

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 Centros de Investigación Externos I



**ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara**

4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I
**Redacción de artículo de revisión sobre interacciones entre levaduras y
bacterias en procesos de fermentación**

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes
Ing. en Biotecnología, Itza Xareni Noyola Hernández

Profesor PAP: M.C Santiago Rodríguez de la Peña
Tlaquepaque, Jalisco, mayo, 2023

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.....	6
1.3 Identificación de la(s) problemática(s).....	7
1.4. Planeación de alternativa(s).....	8
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	10
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	16
1.7. Bibliografía y otros recursos	17
1.8. Anexos generales.....	19
2. Productos	20
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	20
3.1 Sensibilización ante las realidades	20
3.2 Aprendizajes logrados	21

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 se concibe como un espacio curricular de formación vinculada que integra el Servicio Social, los requisitos de la Opción Terminal y la Aplicación Profesional, mediante la realización de proyectos profesionales que enfrentan problemas y desafíos relevantes del entorno social. El documento adjunto, correspondiente al Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I, presenta la metodología utilizada para llevar a cabo la recopilación y análisis de información bibliográfica para apoyar el proyecto de grado del investigador Rodríguez de la Peña sobre las interacciones microbianas en procesos de fermentación de bebidas alcohólicas. Mediante el uso de diferentes motores de búsqueda, se generó un repositorio de literatura relevante sobre el tema y se procedió a analizarla y organizarla en una tabla de clasificación. El objetivo final es elaborar un artículo de revisión que recopile la información más relevante para mejorar los procesos de elaboración y competitividad comercial de pequeños productores de bebidas alcohólicas.

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 construir 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 Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) es un centro de investigación que pertenece a la coordinación de medio ambiente, salud y alimentación del Sistema de Centros Públicos de Investigación (CPI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). En este centro de investigación se cuenta con diferentes líneas de investigación, dentro de las cuales se localiza la Unidad de Biotecnología Industrial. Esta unidad está orientada al desarrollo de productos y servicios en sectores de la industria agroalimentaria.

Bajo la dirección del Dr. Melchor Arellano Plaza, el investigador M.C. Santiago Rodríguez de la Peña está desarrollando un proyecto que busca estudiar los mecanismos metabólicos

existentes entre cinco microorganismos dentro de un biorreactor durante el proceso de elaboración de bebidas alcohólicas. Para esto, se seleccionaron 3 levaduras y 2 bacterias; *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kluyveri* y *Kluyveromyces marxianus* como levaduras, y *Limosilactobacillus fermentum* y *Lactiplantibacillus plantarum* como bacterias.

A través del presente PAP se busca apoyar al investigador Rodríguez de la Peña, de manera documental, con la recopilación de bibliografía para conocer los trabajos realizados con anterioridad y áreas de oportunidad respecto a las interacciones entre levadura-levadura y levadura-bacteria en fermentaciones. La pregunta de investigación que se busca responder con el proyecto del investigador Rodríguez de la Peña es cómo las interacciones microbianas entre levadura-levadura, levadura-bacteria y bacteria-bacteria tienen efecto en las características organolépticas de las bebidas alcohólicas.

Objetivo general:

Elaborar un artículo de revisión que recopile la información más relevante de la bibliografía publicada existente orientada a los objetivos del proyecto y, después de examinarla, situarla en perspectiva para apoyar a los pequeños productores a mejorar sus procesos de elaboración y su competitividad comercial.

Objetivos específicos:

- Buscar y recopilar información que responda la pregunta de investigación planteada al inicio del proyecto de investigación.
- Generar una red de autores alrededor de la pregunta de investigación para el rastreo de trabajos recientes.
- Analizar la bibliografía seleccionada en función de su relevancia y contribución a la investigación.
- Incluir o excluir la información revisada en la bibliografía con base en los criterios designados, como año de publicación, base de datos y palabras clave, entre otros.
- Escribir el borrador de un artículo de revisión bibliográfica para una revista indexada.

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

Los procesos biotecnológicos aprovechan las diversas maquinarias metabólicas para el desarrollo de productos o procesos. Uno de los procesos biotecnológicos más estudiado es el proceso de la fermentación de bebidas alcohólicas. En este proceso participan una cantidad de levaduras y bacterias que coexisten e interactúan entre sí para ejercer dominancia sobre otras especies e influir sobre el perfil organoléptico de las bebidas alcohólicas [1].

A lo largo de los años se han estudiado variaciones de estos procesos para entender el tipo de interacciones que se encuentran entre los microorganismos presentes en estas bebidas. Se han evaluado aquellos productos principales de las fermentaciones como viabilidad celular, alcoholes, ésteres, ácidos orgánicos y compuestos volátiles en general. Al comparar fermentaciones individuales con fermentaciones en co-cultivo, se han logrado identificar metabolitos que son generados únicamente ante la presencia de otro microorganismo [2], evidenciando la importancia de las interacciones microbianas para la evaluación de nuevos metabolitos en estas bebidas.

En los últimos 3 años, se han desarrollado investigaciones cuyo objetivo es analizar aquellos perfiles transcriptómicos de estos procesos fermentativos para evaluar la sobreexpresión o represión genética de los microorganismos involucrados [3], [4]. Con estos estudios, es posible realizar un análisis metabólico más preciso y entender más a fondo el efecto que tiene el co-cultivo de microorganismos. Por su parte, algunos autores lograron atribuir ciertos tipos de respuesta metabólica a la interacción directa entre microorganismos [5], por lo que se volvió un área de interés el investigar el efecto que tiene el contacto directo de microorganismos en este proceso. Existen diferentes tipos de interacciones en el co-cultivo de microorganismos y, con el paso del tiempo, se obtienen más conocimientos que permiten entender la respuesta metabólica que tiene cada uno de estos microorganismos ante la presencia de otro.

1.2 Caracterización de la organización

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) está ubicado en la colonia El Bajío en Zapopan, Jalisco, México. Es un centro cuya misión es impulsar el desarrollo sostenible de la sociedad, mediante la generación de

conocimiento de vanguardia, formación de talento especializado y aplicación innovadora de la ciencia y tecnología. Su visión es lograr lo anterior mencionado a través de redes de colaboración nacionales e internacionales y alianzas con los sectores públicos y privados para contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad [6].

Este centro de investigación cuenta con cinco unidades de investigación: Biotecnología Vegetal, Tecnología Ambiental, Tecnología Alimentaria, Biotecnología Médica y Farmacéutica y Biotecnología Industrial. Es en la unidad de Biotecnología Industrial donde se realizan trabajos de investigación que atienden, de manera transversal, los sectores Agropecuario, Agua y Medio Ambiente, Alimentos y Bebidas, Salud Humana y Animal y Bioprocesos y Energía. Esta unidad está conformada por 18 personas identificadas con los valores y filosofía del CIATEJ y se encuentra a cargo del Dr. Juan Carlos Mateos Díaz [6].

Existen 4 sublíneas en la unidad de Biotecnología Industrial: ‘Bioelectrónica’, ‘Biología Sintética’, ‘Diseño, optimización y aplicación de biocatalizadores’ y ‘Diseño y optimización de procesos fermentativos’. Algunos de los temas trabajados dentro de esta sublínea de investigación son el estudio de los patrones de bioacumulación para el control de los niveles de metales pesados en peces cultivados; la caracterización de consorcios microbianos involucrados en la producción de tequila y estudio de las interacciones entre bacterias y levaduras nativas; y el estudio de la producción de ésteres por levaduras no-*Saccharomyces* con un enfoque multidisciplinario. El proyecto de grado del investigador Rodríguez de la Peña se está desarrollando dentro de la sublínea de ‘Diseño y optimización de procesos fermentativos’ a cargo del Dr. Melchor Arellano Plaza, uno de los 8 investigadores que trabajan en esta sección.

1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

El proceso de fermentación es uno de los procesos biotecnológicos más antiguos, del que destaca la elaboración de bebidas alcohólicas. Para llevar a cabo este proceso, es necesaria la participación de diversos microorganismos, como levaduras y bacterias, que permitan complementar un perfil metabólico entre la ruta de la fermentación alcohólica (AF) y la ruta de la fermentación maloláctica (MLF). Este complemento entre rutas permite que el mosto fermentado adquiera diversas características organolépticas [7], por lo que estudiar las

interacciones que existen entre los diferentes microorganismos resulta de gran interés para el mejoramiento de estas bebidas.

Actualmente se han organizado las interacciones entre microorganismos a través de una clasificación ecológica, que se basa en el tipo de respuesta que tiene un microorganismo en presencia de otro. El amensalismo, antagonismo, comensalismo y sinergismo son las cuatro clasificaciones que definen las interacciones celulares [7]. En los últimos años, se han desarrollado investigaciones que buscan revelar el perfil metabólico causante de estas cuatro respuestas [8], [9]. Conocer la respuesta metabólica de cada microorganismo presente en el proceso resulta de gran interés, debido a que los microorganismos en cultivos individuales generan metabolitos diferentes a los que se encuentran en un cocultivo de más de un microorganismo [8]. Esto permite conocer los compuestos volátiles y no volátiles generados en este conjunto de microorganismos, que serán los responsables de cambiar las características de la bebida en función del tipo de interacción a la que se enfrenten en el cultivo.

1.4. Planeación de alternativa(s)

Para poder resolver la problemática planteada en la investigación, es necesario conocer lo que otros autores han realizado, así como los resultados que han obtenido bajo diferentes condiciones de experimentación y técnicas de cuantificación de metabolitos. Por lo tanto, se abordará el problema desde la revisión bibliográfica sobre los trabajos más recientes que permitan conocer más a detalle las interacciones entre microorganismos en los procesos de fermentación de bebidas alcohólicas. Al finalizar el proceso de revisión bibliográfica, se escribirá un artículo que permita concentrar la información más relevante y reciente respecto al tema seleccionado.

El artículo de revisión se comenzará a estructurar desde el borrador de aquellas secciones y/o puntos importantes que se desean concentrar en el escrito. Esto permitirá esclarecer los criterios de inclusión y exclusión de aquella información que, aunque resulte interesante, no sea de valor para los objetivos de la investigación. Se procederá con la búsqueda general de información según los criterios que se hayan seleccionado. Para realizar la comparación de información, se realizarán figuras que resuman, de una forma visual, la información

presentada. Con esto se generará la sección de resultados de aquella información reciente y relevante y, posteriormente, se seguirá con la redacción de aquellas secciones que complementen el trabajo realizado.

En la Tabla 1 se muestra el cronograma de actividades previstas para el presente PAP. Se especifican los recursos humanos, materiales y tecnológicos para el desarrollo de cada una de las actividades del proyecto, así como el tiempo que se dedicará a cada una de ellas.

Tabla 1. Cronograma de actividades previstas para la realización del PAP.

Nombre de la actividad	Recursos	Tiempo (días)	Semana del semestre															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Reunión para planetamiento de objetivos con investigador.	AS	1																
Reunión con asesoras PAP.	AB AG	1																
Reunión para revisión de avances con investigador.	AS	14																
Definición de criterios de inclusión y exclusión de bibliografía.	TP AS	2																
Creación de repositorio de literatura.	TP RR Z	1																
Búsqueda general de literatura según criterios de inclusión y exclusión.	TP RR CP Z	21																
Elaboración de ficha resumen de aquellos artículos incluidos.	TP	21																
Elaboración de tabla comparativa de interacciones levadura-levadura y levadura-bacteria según varios autores.	TP AS	10																
Corrección y actualización de tabla comparativa.	TP AS	10																
Descripción y comparación textual de la tabla comparativa.	TP AS	4																
Redacción del borrador de discusión de resultados	TP AS	4																
Revisión y corrección de discusión de resultados	TP AS	4																

alguien más haya realizado en el área. A su vez, es importante llevar a cabo este compendio de información para mostrar la relevancia del trabajo realizado por otros investigadores [10].

La tarea de escribir un artículo científico no es tarea fácil. Al paso de los años, se han desarrollado diferentes estrategias para lograr este propósito. Entender la pregunta de investigación es un proceso iterativo que tendrá que pulirse a la par que se ejecuta el trabajo de escritura en las primeras etapas. Al ser un proceso que requiere de una constante reevaluación de lo analizado y escrito, es necesario contar con cierta flexibilidad que permita moldear la pregunta de investigación a las necesidades del campo de estudio al que se busca aportar con la revisión realizada [10].

Identificar las ecuaciones, establecer los criterios de inclusión y exclusión de material, definir las bases de datos más útiles y encontrar estrategias que permitan conectar la información son algunas de las recomendaciones que se proporcionan al momento de comenzar con la escritura de un artículo de revisión [10]. De esta forma, al terminar de recolectar la información, el investigador es capaz de conectar los hallazgos que tiene el campo para generar sus propias ideas y realizar una síntesis, análisis y crítica sobre la literatura consultada.

Selección de bibliografía.

Para el presente PAP se tomaron como base las recomendaciones anteriores y se elaboró un repositorio de información donde se colocaron aquellas referencias que se consideraron relevantes. Con este primer proceso se buscó obtener una visión general de aquella información existente con base a la pregunta del investigador Rodríguez de la Peña. Para realizar la selección de literatura, se optó por utilizar diferentes motores de búsqueda que permitieron realizar la red de autores entorno al objeto de investigación. Algunos de estos motores de búsqueda fueron Google Académico, Research Rabbit y Connected papers. Estos últimos dos permiten concentrar aquellos artículos con contenido similar al encontrado en título, resumen y/o palabras clave que se le hayan integrado al motor de búsqueda. Al finalizar la búsqueda general de artículos, se logró obtener una red de aquellos autores que

más han aportado a la investigación de interacciones microbianas en fermentaciones de bebidas alcohólicas (figura 1).

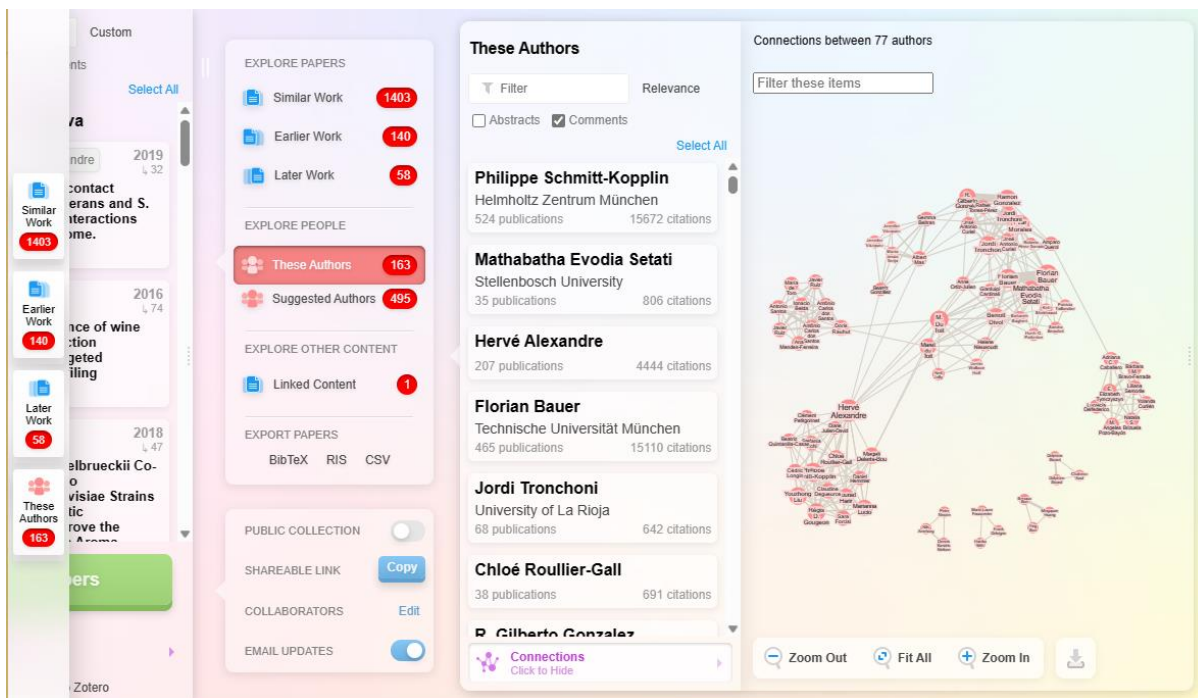


Figura 1. Ejemplificación de funcionamiento de Research Rabbit para la generación de red de autores [11]

Con la información recolectada, se elaboró una tabla (Apéndice 1) que ordena la literatura encontrada para, posteriormente, analizar y organizar los resultados de los estudios. Una vez que se analizó la información de cada uno de los artículos seleccionados, se procedió con el análisis según los criterios de inclusión o exclusión para seleccionar únicamente aquella información con aporte a la investigación realizada.

Criterios de inclusión:

- Artículos o estudios que se centren en las interacciones microbianas que se producen durante la fermentación alcohólica y/o maloláctica.
- Estudios que investigan la fermentación alcohólica en diferentes tipos de sustratos, como uvas, granos, frutas u otras fuentes.
- Estudios que se centran en los mecanismos genéticos y moleculares detrás de las interacciones microbianas durante la fermentación alcohólica y/o maloláctica.

- Artículos que investigan los efectos de diferentes técnicas o condiciones de fermentación sobre las interacciones microbianas en el contexto de la fermentación alcohólica y/o maloláctica.
- Artículos cuyo año de publicación sea menor a 7 años. En caso de que sea mayor a 7 años, pero su información siga siendo relevante para explicar procesos biológicos, se podrá utilizar dentro del análisis realizado.
- Artículos provenientes de revistas reconocidas en el ámbito de la biotecnología y alimentos como ‘Microbiology’, ‘Current Opinion in Food Science’, ‘International Journal of Food Microbiology’, ‘Frontiers in Microbiology’, ‘FEMS Yeast Research’, entre otras.

Criterios de exclusión:

- Aquellos estudios que se centraron en organismos distintos de la levadura y las bacterias implicados en la fermentación alcohólica.
- Artículos que se centren en temas que no estén directamente relacionados con las interacciones microbianas durante la fermentación alcohólica y/o maloláctica.
- Documentos que no son revisados por pares.
- Artículos cuya antigüedad sea mayor a 7 años y cuyo contenido pueda encontrarse en una fuente reciente.

Análisis de la información obtenida.

Una vez que se leyeron todos los artículos seleccionados, se realizó una tabla comparativa de los autores junto con los resultados experimentales de aquellos compuestos volátiles más relevantes en la fermentación (ej. etanol, ácidos orgánicos, ésteres y aldehídos, entre otros). En la Tabla 3 se observa el análisis realizado de la literatura para agruparlos en función de la bebida y tipo de interacción obtenida en los experimentos reportados. Las interacciones fueron clasificadas según la clasificación ecológica (mutualismo, comensalismo, amensalismo y parasitismo).

Tabla 3. Comparación del tipo de respuesta sobre los metabolitos en presencia de diferentes microorganismos

Bebida	Microorganismos	Interacción	Metabolito	Autor
--------	-----------------	-------------	------------	-------

Vino (Jugo de uva)	<i>L. plantarum</i> (UNQLp11) y <i>O. oeni</i> (UNQOe31b)	Mutualismo	Alcoholes	(Brizuela et al., 2018)[12]
		Amensalismo	Ésteres	(Brizuela et al., 2018)[12]
	<i>L. plantarum</i> (UNQLp155) y <i>O. oeni</i> (UNQOe73.2)	Mutualismo	Dietil succinato	(Brizuela et al., 2018)[12]
	No- <i>Saccharomyces</i> (<i>Hanseniaspora vineae</i> , <i>Pichia terricola</i> , <i>Starmerella bacillaris</i> , <i>Candida parapsilosis</i> , <i>Lachancea thermotolerans</i> , <i>Wickerhamomyces anomalus</i> , <i>Metschnikowia pulcherrima</i>) y <i>S. cerevisiae</i>	Mutualismo	Alcoholes superiores (ej. alcohol isoamílico, 1-propanol, 2-fenil etanol e isobutanol)	(Bagheri et al., 2020)[13]
	<i>L. thermotolerans</i> y <i>S. cerevisiae</i>	Comensalismo	Ácido láctico	(Fairbairn et al., 2021)[14]
		Amensalismo	Etanol	(Fairbairn et al., 2021)[14]
Vidal blanc icewine	<i>Torulaspora delbrueckii</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Parasitismo	La población de <i>S. cerevisiae</i> desplaza la población de <i>T. delbrueckii</i> .	(Li et al., 2022)[15]
		Amensalismo	Ácido acético	(Li et al., 2022)[15]
		Amensalismo	Etanol	(Li et al., 2022)[15]
		Sin efecto	Glicerol	(Li et al., 2022)[15]
Nebbiolo wine	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>L. plantarum</i> y <i>Oenococcus oeni</i>	Parasitismo	Población de <i>S. cerevisiae</i> desplaza la población de <i>L. plantarum</i> .	(Englezos et al., 2019)[16]
		Amensalismo	Etanol	(Englezos et al., 2019)[16]
Pomegrana te wine	<i>Hanseniaspora uvarum</i> , <i>Hanseniaspora valbyensis</i> , <i>S. cerevisiae</i> , <i>Pichia terricola</i> , y <i>Candida diversa</i>	Mutualismo	Etanol	(Xueshan et al., 2020)[17]
		Mutualismo	Biomasa	(Wang et al., 2020)[17]
Red rice wine	<i>Rhizopus oryzae</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> (relación 1:1:1)	Amensalismo	Etanol	(Ly et al., 2019)[18]
		Amensalismo	Ácidos orgánicos (Ácido acético y ácido láctico)	(Ly et al., 2019)[18]
	<i>Rhizopus oryzae</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> (relación 1:10:1)	Amensalismo	Etanol	(Ly et al., 2019)[18]
		Mutualismo	Ácido láctico	(Ly et al., 2019)[18]
Kombucha	<i>Brettanomyces bruxellensis</i> y <i>Hanseniaspora valbyensis</i>	Mutualismo	Producción de 39 metabolitos exclusivos del co-cultivo	(Tran et al., 2022)[2]
	<i>B. bruxellensis</i> y <i>A. indonesiensis</i>	Mutualismo	Producción de 37 metabolitos	(Tran et al., 2022)[2]

			exclusivos del co-cultivo	
	<i>H. valbyensis</i> y <i>A. indonesiensis</i>	Mutualismo	Producción de 5 metabolitos exclusivos del co-cultivo	(Tran et al., 2022)[2]

Redacción del artículo de revisión

A la par de la elaboración de la tablas 1 y 2, se trabajó con la escritura de la sección de resultados del artículo, permitiendo la incorporación de nuevas ideas al momento de repasar la literatura seleccionada. Posterior a esto, se trabajó en la identificación de subtemas importantes que necesitan estar en alguna otra sección del documento elaborado. Se tomó como línea base o esqueleto del artículo la clasificación que se muestra en la sección 1.6

1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

I. Introduction

Overview of alcoholic fermentation and its importance
Background on alcoholic fermentations and the role of microorganisms
Importance of microbial interactions in alcoholic fermentations
Objective of the review paper

II. Microbial Interactions in Alcoholic Fermentations

Overview of microbial interactions

Yeast-yeast interactions

Overview of yeast-yeast interactions in alcoholic fermentation
Results and discussion of studies on yeast-yeast interactions
Implications of yeast-yeast interactions for alcoholic fermentation

Yeast-bacteria interactions

Overview of yeast-bacteria interactions in alcoholic fermentation
Results and discussion of studies on yeast-bacteria interactions
Implications of yeast-bacteria interactions for alcoholic fermentation

Bacteria-bacteria interactions

Overview of bacteria-bacteria interactions in alcoholic fermentation
Results and discussion of studies on bacteria-bacteria interactions
Implications of bacteria-bacteria interactions for alcoholic fermentation

Mechanisms of interaction – Contact vs non-contact fermentations

Physical interactions

Metabolic interactions

Quorum sensing and signal molecules

III. Microbial Interactions in Alcoholic Fermentations with and without Contact

Overview of contact and non-contact fermentations

Studies on microbial interactions in alcoholic fermentations with and without contact

Comparison of mixed and sequential inoculation (yeast and bacteria)
Comparison of cell-to-cell and without contact in metabolic and/or biomass production
Effect on the metabolic pathways of each interaction

IV. Applications of Microbial Interactions in Alcoholic Fermentations

Use of microbial interactions for enhancing fermentation performance

Co-culturing of yeast and bacteria
Metabolic engineering of microorganisms?

Biotechnological applications of microbial interactions in alcoholic fermentations

Food and beverage industry and/or small producers

V. Future Directions and Conclusion

Potential future research directions

Use of novel bioreactor systems (membrane bioreactor)
Metabolic engineering of microorganisms

Conclusion

El presente documento describe la metodología utilizada para recopilar y analizar información bibliográfica relevante para apoyar el proyecto de investigación del investigador Rodríguez de la Peña sobre las interacciones microbianas en procesos de fermentación de

bebidas alcohólicas. Se destaca la importancia de la investigación académica para generar conocimiento práctico aplicable en beneficio de la sociedad y se concluye que la revisión bibliográfica es una herramienta valiosa para llevar a cabo proyectos de investigación exitosos.

A través de este Proyecto de Aplicación Profesional, se realizó el borrador de un artículo de revisión que permitió comparar las interacciones entre levadura-levadura, levadura-bacteria y bacteria-bacteria con y sin contacto durante la fermentación. Se observó que la presencia de otros microorganismos tiene diferentes efectos sobre la concentración de metabolitos producidos después de la fermentación. De igual modo, la inhibición de crecimiento celular está correlacionada con la interacción directa entre microorganismos. Se recomienda que, para tener un mejor entendimiento al realizar una revisión de la literatura científica, se elaboren tablas comparativas que permitan enfrentar la información recopilada.

1.7. Bibliografía y otros recursos

- [1] M. Ciani, A. Capece, F. Comitini, L. Canonico, G. Siesto, y P. Romano, «Yeast Interactions in Inoculated Wine Fermentation», *Front. Microbiol.*, vol. 7, abr. 2016, doi: 10.3389/fmicb.2016.00555.
- [2] T. Tran *et al.*, «Microbial Interactions in Kombucha through the Lens of Metabolomics», *Metabolites*, vol. 12, n.º 3, p. 235, mar. 2022, doi: 10.3390/metabo12030235.
- [3] K. Shekhawat, H. Patterton, F. F. Bauer, y M. E. Setati, «RNA-seq based transcriptional analysis of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lachancea thermotolerans* in mixed-culture fermentations under anaerobic conditions», *BMC Genomics*, vol. 20, n.º 1, p. 145, dic. 2019, doi: 10.1186/s12864-019-5511-x.
- [4] J. Ruiz *et al.*, «Phenotypic and transcriptional analysis of *Saccharomyces cerevisiae* during wine fermentation in response to nitrogen nutrition and co-inoculation with *Torulaspora delbrueckii*», *Food Res. Int.*, vol. 137, p. 109663, nov. 2020, doi: 10.1016/j.foodres.2020.109663.
- [5] C. Petitgonnet *et al.*, «Influence of cell-cell contact between *L. thermotolerans* and *S. cerevisiae* on yeast interactions and the exo-metabolome», *Food Microbiol.*, vol. 83, pp. 122-133, oct. 2019, doi: 10.1016/j.fm.2019.05.005.
- [6] CIATEJ, «Biotecnología Industrial», *CIATEJ*, 2023. <https://ciatej.mx/investigacion/biotecnologia-industrial>
- [7] R. Torres-Guardado, B. Esteve-Zarzoso, C. Reguant, y A. Bordons, «Microbial interactions in alcoholic beverages», *Int. Microbiol.*, vol. 25, n.º 1, pp. 1-15, ene. 2022, doi: 10.1007/s10123-021-00200-1.

- [8] C. Roullier-Gall, V. David, D. Hemmler, P. Schmitt-Kopplin, y H. Alexandre, «Exploring yeast interactions through metabolic profiling», *Sci. Rep.*, vol. 10, n.º 1, p. 6073, abr. 2020, doi: 10.1038/s41598-020-63182-6.
- [9] N. A. Luyt, S. Beaufort, B. Divol, M. E. Setati, P. Taillandier, y F. F. Bauer, «Phenotypic characterization of cell-to-cell interactions between two yeast species during alcoholic fermentation», *World J. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 37, n.º 11, p. 186, nov. 2021, doi: 10.1007/s11274-021-03154-8.
- [10] B. Greetham, *How to write your literature review*. en Macmillan study skills. London: Macmillan International Higher Education, 2021.
- [11] K. Chandra, B. Slater, y M. Ma, «Research Rabbit». 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchrabbit.ai/>
- [12] N. S. Brizuela *et al.*, «Advantages of Using Blend Cultures of Native *L. plantarum* and *O. oeni* Strains to Induce Malolactic Fermentation of Patagonian Malbec Wine», *Front. Microbiol.*, vol. 9, p. 2109, sep. 2018, doi: 10.3389/fmicb.2018.02109.
- [13] B. Bagheri, F. F. Bauer, G. Cardinali, y M. E. Setati, «Ecological interactions are a primary driver of population dynamics in wine yeast microbiota during fermentation», *Sci. Rep.*, vol. 10, n.º 1, p. 4911, mar. 2020, doi: 10.1038/s41598-020-61690-z.
- [14] S. Fairbairn *et al.*, «Combinatorial analysis of population dynamics, metabolite levels and malolactic fermentation in *Saccharomyces cerevisiae*/ *Lachancea thermotolerans* mixed fermentations», *Food Microbiol.*, vol. 96, p. 103712, jun. 2021, doi: 10.1016/j.fm.2020.103712.
- [15] J. Li, M. Hong, y B. Qi, «Impact of *Torulaspora delbrueckii* During Fermentation on Aromatic Profile of Vidal Blanc Icewine», *Front. Microbiol.*, vol. 13, p. 860128, jun. 2022, doi: 10.3389/fmicb.2022.860128.
- [16] V. Englezos, K. Rantsiou, S. Giacosa, S. Río Segade, L. Rolle, y L. Cocolin, «Cell-to-cell contact mechanism modulates *Starmerella bacillaris* death in mixed culture fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*», *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 289, pp. 106-114, ene. 2019, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.009.
- [17] X. Wang *et al.*, «Transformation of Microbial Negative Correlations into Positive Correlations by *Saccharomyces cerevisiae* Inoculation during Pomegranate Wine Fermentation», *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 86, n.º 24, pp. e01847-20, nov. 2020, doi: 10.1128/AEM.01847-20.
- [18] S. Ly *et al.*, «Engineering Synthetic Microbial Communities through a Selective Biofilm Cultivation Device for the Production of Fermented Beverages», *Microorganisms*, vol. 7, n.º 7, p. 206, jul. 2019, doi: 10.3390/microorganisms7070206.
- [19] Municipios. «Ven y prepara tu propia sidra en Zacatlán de las Manzanas». *Municipios Puebla*. 12, may, 2023. [Online], Disponible: <https://municipiospuebla.mx/nota/2022-11-15/zacatl%C3%A1n/ven-y-prepara-tu-propia-sidra-en-zacatl%C3%A1n-de-las-manzanas>

1.8. Anexos generales

Apéndice 1

En la Tabla 3 se muestra la descripción de cada una de las categorías analizadas dentro del análisis robusto que permitió generar un repositorio de la literatura encontrada para tener claro aquellos artículos incluidos o excluidos.

Tabla 3. Método de clasificación generado en el PAP para discriminar la información recolectada.

Categoría	Descripción
Identificador	Número que permitió encontrar el artículo en el repositorio de literatura generado.
Título	Título del artículo en cuestión.
Link	Link directo al documento pdf del artículo dentro de una carpeta compartida.
Autores	Nombre del/los autor/es.
Año	Año de publicación.
DOI	Número DOI del artículo.
Revista	Nombre de la revista a la que pertenece el artículo.
Clasificación de estudio	Se seleccionaron 2 clasificaciones de artículos; investigación y review.
Estado inicial	Exisieron 3 clasificaciones para los artículos seleccionados con base a un primer acercamiento con base a los criterios de inclusión y exclusión. Se trabajó con 3 categorías; incluido, excluido, pendiente.
Justificación	En caso de incluirlo o excluirlo, se redactó un breve texto que permitiera comprender la decisión tomada.
Estado final	Después de haber digerido el artículo, se volvió a tomar una decisión con base a la descripción presentada en la categoría ‘Estado inicial’.
Descripción general	Se colocaron aquellos puntos generales de cada artículo que permitió identificar los hallazgos principales del estudio.
Declaraciones de los autores	Aquellas ideas propias que desarrollaron los autores en la sección de resultados, discusión.
Generación de ideas	Aquellas ideas propias que se desarrollaron con el fin de incluirlas en el artículo.

2. Productos

Nombre y código del PAP	Programa de apoyo a Centros de investigación externos I. Código: PAP4G03
Nombre del proyecto	Redacción de artículo de revisión sobre interacciones entre levaduras y bacterias en procesos de fermentación
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	Se elaboró el borrador de un artículo de revisión que permitió concentrar la literatura reciente en relación a las interacciones microbianas entre diferentes microorganismos (levaduras y bacterias). Se evaluó el efecto que tienen estas interacciones sobre la producción de los metabolitos más relevantes (ej. etanol, ácidos orgánicos, ésteres, biomasa, entre otros).
Autores:	Itza Xareni Noyola Hernández

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

En Zacatlan de las manazas, Puebla, hay cerca de 33 mil habitantes que se dedican a la producción, cosecha y venta de manzanas; así como a la comercialización de aquellos productos derivados de estos [19]. A raíz de esta actividad económica, se emplean más de 10

mil personas y hay empresas exclusivamente dedicadas a su producción y comercialización. Dado que familias enteras se dedican a la producción y comercialización de estos productos, resulta de gran interés el investigar los procesos biotecnológicos mediante los cuales se lleva a cabo la producción de la sidra, ya que actualmente se realiza con métodos tradicionales que pudieran ser optimizados para mejorar los rendimientos. Esta mejora significaría mayores ganancias para las familias involucradas en esta actividad que, como se mencionó anteriormente, es la principal actividad ecocómica de Zacatlán de las manzanas desde 1928.

3.2 Aprendizajes logrados

En cuanto a los aprendizajes que logré adquirir con este proyecto destaco el de la organización de información, así como de ideas y redacción de las mismas, tanto en español como en inglés. De manera general, me ha costado bastante a lo largo de la carrera el poder tener un pensamiento coherente a lo largo de los escritos que he realizado, por lo que viendo en retrospectiva mi tren de pensamiento, veo que ha cambiado un poco en el cómo organizo mis ideas. En pocas palabras, esto me ha permitido mejorar mi comunicación escrita.

Por el lado más técnico, logré entender cómo es que las interacciones microbianas tienen un efecto medible sobre el producto y cómo se vuelve de gran interés conocer los consorcios microbianos nativos de las bebidas locales para poder impactar más allá que la investigación. Las clasificaciones ecológicas me resultaron de gran ayuda para comprender de una forma no tan vaga el cómo es que se entienden las interacciones actualmente. Esto me permitió elaborar de una forma más estructurada la tabla de interacciones que, aunque considero que le falta información, es un primer paso para continuar desarrollándola.

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

Competencias nuevas: **Color naranja**

Competencias potencializadas: **Color verde**

	Competencia	Evidencia	Relevancia/Fortaleza*
Conocimientos	Redactar textos con lenguaje académico/científico apropiado.	Redacté diversos reportes de laboratorio a lo largo de la carrera.	Puedo realizar síntesis de literatura, conexión de ideas de diferentes autores, así como la generación de ideas propias para la redacción de un texto académico/científico.
	Vocabulario académico/científico en inglés.	Además de haber acreditado los 8 niveles solicitados por la universidad, he leído diversos artículos científicos que me permitieron ampliar mi vocabulario.	Puedo realizar la redacción del artículo en inglés con mi competencia actual, así como enriquecerla con las lecturas realizadas a lo largo del PAP.
	Conocimientos de biología molecular y metabólica.	Llevé asignaturas en la universidad en las que revisamos diferentes textos académicos para conocer sobre las interacciones entre microorganismos.	Reconocer de qué se habla en la literatura revisada, así como favorecer el proceso de inclusión y exclusión de literatura.
	Conocimientos de biorreactores.	Cursé la asignatura en la universidad.	Reconocer de qué se habla en la literatura revisada, así como favorecer el proceso de inclusión y exclusión de literatura.
Habilidades	Búsqueda y selección de literatura de forma eficiente.	En los diversos textos que he redactado me he apoyado de herramientas (ej. ResearchRabbit, Connected Paper) que me facilitan realizar la búsqueda de artículos mediante la creación de una red	Realizar una búsqueda eficiente y robusta sobre diferentes autores alrededor de un tema en particular. Generar una estrategia de inclusión y exclusión de literatura en función de lo que se considere relevante o no para el tema de interés.

		de autores alrededor de un tema en particular.	
	Gestión de tiempo eficiente.	Trabajo por objetivos semanales que me permiten alcanzar mis objetivos mensuales, tanto personales como profesionales. Mi herramienta principal es un calendario semanal y mensual en el que describo a detalle las actividades que realizaré para invertir, eficientemente, mi tiempo.	Desarrollar un plan de trabajo que me permite recolectar, leer y digerir la literatura seleccionada de una forma que me resulte sencilla y libre de estrés.
	Capacidad de integración de información.	Integrar conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera para sintetizar información técnica de diferentes fuentes relacionadas a la temática central de la investigación propuesta.	Dada la gran cantidad de información que se está generando en el mundo actual, resulta de gran importancia que el profesionista tenga la habilidad de integrar la información adquirida con la contextualización de problemas actuales que le permita generar soluciones viables.
Actitudes	Buena comunicación.	Tengo identificadas estrategias de organización que me permiten mantener al tanto a mis supervisores y/o colegas sobre el trabajo que estoy realizando.	Actualizar constantemente al investigador tanto del trabajo que realizo como de las dudas que me vayan surgiendo.
	Facilidad para el autoaprendizaje.	A lo largo de la carrera se me ha facilitado aprender por mi propia cuenta para complementar los conocimientos de clase.	Resolver dudas por mis propios métodos de una forma eficiente, así como adquirir el conocimiento necesario para cumplir con los objetivos esperados.
	Escucha y atención a críticas constructivas.	Logro atender las críticas constructivas que se me dan sobre los diferentes textos que	Mejorar constantemente la calidad del trabajo que esté realizando para cumplir con los objetivos esperados.

		he redactado para mejorar la calidad de estos.	
	Regulación emocional.	Balanceaba el trabajo de búsqueda con el de redacción para permitirme descansos mentales que me ayudarán a sobrellevar mis 'quemadas de cerebro'	En procesos repetitivos, como la escritura de un trabajo de revisión, resulta importante el ser tolerante a la frustración, puesto que muchas veces no será maravilloso el proceso de redacción, por lo que no estresarse o 'quemarse el cerebro' debe ser una actitud que permita a las mentes el relajarse cuando sea necesario.