENT OF A STANDARD FOR YEAST*. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-711-53%252FCRDs%252Ffa53_crd31.pdf
- Fathima, S., Shanmugasundaram, R., Sifri, M., & Selvaraj, R. (2023). Yeasts and yeast-based products in poultry nutrition. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(2), 100345. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100345>
- Fuentes-Gutiérrez, K. M., Olivares-Flores, G., & González-Hernández, J. C. (2022). *Saccharomyces cerevisiae*: Una nueva alternativa como suplemento alimenticio en el ganado. *Milenaria, Ciencia y arte*, 19, Article 19. <https://doi.org/10.35830/mcya.vi19.230>
- Fuess, L. T., Garcia, M. L., & Zaiat, M. (2018). Seasonal characterization of sugarcane vinasse: Assessing environmental impacts from fertirrigation and the bioenergy recovery potential through biodigestion. *Science of The Total Environment*, 634, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.326>
- Fusieger, A., Cratiú Moreira, M. T., Camargo, A. C., Randazzo, C., Nero, L. A., Perrone, Í. T., & de Carvalho, A. F. (2025). Can operational parameters impact spray-dried bacteria viability and production costs? An experimental study with autochthonous *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* isolated from Amazonian artisanal cheese. *Food Research International*, 202, 115725. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115725>
- INEC. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf

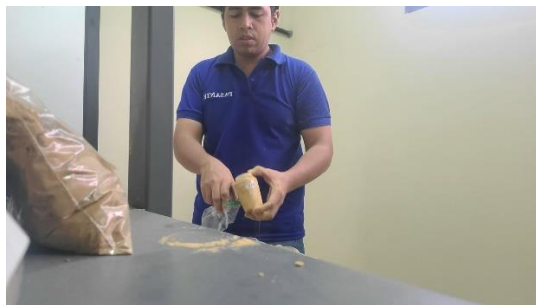
- Jach, M. E., Serefko, A., Ziaja, M., & Kieliszek, M. (2022). Yeast Protein as an Easily Accessible Food Source. *Metabolites*, 12(1), Article 1.
<https://doi.org/10.3390/metabo12010063>
- Ji, S., Li, Z., Tang, N., Li, H., Suo, B., Fan, H., Zhang, M., Yang, Y., & Ai, Z. (2024). Effects of yeast fermentation on the quality characteristics and *in vitro* starch digestibility of fried-free instant noodles with rapid rehydration. *LWT*, 191, 115633. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115633>
- Kaewtapee, C., Jantra, N., Petchpoung, K., Rakangthong, C., & Bunchasak, C. (2022). Chemical composition and standardized ileal digestibility of crude protein and amino acid in whole yeast and autolyzed yeast derived from sugarcane ethanol production fed to growing pigs. *Animal Bioscience*, 35(9), 1400–1407.
<https://doi.org/10.5713/ab.21.0540>
- Lamas Pérez, Y., de Armas Martínez, A. C., Albernas Carvajal, Y., González Suárez, E., Lamas Pérez, Y., de Armas Martínez, A. C., Albernas Carvajal, Y., & González Suárez, E. (2023). ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA UTILIZANDO MEZCLAS DE JUGO DE LOS FILTROS, MIEL FINAL Y MELADURA. *Centro Azúcar*, 50(3).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2223-48612023000300035&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ley-de Coss, A., Bárcena-Gama, J. R., Guerra-Medina, C. E., Montañez-Valdez, O. D., Pérez-López, S., Barrientos-Niño, E., Alonso Bran, R. A., Escobar-España, J. C., Ley-de Coss, A., Bárcena-Gama, J. R., Guerra-Medina, C. E., Montañez-Valdez, O. D., Pérez-López, S., Barrientos-Niño, E., Alonso Bran, R. A., & Escobar-España, J. C. (2023). Síntesis de proteína mediante la fermentación de la caña de azúcar adicionada con urea y un cultivo ácido láctico. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(1).
<https://doi.org/10.15381/rivep.v34i1.22993>

- Malairuang, K., Krajang, M., Sukna, J., Rattanapradit, K., & Chamsart, S. (2020). High Cell Density Cultivation of *Saccharomyces cerevisiae* with Intensive Multiple Sequential Batches Together with a Novel Technique of Fed-Batch at Cell Level (FBC). *Processes*, 8(10), 1321. <https://doi.org/10.3390/pr8101321>
- Martín Guindal, A. (2024). Estrategias de uso de *Saccharomyces cerevisiae* en fermentaciones aeróbicas [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de La Rioja]. En *Estrategias de uso de Saccharomyces cerevisiae en fermentaciones aeróbicas* (pp. 1–210). <https://investigacion.unirioja.es/documentos/65f0a7075d91f273a08c9221>
- Nguyen, V., Li, Y., & Lu, T. (2024). Emergence of Orchestrated and Dynamic Metabolism of *Saccharomyces cerevisiae*. *ACS synthetic biology*, 13(5), 1442–1453. <https://doi.org/10.1021/acssynbio.3c00542>
- Obando Troya, P. V. (2022). *Simulación del secado por atomización de las proteínas presentes en el lactosuero de leche a través de la dinámica de fluidos computacional*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Ochoa Florez, D. E., Duran Osorio, D. S., Trujillo Navarro, Y. Y., Ochoa Florez, D. E., Duran Osorio, D. S., & Trujillo Navarro, Y. Y. (2024). Adaptación de levaduras: Factores de incidencia de estrés fermentativo del género *saccharomyces* en vinificación. Una revisión. *Revista ION*, 37(1), 83–98. <https://doi.org/10.18273/revion.v37n1-2024006>
- Ogbu, C. C., & Okey, S. N. (2023). Agro-Industrial Waste Management: The Circular and Bioeconomic Perspective. *Chapters*. <https://ideas.repec.org/h/ito/pchaps/305653.html>
- Ojeda, L. E. (2022). *Interacción entre las vías cAMP-PKA y HOG-MAPK en la respuesta celular adaptativa al estrés osmótico en S. cerevisiae* [Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales].

https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis_n7090_Ojeda

- O. Martin, G. J., & Chan, S. (2024). Future production of yeast biomass for sustainable proteins: A critical review. *Sustainable Food Technology*, 2(6), 1592–1609. <https://doi.org/10.1039/D4FB00164H>
- Perli, T., Wronska, A. K., Ortiz-Merino, R. A., Pronk, J. T., & Daran, J. (2020). Vitamin requirements and biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast (Chichester, England)*, 37(4), 283–304. <https://doi.org/10.1002/yea.3461>
- Preciado-Saldaña, A. M., Ruiz-Canizales, J., Villegas-Ochoa, M. A., Domínguez-Avila, J. A., & González-Aguilar, G. A. (2022). Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(2), 92.
- Raita, S., Kusnere, Z., Spalvins, K., & Blumberga, D. (2022). Optimization of Yeast Cultivation Factors for Improved SCP Production. *Environmental and Climate Technologies*, 26(1), 848–861. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0064>
- Riera, M. A. (2021). La Bioeconomía Como Modelo De Negocio En El Ecuador. *Compendium*, 24(46). <https://www.redalyc.org/journal/880/88067978005/html/>
- Sabate, M. (2023, julio 10). PARED CELULAR DE LEVADURA, VENTAJAS DE SU USO PARA MITIGAR EL EFECTO TÓXICO DE LAS MICOTOXINAS. *Micotoxinas en alimentos para animales*. <https://www.bionte.com/pared-celular-de-levadura-ventajas-de-su-uso-para-mitigar-el-efecto-toxico-de-las-micotoxinas-2/>
- Santacruz-Salas, A.-P., Maria-Lúcia Pereira, A., Gomez-Herrera, S., Velez-Lozano, J.-A., & Mancini, S.-D. (2023). Sostenibilidad en la industria cervecera: Una revisión crítica de los residuos generados y su gestión. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(2), 161–177.

- Sin, P. Y., Tan, S. H., Asras, M. F. F., & Karmawan, L. U. (2024). From Preparation to Product: Factors Influencing Probiotic Viability in Spray Drying. *Current Science and Technology*, 4(1), 22–35. <https://doi.org/10.15282/cst.v4i1.11125>
- Sudiyani, Y., Prastya, M. E., Maryana, R., Triwahyuni, E., Muryanto, Sudiyani, Y., Prastya, M. E., Maryana, R., Triwahyuni, E., & Muryanto. (2021). The Budding Yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a Valuable Model Organism for Investigating Anti-Aging Compounds. In *Saccharomyces*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96662>
- Terefe Yigzaw, G., Walelegne, M., Kitaw, G., Dejene, M., & Kehaliew Ashagrie, A. (2024). *Supplementary value of sun dry brewer spent yeast as a replacement of cotton seed cake in the diet of lactating crossbred cows: Intake, digestibility, milk yield and quality*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/378656606_Supplementary_value_of_sun_dry_brewer_spent_yeast_as_a_replacement_of_cotton_seed_cake_in_the_diet_of_lactating_crossbred_cows_intake_digestibility_milk_yield_and_quality
- Xiao, Z., Zhao, Y., Wang, Y., Tan, X., Wang, L., Mao, J., Zhang, S., Lu, Q., Hu, F., Zuo, S., Liu, J., & Shan, Y. (2025). Sucrose-driven carbon redox rebalancing eliminates the Crabtree effect and boosts energy metabolism in yeast. *Nature Communications*, 16(1), 5211. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-60578-8>
- Yu Pin Li, Fatemeh Ahmadi, Khalil Kariman, & Maximilian Lackner. (2024). (PDF) Recent advances and challenges in single cell protein (SCP) technologies for food and feed production. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00299-2>

ANEXOS**Anexo 1:** Toma de muestras zafra**Anexo 2:** Toma de muestras no zafra**Anexo 3:** Analisis de proteina**Anexo 4:** Registro de datos de proteina**Anexo 5:** Analisis de humedad**Anexo 6:** Muestra en horno de secado



Anexo 7: Analisis de cenizas



Anexo 8: Muestras en horno de incineración

Anexo 9

Se detalla el presupuesto a considerar para el desarrollo de este proyecto ya que permite estimar los recursos económicos necesarios para su ejecución. En este caso, se consideran los costos asociados a la obtención de muestras, adquisición de reactivos, mano de obra técnica y transporte personal.

Presupuesto

Concepto	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
Materia prima	Muestras de levadura para análisis	50 kg	50	100
Reactivos analíticos	Insumos para análisis de proteína (Dumatec), cenizas y humedad	Varios	250	250
Uso de equipos	Balanza analítica, estufa, mufla, Dumatec, espectrofotómetro	-	180	180
Mano de obra técnica	Asistente de laboratorio y apoyo estadístico (3 meses)	3	150/mes	450
Transporte y logística	Traslado personal	Varios	8/mes	96
Total, estimado				1076

Autor: Villanueva, 2025

Anexo 10

Se visualiza de manera secuencial las tareas planificadas, distribuidas a lo largo de los meses de mayo a agosto, y las mismas fueron asignadas en función de las cuatro semanas de cada mes (S1–S4). Este esquema garantiza el cumplimiento de cada fase, desde el planteamiento del problema del tema hasta la entrega final del informe.

Cronograma de actividades

Actividad	Mayo (S1-S4)	Junio (S1-S4)	Julio (S1-S4)	Agosto (S1-S4)
Planteamiento del tema de tesis	S1			
Revisión bibliográfica	S2 – S3			
Redacción de problema, objetivos y justificación	S4			
Redacción y envío a tutor para correcciones	S4			
Marco teórico		S1 – S2		
Diseño metodológico		S3 – S4		
Redacción y envío a tutor para correcciones			S1 – S2	
Ingreso a laboratorio			S3 – S4	
Obtención y tabulación de datos				S1 – S2
Interpretación de resultados				S3
Redacción de resultados y conclusiones				S3
Entrega de borrador final para correcciones				S4
Envío de informe final				S4

Autor: Villanueva, 2025