

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**

**Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales**

**Sustentabilidad y tecnología**

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)**

**Programa de Apoyo a la Investigación I y II**



**ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara**

**4G03 Programa de apoyo a la investigación I y II**

**Evaluación de la estabilidad y uso alimentario del fermento bajo en alcohol  
generado por destilación de tequila al vacío, en el ITESO,  
Tlaquepaque, Jalisco**

**PRESENTAN**

Programas educativos y Estudiantes

Ing. de Alimentos, Daniela Fuente Cevallos

Ing. de Alimentos, Jorge Adrián Méndez Dorantes

Ing en Biotecnología, Mauricio André Nájera Cárdenas

Profesor PAP: Mtro. José Orozco González Aréchiga

Ing. Odette Blanco Reyes

Tlaquepaque, Jalisco, mayo de 2025

## ÍNDICE

### Contenido

REPORTE PAP .....	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional .....	2
Resumen .....	4
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....	4
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto .....	6
1.2 Caracterización de la organización.....	7
1.3 Identificación de la(s) problemática(s) .....	9
1.4. Planeación de alternativa(s).....	10
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora .....	12
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos .....	36
1.7. Bibliografía y otros recursos .....	38
1.8. Anexos generales .....	40
2. Productos .....	40
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	41
3.1 Sensibilización ante las realidades .....	41
3.2 Aprendizajes logrados .....	44

# REPORTE PAP

## Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

*Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (co-participación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.*

*El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).*

*El PAP es un proceso acotado en el tiempo en que los estudiantes, los beneficiarios externos y los profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores que enfrentan verdaderos problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, co-crear o transformar en distintos campos sociales.*

*El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las disimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.*

*El Reporte PAP consta de tres componentes:*

*El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, en donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo de este y la valoración de las incidencias en el entorno.*

*El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.*

*El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.*

## Resumen

El PAP *Evaluación de la estabilidad y uso alimentario del fermento bajo en alcohol generado por destilación de tequila al vacío* es parte de un proyecto del ITESO, iniciado en primavera 2023. En el presente proyecto se abordó la necesidad del aprovechamiento de una nueva tecnología, destilación a vacío, para la obtención de otros subproductos. El principal objetivo fue la evaluación del fermento bajo en alcohol (FBA) generado como subproducto de la destilación a vacío; así que los objetivos específicos se enfocaron en la realización del estudio de vida útil que evaluara la estabilidad del FBA considerando aspectos microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales.

Para evaluar la vida útil del FBA, se consideraron diferentes temperaturas de almacenamiento: 5 °C y 15 °C para el FBA *natural*, y 15 °C y 25 °C para el FBA pasteurizado. Los datos obtenidos fueron ajustados a un modelo cinético que permitió estimar y comparar la estabilidad del FBA a distintas condiciones. Los resultados mostraron una vida útil limitada para el FBA natural (1 día), mientras que el FBA pasteurizado alcanzó hasta 44 días a 15 °C y 41 días a 25 °C, evidenciando el impacto positivo del tratamiento térmico sobre su conservación. Además, se realizaron formulaciones de productos alimenticios con FBA, incluyendo pan y caramelo macizo, quedando en etapa experimental. En conjunto, este trabajo aporta información sobre la estabilidad y tiempo de vida útil del FBA, tomando en cuenta la naturaleza del producto y el método de conservación empleado.

### 1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa construyen sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

El presente PAP, primavera 2025, titulado “Evaluación de la estabilidad y uso alimentario del fermento bajo en alcohol generado por destilación de tequila al vacío” es llevado a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO)

en los laboratorios de Ingeniería de alimentos e Ingeniería química ubicados en el edificio I, y pertenece al Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales (DPTI). Este proyecto continúa con los esfuerzos realizados durante los periodos de primavera, verano y otoño de 2024, combinando investigación documental y experimentación, enfocándose en la innovación y desarrollo de productos alimenticios para el aprovechamiento del fermento bajo en alcohol obtenido a partir de la destilación de tequila en condiciones de vacío.

A continuación, se plantean el objetivo general y los objetivos específicos para el proyecto.

### **Objetivo general**

Evaluar el fermento bajo en alcohol, subproducto de la destilación del tequila en condiciones de vacío, como una materia prima con potencial de aprovechamiento en el desarrollo de productos para consumo humano y animal, considerando su estabilidad, composición y viabilidad de uso bajo criterios de seguridad y valor nutricional.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un estudio de vida útil del fermento bajo en alcohol, evaluando su estabilidad en distintas temperaturas de almacenamiento y exposición ambiental, para determinar el tiempo en que permanece apto para el consumo de forma inocua, considerando sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.
- Determinar la concentración de etanol en el fermento bajo en alcohol mediante cromatografía de gases para confirmar su presencia, cuantificar su contenido y evaluar si excede los límites de ingesta segura para humanos y animales.
- Definir las especies animales objetivo para el desarrollo de productos además del consumo humano, identificando aquellas para las que el fermento bajo en alcohol sea viable como insumo. Además, revisar sus requerimientos nutricionales y proponer esquemas de consumo máximo diario para cada especie.
- Realizar pruebas de concepto de desarrollo de alimentos de panificación y confitería involucrando el fermento bajo en alcohol.

## 1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

El tequila es una bebida alcohólica obtenida de la destilación del mosto fermentado de *Agave tequilana Weber* var. Azul [1]. Su proceso de producción consta de diversas etapas, que incluyen la cosecha del agave, la hidrólisis para descomponer carbohidratos complejos en azúcares simples, la extracción del mosto fresco, la fermentación y la destilación [1]. En la destilación tradicional, se generan grandes volúmenes de vinazas, un residuo líquido que queda en el alambique tras la destilación del mosto de agave fermentado. Estas vinazas tienen un color café oscuro debido a su composición, principalmente por fenoles y melanoidinas, polímeros que se forman como productos finales de la reacción de Maillard [2].

Es un dato conocido que, por cada litro de tequila producido, se generan entre 10 y 12 litros de vinazas [3]. Se estima que aproximadamente el 80% de las vinazas que se generan se vierten directamente en cuerpos de agua (ríos, lagos, arroyos), sistemas de alcantarillado público o directamente al suelo sin haber recibido un tratamiento previo a su disposición [2]. Las vinazas representan un alto potencial contaminante, ya que al entrar en contacto con cuerpos de agua, su descomposición limita los niveles de oxígeno disponible, incrementan la acidez del medio y provocan la eutrofización del ecosistema por su elevada concentración de minerales como el nitrógeno y el fósforo [4]. Estos efectos perjudican a los organismos acuáticos y propician la proliferación de especies indeseadas.

La destilación de tequila en condiciones de vacío es una tecnología innovadora que permite la separación de compuestos mediante la reducción de la presión en el sistema, lo que disminuye los puntos de ebullición de los componentes del mosto. En la industria tequilera, esta tecnología representa una ventaja importante, ya que evita la degradación térmica de ciertos compuestos aromáticos y elimina la generación de vinazas. Como resultado, se obtiene un tequila con un perfil aromático enriquecido con notas propias del agave, que usualmente no se perciben en el tequila destilado por el método tradicional. Además, este proceso genera un fermento bajo en alcohol que puede ser aprovechado en la formulación de nuevos productos para alimentación humana o animal.

Inicialmente, la implementación de este nuevo proceso de destilación de tequila en condiciones de vacío se probó en 2023 en laboratorio por el Mtro. José Orozco González

Aréchiga, quien confirmó la viabilidad del proceso. Posteriormente, durante la edición del PAP de verano de 2024, se estableció una colaboración con la tequilera Hacienda de Oro para llevar a cabo pruebas experimentales de destilación al vacío a escala piloto, con el objetivo de producir tequila sin la generación de vinazas a partir de su mosto fermentado.

Dada su composición, el fermento bajo en alcohol obtenido a partir de este nuevo proceso de destilación de tequila puede ser aprovechado como materia prima para la formulación de diversos productos alimenticios, tales como bebidas, productos de panificación, confitería, y alimentación para ganado, entre otros. Al proponer su uso en la industria alimentaria, resulta fundamental conocer sus propiedades para garantizar condiciones óptimas de conservación y manipulación durante su almacenamiento y procesamiento.

Un estudio de vida útil determina el periodo durante el cual un alimento mantiene su calidad, inocuidad y propiedades sensoriales bajo condiciones de almacenamiento específicas. Conocer la vida útil de las materias primas es crucial para la industria alimentaria, ya que facilita la gestión eficiente de insumos, optimiza la planificación de inventarios y reduce pérdidas, contribuyendo así a la sostenibilidad y rentabilidad de las empresas [5].

Para la edición del presente PAP, primavera 2025, se tiene previsto iniciar con el estudio de vida útil del fermento bajo en alcohol, dando continuidad a los esfuerzos de caracterización iniciados durante primavera, verano y otoño de 2024. Adicionalmente, se buscará desarrollar prototipos de alimentos que incorporen el fermento, evaluando su viabilidad técnica y sensorial en diferentes aplicaciones dentro de la industria alimentaria. Estos avances permitirán consolidar su potencial como una materia prima innovadora y sustentable.

## 1.2 Caracterización de la organización

El Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente A.C. (ITESO), ubicado en Periférico Sur Manuel Gómez Morín #8585, C.P. 45604 en el municipio de Tlaquepaque, Jalisco, México, es una institución jesuita de educación superior cuyo objetivo es formar profesionales con un alto sentido ético, comprometidos con el entorno social y con una perspectiva global de afrontar los desafíos del mundo actual. La institución educativa ofrece una amplia gama de programas educativos, que van desde la educación media superior con

su programa de preparatoria hasta la educación superior con licenciaturas, posgrados y programas de educación continua como diplomados y cursos, permitiendo que las y los estudiantes tengan una amplia variedad de opciones académicas que se ajusten a sus intereses y necesidades [6].

La misión del ITESO se centra en promover la responsabilidad social y sustentabilidad, fomentando la participación activa de estudiantes en proyectos que tengan un impacto hacia la calidad de vida de las comunidades, logrando ampliar el conocimiento y la cultura en la búsqueda de la verdad. A su vez, la institución educativa propone y desarrolla soluciones viables en colaboración con otras instituciones y organizaciones, con el objetivo de transformar sistemas e instituciones [7].

El Mtro. José Orozco González Aréchiga y la Ing. Odette Blanco Reyes, quienes coordinan el presente Proyecto de Aplicación Profesional (PAP), son profesores de varias carreras pertenecientes al Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales (DPTI). Este departamento se dedica a la aplicación de la ciencia y la tecnología para transformar recursos naturales en beneficio a la sociedad, ya que cuenta con instalaciones, equipo de alta tecnología y un cuerpo docente multidisciplinario que respaldan la creación de soluciones en proyectos de investigación, desarrollo e innovación [8].

Actualmente, el ITESO forma parte del Sistema Universitario Jesuita (SUJ), una red global que agrupa a más de 200 universidades jesuitas, dedicadas a la formación de líderes en diversas disciplinas, siempre enfocándose en el bienestar de la sociedad. En México, el SUJ incluye instituciones como la Universidad Iberoamericana y el Centro de Estudios Ayuuk de la Universidad Indígena Intercultural Ayuuk, en Oaxaca, enfocándose en una misión educativa cristiana, compartiendo un proyecto en común, encaminar profesionales que se conviertan en agentes del cambio, comprometidos con el desarrollo de una sociedad más justa, equitativa, humana, solidaria y dando prioridad a los más desfavorecidos [9].

### 1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

La destilación del tequila es un proceso unitario que, desde el siglo XVI, ha sido parte fundamental de identidad de la cultura de México [10]. Durante este proceso, la piña del agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul) se tritura una vez que alcanza su madurez para extraer el mosto que será fermentado y destilado. El líquido que no fue destilado es conocido como “vinazas”, un subproducto característico por su alto contenido en materia orgánica, potasio y calcio, así como cantidades moderadas de nitrógeno y fósforo [3]. Durante la destilación del tequila, se estima una generación de 10 a 12 L de vinazas por cada litro de tequila producido [11], registrando una producción en México para el año 2020 de 374 millones de litros de tequila [4], lo que indica que esta industria genera una enorme cantidad de residuos de manera constante.

Debido a que las vinazas son un residuo indeseado de la industria tequilera, comúnmente se destinan a cuerpos de agua o se vierten en campos, lo que afecta negativamente la vida acuática, la calidad del suelo y los ecosistemas naturales. Este desecho es una de las principales fuentes de contaminación de cuerpos de agua en el estado de Jalisco [3]. Estudios han demostrado que las vinazas son altamente contaminantes ya que al entrar en contacto con el medio acuático, se descomponen, disminuyendo los niveles de oxígeno en el agua, elevando la acidez y causando una eutrofización debido al alto contenido de nitrógeno y fósforo en las vinazas, afectando organismos acuáticos y favoreciendo el crecimiento de plagas [12].

En ediciones anteriores de este PAP, se propuso un nuevo proceso de destilación de tequila en condiciones de vacío, logrando minimizar la generación de vinazas y obteniendo, en su lugar, un líquido fermentado bajo en alcohol. Este fermento fue caracterizado mediante pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en ediciones previas del mismo PAP, determinándose que es apto para el consumo humano y animal. Por ello, en la presente edición, se busca desarrollar alimentos para consumo humano y animal que aprovechen y revaloricen este fermento, contribuyendo así a una solución más sostenible y aprovechable de los subproductos de la industria tequilera.

#### 1.4. Planeación de alternativa(s)

En el presente PAP, primavera 2025, se busca determinar el tiempo de vida útil del fermento bajo en alcohol, analizando su comportamiento ante diferentes temperaturas a las que puede estar expuesto durante su almacenamiento y distribución. Para ello, se evaluará en tres condiciones térmicas: almacenamiento refrigerado (5°C), enfriamiento industrial (15°C) y exposición ambiental (25°C). El estudio incluirá tanto la versión “natural” del fermento como su versión pasteurizada, esta última únicamente en las temperaturas de 15 y 25°C, en las cuales el tratamiento térmico podría influir su estabilidad.

La evaluación de la estabilidad del fermento en estas condiciones se llevará a cabo mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. Entre los parámetros fisicoquímicos, se medirán la acidez por potenciometría [13], grados Brix por refractometría [14], pH por potenciometría [15], determinación del contenido de etanol por cromatografía de gases [16]. En cuanto al análisis microbiológico, se realizará el conteo de bacterias mesófilas aerobias (BMA) [17] y de hongos y levaduras [18], siguiendo las técnicas indicadas en la normativa mexicana correspondiente. El análisis sensorial que se conducirá consistirá en la degustación del fermento con la misma frecuencia con la que se medirán los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; durante este proceso, se registrarán los atributos percibidos y su intensidad de acuerdo con una escala establecida. El conjunto de mediciones será utilizado para desarrollar un modelo matemático que explique la tasa de deterioro o de cambio de los parámetros evaluados, y con este, y la comparación de los resultados obtenidos con normativas e información documental sobre estudios en alimentos similares al fermento bajo en alcohol, se determinará el tiempo de vida útil del fermento.

A partir de los resultados obtenidos sobre el contenido de etanol en el fermento bajo en alcohol, se analizará si dichos valores superan los límites de ingesta segura para humanos y animales. Con base en esta información, se propondrán esquemas de consumo máximo diario para cada especie, considerando tanto la seguridad toxicológica como sus requerimientos nutrimentales.

Paralelamente al estudio de vida útil que se realizará, se desarrollarán prototipos de alimentos de panificación y confitería en los que se incorpore el fermento, evaluando su impacto en las características sensoriales y tecnofuncionales de los productos. Además, se analizará su viabilidad como ingrediente en estas aplicaciones, considerando aspectos como estabilidad, interacción con otros ingredientes y posibles modificaciones en la textura y el perfil de sabor.

El desarrollo de este proyecto se llevará a cabo mediante un plan de trabajo organizado en un periodo de 16 semanas, como se muestra en la tabla 1. Este plan establece las actividades a realizar, indicando los requerimientos de personal, materiales y tecnología para cada etapa, así como la distribución del tiempo y las semanas asignadas a cada tarea. Su propósito es optimizar la gestión del proyecto, garantizando el uso eficiente de los recursos y el cumplimiento de los objetivos dentro del tiempo estipulado.

**Tabla 1. Cronograma de actividades para realizar durante el PAP denominado “Estudio de vida útil del fermento bajo en alcohol, subproducto de un nuevo proceso de destilación del tequila, para su aprovechamiento en productos alimenticios” en el periodo de primavera 2025.**

Nombre de la actividad	Recursos	Tiempo (días)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16
Búsqueda bibliográfica de los límites de ingesta de compuestos presentes en el fermento	CB, AOD	3																
Capacitación y determinación de EtOH por cromatografía de gases	AOD, AL, CG	2																
Preparación de material para vida útil (medios de cultivo y reactivos químicos)	AOD, AL, TP, GB, CC	2																
Determinaciones fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales para la vida útil.	AL, TP, GB, CC	3																
Formulación para el	AL, TP	2																

desarrollo de un alimento																		
Preparación de resultados	AOD, CB, TP, AL	2																
Presentar avance 4 al director del PAP	AOD	1																
Revisión final y ajustes	AOD, TP	2																
Elaboración y exposición de carteles	TP	3																

La tabla 2 presenta las siglas empleadas para representar los distintos recursos incluidos en el cronograma de actividades. Su uso agiliza la identificación y administración de los elementos requeridos en cada fase del proyecto, contribuyendo a una planificación más clara y organizada.

**Tabla 2. Abreviaturas de los recursos señalados en el cronograma de actividades (tabla 1).**

<b>Recursos utilizados</b>	
<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
CB	Consultas bibliográficas
AOD	Asesoría Ing. Odette Blanco Reyes/Mtro. José Orozco González Aréchiga
AL	Asistencia de laboratorio
TP	Trabajo personal
CG	Cromatógrafo de gases GowMac
GB	Gabinete de seguridad biológica clase II
CC	Cámara climática Climacell

### 1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

Como se mencionó anteriormente, el presente PAP tiene como objetivo evaluar el potencial del fermento bajo en alcohol (FBA) en su versión *natural* y pasteurizado, como materia prima que pueda ser aprovechada en el desarrollo de productos alimenticios, tanto para consumo humano como animal. El trabajo se estructuró en tres bloques para el cumplimiento de los objetivos: Estudio de vida útil acelerado del fermento bajo en alcohol, Incorporación del fermento bajo en alcohol en productos alimenticios y Revisión bibliográfica para el uso del fermento bajo en alcohol en ganado. Durante el desarrollo de estos bloques, se llevaron a cabo reuniones semanales con la coordinadora del proyecto, Ing. Odette Blanco Reyes. El

propósito de dichas reuniones fue compartir y analizar conjuntamente la información obtenida durante la experimentación, con el fin de identificar áreas de oportunidad y posibles estrategias de mejora para el avance del proyecto, garantizando una ejecución coordinada en cada bloque de trabajo.

#### *Estudio de vida útil acelerado del fermento bajo en alcohol*

Para la planificación del estudio de vida útil acelerado, se consultó con los coordinadores del proyecto y con estudiantes participantes de las ediciones de primavera, verano y otoño 2024 del presente PAP, con el fin de obtener información sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales que habían podido percibir del fermento bajo en alcohol de manera general. Este análisis y discusión conjunta permitió realizar una estimación preliminar de la vida útil esperada para el producto, considerando las distintas condiciones de almacenamiento propuestas.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos seleccionados para ser monitoreados en el estudio de vida útil, que se detallan en la sección 1.4, se tomaron en cuenta la acidez por potenciometría, los grados Brix por refractometría, el pH por potenciometría y la determinación del contenido de etanol por cromatografía de gases. Estos parámetros fueron seleccionados debido a la naturaleza del producto; dado que se trata de un fermento, se partió del supuesto de que la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, empleada durante la fermentación del mosto y presente en el FBA, podría seguir manteniendo actividad metabólica. En consecuencia, se esperaba que, durante el almacenamiento, la acidez aumentara, los grados Brix disminuyeran debido al consumo de los azúcares presentes en el FBA por parte de la levadura, el pH se redujera y el contenido de alcohol aumentara como resultado de la actividad metabólica de la levadura. En relación con los análisis microbiológicos mencionados también en la sección 1.4, se partió del supuesto de que la levadura continuaría su proceso de multiplicación durante el almacenamiento. Este hecho, junto con el posible crecimiento de bacterias mesófilas aerobias, podría indicar un deterioro del fermento, convirtiéndose en un factor clave para garantizar la inocuidad del FBA. La degustación para evaluar el fermento de forma sensorial respecto al tiempo consistió en tratar de describir la intensidad de atributos como ácido, alcohólico, metálico, acético, dulce, nota a levadura,

color, viscosidad, la separación de fases y cualquier otro que pudiera ser detectado. La escala de intensidad se conforma de 7 puntos, siendo estos Imperceptible, Muy poco, Poco, Moderado, Poco fuerte, Fuerte e Intenso.

Como una estrategia para prolongar la vida útil del FBA e inactivar la carga microbiológica presente en el mismo, se realizó una pasteurización tradicional del fermento a 63°C durante 30 minutos [19], seguida de un enfriamiento rápido. Este fermento pasteurizado se evaluó únicamente a las condiciones de 15°C y 25°C, correspondientes al enfriamiento industrial y a temperatura ambiente, respectivamente. Los datos obtenidos del fermento pasteurizado se compararon con los obtenidos del fermento en su estado *natural*, es decir, sin ningún tipo de tratamiento térmico, el cual se almacenó a temperaturas de 5 y 15°C, siendo la primera la temperatura ideal de conservación y la segunda igualmente en condiciones de enfriamiento industrial. Partiendo de la planeación preliminar, se definieron los esquemas de mediciones de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, los cuales se presentan en las tablas 3 y 4 para cada muestra de FBA.

**Tabla 3. Estimación preliminar y frecuencia de medición para el FBA *natural*.**

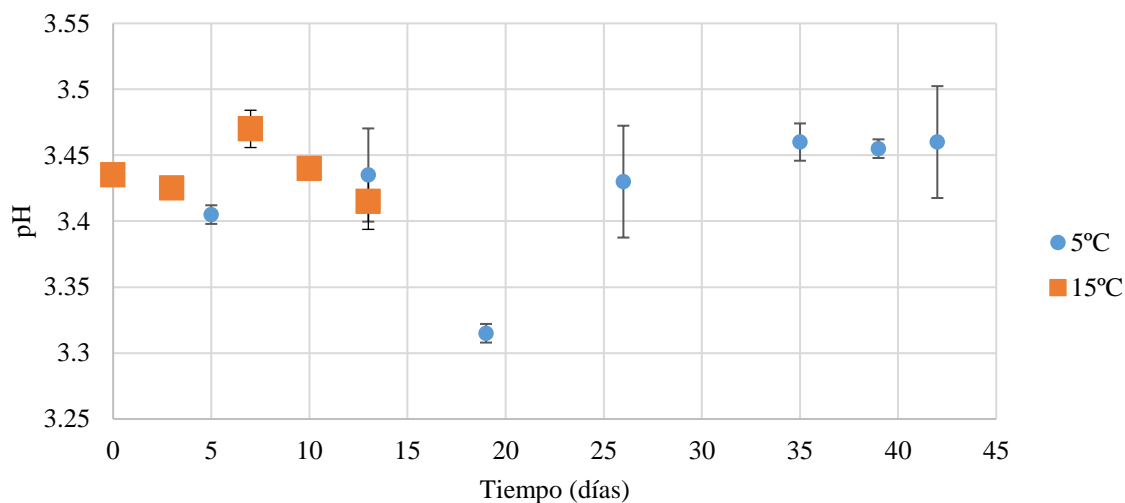
<b>Fermento sin pasteurizar (<i>natural</i>)</b>		
<b>Temperaturas (°C)</b>	<b>Estimación preliminar vida útil</b>	<b>Frecuencia de medición</b>
5	6 semanas	1 vez por semana
15	3 semanas	2 veces por semana

**Tabla 4. Estimación preliminar y frecuencia de medición para el FBA pasteurizado.**

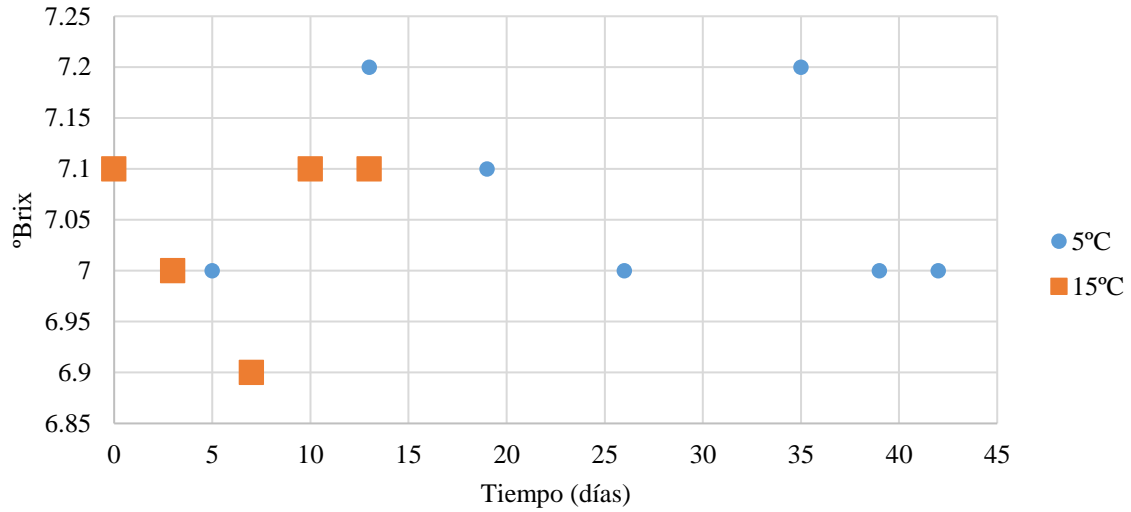
<b>Fermento pasteurizado</b>		
<b>Temperaturas (°C)</b>	<b>Estimación preliminar vida útil</b>	<b>Frecuencia de medición</b>
5	6 semanas	1 vez por semana
15	3 semanas	2 veces por semana

Para dar inicio con la experimentación del estudio de vida útil, se llevó a cabo la pasteurización del FBA recién salido del proceso de destilación, en los casos en que así

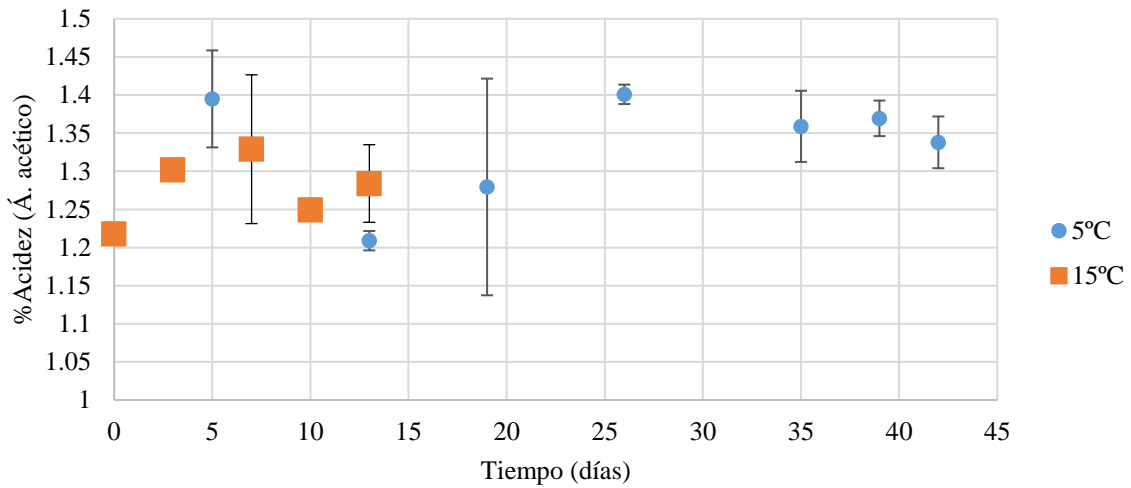
correspondía. Posteriormente, tanto el FBA pasteurizado como el *natural* (sin tratamiento térmico) fueron envasados en muestras representativas utilizando botellas de plástico de 100 mL, previamente desinfectadas con ácido peracético al 5 % (v/v). Se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales correspondientes al tiempo “0” o tiempo inicial, y se etiquetaron los envases para su posterior introducción en las cámaras climáticas Climacell, a las temperaturas de almacenamiento previamente especificadas. El conjunto de datos obtenido a partir de la frecuencia de mediciones descrita en las Tablas 3 y 4 para las muestras de FBA en formato *natural* y pasteurizado se presenta de manera gráfica en las figuras 1 a la 8.



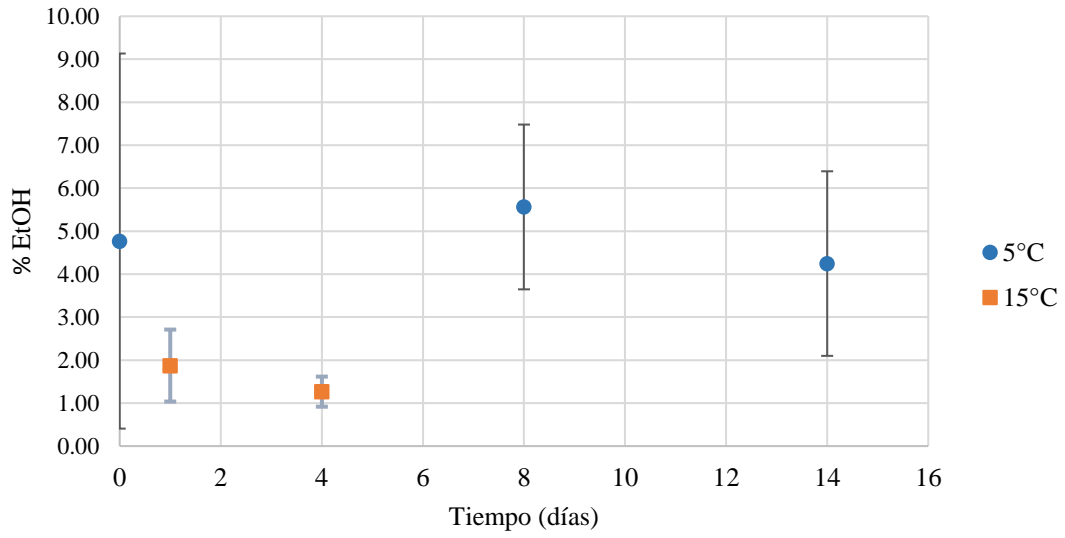
**Figura 1. Promedio de las mediciones de pH durante el tiempo de almacenamiento para el FBA *natural* a 5 y 15°C.**



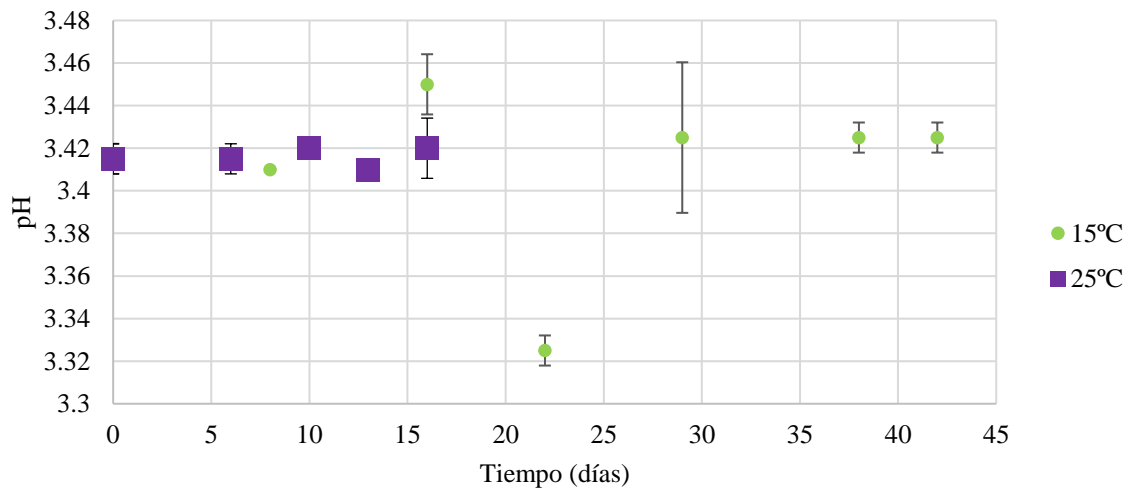
**Figura 2.** Promedio de las mediciones de °Brix durante el tiempo de almacenamiento para el FBA *natural* a 5 y 15°C.



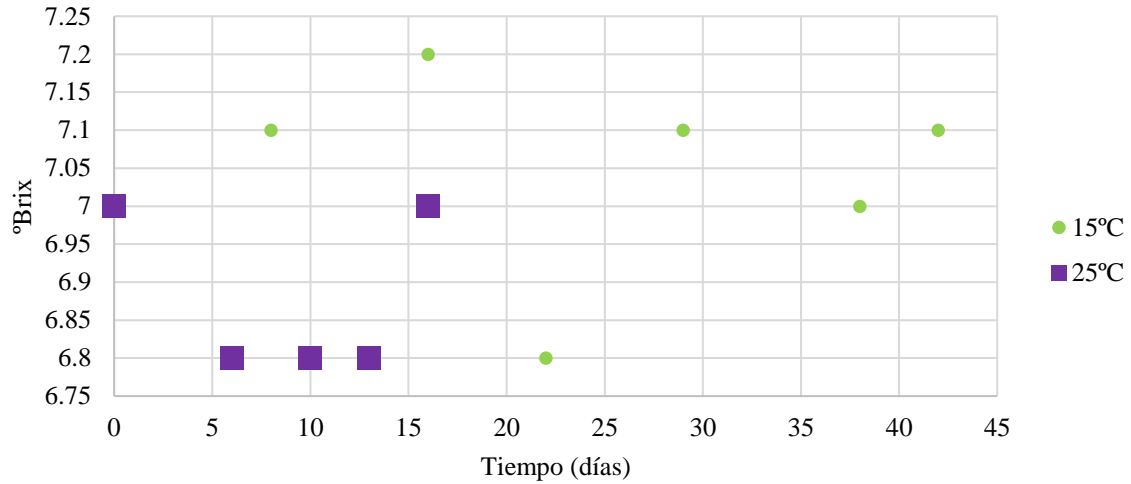
**Figura 3.** Promedio de las mediciones de %Acidez (expresado como ácido acético) durante el tiempo de almacenamiento para el FBA *natural* a 5 y 15°C.



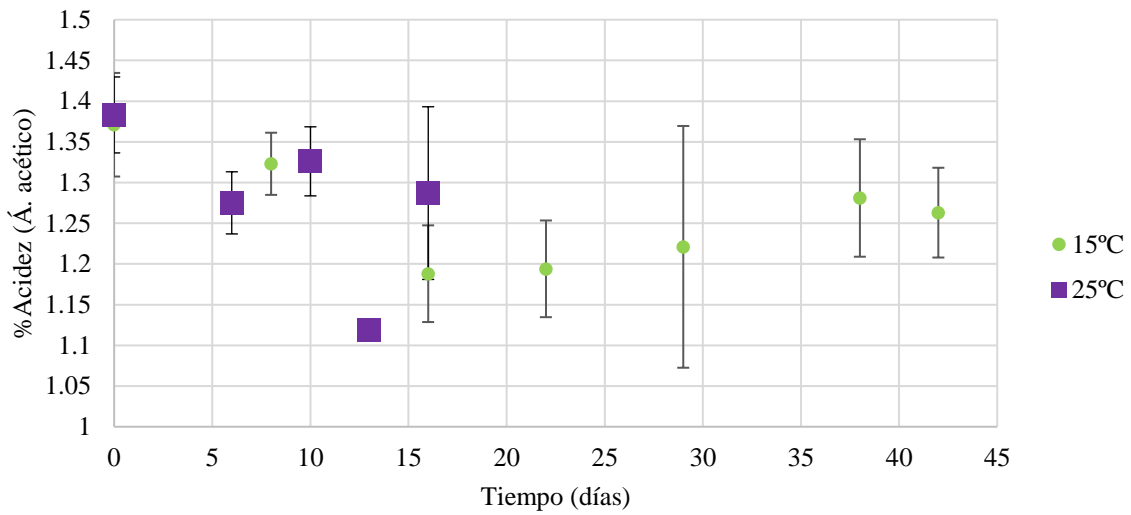
**Figura 4. Promedio de las mediciones de %EtOH el tiempo de almacenamiento para el FBA *natural* a 5 y 15°C.**



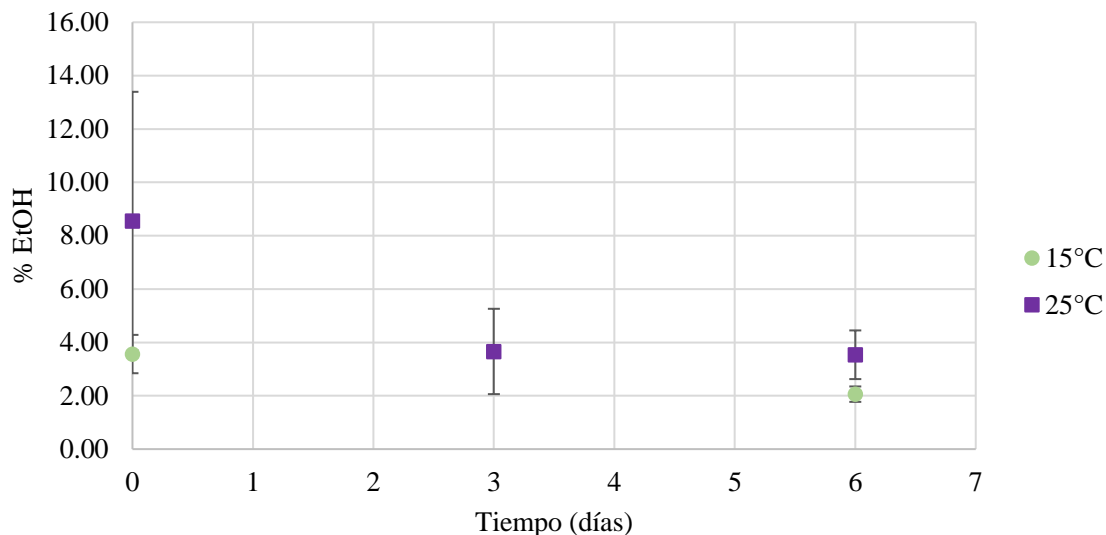
**Figura 5. Promedio de las mediciones de pH durante el tiempo de almacenamiento para el FBA *pasteurizado* a 15 y 25°C.**



**Figura 6. Promedio de las mediciones de °Brix durante el tiempo de almacenamiento para el FBA pasteurizado a 15 y 25°C.**



**Figura 7. Promedio de las mediciones de %Acidez (expresado como ácido acético) durante el tiempo de almacenamiento para el FBA pasteurizado a 15 y 25°C.**



**Figura 8. Promedio de las mediciones de %EtOH el tiempo de almacenamiento para el FBA pasteurizado a 15 y 25°C.**

Los datos recopilados fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza de un factor (ANOVA), utilizando las herramientas de análisis de datos de Microsoft Excel. Se consideró que existía una diferencia significativa entre las mediciones de cada parámetro cuando el valor de probabilidad (*P-value*) fue menor a 0.05; en caso contrario, se asumió que no había diferencia significativa a lo largo del tiempo de almacenamiento. Este análisis estadístico, cuyos resultados se presentan en la Tabla 5, fue fundamental para identificar si alguno de los parámetros fisicoquímicos mostró un cambio significativo que permitiera considerarlo como factor determinante, es decir, como el parámetro que marcaba el fin de la vida útil del fermento.

**Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) de un factor para los parámetros fisicoquímicos medidos durante el almacenamiento de las distintas muestras de FBA.**

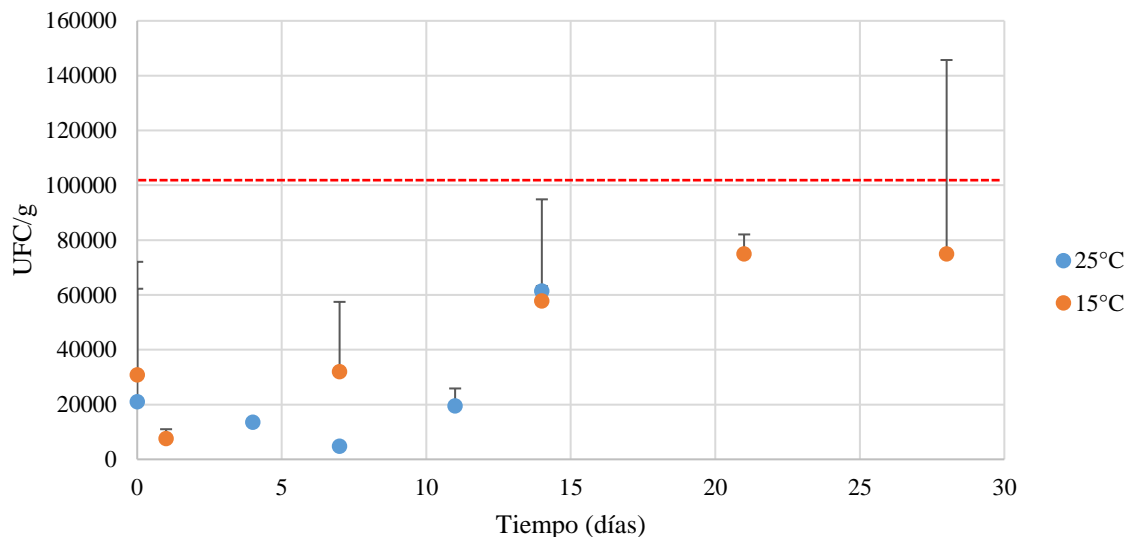
Muestra de FBA	Medición	Promedio	P-value	Pronóstico
5°C Natural	pH	3.42	0.668	No hay diferencia significativa
	°Brix	7	1.000	
	%Acidez (ácido acético)	1.32%	0.353	
	% EtOH	4.86%	0.082	
15°C Natural	pH	3.44	0.335	No hay diferencia significativa
	°Brix	7	1.000	

	%Acidez (ácido acético)	1.27%	0.178	
	% EtOH	1.57%	0.276	
15°C Pasteurizado	pH	3.41	0.850	No hay diferencia significativa
	°Brix	7	1.000	
	%Acidez (ácido acético)	1.26%	0.102	
	% EtOH	2.81%	0.940	
25°C Pasteurizado	pH	3.42	1.000	No hay diferencia significativa
	°Brix	6.8	1.000	
	%Acidez (ácido acético)	1.28%	0.365	
	% EtOH	5.25%	0.382	

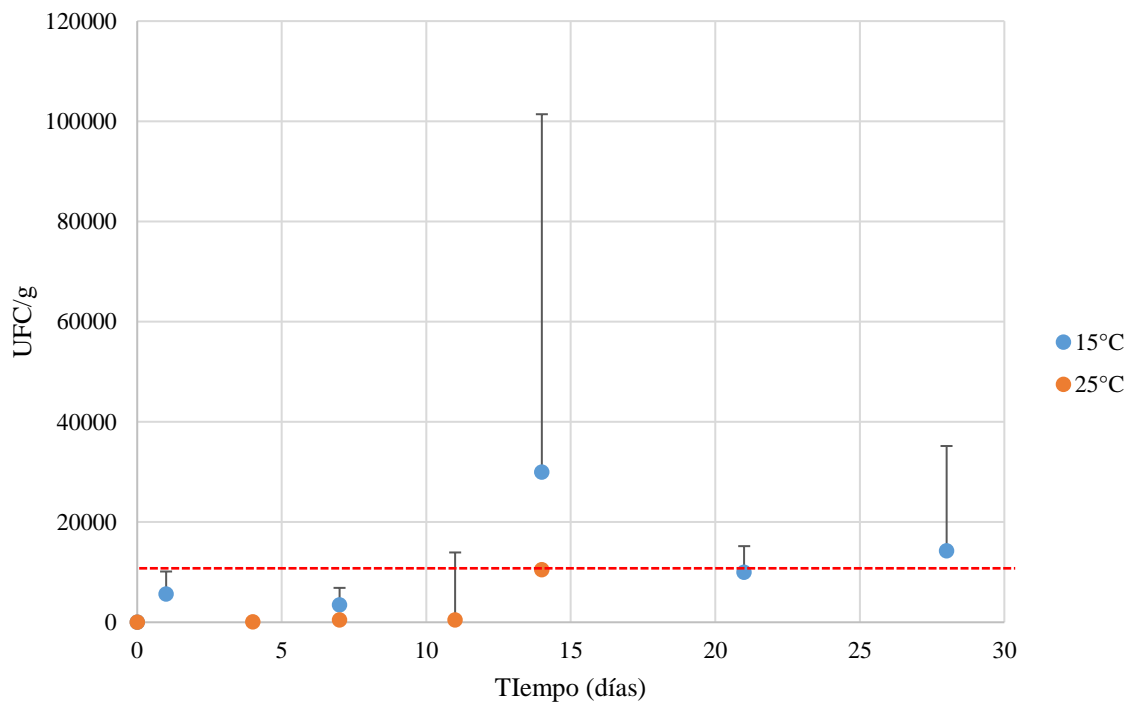
Al comparar los valores promedio obtenidos para cada parámetro fisicoquímico del FBA durante los distintos tiempos de almacenamiento con los datos reportados para el pulque [20], que es una bebida alcohólica fermentada a partir del jugo de agave, se observan tanto similitudes como diferencias importantes. El pH del pulque se encuentra entre 3.14 y 4.12, mientras que los valores de °Brix varían desde 3.56 hasta 8.46 y la acidez titulable, expresada como ácido acético, se sitúa entre 0.47 y 0.50 % [20]. En el caso del FBA, el pH fue constante en torno a 3.4, lo que lo ubica dentro del rango observado para el pulque. Asimismo, los °Brix se mantuvieron estables y próximos al valor más alto reportado para esta bebida. Por otro lado, la acidez titulable del FBA resultó mayor en todos los casos en comparación con el pulque, lo cual puede atribuirse a las características propias del proceso de fermentación alcohólica y destilación que da origen al FBA. Finalmente, el rango de porcentaje de etanol en el FBA, fue de 1.57 – 5.25%, se considera al producto una bebida alcohólica fermentada si el porcentaje es mayor al 2%, lo que se cumple en ambas muestras pasteurizadas, y la muestra natural almacenada a 15°C [21].

Mientras que para los parámetros fisicoquímicos no existió una diferencia significativa, los análisis microbiológicos revelaron un aumento de microorganismos indicadores conforme transcurría el tiempo, a su respectiva temperatura de almacenamiento. El conjunto de datos microbiológicos obtenidos a partir de la frecuencia de mediciones descrita en las Tablas 3 y 4 se presenta de manera gráfica en las figuras 9 a la 12 para las muestras de FBA en formato *natural* y pasteurizado. Las líneas rojas punteadas equivalen al límite máximo permitido

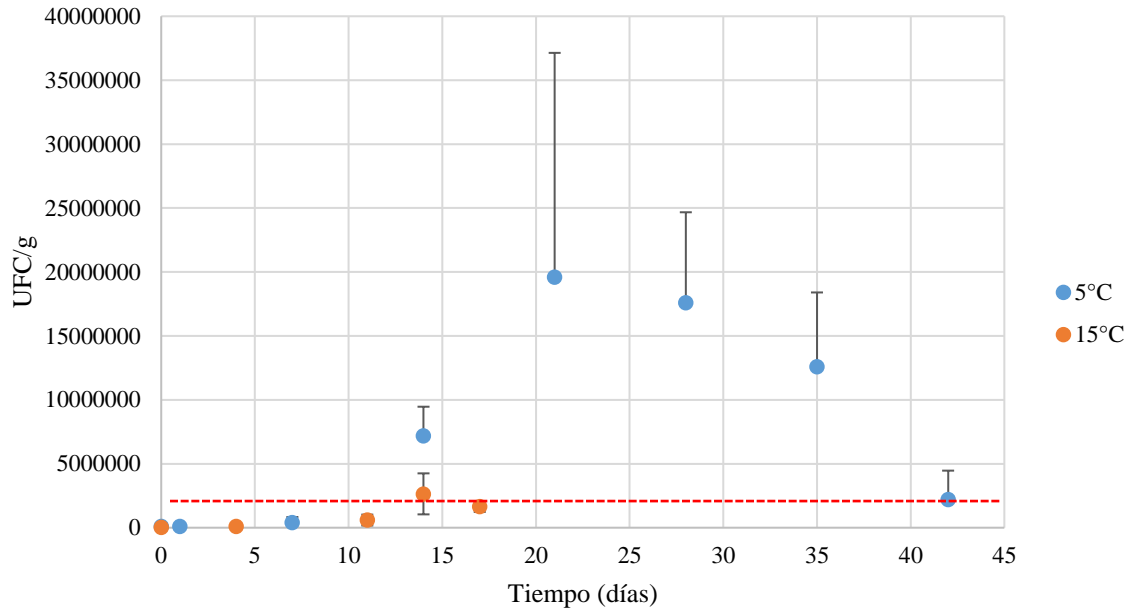
según el Reglamento (CE) No. 2073/2005 como límites microbiológicos para bebidas fermentadas, donde el límite máximo para Bacterias Mesófilas Aerobias equivale a 100,000 UFC/mL mientras que para Mohos y Levaduras son 10,000 UFC/mL [22].



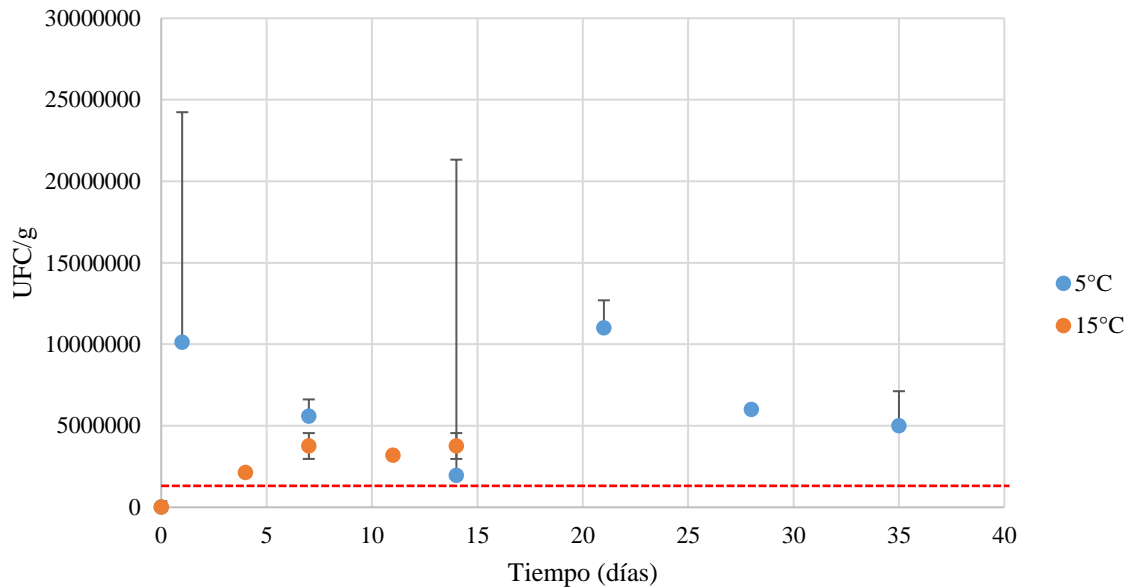
**Figura 9. Promedio de las mediciones microbiológicas de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA) durante el tiempo de almacenamiento para el FBA pasteurizado a 15 y 25°C.**



**Figura 10. Promedio de las mediciones microbiológicas de mohos y levaduras durante el tiempo de almacenamiento para el FBA pasteurizado a 15 y 25°C.**



**Figura 11. Promedio de las mediciones microbiológicas de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA) durante el tiempo de almacenamiento para el FBA *natural* a 5 y 15°C.**



**Figura 12. Promedio de las mediciones microbiológicas de mohos y levaduras durante el tiempo de almacenamiento para el FBA *natural* a 5 y 15°C.**

En la figura 9, correspondiente al FBA pasteurizado, se observa un aumento en las unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/mL) a lo largo del tiempo en ambas temperaturas evaluadas. Sin embargo, los valores permanecen por debajo del límite máximo permitido de

100,000 UFC/mL, establecido para las mediciones microbiológicas de Bacterias Mesófilas Aerobias. En contraste, en la Figura 10, se evidencia que el último punto correspondiente a la temperatura de 25 °C comienza a superar dicho límite, lo que indica un posible inicio de deterioro microbiológico.

Por otro lado, las Figuras 11 y 12, correspondientes al FBA natural, muestran que desde las primeras mediciones microbiológicas ya superan los límites permitidos, lo cual indica la calidad microbiológica del producto. Este comportamiento permite estimar su tiempo de vida útil, ya que en ambos casos la carga microbiológica continúa aumentando con el tiempo, lo cual acortaría significativamente su vida útil.

Una vez obtenidos los datos previamente presentados, estos se ajustaron al modelo cinético de Arrhenius (véase ecuación 1 y 2), el cual describe cómo la velocidad de una reacción varía en función de la temperatura. En este estudio, dicho modelo se aplicó para analizar el efecto de las diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la vida útil del alimento, considerando que esta se ve directamente influenciada por la velocidad de crecimiento microbiano. Se determinó que el crecimiento microbiano sigue una cinética de primer orden (véase Tabla 6 y 7; figura 13 a 16), lo que implica que la velocidad de crecimiento es proporcional a la concentración de microorganismos presentes en la muestra [23].

$$k = Ae^{\frac{-Ea}{RT}}$$

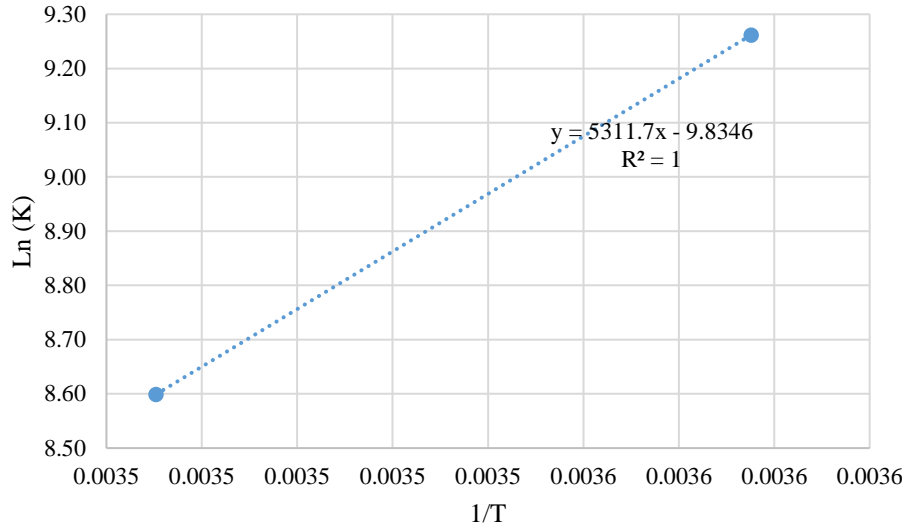
**Ecuación 1. Modelo de Arrhenius que describe cómo varía la velocidad de una reacción respecto a la temperatura.**

$$\ln(A)_{\text{límite}} = \ln(A_0) - kt$$

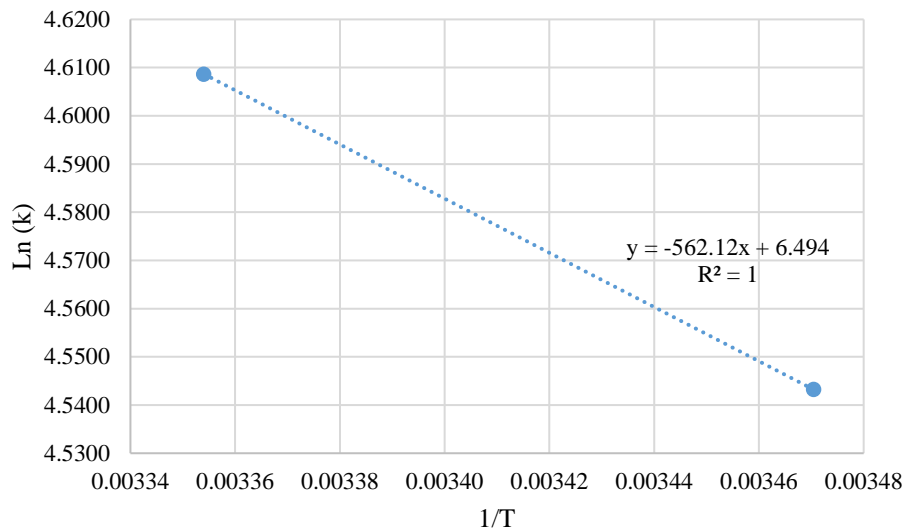
**Ecuación 2. Modelo de Arrhenius aplicado a una reacción de primer orden**

**Tabla 6. Variables termodinámicas obtenidas a partir de las mediciones microbiológicas de BMA a diferentes temperaturas de almacenamiento para las distintas muestras del FBA.**

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	1/T (1/K)	k (1/s)	Ln (k)
5 natural	278.15	$3.6 * 10^{-3}$	$1.05 * 10^4$	9.261
15 natural	288.15	$3.5 * 10^{-3}$	$5.42 * 10^3$	8.599
15 pasteurizado	288.15	$3.5 * 10^{-3}$	93.993	4.543
25 pasteurizado	298.15	$3.4 * 10^{-3}$	100.349	4.608



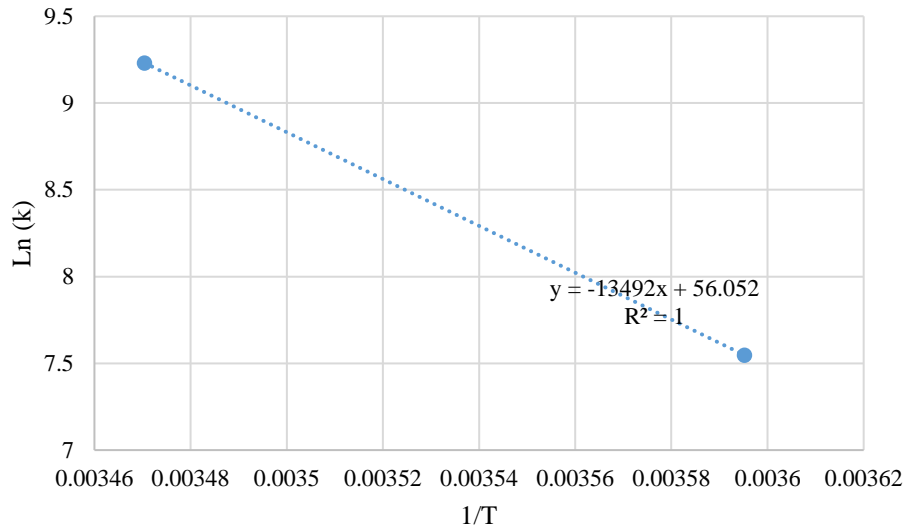
**Figura 13. Modelo de Arrhenius linealizado para la determinación de la vida útil del FBA *natural* respecto a los análisis microbiológicos de bacterias mesófilas aerobias (BMA).**



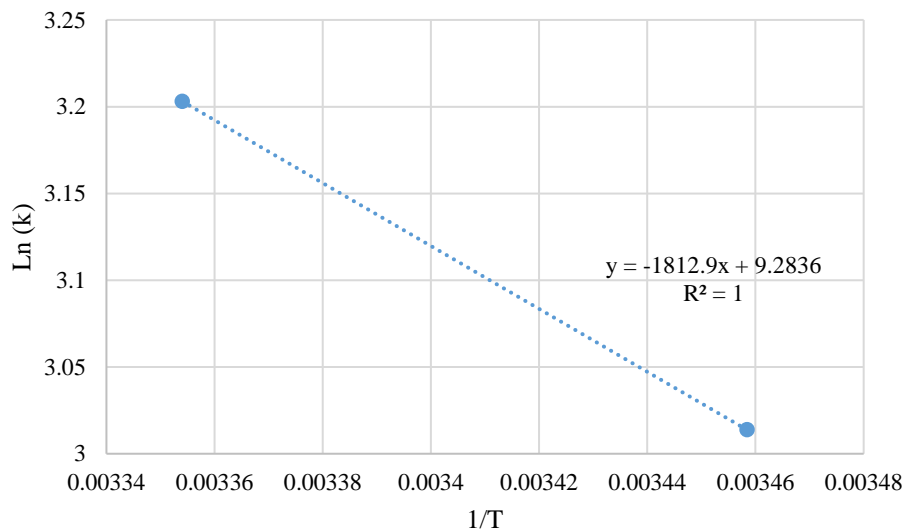
**Figura 14. Modelo de Arrhenius linealizado para la determinación de la vida útil del FBA *pasteurizado* respecto a los análisis microbiológicos de bacterias mesófilas aerobias (BMA).**

**Tabla 7. Variables termodinámicas obtenidas a partir de las mediciones microbiológicas de Mohos y Levaduras a diferentes temperaturas de almacenamiento para las distintas muestras del FBA.**

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	1/T (1/K)	k (1/s)	Ln (k)
5 <i>natural</i>	278.15	$3.5 \times 10^{-3}$	$1.89 \times 10^3$	7.547
15 <i>natural</i>	288.15	$3.4 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^4$	9.231
15 <i>pasteurizado</i>	288.15	$3.4 \times 10^{-3}$	20.36	3.013
25 <i>pasteurizado</i>	298.15	$3.3 \times 10^{-3}$	24.60	3.203



**Figura 15. Modelo de Arrhenius linealizado para la determinación de la vida útil del FBA *natural* respecto a los análisis microbiológicos de mohos y levaduras.**



**Figura 16. Modelo de Arrhenius linealizado para la determinación de la vida útil del FBA *pasteurizado* respecto a los análisis microbiológicos de mohos y levaduras.**

A partir de las variables termodinámicas obtenidas experimentalmente, se calcularon los parámetros característicos del modelo de Arrhenius. Estos parámetros permiten cuantificar la sensibilidad del sistema ante los cambios de temperatura durante el almacenamiento, proporcionando una herramienta para predecir el comportamiento del crecimiento microbiano en función de la temperatura. En particular, la energía de activación ( $E_a$ ) representa la cantidad mínima de energía necesaria para que el proceso ocurra, mientras que

el factor preexponencial (A) refleja la frecuencia con la que ocurre la reacción bajo condiciones favorables [24]. La determinación de estos parámetros, cuyos resultados se observan en la Tabla 8 y 9, es esencial para modelar la vida útil del FBA y optimizar sus condiciones de conservación.

**Tabla 8. Parámetros cinéticos obtenidos del modelo de Arrhenius para el FBA natural.**

<b>Parámetro</b>	<b>Bacterias Mesófilas Aerobias</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Mohos y Levaduras</b>
$R \left( \frac{J}{mol \cdot K} \right)$	8.314	$R \left( \frac{J}{mol \cdot K} \right)$	8.314
k (1/s)	$5.31 \cdot 10^3$	k (1/s)	$-1.34 \cdot 10^4$
$E_a \left( \frac{J}{mol} \right)$	$4.41 \cdot 10^4$	$E_a \left( \frac{J}{mol} \right)$	$1.12 \cdot 10^5$
$A \left( \frac{UFC}{h} \right)$	$5.35 \cdot 10^{-05}$	$A \left( \frac{\%UFC}{h} \right)$	$2.20 \cdot 10^{24}$

**Tabla 9. Parámetros cinéticos obtenidos del modelo de Arrhenius para el FBA pasteurizado.**

<b>Parámetro</b>	<b>Bacterias Mesófilas Aerobias</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Mohos y Levaduras</b>
$R \left( \frac{J}{mol \cdot K} \right)$	8.314	$R \left( \frac{J}{mol \cdot K} \right)$	8.314
k (1/s)	-562.11	k (1/s)	$-1.81 \cdot 10^3$
$E_a \left( \frac{J}{mol} \right)$	$4.67 \cdot 10^3$	$E_a \left( \frac{J}{mol} \right)$	$1.50 \cdot 10^4$
$A \left( \frac{UFC}{h} \right)$	661.17	$A \left( \frac{\%UFC}{h} \right)$	$1.07 \cdot 10^4$

Con base en los valores de la constante de velocidad (k) obtenidos a partir del modelo cinético de Arrhenius, se estimaron los tiempos de vida útil del producto a diferentes temperaturas de almacenamiento. Para ello, se desarrollaron dos modelos cinéticos independientes: uno correspondiente al crecimiento de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA) y otro al de mohos y levaduras con el fin de evaluar de manera más precisa el comportamiento microbiológico bajo distintas condiciones de almacenamiento. Esta se expresó en días, permitiendo una mejor interpretación práctica de los resultados. A continuación, en la tabla 10, se presentan los tiempos de vida útil calculados.

**Tabla 10. Estimación de los tiempos de vida útil a diferentes temperaturas del FBA según el modelo cinético de Arrhenius para los diferentes microorganismos indicadores.**

<b>Bacterias Mesófilas Aerobias</b>		<b>Mohos y Levaduras</b>	
Muestra FBA	Tiempo de vida útil (días)	Muestra FBA	Tiempo de vida útil (días)
5°C <i>natural</i>	1	5°C <i>natural</i>	1
15°C <i>natural</i>	4	15°C <i>natural</i>	0.5
15°C pasteurizado	44	15°C pasteurizado	26
25°C pasteurizado	41	25°C pasteurizado	17

Los resultados obtenidos a partir de los modelos cinéticos aplicados revelan diferencias en la vida útil del producto, dependiendo tanto del tipo de microorganismo modelado como del tratamiento previo del producto. En ambos modelos (tanto para Bacterias Mesófilas Aerobias como para Mohos y Levaduras), se observó que las muestras del FBA pasteurizadas presentaron una vida útil considerablemente mayor en comparación con las muestras naturales. Esta diferencia se explica principalmente por el efecto del tratamiento térmico; la pasteurización reduce de forma significativa la carga microbiana inicial, lo cual retrasa el tiempo necesario para alcanzar los límites microbiológicos establecidos. Por el contrario, el FBA *natural*, debido a la naturaleza del producto y a la ausencia de un tratamiento térmico posterior, presenta una alta carga inicial de microorganismos, lo que acelera el proceso de deterioro microbiológico.

Cabe destacar que los tiempos de vida útil calculados en este estudio se estimaron tomando como referencia los límites microbiológicos previamente establecidos: 100,000 UFC/mL para Bacterias Mesófilas Aerobias y 10,000 UFC/mL para Mohos y Levaduras. Estos límites representan los valores máximos aceptables antes de considerar que el producto ha perdido su calidad microbiológica. Por lo que, para el FBA *natural* almacenados a 5 °C, se estimó una vida útil de aproximadamente 1 día (para ambos microorganismos indicadores), ya que su carga microbiana inicial era muy cercana al límite establecido, lo que implica que no requerirían mucho tiempo para alcanzar dicho límite. Por el contrario, el FBA pasteurizado (para ambos microorganismos indicadores) a una temperatura de 15°C y 25°C, que inició con una menor carga microbiana, mostró un desarrollo lento a las temperaturas del estudio, por lo que se evidenció que tardarían entre un mes en alcanzar el límite microbiológico. Esto

pone en evidencia la efectividad de la pasteurización como método de conservación para prolongar la vida útil del producto.

A continuación, se describen los atributos sensoriales percibidos en el fermento bajo en alcohol (FBA) durante sus diferentes etapas de evaluación: antes de la pasteurización, tras la pasteurización y durante el almacenamiento tanto del producto pasteurizado como del natural. La caracterización sensorial se realizó con base en una escala de intensidad de siete puntos: *Imperceptible, Muy poco, Poco, Moderado, Poco fuerte, Fuerte e Intenso*. Esta escala permitió valorar de manera cualitativa la presencia y persistencia de diferentes atributos, como notas ácidas, dulces, alcohólicas, fermentadas, entre otros, así como aspectos visuales como el color, la viscosidad y la separación de fases. La información detallada se presenta a continuación en la Tabla 11.

**Tabla 11. Intensidad de los atributos detectados en el FBA durante sus diferentes etapas de evaluación.**

<b>Atributos</b>	<b>FBA antes de pasteurizar</b>	<b>FBA pasteurizado en almacenamiento</b>	<b>FBA natural en almacenamiento</b>
Ácido	Muy fuerte	Muy fuerte	Muy fuerte
Alcohólico	Muy poco	Imperceptible	Muy poco
Metálico	Imperceptible	Imperceptible	Imperceptible
Acético	Imperceptible	Imperceptible	Imperceptible
Dulce	Muy poco	Muy poco	Muy poco
Levadura/fermentado	Poco	Poco	Poco
Caramélico/melaza	Poco	Poco	Poco
Butírico	Poco	Poco	Poco
Color	Café oscuro	Café oscuro	Café oscuro
Viscosidad	Similar a la del agua	Similar a la del agua	Similar a la del agua
Separación de fases	Sólidos sedimentados	Sólidos sedimentados	Sólidos sedimentados

#### *Incorporación del fermento bajo en alcohol en productos alimenticios*

Se realizó una prueba preliminar de la incorporación del FBA en un producto horneado, pan, aprovechando tanto las levaduras como los sabores característicos del fermento. Se inició con la molienda del grano de trigo con el fin de la obtención de una harina integral para lo cual se utilizó un molino de martillos en el laboratorio de Planta Piloto perteneciente a los

laboratorios de Ingeniería de Alimentos. Posterior a la molienda, se mezclaron los ingredientes que se enlistan en la tabla 12.

**Tabla 12. Formulación preliminar para la incorporación del FBA en un producto horneado (pan).**



<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Harina</b>	400 g
<b>Agua</b>	105 mL
<b>Azúcar</b>	24 g
<b>Manteca vegetal</b>	12 g
<b>Fermento bajo en alcohol</b>	12 mL
<b>Sal</b>	8 g

Para la obtención del pan, fue necesario mezclar la harina junto con el FBA a una velocidad media, para después agregarle 52.5 mL de agua y seguirlo mezclando durante 4 minutos más. Al finalizar este tiempo, se agregó el azúcar, manteca vegetal, sal y el resto del agua, se continuó mezclándose otros 4 minutos más. Pasado este tiempo, se obtuvo una masa con una consistencia y textura características de las masas para pan, se dejó reposar o gasificar a 30°C durante 60 minutos en una cámara climática Climacell. Posteriormente, se desgasificó para una segunda fermentación a la misma temperatura y tiempo. Se prosiguió nuevamente a desgasificar y se volvió a llevar a fermentar, esta vez por 40 minutos, conservando la misma temperatura. Para finalizar, se horneó 20 minutos a 425°F en un horno de convección. Después, se llevaron a cabo las mediciones fisicoquímicas y sensoriales finales al pan (tablas 13 y 14), comparándolos con una muestra de pan al que se le añadió levadura, es decir, se sustituyó el FBA por levadura convencional.

**Tabla 13. Resultados de las mediciones fisicoquímicas realizadas al pan, finalizado el horneado.**

<b>Muestra</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Resorteo en el horno (cm)</b>	<b>%Humedad del pan</b>
<b>Pan elaborado con el FBA</b>	657	605	0.35	30.99
<b>Pan elaborado con levadura.</b>	654	585	1.15	28.06

**Tabla 14. Resultados de las mediciones sensoriales realizadas al pan, finalizado el horneado.**

Muestra	Apariencia de la miga	Color de la corteza*	Aroma	Sabor
<b>Pan elaborado con el FBA</b>	Densa y muy compacta	L*: 62.6 a*: 7.1 b*: 19.6	Caramélico, agave cocido	Dulce, ácido
				
<b>Pan elaborado con levadura</b>	Consistente y con alveolos pequeños	L*: 67.5 a*: 5.67 b*: 17.70	Trigo (suave y terroso)	Ácido, fermentado
				

\*Atributos de color acorde al método CIE L\*A\*B\*. L\* indica luminosidad; a\*, coordenadas rojo/verde (+a\* rojo, -a\* verde); y b\*, coordenadas amarillo/azul (+b\* amarillo, -b\* azul).

Los resultados de las mediciones fisicoquímicas y sensoriales realizados al pan después del horneado, muestran las diferencias que existen entre el pan elaborado con el FBA y el elaborado con levadura. El pan con el FBA presentó una menor pérdida de peso (pérdida de 7.91% de su peso inicial), indicando una mayor capacidad de retención del agua, reflejándolo en el resultado obtenido para la determinación de humedad, el cual fue de 30.99%. Se determinó el color del pan mediante el método CIE L\*A\*B\*, modelo que describe los colores visibles para el ojo humano. Este modelo indica que dicho pan tiene colores semejantes a tonos caramélicos y cálidos (Figura 17) que pueden influir en la percepción visual de los consumidores, asociándolo con un pan artesanal, además que conserva ciertas notas características del FBA, como la nota dulce y al mosto de agave. En contraste, el pan elaborado con levadura convencional (Figura 18) presenta un mayor resorteo después del horneado, el cual fue de 1.15 cm (0.8 cm más que el pan elaborado con el FBA), esto indica que la estructura de este pan es mucho más aireada y ligera, dando resultados a panes mucho más expandidos con una consistencia más uniforme y una mejor estructura final, es decir durante el amasado, las cadenas proteicas de la harina de trigo se rompieron con mayor

facilidad permitiendo la incorporación de aire a la masa [25], impactando en las características sensoriales, destacando su consistencia y su sabor característico a ácido y a fermentado, pese a tener un color ligeramente más saturado que el pan elaborado con el FBA.



**Figura 17. Pan elaborado con el FBA, finalizado el proceso de horneado.**

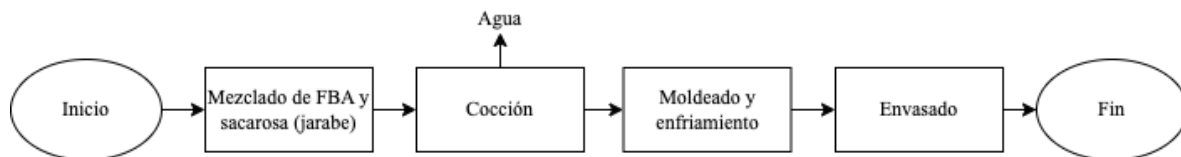


**Figura 18. Pan elaborado con levadura, finalizado el proceso de horneado.**

Adicionalmente al pan elaborado con fermento bajo en alcohol (FBA), se desarrolló una prueba de concepto de un caramelo macizo, formulado a partir de un jarabe compuesto por FBA y sacarosa. Esta propuesta buscó resaltar las notas características del mosto de agave en un formato accesible y atractivo, con potencial de ser replicado por emprendedores de las

zonas cercanas a las tequileras, quienes podrían contar con fácil acceso al FBA, así como por empresas dedicadas a la producción de confitería a base de agua y sacarosa. De acuerdo con los resultados obtenidos durante la edición de verano 2024 del presente PAP, se sabe que el FBA está compuesto en un 83% por agua y contiene aproximadamente 4% de azúcares reductores directos. Según lo reportado por Efe y Dawson [26], un caramelo macizo puede contener hasta un 3% de humedad y un máximo de 15% de azúcares reductores; sin embargo, en esta formulación se limitó este último parámetro al 7%, con el fin de evitar defectos como la adherencia del producto final a su envase.

Contando con esta información, se plantearon los balances de materia necesarios para definir la composición del jarabe utilizado en la formulación de los caramelos, considerando la preparación de 1 kg de producto final. Para ello, se utilizaron las siguientes variables: **F** para el FBA, **S** para la sacarosa, **C** para el caramelo y **A** para el agua. Cabe destacar que durante el procesamiento térmico del caramelo se genera una fracción adicional de azúcares reductores por hidrólisis parcial de la sacarosa, estimada en un 5%, la cual también fue considerada en el balance para no exceder el límite establecido. Los balances se enfocaron en ajustar las proporciones de F y S, de modo que el producto final (C) cumpla con los límites establecidos de humedad (máx. 3%) y azúcares reductores (máx. 7%). Los cálculos realizados se presentan a continuación, junto con el diagrama de bloques del proceso (Figura 19).



**Figura 19. Diagrama de flujo para la preparación de caramelo macizo.**

Balance general

$$F + S = C + A$$

Balance de sólidos

$$0.17F + S = 0.97C$$

$$0.17F + S = (0.97)(1000 \text{ g})$$

$$S = 970 \text{ g} - 0.17F$$

### Balance de azúcares reductores

$$\begin{aligned}0.04F + 0.05S &= 0.07C \\0.04F + (0.05)(970 \text{ g} - 0.17F) &= (0.07)(1000 \text{ g}) \\0.04F + 48.5 \text{ g} - 0.0085F &= 70 \text{ g} \\0.0315F &= 21.5 \text{ g} \\F &= 682.5 \text{ g}\end{aligned}$$

Retomando la ecuación obtenida en el balance de sólidos, y sustituyendo con el valor de F:

$$\begin{aligned}S &= 970 \text{ g} - (0.17)(682.5 \text{ g}) \\S &= 853.97 \text{ g}\end{aligned}$$

Retomando el balance general, sustituyendo los valores de F, S y C para conocer la cantidad de agua evaporada del jarabe:

$$\begin{aligned}A &= 682.5 \text{ g} + 853.97 \text{ g} - 1000 \text{ g} \\A &= 536.47 \text{ g}\end{aligned}$$

En resumen, el jarabe preparado para preparar 1 kg de caramelo macizo se formuló como se presenta en la tabla 15:

**Tabla 15. Formulación preliminar para la incorporación del FBA en un producto de confitería base agua (caramelo macizo).**

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Fermento bajo en alcohol</b>	682.5 g
<b>Sacarosa</b>	853.97 g

Durante la etapa de cocción del jarabe en la experimentación, se identificó una dificultad importante para alcanzar las temperaturas requeridas para la elaboración de caramelos (146–154°C) [27]. Esta complicación se debió al contenido de sólidos no solubles presentes en el fermento (17%), entre los cuales se asume la presencia de proteínas, biomasa de levaduras y otros compuestos orgánicos no identificados. Estos sólidos provocaban una formación rápida y abundante de espuma al elevar la temperatura (Figura 20), lo que impedía superar los 97–100°C sin comprometer la seguridad del equipo, debido al riesgo de derrames por el incremento repentino del volumen en ebullición. Esta limitación técnica resultó ser un obstáculo crítico para el desarrollo del producto, ya que no permitió concentrar adecuadamente el jarabe ni controlar el proceso térmico como lo exige esta categoría de

confitería. Además, al exponer el jarabe elaborado con FBA a temperaturas tan elevadas, existía el riesgo de que se formaran compuestos tóxicos derivados de la reacción de Maillard [2] (similar a las vinazas resultantes del proceso de destilación convencional), lo cual impediría obtener un producto comestible e inocuo. Por estos motivos, el FBA resulta incompatible con alimentos dentro de la categoría de confitería base agua (caramelo macizo, caramelo suave, malvaviscos, gomitas), ya que todos requieren la cocción de jarabes para su concentración a temperaturas elevadas; incluso cuando este proceso se realiza bajo condiciones de vacío, como suele hacerse a nivel industrial, las temperaturas alcanzadas están entre los 130 y 140°C [27].



**Figura 20. Formación de espuma y temperatura máxima alcanzada durante la cocción del jarabe para la preparación de caramelo macizo.**

Adicionalmente, se identificaron otros desafíos tecnológicos relacionados con la acidez del FBA. Su bajo pH y la presencia de ácidos orgánicos favorecen la hidrólisis ácida de la sacarosa y su conversión en azúcar invertida (mezcla de glucosa y fructosa) cuando se somete a temperaturas elevadas [27]. Durante el procesamiento, se estima que esta inversión puede alcanzar entre un 3 y 5% de los azúcares presentes en formulaciones cocidas a presión atmosférica, lo que incrementa significativamente los niveles de azúcares reductores en el producto final [27]. Esta inversión afecta negativamente la calidad del caramelo, ya que el azúcar invertido disminuye la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) y aumenta la higroscopicidad del producto, lo que se traduce en una textura pegajosa y una vida útil

reducida [27]. En la industria de confitería, es común añadir los ácidos después de la cocción, junto con los saborizantes, o emplear sales buffer como el citrato de sodio para minimizar este efecto cuando la acidez debe incorporarse antes [27]. Sin embargo, en esta formulación, el uso directo del FBA no permitió aplicar estas estrategias de control, lo que refuerza la conclusión de que este insumo no es compatible con productos de confitería base agua elaborados mediante cocción.

#### *Revisión bibliográfica para el uso del fermento bajo en alcohol en ganado*

La producción de carne para consumo humano ha tenido un incremento en impactos negativos hacia el medioambiente, debido a la creciente demanda causada por el aumento de la población mundial. La producción de carne de res es la que actualmente causa más emisiones de gases de efecto invernadero, uso de tierra y de agua, que cualquier otro sistema ganadero [28]. Debido a este problema que enfrenta esta industria, es imprescindible hallar soluciones para generar un menor impacto medioambiental y fomentar la sostenibilidad ambiental. Se estima que el requerimiento de agua por día de reses es de 31 a 81 L, dependiendo de factores como el peso corporal, producción de leche y temperatura ambiente [29].

Como se mencionó en la sección 1.1 del presente reporte, por cada litro de tequila producido se generan de 10 a 12 L de vinazas. Gracias al proceso innovador generado en este PAP, se puede evitar la generación de compuestos tóxicos que contienen las vinazas, causado por las reacciones de Maillard. Al tener un fermento aprovechable, a partir de la destilación a vacío del tequila, se pueden resolver los dos retos medioambientales que se han mencionado previamente: la contaminación de cuerpos de agua por el vertimiento de vinazas sin tratar y el consumo excesivo de agua para la producción de carne.

Se realizó un análisis nutrimental del fermento bajo en alcohol (FBA), con el fin de conocer su composición de minerales, grasas, concentración de etanol y metanol, y humedad. Posteriormente se hizo una revisión bibliográfica para hallar los requerimientos nutricionales de tres grupos de animales: ganado bovino, porcino y aviar. Los resultados de minerales requeridos por día para los tres grupos se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16. Comparación de los datos nutrimentales del fermento bajo en alcohol (FBA) con los requerimientos nutricionales diarios de tres grupos de ganado.**

<b>Elemento</b>	<b>Fermento bajo en alcohol (FBA) (mg/L)</b>	<b>Ganado bovino (mg/kg peso) [30]</b>	<b>Ganado porcino (%) [31]</b>	<b>Ganado aviar (%) [32]</b>
<b>Calcio</b>	276.2	15.4-31.0	0.46-0.85	0.80-1.00%
<b>Sodio</b>	16.4	15	0.10-0.40	0.12-0.20
<b>Potasio</b>	391.3	38	0.17-0.30	0.30
<b>Zinc</b>	7.5	300 mg/día	50-100 ppm	40 mg/kg DM
<b>Hierro</b>	34.9	118 mg/kg DM	40-100 ppm	80 mg/kg DM

Al realizar la comparativa entre la información nutrimental del FBA y los requerimientos nutricionales de los tres grupos de ganado, se observó que es posible utilizar este fermento como parte de su dieta junto al alimento seco (DM), para cumplir la cantidad de minerales y agua que requieren por día. Con respecto a la concentración de etanol que tiene el FBA (2.6%), estudios han encontrado que administrar etanol en bajas concentraciones al agua que bebe el ganado bovino, estimula la lipogénesis en el tejido adiposo, causando un mayor marmoleo y mejor calidad de la carne producida [33].

El próximo paso a seguir en la administración del FBA en distintos grupos de ganado, sería realizar un análisis *in vivo* mediante un diseño de experimentos, para evaluar los efectos de la inclusión del FBA en la dieta de estos animales. Los factores a medir serían el efecto en su crecimiento y la calidad en el producto de origen animal a obtener (carne, leche, etc.), además de evaluar el ahorro en la cantidad de agua utilizada para la crianza del ganado.

### 1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

El estudio de vida útil del fermento bajo en alcohol y la realización de su ficha técnica, permite tener un amplio conocimiento sobre las características y componentes del mismo, lo cual es indispensable para aquellas personas y empresas que realicen la experimentación de su aprovechamiento en la fabricación de productos alimenticios y biotecnológicos.

Como se mencionó en el análisis de las características fisicoquímicas obtenidas del FBA, fue importante comparar estos valores con los datos reportados con una bebida similar, en este caso el pulque. Se observó que el pH se mantiene en el mismo rango en ambas bebidas (3 a 4, aproximadamente), al igual que los °Brix obtenidos. Se obtuvo una diferencia con respecto a la acidez titulable en todas las muestras del FBA, que presentaron un rango mayor a los datos del pulque [20]. De igual manera, se comparó el porcentaje de etanol con los rangos otorgados por la Norma Oficial Mexicana de especificaciones de bebidas alcohólicas, y se encontró que al presentar mayor del 2% de etanol, se considera como una bebida fermentada alcohólica [21].

La ficha técnica menciona el perfil fisicoquímico, sensorial y microbiológico del fermento, además de su modo de empleo, condiciones de almacenamiento óptimas y su tiempo de vida útil. Con base en estos datos, se evaluó y se experimentó su uso en laboratorio para la fabricación de pan y de caramelo macizo, también se investigó su potencial uso como alimento para ganado, comparando los datos nutrimentales obtenidos con los requerimientos de diversos animales (res, cerdo y pollo). Se halló que la información nutrimental del FBA cumple con los requerimientos nutricionales del ganado bovino, porcino y aviar, de acuerdo con los manuales del *National Research Council*, por lo que se podría incluir en su dieta junto al alimento seco [30] [31] [32].

La realización de la ficha técnica y la obtención del análisis nutrimental del FBA, permitirá tener mayor facilidad en futuros experimentos para la fabricación de otros productos. Se recomienda evaluar la viabilidad de aplicar un proceso de secado por aspersión al fermento, para alargar su vida útil, evitar cambios en su composición por exposición a altas temperaturas, y aumentar la probabilidad de aprovecharlo en más productos alimenticios. De igual manera, se puede seguir trabajando con la investigación y experimentación para el uso del FBA en panificación, confitería y alimento para ganado, utilizando los resultados reportados en este documento. Es de suma importancia tener en cuenta que los productos alimenticios y/o biotecnológicos que se realicen con el FBA, cumplan con los rangos y propiedades establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs).

## 1.7. Bibliografía y otros recursos

- [1] Consejo Regulador del Tequila (CTR), «Proceso de elaboración de tequila,» CRT, 2019. [En línea]. Available: <https://old.crt.org.mx/index.php/es/el-tequila-3/elaboracion-normativa/63-proceso-de-elaboracion-de-tequila>. [Último acceso: 2025].
- [2] A. Lopez-Lopez, G. Davila-Vazquez, E. Leon-Becerril, E. Villegas-Garcia y J. Gallardo-Valdez, «Tequila vinasses: generation and full scale treatment processes.,» *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 9, pp. 109-116, 2010.
- [3] M. Crespo, D. Gonzalez-Eguiarte, R. Macias, J. Ruiz-Corral y N. Puga, «Caracterización química y física del bagazo de agave tequilero compostado con biosólidos de vinaza como componente de sustratos para cultivos en contenedor,» *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 34, pp. 373-382, Agosto 2018.
- [4] R. Ibarra-Camacho, L. Leon-Duarte y A. Osoria-Leyva, «Caracterización fisico-química de vinazas de destilerías,» *Revista Cubana de Química*, vol. 31, n° 2, pp. 246-257, 2019.
- [5] Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos, «Estudios de vida útil,» Gobierno de Canadá, 13 junio 2018. [En línea]. Available: <https://inspection.canada.ca/en/preventive-controls/shelf-life-studies>. [Último acceso: 6 marzo 2025].
- [6] ITESO, «El Modelo educativo del ITESO,» [En línea]. Available: [https://www.iteso.mx/web/general/detalle?group\\_id=2052719](https://www.iteso.mx/web/general/detalle?group_id=2052719). [Último acceso: 07 03 2025].
- [7] ITESO, «Orientaciones fundamentales del ITESO,» Tlaquepaque, Jalisco, México , 2003.
- [8] ITESO, «Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales,» [En línea]. Available: <https://dpti.iteso.mx/>. [Último acceso: 07 03 2025].
- [9] ITESO, «Acerca del ITESO,» [En línea]. Available: <https://www.iteso.mx/conocenos>. [Último acceso: 07 03 2025].
- [10] R. d. C. Juarez Cipres, «El tequila: una bebida emblemática,» *Hospitalidad ESDAI*, n° 11, pp. 135-154, 2007.
- [11] J. Gallardo, «Industria del tequila y generación de residuos,» CONACYT, 2014. [En línea]. Available: <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=287>. [Último acceso: febrero 2025].
- [12] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), «La agroindustria tequilera, orgullo de México,» [gob.mx](https://www.gob.mx), 2024. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-agroindustria-tequilera-orgullo-de-mexico?state=published>.
- [13] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, «NMX-FF-010-1982 PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS, PARA USO HUMANO-FRUTA FRESCA-DETERMINACION DE ACIDEZ TITULABLE METODO-POTENCIOMETRICO,» 1982. [En línea]. Available: <http://www.economia->

- nmx.gob.mx/normas/nmx/1982/nmx-ff-010-1982.pdf. [Último acceso: 7 marzo 2025].
- [14] NORMEX – Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S.C. , «NMX-F-103-NORMEX-2009 ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE GRADOS BRUX EN ALIMENTOS Y BEBIDAS MÉTODO DE ENSAYO (PRUEBA).», 2009. [En línea]. Available: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-f-103-normex-2009/>. [Último acceso: 7 marzo 2025].
- [15] Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, «NORMA OFICIAL MEXICANA "Determinación de pH en Alimentos" NOM-F-317-S-1978.,» 1978. [En línea]. Available: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978#gsc.tab=0). [Último acceso: 7 marzo 2025].
- [16] Association of Official Analytical Chemists (AOAC), «Método No. 9.091-9.093.,» de *Official Methods of Analysis* , Washington, DC, AOAC, 1980.
- [17] Secretaría de Salud, «NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.,» 1994. [En línea]. Available: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0). [Último acceso: 7 marzo 2025].
- [18] Secretaría de Salud, «NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.,» 1994. [En línea]. Available: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0). [Último acceso: 7 marzo 2025].
- [19] A. E. Alcántara-Zavala, J. d. D. Figueroa-Cardenas, J. F. Perez-Robles, G. Arambula-Villa y D. E. Miranda-Castilleja, «Thermosonication as an alternative method for processing, extending the shelf life, and conserving the quality of pulque: A non-dairy Mexican fermented beverage,» *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 70, n° 105290, 2020.
- [20] E. Flores-Rodríguez y R. Miranda-López, «Caracterización fisicoquímica y sensorial del pulque producido en la zona sur del estado de Guanajuato,» *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 8, pp. 363-368, 2023.
- [21] Secretaría de Gobernación, «NORMA Oficial Mexicana NOM-006-SCFI-2012, Bebidas alcohólicas-Tequila-Especificaciones.,» [En línea]. Available: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5282165&fecha=13/12/2012#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5282165&fecha=13/12/2012#gsc.tab=0).
- [22] U. Europea, «Reglamento (CE) n° 2073/2005 de la Comisión,» *Diario Oficial de la Unión Europea*, vol. 338, pp. 1-26, 2005.
- [23] R. Chang, Química, McGraw-Hill, 2013.
- [24] P. Atkins, Fisicoquímica, Oxford University Press, 2010.
- [25] M. P. Villalobos, L. E. Robles Ozuna, A. R. Islas Rubio, B. Ramírez Wong, N. G. Heredia Sandoval, M. d. C. Granados Nevárez y F. Vásquez Lara, «Efecto en las propiedades reológicas y texturales de pan elaborado a base de harina de trigo y harina de mijo tratada térmicamente,» *Biotecnia*, 2025.

- [26] N. Efe y P. Dawson, «A Review: Sugar-Based Confectionery and the Importance of Ingredients,» *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, vol. 4, n° 5, 2022.
- [27] R. W. Hartel, J. H. von Elbe y R. Hoefberger, *Confectionary Science and Technology*, Springer, 2018.
- [28] P. Gerber, A. Mottet, C. Opio, A. Falcucci y F. Teillard, «Environmental impacts of beef production: Review of challenges and perspectives for durability,» *Meat Science*, vol. 109, pp. 2-12, 2015.
- [29] C. Spencer, D. Lalman, M. Rolf y C. Richards, «Estimating Water Requirement for Beef Cows,» *Oklahoma Cooperative Extension Service*, 2017.
- [30] National Research Council, *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, Washington: National Academy Press, 2001.
- [31] G. Cromwell, «Nutritional Requirements of Pigs,» Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://www.msdtvetmanual.com/management-and-nutrition/nutrition-pigs/nutritional-requirements-of-pigs>.
- [32] National Research Council, *Nutrient Requirements of Poultry*, Washington: National Academy Press, 1994.
- [33] C. Choi, H. Kwon, K. Hwang, H.-J. Lee y J. Kim, «Effects of feeding ethanol on growth performances, carcass characteristics, and lipid metabolism of finishing Korean cattle (Hanwoo) steers,» *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, pp. 366-374, 2019.

## 1.8. Anexos generales

### 2. Productos

Se utilizó la información obtenida en el presente PAP para construir una ficha técnica del fermento bajo en alcohol (FBA) en su versión *natural* y pasteurizado, especificando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, y su expectativa de vida útil bajo determinadas condiciones de almacenamiento.

**Tabla 17. Ficha técnica elaborada como producto del presente PAP.**

Nombre y código del PAP	PAP4G03: Apoyo a la investigación
Nombre del proyecto	Evaluación de la estabilidad y uso alimentario del fermento bajo en alcohol generado por destilación de tequila al vacío
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	Es una ficha técnica que incluye la descripción del producto, las condiciones de almacenamiento y su tiempo de vida útil bajo dichas condiciones, así como los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales que caracterizan al fermento bajo en alcohol (FBA). También se presentan posibles modos

	de uso del FBA como materia prima para la elaboración de otros alimentos. Fue realizada como material de apoyo para personas pertenecientes a la industria alimentaria que deseen incorporar este insumo en sus formulaciones, facilitando su aprovechamiento como subproducto de la destilación de tequila al vacío.
Autores:	Daniela Fuente Cevallos, Jorge Adrián Méndez Dorantes, Mauricio André Nájera Cárdenas

### 3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El RPAP tiene también como propósito documentar la reflexión sobre los aprendizajes en sus múltiples dimensiones, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto para compartir una comprensión crítica y amplia de las problemáticas en las que se intervino.

#### 3.1 Sensibilización ante las realidades

##### **Daniela Fuente Cevallos**

A través del desarrollo del proyecto sobre el fermento bajo en alcohol (FBA), fortalecí mi comprensión y crítica de las realidades sociales, ambientales y económicas que rodean a la industria del tequila. Al trabajar con un subproducto muchas veces considerado residuo, fue posible identificar el gran potencial que tienen los enfoques de economía circular y aprovechamiento sustentable como herramientas para reducir el impacto ambiental y generar nuevas oportunidades de valor.

Este proceso permitió desarrollar una mayor empatía hacia los trabajadores involucrados en la cadena productiva, especialmente pequeños productores, comunidades rurales y trabajadores que enfrentan desafíos como la sobreexplotación ambiental y la falta de alternativas tecnológicas accesibles. A partir de esta experiencia, adquirí un sentido más claro de la responsabilidad ética que implica ejercer la ciencia y la tecnología en beneficio de la sociedad.

Además, fortalecí una mirada crítica y comprometida frente al uso de los recursos naturales, promoviendo una actitud activa en la búsqueda de soluciones que no sólo sean viables

técnicamente, sino también socialmente justas y ambientalmente sostenibles. Este aprendizaje se traduce en una mayor disposición a integrar el conocimiento académico con las realidades del entorno, asumiendo el rol de profesionales capaces de contribuir al bienestar colectivo y al desarrollo responsable de la industria alimentaria.

**Jorge Adrián Méndez Dorantes:**

Durante el desarrollo del proyecto, mantuve una conducta ética rigurosa, asegurando en todo momento la confidencialidad de la información, desde la etapa de la planeación hasta la difusión de los resultados. Protegí cuidadosamente los datos sensibles relacionados con el producto y los procesos empleados, respetando los acuerdos establecidos y evitando compartir información fuera de los canales autorizados. Este compromiso fue fundamental para preservar la integridad del proyecto y fortalecer la confianza de todas las personas involucradas.

Mi comprensión de la problemática que enfrentan los productores de tequila se fue consolidando a lo largo de las reuniones semanales del PAP, en las que participaban el director y la profesora asesora. Aunque no tuve contacto directo ni realizamos entrevistas con los productores de tequila, complementé esta información investigando por mi cuenta en fuentes relacionadas con la temática. Gracias a esto, logré identificar sus principales necesidades y desafíos.

La experiencia en el PAP despertó en mí un fuerte interés por continuar en el ámbito de la investigación, al brindarme la oportunidad de vivir de forma tangible, cómo el conocimiento científico puede convertirse en soluciones prácticas ante problemas reales. Tuve una gran motivación, satisfacción y orgullo al ver que mis aportaciones no sólo impactaban en el desarrollo de un producto, sino que también contribuían a fortalecer la cadena de valor en la industria alimentaria.

Desde la perspectiva de la ingeniería de alimentos, considero que puedo generar aportaciones éticas y sociales al colaborar con productores para agregar valor a sus productos, ayudándoles a desarrollar soluciones innovadoras y competitivas. Esto incluye transformar subproductos

o mermas en propuestas comercializables, optimizar procesos para mejorar la calidad y sostenibilidad de los alimentos, y diseñar productos que respondan a las demandas del mercado actual. Este enfoque no sólo impulsa el crecimiento económico de los productores, sino que también promueve la reducción del desperdicio alimentario, fomenta prácticas más responsables y sostenibles en la industria y sobre todo la economía circular.

### **Mauricio André Nájera Cárdenas**

Considero que el PAP en el que participamos para desarrollar este documento tiene gran potencial para evitar mayor contaminación por parte de la industria tequilera, que tiene una grande oferta y demanda en todo el país e incluso internacionalmente. A medida que esta oferta ha ido creciendo, lamentablemente también se producen mayores residuos, en especial las vinazas, el cual es un residuo líquido que no se desecha adecuadamente, contaminando cuerpos de agua y tierras fértiles. La cantidad de vinazas que se desechan por parte de las tequileras son 15 veces más de lo que producen de tequila, algo que podría ser aprovechado en la industria con este método innovador de destilación.

En mi opinión, este PAP y el trabajo que hemos realizado es de vital importancia para disminuir el impacto medio ambiental que generan las vinazas, además de fomentar la economía circular, ya que las tequileras tendrán una nueva materia prima que puede ser vendida y aprovechada por otras industrias. Me parece importante seguir con las investigaciones y experimentos para saber en que se puede aprovechar el FBA, ya que su versatilidad permite la generación de diversos productos alimenticios y biotecnológicos, como los que se produjeron este semestre (panificación, confitería, bebidas, biofertilizantes, cultivo de microalgas).

El PAP me permitió darme cuenta de la importancia y el valor de la industria tequilera, gracias a esta experiencia tengo un gran deseo de poder trabajar en este ámbito y poder aplicar los conocimientos que he adquirido a lo largo de esta experiencia a favor de solucionar los problemas que se presentan hoy en día en esta industria.

## 3.2 Aprendizajes logrados

### **Daniela Fuente Cevallos**

Al inicio del PAP nos enfrentamos con el reto de determinar cuál era el rumbo que queríamos darle al proyecto, ya que nos habían dado libertad creativa para formular y buscar estrategias de aprovechar el fermento bajo en alcohol en alimentación humana o animal. A pesar de que sabíamos que queríamos realizar esto, vimos más allá de la estrategia de implementación de este fermento en alimentos, consideramos su uso potencial como materia prima y sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales que debían estar muy bien documentadas para que los productores que recibieran los grandes volúmenes de fermento pudieran manejarlo con la debida formalidad. Decidimos realizar el estudio de vida útil y de esta manera determinar cuánto tiempo se mantendría viable el fermento bajo en alcohol para que cualquier empresa, emprendedor o persona curiosa pudiera usarlo.

Afortunadamente, en nuestra formación profesional habíamos tenido una experiencia previa planeando un estudio de vida útil y esto nos dio bastante ventaja al planear este estudio en el PAP. Habíamos aprendido de nuestros errores en el pasado y podíamos prever ciertas cosas que podían pasar, como el tener almacenadas muestras extra de fermento que las que habíamos previsto en un inicio, ya que cualquier cosa podría pasar y el estudio podía extenderse más de lo previsto. Respecto a los resultados que íbamos obteniendo, o la preparación del material para los análisis microbiológicos, una vez por semana o cada dos semanas, realizamos las pruebas pertinentes si veíamos que en las cajas Petri crecían más microorganismos de los que se esperaban y se requerían hacer más diluciones. Nos dimos cuenta que sabíamos lo que estábamos haciendo cuando podíamos ir prediciendo los resultados que íbamos a obtener mientras hacíamos las mediciones.

### **Jorge Adrián Méndez Dorantes**

El desarrollo de presente proyecto, representó una experiencia formativa integral que me permitió alcanzar aprendizajes en diversas dimensiones. En el ámbito académico y científico, logrando consolidar el conocimiento sobre microbiológica, química y sensorial, específicamente en productos fermentados, aplicando herramientas avanzadas como la ecuación de Arrhenius, técnicas de titulación, análisis microbiológico y sensoriales. Además,

fortalecí competencias clave en el proceso de investigación científica, como la formulación, diseño experimental, análisis de datos y comunicación de resultados.

Desde el enfoque profesional, el proyecto me brindó la oportunidad de trabajar con un subproducto de alta relevancia en la industria tequilera, lo cual amplió la comprensión del contexto industrial y las posibles aplicaciones tecnológicas del FBA. Esto abrió nuevas perspectivas sobre el aprovechamiento sustentable de residuos agroindustriales y su transformación en productos con valor agregado, como pan, caramelo y otras aplicaciones alimentarias, lo cual genera un potencial impacto en la cadena productiva del tequila.

En el plano personal, este proyecto impulsó mi desarrollo de habilidades como la responsabilidad y la organización frente a los retos del trabajo experimental y la capacidad de tomar decisiones fundamentadas. También permitió reconocer la importancia del trabajo en equipo y la comunicación efectiva, fortaleciendo así una visión más amplia y comprometida con la solución de problemas reales. A través de esta experiencia, construí no sólo una base sólida para mi camino profesional, sino también una visión ética, crítica y socialmente responsable del trabajo científico y tecnológico.

### **Mauricio André Nájera Cárdenas**

En este PAP aprendí principalmente a aplicar los conocimientos que he adquirido a lo largo de la carrera para el análisis y caracterización de muestras, específicamente sus características fisicoquímicas (pH, acidez, azúcares reductores, % de etanol), y sus características microbiológicas (BMAs, HyL), siempre comparando con la normativa mexicana vigente. Tuve la oportunidad de usar ciertos equipos que no había usado antes (cromatógrafo de gases, por ejemplo), y asistir a lugares que me permitieron ver procesos que se utilizan en esta industria (planta tequilera, planta piloto de los laboratorios de Ingeniería en Alimentos, cabinas para análisis sensoriales), lo que me permitió incrementar aún más mi experiencia en esta industria.

Sin duda aprendí mucho sobre el trabajo en equipo, algo que considero muy importante es que haya estudiantes de diferentes carreras en cada equipo, ya que permite tener distintos

puntos de vista y un mayor rango de conocimientos que puede ser aplicable para solucionar efectivamente los problemas que se presentan. Este semestre aprendí mucho sobre la industria alimentaria, ya que la mayor parte del trabajo realizado se hizo en los laboratorios de Ingeniería en Alimentos. Obtuve mucha experiencia que podré utilizar en un futuro cercano cuando comience mi primer trabajo, y estoy muy satisfecho con eso.

### 3.3 Inventario de competencias Inicial (ingreso del PAP) e Inventario de competencias Final (salida al PAP).

**Tabla 18. Cuadro comparativo de las competencias de ingreso al PAP y de salida del PAP para la alumna Daniela Fuente Cevallos.**

		Competencia	Evidencia	Relevancia/ Fortaleza*	Competencias nuevas	Competencias potencializadas
Categoriza las competencias en conocimientos, habilidades y actitudes.  Escribe la o las evidencias de cada competencia y su relevancia.	<b>Conocimientos</b>	Principios de química de alimentos	Cursé la clase de química de alimentos en ITESO.	Puedo identificar la composición química de los alimentos y la relevancia de los macronutrientes y micronutrientes que los componen.	Asocié la composición de los macronutrientes y micronutrientes del FBA para proponer estrategias de aprovechamiento del mismo.	Reforcé mis conocimientos en cómo planear un estudio de vida útil y cómo analizar los datos obtenidos de las mediciones.
		Principios de microbiología de alimentos	Cursé la clase de microbiología de alimentos en ITESO.	Puedo identificar peligros microbiológicos que afectan la inocuidad y la calidad de los alimentos, y cómo prevenirlos y/o eliminarlos.	Evalué la viabilidad de las levaduras en el fermento <i>natural</i> para incorporarlas en un producto de panificación	Reforcé las técnicas de cuenta de microorganismos indicadores por vaciado en placa y diluciones decimales.
		Normativa relevante en alimentación	Cursé la clase de normatividad de etiquetado en ITESO.	Puedo desarrollar productos alimenticios que estén acorde a las normas y leyes que regulan la producción de los alimentos.	Revisé normativas extranjeras para localizar límites que ayudaran a determinar la vida útil del FBA.	Reforcé la investigación en diferentes organismos nacionales que rigen los alimentos.
		Operaciones unitarias	Cursé las clases de operaciones unitarias y operaciones unitarias en alimentos en ITESO.	Puedo proponer métodos y equipos para procesar alimentos.	Apliqué principios de transferencia para seleccionar condiciones óptimas de concentración y secado del FBA.	Reforcé el análisis práctico de selección de operaciones para estabilización de un fermento
		Etiquetado nutricional	Cursé la clase de normatividad de etiquetado en ITESO.	Puedo desarrollar el contenido de etiquetas comerciales a partir de información teórica y experimental que siguen la normativa para informar al	Construcción de una ficha técnica donde se incorpore cómo usar un producto como alimento.	Comprendí la composición nutrimental del FBA.

			consumidor sobre el contenido nutricional de los alimentos.		
	Principios de química orgánica e inorgánica	Cursé las clases de química general I y II y química orgánica.	Puedo identificar el comportamiento de reacciones químicas y compuestos orgánicos en sistemas alimentarios.	Relacioné compuestos volátiles con el aroma del FBA y su estabilidad en almacenamiento.	Comprendí mejor el papel de las reacciones de oxidación en alimentos fermentados.
	Tecnología de conservación de alimentos	Cursé la clase de química de alimentos en ITESO.	Puedo proponer y aplicar métodos para extender la vida útil de alimentos, como conservación, refrigeración, pasteurización, esterilización y el uso de conservantes.	Evalué la efectividad de tratamientos térmicos y refrigeración para conservar el FBA.	Apliqué conocimientos a un contexto real de desarrollo de producto.
	Principios de transferencia de calor y masa	Cursé la clase de transferencia de calor y masa en ITESO.	Puedo evaluar y optimizar los mecanismos de transferencia de calor y masa en las operaciones unitarias del procesamiento de alimentos, analizando su impacto en la calidad del producto final.	Apliqué modelos de transferencia para justificar los tiempos de pasteurización del FBA.	Profundicé en la interpretación de transferencia de calor y de tratamientos térmicos.
<b>Habilidades</b>	Evaluación sensorial	Cursé la clase de análisis sensorial en ITESO y apliqué y analicé los resultados de pruebas descriptivas, discriminativas y con consumidor en alimentos.	Puedo evaluar y caracterizar sensorialmente los productos alimenticios en desarrollo o ya disponibles en el mercado con panel de jueces y con consumidores.	Diseñé y ejecuté una evaluación sensorial de productos derivados del FBA.	Vinculé datos sensoriales con reformulación del producto.
	Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)	Cursé la clase de sistemas de calidad e inocuidad en ITESO y tomé un curso donde aprendí a desarrollar el plan HACCP y obtuve un diploma con sello dorado.	Puedo hacer un análisis de peligros y puntos críticos de control para implementar un sistema que garantice la inocuidad alimentaria.	Apliqué el enfoque de calidad e inocuidad a un producto fermentado en desarrollo	Mejoré mi capacidad de anticipar riesgos microbiológicos reales en condiciones experimentales
	Idioma inglés	Cursé clases de inglés desde preescolar hasta preparatoria. Cuento con certificado IELTS	Puedo comunicarme de manera oral y escrita en el idioma, al igual que puedo producir	Leí literatura científica en inglés para comparar metodologías y resultados.	Mejoré la escritura técnica y comprensión de papers científicos.

		con banda 7.5 de 9, acreditando mi nivel C1 en el idioma.	textos científicos tipo artículo en este idioma.		
Gestión de proyectos	He tomado el liderazgo en la realización de proyectos durante la carrera, gestionando tiempos, actividades y recursos de manera individual y en equipo.	Puedo hacerme cargo de proyectos y administrar recursos y tiempo para cumplir con las responsabilidades correspondientes.	Coordiné experimentos, evaluaciones y redacción de resultados en tiempos delimitados.	Fortalecí mi capacidad para integrar y calendarizar tareas interdisciplinarias.	
Trabajo en equipo	He trabajado en equipos con otros compañeros y profesores en gran parte de mi vida académica dentro y fuera de ITESO.	Puedo desarrollarme con otros para lograr un mismo objetivo.	Trabajé con personas de otras áreas (por ejemplo, microbiología, análisis sensorial).	Aprendí a distribuir funciones basadas en habilidades específicas.	
Comunicación oral y escrita	He redactado reportes de laboratorio, ensayos entre otros documentos académicos, al igual que he logrado comunicarme efectivamente con profesores y compañeros a través de conversaciones presenciales, mensajes de texto y correo electrónico.	Puedo divulgar información científica y académica cuidando formatos y contenidos. Puedo comunicarme con compañeros y profesores para gestionar proyectos.	Redacté avances de investigación con estructura científica y preparé presentaciones técnicas.	Mejoré en la claridad y precisión de mi comunicación técnica escrita y oral.	
Evaluación fisicoquímica	Cursé las clases de química analítica e instrumental, química de alimentos y alimentos funcionales de origen vegetal en ITESO.	Puedo realizar análisis fisicoquímicos y bromatológicos para determinar parámetros clave en alimentos, asegurando un etiquetado preciso y el control de calidad en la producción.	Realicé análisis como pH, °Brix, humedad, acidez y sólidos totales en el FBA.	Fortalecí mi capacidad de estandarizar procedimientos y analizar tendencias.	
Evaluación microbiológica	Cursé las clases de biología celular, microbiología de alimentos y química de alimentos en ITESO.	Puedo realizar análisis microbiológicos de microorganismos indicadores de calidad en alimentos y tomar decisiones sobre su procesamiento basadas en los	Evalué el crecimiento de levaduras y bacterias bajo diferentes condiciones de almacenamiento.	Mejoré mi agilidad en el manejo de técnicas de cultivo y análisis cuantitativo.	

			resultados obtenidos.		
Actitudes	Adaptabilidad	He sabido adaptarme a los cambios de mi entorno al igual que he sabido enfrentar momentos de transición como lo fue mudarme de Mazatlán a Guadalajara (soy foránea).	Puedo enfrentarme y tomar acción sobre los cambios que van apareciendo durante la realización de proyectos.	Me adapté a cambios inesperados en metodología y condiciones de almacenamiento durante el desarrollo del proyecto.	Reforcé mi capacidad de reacción ante imprevistos experimentales y reorganización del trabajo.
	Proactividad	He tomado iniciativa en diversos proyectos para identificar y aprovechar oportunidades y considerar escenarios futuros para tomar medidas previas a la realización de actividades.	Puedo anticiparme a los problemas y encontrar soluciones o maneras de prevenirlos antes de que se conviertan en situaciones urgentes.	Identifiqué áreas de mejora en el diseño experimental y propuse ajustes sin necesidad de intervención externa.	Desarrollé mayor iniciativa al sugerir nuevas aplicaciones del FBA como ingrediente funcional.
	Optimismo	Tiendo a tener una actitud positiva frente a la adversidad, viendo los fracasos como oportunidades de mejora o de crecimiento.	Puedo influir positivamente en mi entorno, generando un ambiente de trabajo ameno y motivador, lo que aumenta la productividad del equipo de trabajo.	Aprendí a mantener una actitud positiva facilitó la continuidad del trabajo en etapas de resultados poco alentadores.	Aprendí a motivar al equipo para mantener el enfoque en los objetivos generales.
	Empatía	Me he involucrado en actos de apoyo hacia los demás, comprendiendo sus situaciones y ofreciendo apoyo y cuidados cuando ha sido necesario.	Puedo comprender las necesidades y preocupaciones de mis compañeros, profesores, aligerando el ambiente de trabajo. También puedo comprender las necesidades de los consumidores en relación con la salud, nutrición, y preferencias culturales.	Apliqué empatía para interpretar necesidades del consumidor en el desarrollo de productos con FBA.	Fortalecí mi habilidad para equilibrar objetivos técnicos con impacto social y nutricional.
	Creatividad	Tiendo a buscar enfoques novedosos que faciliten el desarrollo de soluciones creativas y la resolución de problemas de manera efectiva.	Puedo crear productos alimentarios innovadores, aplicando soluciones creativas y originales para abordar desafíos en el desarrollo y ofrecer opciones	Propuse el uso del FBA en aplicaciones alimentarias poco convencionales como caramelos o productos de panificación.	Aumenté mi capacidad de diseño de productos funcionales innovadores con ingredientes alternativos.

				únicas en el mercado.		
		Tolerancia a la frustración	He logrado manejar mi estrés y ansiedad ante situaciones frustrantes.	Puedo manejar conflictos interpersonales en situaciones de crisis y continuar con las actividades frente a los desafíos.	Fui resiliente ante los desafíos que presentaba el proyecto y la planeación de los experimentos	Desarrollo experimentos con más paciencia y con voluntad de seguir intentando cuando no se obtienen resultados satisfactorios al primer intento
		Responsabilidad	He tenido éxito al realizar mis proyectos y responsabilidades académicas, cumpliendo con los entregables solicitados y generados con una alta calidad.	Puedo comprometerme con las actividades y proyectos que me corresponden, orientada a cumplir con los resultados solicitados.	Asumo con más profesionalismo y formalidad las responsabilidades para concretar un proyecto.	Me comprometí con las actividades a cumplir en el proyecto.

**Tabla 19. Cuadro comparativo de las competencias de ingreso al PAP y de salida del PAP para el alumno Jorge Adrián Méndez Dorantes.**

		Competencia	Evidencia	Relevancia/Fortaleza*	Competencia nueva	Competencia potencializada
<p>Categoriza las competencias en conocimientos, habilidades y actitudes.</p> <p>Escribe la o las evidencias de cada competencia y su relevancia.</p>	Conocimientos	Conocimiento de la química de los alimentos	Cursé Química de alimentos con la Dra. Raquel Zúñiga	Estudí tanto de las estructuras químicas de las macromoléculas como de las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren en los alimentos.	Puse en práctica diferentes métodos de conservación y de almacenamiento	Potencialicé la investigación que apoyé en los diferentes métodos de conservación
		Microbiología	Tomé diversas clases de microbiología general y microbiología de alimentos en ITESO	Puedo realizar análisis microbiológicos en alimentos, aislamiento de microorganismos patógenos (como <i>Salmonella spp</i> ), pruebas microbiológicas al agua y hielo. Identifico peligros microbiológicos que atentan a la inocuidad y a la vida de las personas y sé cómo evitarlos.	Logré identificar nuevas maneras de realizar un análisis microbiológico para hacerlo de forma más inocua.	Reforcé las bases del análisis microbiológico que establece la NOM, desde la toma de muestra, las diluciones y el conteo.
		Normatividad	Cursé normatividad de	Sé leer y buscar dentro de las	Identificar ciertos compuestos claves	Búsqueda de información

		etiquetado, así como en diversas clases de mi carrera se me ha enseñado la normatividad.	Normas Oficiales Mexicanas los diferentes parámetros, como límites permitidos, metodologías, tablas nutrimentales, sellos de advertencia, etc.	para la declaración nutrimental y el desarrollo de la ficha técnica	valiosa encontrada en Normas Oficiales Mexicanas
	Formulación de alimentos	Cursé química de alimentos, tecnología de lácteos y biotecnología y alimentaria donde desarrollé varias formulaciones junto con mi equipo.	Sé identificar la utilidad e importancia de cada uno de los ingredientes y cómo estos afectan química, física, sensorial y microbiológicamente al alimento. Reconozco y valoro la utilidad de aditivos como antioxidantes, emulsificantes y conservadores.	Exploré diferentes maneras en cómo incorporar un "subproducto" para la formulación de diferentes alimentos.	Realicé pruebas experimentales utilizando el FBA en alimentos.
	Química orgánica y bioquímica	Durante toda mi carrera cursé materias como química orgánica, química general I y II, bioquímica, cinética química biológica, química de alimentos y las tecnologías en alimentos: alimentos funcionales, lácteos y ahora cereales y cárnicos.	Sé identificar moléculas orgánicas, así como los mecanismos de reacción y las síntesis de moléculas orgánicas de interés en alimentos (algunas de estas dan sabores y olores), así como rutas metabólicas y biosíntesis que son importantes en los alimentos como ciclo de Krebs, fotosíntesis, glucólisis, biosíntesis de sustancias bioactivas (compuestos fenólicos).	Saber cómo ocurre la formación de diferentes compuestos que pueden llegar a ser tóxicos.	Volví a estudiar y entender todo el proceso bioquímico que lleva a cabo la levadura para la formación de etanol.
	Análisis químico (química analítica)	Cursé química analítica, química de alimentos y las tecnologías en alimentos (alimentos funcionales y lácteos).	Elaboré análisis químicos en alimentos a lo largo de mi carrera para determinar macromoléculas (proteína, hidratos de carbono, lípidos), así como realicé técnicas de	Puse en práctica un nuevo método de análisis químico, el cual era la cromatografía de gases para detectar % de etanol presente.	Reforcé las técnicas de análisis químico, para las diferentes mediciones fisicoquímicas realizadas en el estudio de vida útil.

			extracción, cromatográficas y de separación para sustancias bioactivas en alimentos y técnicas analíticas (pH, acidez, turbidimetría, refractometría, espectroscopía RAMAN, IR, espectroscopia UV-VIS, etc.)		
	Análisis sensorial, química de sabores y aromas	Cursé la materia de análisis sensorial, así como una certificación en Química de sabores y aromas para la industria de alimentos y bebidas.	Sé cómo hacer un análisis sensorial a consumidor, también puedo realizar análisis descriptivos y discriminativos en alimentos.	Conocer un perfil totalmente nuevo, del FBA que me permitió explorar nuevas posibilidades y áreas de oportunidad dentro del área sensorial.	Reforcé las bases del análisis sensorial que fue muy útil para determinar atributos sensoriales característicos del FBA.
	Conservación de alimentos	Cursé mis materias de tecnologías: funcionales de origen vegetal y lácteos, también Operaciones Unitarias de alimentos y química de alimentos.	Sé identificar cómo prolongar la vida útil de los alimentos utilizando tratamientos térmicos y de conservación: pasteurización, refrigeración, congelación, etc. También sé realizar cinéticas de vida útil de los alimentos para predecir su comportamiento.	Aprendí de un nuevo método de conservación, el cual era a vacío.	Reforcé mis conocimientos de la conservación de alimentos y ver qué método es el adecuado para cada tipo de alimento.
	Fermentaciones y bases de biología molecular.	Cursé materias de biología celular, microbiología, biotecnología alimentaria, cinética química y biológica, bioquímica, tecnología de lácteos.	Realicé proyectos enfocados en la fermentación de diferentes cepas de microorganismos para la obtención de metabolitos secundarios o alimentos, también realicé modelos cinéticos que predijeran su comportamiento. Dentro de la materia de biotecnología alimentaria utilizamos técnicas de biología molecular	Aprendí que existen otros modelos cinéticos que nos ayudan para predecir el comportamiento, en este caso de levaduras propias del FBA.	Reforcé mis conocimientos de cinética microbiológica, ya que aquí se aplicaron modelos cinéticos para predecir los tiempos de vida útil.

			para modificar el plásmido de <i>E. coli</i> (por ende, su metabolismo) para la producción de otros metabolitos de interés.		
<b>Habilidades</b>	Trabajo en equipo	En todas mis materias de la carrera tuve proyectos donde los realicé en equipo.	Sé desempeñarme bien, sé adaptarme y tengo buena actitud y comunicación con los miembros del equipo	Me organicé con mi equipo para lograr un proyecto de esta magnitud.	Reforcé el trabajo en equipo, la adaptabilidad y la manera de gestionar proyectos.
	Inglés	Desde la primaria he estado estudiando el idioma inglés, además que cuento con certificaciones TOEFL.	Sé comunicarme oral y escrita en el idioma inglés, como el desarrollo de artículos, reportes de laboratorio, presentaciones, textos científicos en dicho idioma.	Aprendí a buscar información muy útil en plataformas en el idioma inglés.	Reforcé mi escritura y comprensión del idioma.
	Comunicación oral y escrita	Durante la carrera he redactado reportes de laboratorio, ensayos, diversos escritos, además de presentaciones donde se me ha evaluado la capacidad oral.	Domino la comunicación oral y escrita para la divulgación científica, para la comunicación con los miembros de mi equipo, para presentaciones sé hablar en un lenguaje técnico o químico.	Redacté un reporte describiendo todo aquello que se realizó en el semestre.	Reforcé lo aprendido en todas las clases de Comunicación, para lograr una mejor escritura y entendimiento.
<b>Actitudes</b>	Adaptabilidad	Sé adaptarme en los diferentes entornos en los que me encuentro.	Sé enfrentarme a los retos que se me afronte, así como a los cambios.	Enfrenté un reto a lo largo del semestre, pero logré adaptarme para sacar adelante el proyecto	Identifiqué los retos presentes y supe cómo enfrentarlos.
	Responsabilidad	Me enfoco para lograr tener éxito siempre en los retos del día a día, cumpliendo con mis actividades y deberes.	He logrado cumplir con mis proyectos, deberes escolares y personales teniendo resultados favorables.	Entregué en tiempo y forma cada uno de mis avances, como de mis tareas.	Siempre en cada nuevo reto, aplico y refuerzo la responsabilidad para entregar trabajos de calidad.
	Proactividad	Tengo iniciativa, me gusta mucho la ciencia y soy muy curioso por siempre querer aprender más por mis propias acciones.	Me gusta compartir mis conocimientos a mis compañeros, encontrar las soluciones a los problemas y la búsqueda de información.	Investigué por mis propias acciones muchas metodologías, resultados, investigaciones que abonaran al proyecto.	Reforcé mi pasión hacia la ciencia, hacia la investigación y como todo lo que fui encontrando, fue pieza clave para el proyecto.

**Tabla 20. Cuadro comparativo de las competencias de ingreso al PAP y de salida del PAP para el alumno Mauricio André Nájera Cárdenas.**

	<b>Competencia</b>	<b>Evidencia</b>	<b>Relevancia/Fortaleza*</b>	<b>Competencia nueva</b>	<b>Competencia potencializada</b>
<b>Conocimientos</b>	Sembrado/cultivo de microorganismos	Realicé cultivos de hongos, levaduras, microalgas y bacterias a lo largo de diversas materias.	Puedo analizar la materia prima para la preparación del tequila y además el fermento sin alcohol para observar presencia de microorganismos.	Uso de instrumentos y equipos de la planta piloto del laboratorio de Ingeniería en Alimentos.	Realización de procedimientos en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos.
	Análisis fisicoquímico de muestras	Realicé el análisis de características fisicoquímicas a productos alimenticios en Química Analítica y en mi primer PAP.	Puedo analizar las muestras obtenidas y registrar sus características fisicoquímicas (composición, pH, acidez, etc.) para saber su uso potencial posterior.	Uso sin supervisión del cromatógrafo de gases para medición de porcentaje de etanol.	Métodos de conservación para productos alimenticios.
	Revisión de la normatividad del etiquetado del producto	Realicé la información nutrimental y el cálculo de sellos para un producto alimenticio como proyecto final de la materia Normatividad de Etiquetado.	Puedo realizar los cálculos necesarios para obtener la información nutrimental y cálculo de sellos en caso de que se deba etiquetar el producto para su venta.	Proceso y elaboración de un jarabe para caramelo macizo.	Realización de un análisis sensorial para una bebida y conocer sus atributos.
	Realización de un análisis sensorial para una bebida	Realicé junto a mi equipo en el PAP I un análisis sensorial para una bebida que se realizó con el fermento sin alcohol.	Puedo realizar un análisis sensorial en caso de que sea necesario para una nueva bebida o seguir con la misma que habíamos hecho previamente.	Realización de un estudio de vida útil y lo que conlleva prepararlo.	
<b>Habilidades</b>	Análisis del impacto medioambiental del residuo de la destilación	Trabajé en un proyecto en Bioproyectos I que analizaba el impacto medioambiental de las vinazas en cuerpos de agua y en la tierra.	Puedo proponer ideas para el uso del residuo que queda después de la destilación del mosto fermentado, evitando su desecho y su alto potencial contaminante.	Análisis de varianza para toma de factores significativos que afectaban al estudio de vida útil.	Siembra de microorganismos (BMAs y HyL) según la Norma Oficial Mexicana.
	Análisis de fortalezas y debilidades del proyecto	Realicé un análisis FODA a una empresa propuesta como proyecto final de Cultivos Animales	Puedo analizar las oportunidades que el proyecto puede aprovechar, además de las debilidades para saber qué mejorar.	Linealización del modelo de Arrhenius con las muestras realizadas para la obtención de los días de vida útil que tiene el producto.	Tratamiento de datos obtenidos en experimentos hechos en laboratorio.
	Registro y análisis de las muestras	A lo largo de la carrera he utilizado Excel para el	Puedo organizar los resultados obtenidos en	Realización de integrales por medio de	Investigación y comparación de

	obtenidas en Microsoft Excel	análisis de resultados en prácticas de laboratorio y proyectos mediante gráficas y tablas.	los distintos días de trabajo en el laboratorio.	Microsoft Excel para el tratamiento de los datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.	resultados con artículos científicos.
	Seguimiento de un cronograma para un adecuado trabajo en equipo	En Bioproyectos y PAP I he tenido que organizarme con mis equipos de trabajo para formar y seguir un cronograma para trabajar a lo largo del semestre.	Puedo organizar equitativamente el trabajo que realizará cada persona y tener un mayor orden en lo que se tiene que hacer para poder cumplir el objetivo final.		
Actitudes	Capacidad de aprender rápido	Desde pequeño y el inicio de mi carrera me he caracterizado por la capacidad de aprendizaje rápido en diversas materias.	Puedo adquirir los conocimientos necesarios de manera rápida para ponerlos en prueba lo antes posible en el proyecto.	Mayor organización de repartición de labores para un trabajo justo y efectivo.	Trabajo en equipo con integrantes de diferentes carreras.
	Facilidad de trabajar en equipo	A lo largo de mi carrera he tenido que trabajar en equipos distintos y además con el equipo de la Sociedad de Alumnos de Ingeniería en Biotecnología.	Puedo organizarme de manera efectiva con mi equipo de trabajo en el PAP y delegar tareas y responsabilidades para cada uno.	Paciencia al trabajar durante muchas horas en el laboratorio durante procesos largos.	Redacción y ortografía en documentos escritos.
	Facilidad de adaptarme a diferentes ambientes	Las materias impartidas en Biotecnología me han permitido desenvolverme y adquirir conocimientos de diferentes ámbitos (ambiental, química, biología, mecánica, matemáticas, etc.)	Puedo adaptarme al rol que se me designe en el PAP y realizar las tareas que se requieran en ese momento.		
	Buena redacción y ortografía.	La realización de reportes de laboratorio y mi interés por los idiomas me han permitido practicar y desarrollar mis habilidades de escritura y buena ortografía.	Puedo hacer que el RPAP exprese de manera efectiva los resultados obtenidos mediante buena redacción y además revisar que se presente con una buena ortografía.		