

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

**Producción y recuperación de astaxantina por *Xantophyllomyces
dendrorhous***

**Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco,
Zapopan, Jalisco.**

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Ing. en Biotecnología, Deborah Paulina Gasca Viruega

Ing. en Biotecnología, Fernando Padilla Silva

Profesor PAP: Dr. Melchor Arellano Plaza

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	5
1.2 Caracterización de la organización.....	7
1.3 Identificación de la(s) problemática(s)	8
1.4. Planeación de alternativa(s).....	9
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	11
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	21
1.7. Bibliografía y otros recursos	23
1.8. Anexos generales	23
2. Productos	25
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	26
3.1 Sensibilización ante las realidades	26
3.2 Aprendizajes logrados	28

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

[Este texto deberá aparecer en todos los RPAP]

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 Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) “Producción y recuperación de astaxantina por *Xanthophyllomyces dendrorhous*” se realizó en el CIATEJ con el objetivo de desarrollar el prototipo de un simbiótico encapsulado que combine prebióticos (inulina y fructanos de agave), dos cepas probióticas (*Lactobacillus rhamnosus* y *Lactobacillus plantarum*) y antioxidantes (astaxantina). Los objetivos específicos del proyecto fueron estandarizar el proceso, generar una patente del producto, y evaluar la protección a factores medioambientales del prototipo. Durante el proyecto se estandarizó la producción de astaxantina en un medio químicamente definido (MQD) realizando fermentaciones por lote y lote alimentado. Además, se aplicaron técnicas, como secado por aspersión para la biomasa de *X. dendrorhous* (obteniendo una concentración de carotenoides de 3.76 mg/L y de 0.1067 mg de carotenoides/g de biomasa después del secado por aspersión en las fermentaciones de lote y lote alimentado, respectivamente) y extracción de astaxantina mediante CO₂ supercrítico. Por último, se cultivaron ambas cepas de *Lactobacillus* y se comenzaron pruebas de encapsulamiento.

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 Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C (CIATEJ) es un Centro de Investigación con más de 40 años de trayectoria con investigaciones en las áreas de biotecnología industrial, biotecnología vegetal, biotecnología médica y farmacéutica, tecnología ambiental y tecnología alimentaria. El departamento de biotecnología industrial está especializado en los sectores agropecuarios, agua y medio ambiente, alimentos y bebidas, salud humana y animal y bioprocesos y energía [1].

El presente proyecto a realizar es de carácter experimental. El objetivo principal es determinar las condiciones de operación y mezclas de probióticos, astaxantina y prebióticos que maximicen la viabilidad celular y la actividad antioxidante en tiempos prolongados de almacenamiento para poder asegurar la estabilidad del simbiótico prototipo a desarrollar.

. Además, de manera específica, se busca:

- Estandarizar la metodología completa del proceso para la obtención del prototipo de encapsulamiento.
- Evaluar la protección a factores ambientales que ofrece la matriz de inulina y fructanos de agave, tanto al antioxidante como a la viabilidad de los probióticos.
- Conocer el impacto de realizar el secado en conjunto con bacterias, astaxantina y prebióticos en la viabilidad celular y actividad antioxidante y comparar con realizar el secado de forma separada.

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

Como se mencionó previamente, el propósito principal de este proyecto es generar el prototipo y la patente de un encapsulado, en matriz de inulina y fructanos de agave, de astaxantina y bacterias probióticas acidolácticas. Esto con el propósito de continuar con los trabajos desarrollados en el CIATEJ y dirigidos por el Doctor en Ciencias Biológicas Melchor Arellano Plaza, con la levadura *X. dendrorhous* para la producción del carotenoide astaxantina.

El CIATEJ se ha enfocado en mejorar la producción de la astaxantina, ya que este metabolito es de alto interés en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética [2] [3]. Este carotenoide ofrece importantes beneficios a la salud debido a sus propiedades antioxidantes, anti-inflamatorias, y protectoras a la radiación, que promueven la regeneración celular, entre muchas otras [4]. Dentro de los múltiples beneficios que presenta la astaxantina, se destaca que este pigmento cuenta con gran actividad biológica, ya que, comparada con otros carotenoides, su actividad antioxidante es superior. Estudios han demostrado que la astaxantina cuenta con una actividad antioxidante 10 veces más fuerte que la de B-caroteno [4]. Esta eficiencia en su actividad antioxidante se debe a que la astaxantina puede unirse a la membrana celular desde el interior hacia el exterior, generando que el anillo terminal del

carotenoide capture radicales en la superficie y en el interior de la célula, además, este pigmento regula la peroxidación lipídica e inhibe fuertemente la formación de subproductos.

Otro beneficio que se ha detectado con este carotenoide es su uso como elemento anti-diabético, ya que reduce la resistencia a la insulina en el cuerpo (principal causante de la diabetes tipo 2 y la diabetes gestacional), esto lo logra debido a que reduce el nivel de estrés oxidativo en las células β pancreáticas, causado por la hiperglucemia, y tiene un efecto positivo sobre la glucosa sérica y la insulina. Además, múltiples artículos han discutido las propiedades anti-cancerígenas del metabolito en cuestión, ya que inhibe el crecimiento de estas células. Gracias a su conformación, disminuye el daño oxidativo, lo que a su vez evita la mutagénesis y la carcinogénesis, incluso se ha demostrado que esta llega a propiciar la apoptosis de las células del cáncer colorrectal, también ha sido probado con células de cáncer de próstata [3] [5] [6].

Por sus diversos beneficios, mencionados previamente, y por su alto valor en el mercado, la astaxantina ha sido un foco de estudio en el CIATEJ, buscando a lo largo de los años optimizar y eficientar su producción [7] [8] [9] [10] [11]. Aunque se han logrado múltiples avances en el Centro, el objetivo del presente Proyecto de Aplicación Profesional (PAP), es recopilarlos y darles un valor agregado, generando un simbiótico en el cual se incorpore probióticos, prebióticos y un antioxidante con la mayor resistencia a los factores ambientales.

Se tomaron como guía diversos artículos publicados por el CIATEJ, las tesis de maestría y doctorado del Dr. Alejandro Torres Haro y la tesis de licenciatura de la Ing. Ingrid Carrillo Díaz (persona que está fungiendo como principal capacitadora del uso de los equipos y colaboradora en el proyecto). Para la base de este PAP, se inició revisando el artículo de Farías-Alvarez *et al.* [10], donde estudiaron con múltiples métodos el comportamiento de la cepa de *Xanthophyllomyces dendrorhous* 25-2 (cepa del CIATEJ obtenida por mutagénesis aleatoria con nitrosoguanidina a partir de la cepa silvestre ATCC 24202) en cultivos por lote para determinar el crecimiento máximo de la biomasa, la viabilidad de la célula y el tiempo del crecimiento máximo [10]. Siguiendo lo realizado en estos experimentos, Torres-Haro realizó su tesis de maestría aprobada en 2018, donde evaluó la producción, recuperación,

esterificación y encapsulación de astaxantina producida por la cepa 25-2 [8]. Más adelante en el año 2020, Harith *et al.* [11] optimizaron la producción y extracción del carotenoide determinando los factores óptimos para su crecimiento (velocidad de agitación, flujo de aire, temperatura y pH) y emplearon lisis enzimática y CO₂ supercrítico para la extracción [11].

Además del trabajo mencionado anteriormente, Torres-Haro generó en sus años de estudio algunos artículos en colaboración con diversos autores. En el año 2021, generó un medio de cultivo químicamente definido (MQD) optimizando los elementos principales en el medio con diseños experimentales para obtener los mejores rendimientos de producción de biomasa [9]. En el 2023, Torres-Haro *et al.* [12] publicaron un artículo donde emplearon 6-benzylaminopurina y H₂O₂ como estimulantes para incrementar la producción de astaxantina en la cepa mutada de *X. dendrorhous*. Más adelante, en ese mismo año, se usó la astaxantina producida con la optimización para la realización de pruebas de encapsulamiento del caroteno en matrices de inulina, fructanos de agave y una combinación de ambos prebióticos en proporción 1:1 [4]. Con estos artículos y más experimentaciones, a finales del 2023, Torres-Haro publicó su tesis de doctorado titulada “Stimulation of carotenoids biosynthesis pathway in *Xanthophyllomyces dendrorhous*: a comparative study to increase astaxanthin yields maintaining cell integrity” [13]. Por último, en 2024, la Ing. Química Ingrid Sofía Carrillo Díaz realizó su tesis de licenciatura sobre el cultivo de *X. dendrorhous* y su impacto en un biorreactor de lote alimentado [7].

1.2 Caracterización de la organización

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ) cuenta con más de 40 años de experiencia en la realización de investigaciones biotecnológicas dentro de diversos ámbitos, buscando brindar al mundo avances en los ámbitos de la biotecnología industrial, biotecnología vegetal, biotecnología médica y farmacéutica, tecnología ambiental y tecnología alimentaria. El actual proyecto se está realizando en la división de biotecnología industrial especializada en los sectores agropecuarios, agua y medio ambiente, alimentos y bebidas, salud humana y animal y bioprocesos y energía [1].

El equipo de trabajo del proyecto está bajo la dirección del doctor en Ciencias Biológicas Melchor Arellano Plaza, quien aceptó en el Centro a los dos autores del presente reporte para realizar su PAP. Además, en el equipo también está incorporada la aspirante a maestría en Ciencias Biológicas Ingrid Sofía Carrillo Díaz, como principal tutora de los estudiantes del ITESO, así como colaboradora en el proyecto. Adicionalmente se tiene el apoyo de todos los investigadores y estudiantes pertenecientes a este centro de investigación.

1.3 Identificación de la problemática

La astaxantina es un carotenoide que se encuentra de manera natural en diversos microorganismos y organismos marinos. Entre las principales fuentes de obtención de este pigmento se encuentran plantas, microalgas y algunas bacterias y levaduras, como *Xanthophyllomyces dendrorhous* [2].

El costo de venta de astaxantina va desde los \$2,500 (USD) hasta los \$7,000 (USD) por kilo dependiendo de la pureza que se alcanza en el proceso [14]. Gracias a su alto costo de producción, la manera más asequible de sintetizar este metabolito es de manera química a partir de petroquímicos. La síntesis química de astaxantina corresponde a un 95% de la astaxantina comercializada, ya que el costo de producción del pigmento por este medio es 2.5 veces más barato en comparación con la producción de astaxantina obtenida de fuentes naturales. La astaxantina sintetizada químicamente no es considerada apta para el consumo humano por el potencial de toxicidad en el producto final, por lo que se ha dado prioridad a la producción de astaxantina en microorganismos sin embargo, es necesario eficientar el costo de producción y la obtención del pigmento para consumo humano así como generar productos como son los simbióticos, que permitan unir prebióticos, probióticos y antioxidantes para garantizar que los consumidores obtengan los diferentes productos en una sola toma o [15].

La astaxantina es un pigmento de alto valor en la industria, ya que sus amplias funciones permiten que este polvo de coloración rojiza sea usado en múltiples giros. En la industria farmacéutica se ha usado este pigmento bioactivo como tratamiento para diversas enfermedades, tales como cáncer, enfermedades respiratorias y cardiovasculares y diabetes,

destacando en esta industria su potente actividad antioxidante [16]. En la industria cosmética, la astaxantina tiene la capacidad de mejorar la condición de la piel, específicamente su elasticidad, humectación y el control de grasa en las zonas sebosas del rostro [17]. En la industria alimentaria la astaxantina se usa como colorante y como suplemento alimenticio para mejorar la condición de la piel y para reducir el estrés oxidativo en el cuerpo [18].

La importancia de este proyecto radica en encontrar qué medio de cultivo es el que permite la optimización de la producción de astaxantina natural para poder eficientar los costos de producción del pigmento. Además, se busca desarrollar un producto simbiótico asequible que brinde múltiples beneficios de salud al consumidor al suplementarse con prebióticos, probióticos y antioxidantes.

1.4. Planeación de alternativa(s)

Como se mencionó en secciones anteriores, este proyecto busca realizar una recopilación integral de los métodos y avances realizados por el CIATEJ para la optimización de la producción de astaxantina. Al finalizar el trabajo se desea la producción de astaxantina con el medio químicamente definido en un proceso de lote alimentado empleando el biorreactor de 150 litros, estimulando la cepa empleada. Además de se realizará secado por aspersión y la extracción de la astaxantina empleando CO₂ supercrítico y etanol al 20 %, como cosolvente. Se realizarán dos prototipos, el primero en donde la astaxantina y los prebióticos se encapsulen de forma independiente a los probióticos y por otro lado realizar la encapsulación con todos los ingredientes en conjunto (antioxidantes, prebióticos y probióticos). Por último, se evaluará la concentración de fructanos de agave e inulina que ofrezca mayores beneficios para encapsulado del antioxidante y los probióticos.

A continuación, en la tabla 1 se presenta el calendario de actividades realizadas durante el semestre y en la tabla 2 se presentan las equivalencias de cada una de las siglas de los recursos empleados en el proyecto.

Tabla 1. Calendarización de actividades del proyecto.

Nombre de la actividad	Recursos	Tiempo (días/semana)	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 Santa				Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16
Inscripción a CIATEJ	AM TP	1																				
Cinética 1. Matrices de 250 mL por triplicado	AL TP MI	5																				
Cinética 2. Lote en biorreactor 3 litros MQD	AL TP B3L	6																				
Extracción Carotenoides 1	TP CE	1																				
Secado aspersión 1	TP SA	2																				
Cinética 3. Lote alimentado biorreactor 3 litros MQD (fallido)	AL TP B3L	3																				
Cinética 4. Repetición cinética 3	AL TP B3L	7																				
Extracción carotenoides 2	TP CE	2																				
Secado aspersión 2	TP SA	3																				
Cinética 5. Duplicado cinética 4	AL TP B3L	7																				
Extracción carotenoides 3	TP CE	2																				
Secado aspersión 3	TP SA	4																				
Crecimiento <i>L. acidophilus</i>	AL TP MI B3L	5																				
Pruebas encapsulamiento	AL TP SA	5																				
Presentar el avance 4 al director del PAP																						

Las fermentaciones iniciales se realizaron en tres matraces Erlenmeyer de 250 mL con un volumen de operación de 50 mL cada uno. Para el crecimiento de la levadura se usó un medio químicamente definido (MQD), empleando jarabe de maíz como fuente de carbono para el microorganismo a un pH de 6. El medio fue posteriormente esterilizado con una autoclave Yamato® SM510 a una temperatura de 121°C y 15 psi por 15 minutos. Una vez que los matraces enfriaron, se inoculó el medio con la cepa ATCC 24202 raspando colonias de una caja Petri con crecimiento de la levadura (figura 1).



Figura 1. Caja Petri con colonias de *X. dendrorhous* ATCC 24202 usada para inocular las fermentaciones iniciales usando el MQD

Se colocaron los matraces inoculados con *X. dendrorhous* en el orbital rotatorio New Brunswick® Innova 44 por una semana a 20°C y 250 rpm. Se tomaron muestras de los matraces cada 24 horas para analizar la cantidad de glucosa residual en el medio, así como la cantidad de biomasa y de carotenoides producidos por la levadura a lo largo de la fermentación. Más adelante se describen las mediciones realizadas.

Los matraces de la primera fermentación sirvieron como inóculo para un biorreactor con volumen de operación de 2 L, esta fermentación se realizó en lote y se muestra en la figura 2. Para esta fermentación se pesaron las sales y el jarabe de maíz, cuyas concentraciones en el MQD se muestran en la tabla 3. Se ajustó el pH del medio a 6 y posteriormente se colocaron las mangueras correspondientes al biorreactor. Después, se calibró el sensor de pH en la bioconsola y se colocó el sensor de oxígeno disuelto para ser esterilizado junto con el biorreactor completo. Por último, el biorreactor se esterilizó en una autoclave Yamato®

SM510 a una temperatura de 121°C y 15 psi por 15 minutos. Para inocular el biorreactor se esperó a que se enfriara y se introdujo el inóculo por el puerto de adición del biorreactor. La cinética se llevó a cabo a 20°C, con agitación de 500 rpm, pH de 6 y 1.5 VVM.

Tabla 3. Composición del MQD

Reactivo	Concentración (g/L)
*Glucosa	20
Sulfato de amonio	3
Fosfato de sodio monobásico	1.49
Fosfato de potasio dibásico	3
Ácido glutámico	1

*Se realizó una medición de azúcares reductores al jarabe de maíz para obtener esta concentración.



Figura 2. Biorreactor de 2 L con el MQD inoculado con *X. dendrorhous*.

Las muestras para analizar la fermentación a lo largo del tiempo se extrajeron cada 12 horas en un tubo Falcon. Se tomaron muestras de aproximadamente 5 mL del biorreactor y la cinética se extendió por una semana. En la figura 3 se muestra la cinética de este lote, resultado necesario para analizar el comportamiento del microorganismo y proponer la manera óptima en la cual se realizó la alimentación en las corridas de lote alimentado.

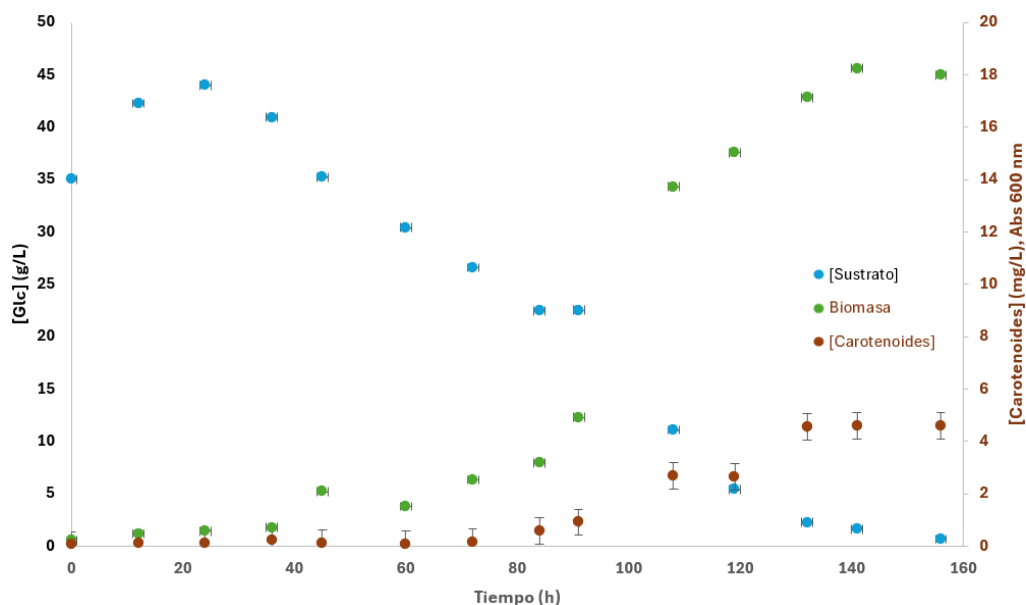


Figura 3. Cinética de crecimiento durante una semana de *X. dendrorhous* en lote.

En el caso de las fermentaciones por lote alimentado se realizó el mismo procedimiento que en los párrafos anteriores, la diferencia fue que para estas fermentaciones se preparó el MQD de alimentación, empleando las sales mostradas en la tabla 1, a una concentración 5X. De esta alimentación se prepararon 700 mL para cada biorreactor cuyo proceso fuera de lote alimentado, en total se llevaron a cabo 3 fermentaciones de lote alimentado. Adicionalmente se realizaron cálculos del flujo proporcionado por una bomba peristáltica Masterflex® para calcular cuánto tiempo debía permanecer la alimentación para llegar a la concentración de glucosa deseada en la fermentación dentro del biorreactor. En las figuras 4 y 5 se muestran las cinéticas del lote alimentado y el duplicado, respectivamente.

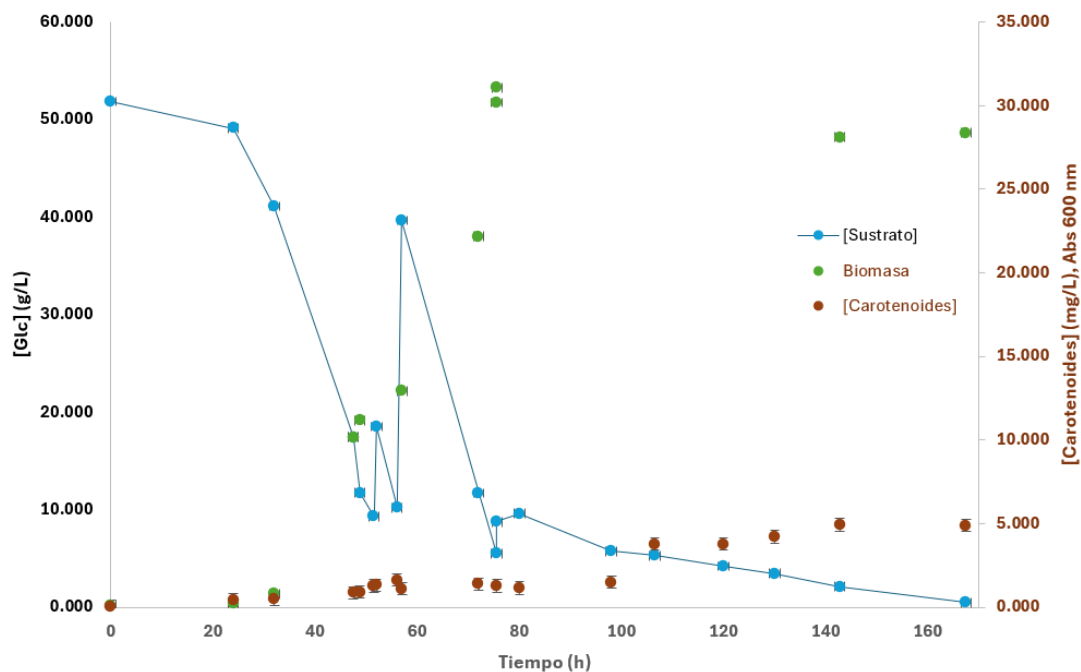


Figura 4. Cinética de crecimiento de *X. dendrorhous* en lote alimentado.

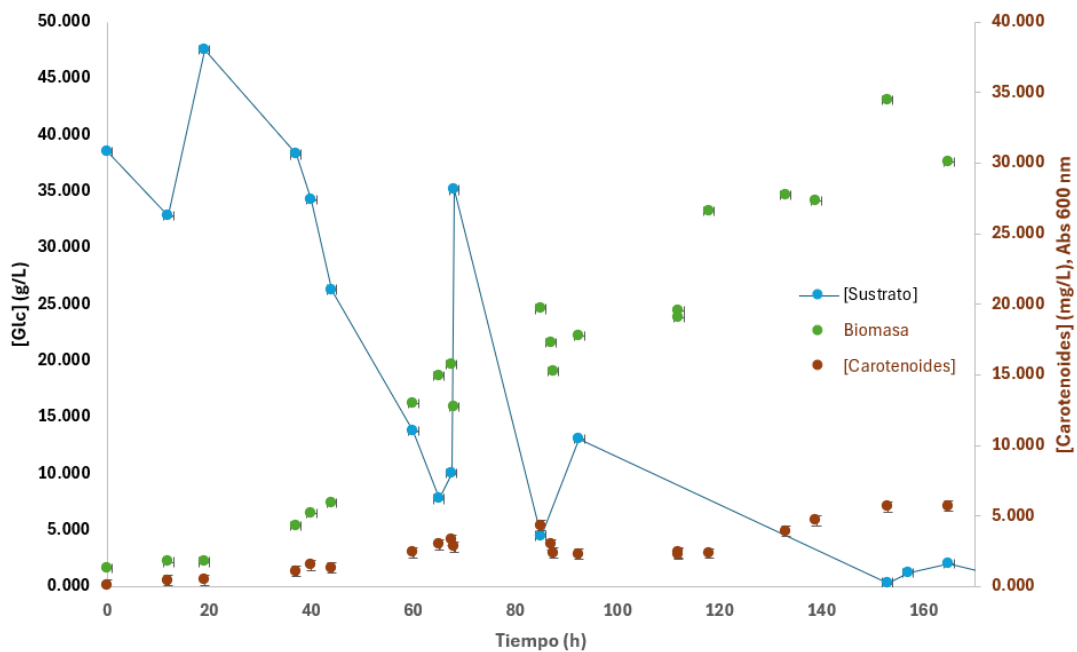


Figura 5. Duplicado de la cinética de crecimiento de *X. dendrorhous* en lote alimentado.

Cuantificación de azúcares reductores

La técnica para la cuantificación del consumo de sustrato a lo largo de las fermentaciones de *X. dendrorhous* se realizó con el protocolo de por ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), mostrado

en la figura 3 y descrito por Miller [19]. La técnica de DNS puede cuantificar azúcares reductores mediante un cambio colorimétrico ocasionado por una reacción redox entre el azúcar reductor y el DNS, en esta reacción el ácido 3,5-dinitrosalicílico se reduce a ácido 3-amino-5-nitrosalicílico (ANS) y la glucosa se oxida [20].

Para la realización de esta técnica se tomó una alícuota de 500 μL del MQD en el respectivo tiempo de fermentación y se colocó en la centrífuga MiniSpin[®] Eppendorf por 5 minutos a 13,000 rpm. Una vez que se obtuvo únicamente el sobrenadante se realizó una dilución, generalmente 1:20 o 1:40, en microtubos Axygen[®]. Del microtubo de la dilución correspondiente se tomaron 100 μL y se colocaron en un nuevo microtubo, al que se le agregaron 100 μL de DNS. Este microtubo fue calentado en un Thermo-Shaker MS-100 CGOLDENWALL[®] por 5 minutos a 100°C. Una vez transcurrido este tiempo se colocó en el congelador a -21 °C por 5 minutos para detener la reacción y se le añadieron 800 μL de agua destilada. Por último, se trasvasaron 200 μL del contenido del microtubo a una microplaca para posteriormente leerla a 540 nm en un espectrofotómetro xMark para microplaca de Bio-Rad[®].

La interpretación de datos obtenidos a partir del método de DNS se llevó a cabo mediante la elaboración de una curva de calibración partiendo de una solución madre de glucosa y usando 10 puntos (diluciones) en adición al blanco. El rango de detección de la curva de calibración realizada fue de 0 a 2 g/L de glucosa (figura 7).



Figura 6. Protocolo para cuantificación de azúcares fermentables por el método de DNS.

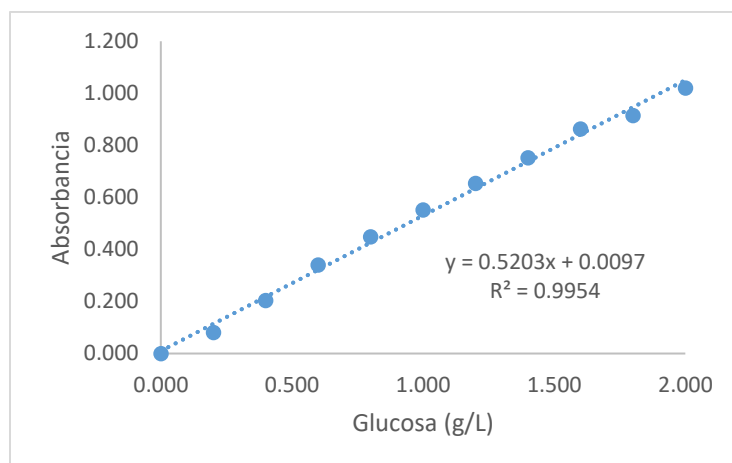


Figura 7. Curva de calibración realizada para la cuantificación de glucosa.

Cuantificación de biomasa de X. dendrorhous

La cuantificación de biomasa de *X. dendrorhous*, se realizó con el protocolo mostrado en la figura 8. En esta técnica se tomaron 200 μ L de la muestra a analizar, se colocó en una microplaca y se leyó en el espectrofotómetro xMark para microplaca de Bio-Rad® a 600 nm con una agitación orbital de 30 segundos. En la primera fermentación también se realizó un conteo con cámara de Neubauer para cuantificar la biomasa a lo largo del tiempo.

Cuantificación de biomasa

- Densidad óptica

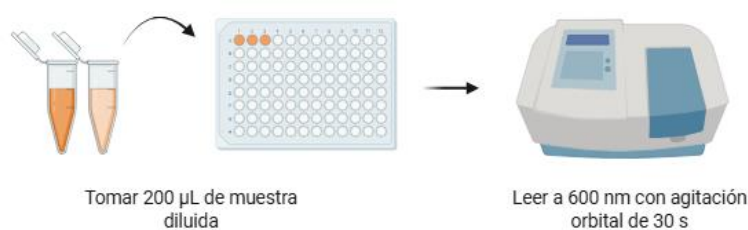


Figura 8. Protocolo para la cuantificación de biomasa de *X. dendrorhous*.

Cuantificación de carotenoides de X. dendrorhous

Sedmak et al. [21] proporcionaron una base para la técnica analítica usada en el presente trabajo para la cuantificación de carotenoides (con leves variaciones). Al inicio del protocolo de la técnica (figura 9), se tomó una alícuota de 500 μ L de muestra de cada uno de los tiempos de la fermentación de *X. dendrorhous* para evaluar la producción de carotenoides a lo largo del tiempo. Como se mencionó anteriormente, el muestreo se llevó a cabo cada 12

horas, por lo que cada este tiempo se cuantificó la cantidad producida de carotenoides por la levadura. La alícuota de 500 μL se colocó en microtubos por duplicado, después se realizaron dos lavados de cada microtubo con 500 μL de agua destilada, centrifugando entre cada uno a 13,000 rpm por 5 minutos. Una vez que se terminó el segundo lavado se quitó el exceso de humedad del microtubo con una toalla de papel y se agregaron 500 μL de DMSO (dimetilsulfóxido) a 55°C. Después de la adición de este compuesto se le aplicó un pulso con un sonicador de vástago Ultrasonic Processor[®] GEX130 para romper la pastilla celular con 40% de amplitud y 5 segundos. Posteriormente se homogenizó el contenido del microtubo por un minuto con un vórtex e inmediatamente se le adicionaron 100 μL de un buffer de fosfato de sodio 10 mM con pH 7, así como 400 μL de hexano y 400 μL de acetato de etilo. Después, se homogenizó el microtubo por 8 segundos en un vórtex o hasta obtener una mezcla blanquecina.

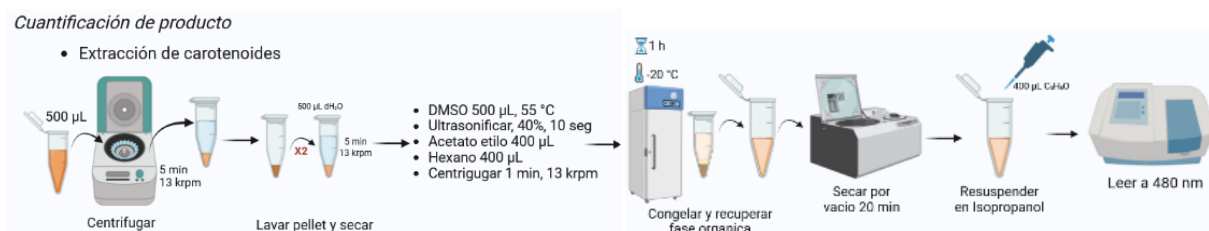


Figura 9. Protocolo para cuantificación de carotenoides de *X. dendrorhous*.

Después de homogenizar la solución, se centrifugaron los microtubos a 13,000 rpm por 1 minuto para separar la fase orgánica y la acuosa y se dejaron en congelación por una hora para estabilizar las fases. Transcurrido este tiempo se tomaron 550 μL de la fase orgánica (hexano) y se trasvasaron a nuevos microtubos. Estos se colocaron en un concentrador a vacío Thermo Scientific[®] DNA 120 por 20 minutos o hasta lograr la evaporación del solvente. Una vez evaporado, se resuspendieron los carotenoides obtenidos con 400 μL de isopropanol. Finalmente, se midió la absorbancia de los carotenoides a 480 nm en el espectrofotómetro xMark para microplaca de Bio-Rad[®]. Un ejemplo de cómo se veía la producción de carotenoides a lo largo del tiempo se muestra en la figura 10.

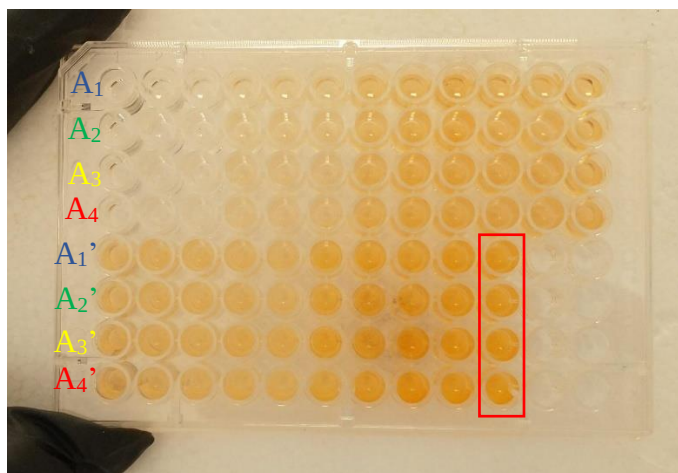


Figura 10. Producción de carotenoides provenientes de una fermentación de lote alimentado. Las filas A₁, A₂, A₃ y A₄ corresponden al cuatuplicado de una misma muestra partiendo del tiempo 0. A₁', A₂', A₃' y A₄' corresponden a la continuación de la respectiva fila. Las muestras resaltadas en un recuadro indican el último punto de la fermentación (180 h).

Secado por aspersión de biomasa de X. dendrorhous

La biomasa obtenida de las fermentaciones de *X. dendrorhous* fue centrifugada empleando el equipo 5810 de la marca Eppendorf, y posteriormente resuspendida en una concentración aproximada del 10% de biomasa en agua destilada, esto para que pudiera ser secada en el secador por aspersión Yamato ADL311 (figura 11), esperando una eficiencia teórica de secado del 95 %. El secado por aspersión funciona atomizando el líquido a secar y calentándolo con una corriente de aire caliente para evaporar el agua en la muestra. Las partículas de agua son tan pequeñas que se evaporan al momento en el que son atomizadas gracias a la corriente de aire [22]. El equipo se usó a 60 °C de temperatura de entrada, 160 °C de temperatura de salida, un flujo de 0.25 L/h de muestra y una presión de atomización de entre 0.2 y 0.3 MPa [4]. La biomasa seca se muestra en la figura 12.



Figura 11. Secador utilizado para el secado por aspersión de la biomasa resultante de las fermentaciones.



Figura 12. Biomasa de *X. dendrorhous* seca

*Extracción de astaxantina con *X. dendrorhous* CO₂ supercrítico*

La extracción supercrítica con dióxido de carbono es uno de los métodos de extracción más ecológicos, debido a que el dióxido de carbono usado en este proceso se somete a una alta presión, estas condiciones permiten que el gas cambie de fase y pase de líquido a gas como un fluido supercrítico [23]. Un fluido supercrítico es aquel que no es ni un líquido ni un gas, aunque posee características de ambos. El fluido supercrítico se expande como un gas, pero tiene la densidad de un líquido [24]. Al estar en estas condiciones el dióxido de carbono funge como un solvente no polar [23]. Al añadirle un cosolvente polar como el etanol se pueden separar los compuestos polares con el etanol y los no polares con el dióxido de carbono [25]. Esto se realizó con el extractor de fluido supercrítico Thar Technologies-Waters®-SFE-500, donde se colocaron las células de levadura previamente secadas y un flujo de 15 g/min de

dióxido de carbono, este compuesto entró a una temperatura de 313 K, una presión de 32.5 MPa y se empleó etanol al 20 % como cosolvente [4].

Propagación de cepas probióticas

Se cultivaron dos cepas distintas de probióticos, *Lactobacillus rhamnosus* y *Lactobacillus plantarum*, estos se crecieron en medio MRS, a un pH de 5.5 y a 37 °C [26]. Inicialmente se activó cada una de las cepas en 4 matraces de 250 mL, a 37 °C durante 16 h, con lo que se obtuvo un volumen de 200 mL empleado para inocular un biorreactor de 3 L, trabajando en un volumen final de 2.2 L. La biomasa obtenida se recolectó mediante centrifugación (10,000 rpm, 4 °C, 5 min) y se le realizaron dos lavados con solución salina estéril (8.5 g/L), para posteriormente realizarle los procedimientos de encapsulamiento [27].

Pruebas de encapsulamiento en matrices prebióticas

Para el procedimiento de encapsulamiento, se plantea seguir la metodología propuesta por Torres-Haro [4] y Barajas-Álvarez [27], donde primero se realiza la solución 1:1:2 con el contenido a encapsular (astaxantina y probióticos), el agente emulsificante (Tween 80) y el agente de encapsulación (Inulina y fructanos de agave), respectivamente. En el siguiente semestre (continuación del proyecto) se evaluarán distintas condiciones de encapsulamiento, una de las variaciones será encapsular astaxantina y probióticos por separado y los dos mezclados en una misma capsula, además se variarán las concentraciones de los agentes encapsulantes, 50%-50%, 75%-25% y 100%-0%, tomando como referencia experimentaciones previas, realizadas por Torres y colaboradores [4], donde las matrices con mayor concentración de inulina presentaron mejores características. La mejor metodología de encapsulamiento se determinara tomando en cuenta 3 distintos aspectos, conservación de la actividad antioxidante de la astaxantina a lo largo del tiempo, viabilidad celular de los probióticos y eficiencia de encapsulamiento de cada una de las matrices. Sin embargo, como se mencionó previamente, esto se realizará hasta el siguiente semestre del proyecto.

1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

Durante el desarrollo del proyecto se avanzó significativamente en la producción y recuperación de astaxantina por *X. dendrorhous*. Se logró estandarizar protocolos de fermentación en un MQD e implementar técnicas como el secado por aspersión y la

extracción con CO₂ supercrítico, importante por su bajo impacto ambiental. También se iniciaron pruebas de encapsulamiento en matrices de inulina y fructanos de agave para maximizar la viabilidad de las bacterias ácido lácticas y la estabilidad de la astaxantina. La propuesta del producto simbiótico tiene el potencial de mejorar la salud digestiva y de reducir el estrés oxidativo en grupos vulnerables, como lo son adultos mayores o personas cuyas dietas carecen de antioxidantes y fibra.

El conjunto de metodologías empleadas para la producción de astaxantina a través del cultivo de *X. dendrorhous* permitió obtener mayores concentraciones del pigmento deseado en comparación con lo realizado en años anteriores por el Dr. Alejandro Torres-Haro en el CIATEJ [9]. La comparación de los rendimientos obtenidos en el presente proyecto contra los resultados anteriores del mismo Centro de Investigación se muestra en la tabla 4. Así mismo, al comparar nuestros resultados de la fermentación en biorreactor de 3 L por lote obtenida en este proyecto contra lo obtenido por Harith y colaboradores [11], los cuales emplearon medio YM en vez del MQD, se obtuvo un rendimiento mayor, siendo que estos autores obtuvieron 3.6 mg/L. Además de que al emplear la fermentación por lote alimentado se obtuvo una concentración del producto de interés 1.6 veces mayor que la previamente mencionada.

Tabla 4. Comparación de resultados de las fermentaciones de *X. dendrorhous*.

Fermentación	Y x/s (DO/g)	Y P/s (mg/g)	[Carotenoides] mg/L
Torres-Haro [9]	0.284	0.094	1.45
Lote	0.508	0.117	3.76
Lote alimentado	0.662	0.098	5.78

Al optimizar las condiciones de cultivo de los microorganismos y al elegir alternativas económicas para la purificación del metabolito se busca llegar a un producto asequible para que los beneficios de este producto puedan estar al alcance de personas de diversos grupos socioeconómicos.

Una próxima etapa por considerar para el proyecto en el siguiente semestre será el implementar todas las partes del simbiótico en el prototipo. Además, se puede definir una formulación final para realizar pruebas de almacenamiento y viabilidad de los componentes del producto, así como iniciar con los procesos burocráticos y de documentación para obtener la patente del producto.

1.7. Bibliografía y otros recursos

- [1] CIATEJ, «CIATEJ,» [En línea]. Available: <https://ciatej.mx/investigacion/biotecnologia-industrial>. [Último acceso: Febrero 2025].
- [2] R. Ambati, S. Phang, S. Ravi y R. Aswathanarayana, «Astaxanthin: Sources, Extraction, Stability, Biological Activities and Its Commercial Applications—A Review,» *Marine drugs*, vol. 12, n° 1, pp. 128-152, 2014.
- [3] M. Mularczyk y I. & M. K. Michalak, «Astaxanthin and other Nutrients from *Haematococcus pluvialis* - Multifunctional Applications,» *Marine Drugs*, vol. 18(9), n° 459, 2020.
- [4] A. Torres-Haro, J. C. Mateos-Díaz, H. Espinosa-Andrews, G. A. Castillo-Herrera y M. Arellano-Plaza, «Improving Xanthophyllomyces dendrorhous astaxanthin stability by encapsulation using a fructan matrix,» 2023.
- [5] L. Zhang y H. Wang, «Multiple Mechanisms of Anti-Cancer Effects Exerted by Astaxanthin,» *Marine Drugs*, vol. 13, n° 7, pp. 4310-4330, 2015.
- [6] S. Q. Sun, Y. X. Zhao, S. Y. Li, J. W. Qiang y Y. Z. Ji, «Anti-Tumor Effects of Astaxanthin by Inhibition of the Expression of STAT3 in Prostate Cancer,» *Marine Drugs*, vol. 18, n° 8, p. 415, 2020.
- [7] C.-D. I., Estimulación de la biosíntesis de carotenoides en *Xanthophyllomyces dendrorhous* empleando sistema de cultivo por lote y lote alimentado, 2024.
- [8] A. Torres-Haro, Producción, recuperación, esterificación y encapsulación de astaxantina producida por *Xanthophyllomyces dendrorhous*, CIATEJ, 2018.
- [9] A. Torres-Haro, A. Gschaedler, J. C. Mateos-Díaz, E. J. Herrera-López y R. M. C.-R. & M. Arellano-Plaza, «Improvement of a Specific Culture Medium Based on Industrial Glucose for Carotenoid Production by *Xanthophyllomyces dendrorhous*,» *MDPI*, 2021.
- [10] L. J. Farías-Álvarez, A. Gschaedler-Mathis, A. F. Sánchez-Ortiz, R. Femat, J. Cervantes-Martínez, M. Arellano-Plaza y E. J. Herrera-López, «Xanthophyllomyces dendrorhous physiological stages determination using combined measurements from dielectric and Raman spectroscopies, a cell counter system and fluorescence flow cytometry,» *Biochemical Engineering Journal*, vol. 136, pp. 1-8, 2018.

- [11] Z. T. Harith, M. d. A. Lima, D. Charalampopoulos y A. Chatzifragkou, «Optimised production and extraction of astaxanthin from the yeast *Xanthophyllomyces dendrorhous*, 8(3), 430.,» *Microorganisms*, vol. 430, n° 8(3), 2020.
- [12] A. Torres-Haro, J. Verdín, M. R. Kirchmayr y M. Arellano-Plaza, «Combined 6-benzylaminopurine and H₂O₂ stimulate the astaxanthin biosynthesis in *Xanthophyllomyces dendrorhous*,» 2024.
- [13] A. Torres-Haro, Stimulation of carotenoids biosynthesis pathway in *Xanthophyllomyces dendrorhous*: a comparative study to increase astaxanthin yields maintaining cell integrity, 2023.
- [14] Z. Harith, M. Lima, D. Charalampopoulos y A. Chatzifragkou, «Optimised Production and Extraction of Astaxanthin,» *Microorganisms*, vol. 8, n° 430, 2020.
- [15] G. Panis y J. Rosales, «Commercial astaxanthin production derived by green alga,» *Algal Research*, vol. 18, pp. 175-190, 2016.
- [16] A. Patil, P. Kasabe y P. Dandge, «Pharmaceutical and nutraceutical potential of natural bioactive pigment: astaxanthin,» *Natural Products and Bioprospecting*, vol. 12, n° 1, 2023.
- [17] K. Tominaga, N. Hongo, M. Karato y E. Yamashita, «Cosmetic benefits of astaxanthin on humans subjects,» vol. 59, n° 1, pp. 43-47, 2012.
- [18] G. Bjørklund, A. Gasmi, L. Lenchyk, M. Shanaida, S. Zafar, P. Mujawdiya, R. Lysiuk, H. Antonyak, S. Noor, M. Akram, K. Smetanina, S. Piscopo, T. Upyr y M. Peana, «The Role of Astaxanthin as a Nutraceutical in Health and Age-Related Conditions,» *Molecules*, vol. 27, n° 21, 2022.
- [19] G. Miller, «Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar,» *Analytical Chemistry*, vol. 31, pp. 426-428, 1959.
- [20] A. Najmus y P. Whitney, «Differential behaviour of the dinitrosalicylic acid (DNS) reagent towards mono- and di-saccharide sugars,» *Biomass and Bioenergy*, vol. 35, n° 11, pp. 4748-4750, 2011.
- [21] J. Sedmak, D. Weerasinghe y S. Jolly, «Extraction and quantitation of astaxanthin from *Phaffia rhodozyma*,» *Biotechnology Techniques*, vol. 4, pp. 107-112, 1990.
- [22] A. Espinosa y E. García, «Tecnologías de nano/microencapsulación de compuestos bioactivos,» *Nanobio*, 2017.
- [23] N. Lammari, M. Tarhini, K. Miladi, O. Louaer, A. Meniai, S. Sfar, H. Fessi y A. Elaissari, «Encapsulation methods of active molecules for drug delivery,» *Drug Delivery Devices and Therapeutic Systems*, pp. 289-306, 2021.
- [24] L. Cabeza, A. de Gracia, A. Fernández y M. Farid, «Supercritical CO₂ as heat transfer fluid: A review,» *Applied Thermal Engineering*, vol. 125, pp. 799-810, 2017.
- [25] H. Sati, M. Mitra, S. Mishra y P. Baredar, «Microalgal lipid extraction strategies for biodiesel production: A review,» *Algal Research*, vol. 38, 2019.
- [26] F. B. L. Y. T. L. Q. Z. L. Y. C. D. Y. & L. D. Y. Meng, «. Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus acidophilus* fermentation on antioxidant activity and metabolomic profiles of loquat juice,» *LWT - Food Science and Technology*, p. 171 (2022) 114104, 2022.

[27] M. G.-A. y. H. E.-A. P. Barajas-Alvarez, «Microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* HN001 by spray drying and its evaluation under gastrointestinal and storage conditions,» *Elsevier*, 2021.

1.8. Anexos generales

2. Productos

Durante el desarrollo de este PAP se logró obtener múltiples productos dentro del laboratorio, tales como biomasa seca de levadura, probióticos y un diseño experimental del trabajo a futuro. También se realizaron otras actividades académicas durante el semestre las cuales se describen a continuación:

Presentación de artículos científicos relacionados con el proyecto

Nombre del PAP	Programa de apoyo a la Investigación (P2025_PAP4G03)
Nombre del proyecto	Producción y recuperación de astaxantina por <i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i>
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	A lo largo del semestre los alumnos realizaron dos presentaciones de artículos relacionados con el proyecto, los cuales se tomaron como base metodológica para su desarrollo. Esto se llevó a cabo con el objetivo de conocer a profundidad lo ya desarrollado en el CIATEJ, practicar las presentaciones de artículos, así como dar a conocer a los demás integrantes del equipo de trabajo al mando del Dr. Arellano los avances del proyecto y las perspectivas a futuro. Ambas presentaciones fueron del tema de microencapsulación, la primera de la microencapsulación del antioxidante [4] y la segunda sobre la microencapsulación de los probióticos [27]. Presentación microencapsulación astaxantina.pdf Presentación microencapsulación de <i>L. rhamnosus</i>.pdf
Autores:	Deborah Gasca y Fernando Padilla

Participación en la Feria de Ciencias del ITESO (FECIIT)

Nombre del PAP	Programa de apoyo a la Investigación (P2025_PAP4G03)
Nombre del proyecto	Producción y recuperación de astaxantina por <i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i>
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	Los estudiantes participaron en FECIIT, para lo cual se elaboró un cartel y una presentación (esta como apoyo visual para cuestiones específicas del proyecto). Durante la feria se recibió mucha retroalimentación por parte de los jueces con

	respecto a las perspectivas a futuro que puede tomar el proyecto. Cartel FECIIT Desarrollo de un suplemento con astaxantina de <i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i> y probióticos encapsulados en una matriz de inulina y fructanos de agave.pdf Presentación astaxantina.pdf
Autores:	Deborah Gasca y Fernando Padilla

Bitácora virtual

Nombre del PAP	Programa de apoyo a la Investigación (P2025_PAP4G03)
Nombre del proyecto	Producción y recuperación de astaxantina por <i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i>
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	Los estudiantes realizaron una bitácora virtual en Excel en la cual se agregaron curvas estándar, todas las mediciones realizadas durante el semestre para las cinéticas de producción de astaxantina y los cálculos correspondientes (incluidas las corridas fallidas). Esto con el objetivo de ir llevando un registro virtual al cual todo el equipo pudiera acceder y registrar los avances. Bitácora virtual.xlsx
Autores:	Deborah Gasca y Fernando Padilla

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

Deborah Gasca

Durante mi participación en el proyecto, mi espacio de desarrollo fue principalmente el laboratorio, lo cual me colocó en una realidad distinta a la interacción social directa. A pesar de esto, comencé a ser más consciente del contexto más amplio en el que se desarrolla la investigación científica, y cómo esta puede responder a problemáticas reales de la sociedad. Estar involucrada en procesos de investigación me llevó a reflexionar sobre el impacto ético de lo que hacemos en el laboratorio, preguntándome quiénes se benefician del conocimiento

que generamos y cómo nos aseguramos de que nuestras investigaciones no se queden solo en artículos científicos, sino que realmente puedan traducirse en mejoras.

Si bien no estuve en contacto con personas fuera del equipo de investigación, sí me sensibilicé ante las limitaciones que enfrentamos como científicos en países como el nuestro: desde la falta de recursos, hasta la desconexión que a veces hay entre la ciencia y las necesidades sociales. Esto despertó en mí una sensación de responsabilidad, y también de compromiso por no perder de vista el propósito social de la biotecnología. Mi manera de posicionarme frente a estas realidades se vio influenciada tanto por mis valores personales, como por mi formación científica, que me impulsa a cuestionar, buscar evidencia y proponer soluciones. Esta experiencia me recordó que, aunque estemos trabajando con microorganismos, nuestro trabajo tiene repercusiones en personas reales y en sistemas vivos que debemos tratar con responsabilidad.

Fernando Padilla

Durante el desarrollo de este proyecto busqué replantearme el porqué de mi carrera. Estando en mi último semestre, ya no podía seguir sin saber el camino que quiero seguir a partir de ahora en mi vida profesional, por lo que busqué un lugar donde pudiera probar lo que es la investigación científica.

Desde que empecé con mis prácticas en el CIATEJ, busqué conocer a mis compañeros de trabajo, los doctores del centro, los estudiantes de maestría y doctorado para nutrirme lo más posible durante estos meses de trabajo; todas las personas que fui conociendo durante el trabajo me enseñaron al menos una cosa. El simple hecho de estar trabajando en el laboratorio y escuchar los distintos proyectos que realizan, las técnicas analíticas que usan, el curso de sus carreras, el cómo los investigadores llegaron a donde están, todas esas cosas nutrieron mi día a día y me motivaron a desmañanarme todos los días para acudir y continuar con el proyecto.

Descubrí una perspectiva diferente de la que el ITESO nos había dado de la biotecnología, nos solo es el área industrial y del dinero. Ser un investigador te puede dar estabilidad

económica y puedes darle algo bueno y nuevo al mundo que ayude a corregir aunque sea una pequeñísima parte del mal que la humanidad ha generado en el último siglo.

3.2 Aprendizajes logrados

Deborah Gasca

Durante este PAP adquirí conocimientos muy valiosos, específicamente en el laboratorio. Aprendí a usar equipos que no conocía, técnicas que no había realizado y a pedir apoyo en cosas que consideré complicadas. Un momento en el que tuvimos un reto fue cuando se nos contaminó un biorreactor y tuvimos que rehacer todo el procedimiento en poco tiempo para poder seguir adelante con el proyecto, esto no nos detuvo porque al momento de repetir esta parte del proyecto, cuidamos mucho más nuestras técnicas y el armado del biorreactor para evitar más percances como el que tuvimos. Aprendí que este proyecto puede generar un bien muy grande al mejorar la salud de las personas una vez que esté listo el producto, ya que sus componentes tienen potencial para promover el bienestar general. Personalmente aprendí que soy capaz de lograr cosas muy interesantes, y también aprendí cómo puedo apoyarme en mis compañeros para que juntos logremos un fin común.

Fernando Padilla

Como mencioné en el apartado anterior, desde que empecé con este PAP busqué acercarme a las personas que ya estaban en el CIATEJ para que me enseñaran a usar todos los equipos, las reglas del lugar y cómo comportarme de manera correcta con cada compañero de trabajo. Esto me abrió muchas puertas muy rápido, aprendí a usar distintos equipos que no hubiera usado en el proyecto que desarrollamos. Estos equipos fueron biorreactores (3, 7 y en una semana el de 150 litros), espectros, centrifugas, técnicas analíticas, cromatógrafos (de gases y HPLC), Maldi-tof, termobalanza, secador por aspersion y centrifuga de disco.

También expresé al máximo lo que me podía ofrecer el CIATEJ, pregunté a distintas personas, hasta que me logré colar como oyente a la clase de maestría de Biología Molecular, con la cual aprendí demasiado, me enseñó cosas aplicadas que solo conocía teóricamente. Muchas de las técnicas o equipos que utilicé tan solo los había visto en clases o no me acordaba de cómo utilizarlos, y este PAP me ayudó a hacer un resumen y refrescar todo lo

aprendido en los 5 años de mi carrera, fue un golpe comprimido de qué es la biotecnología, cómo se aplica y qué se puede lograr con ella.

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

Deborah Gasca

	Competencia	Evidencia	Relevancia/Fortaleza*	Competencias nuevas	Competencias potencializadas
Conoci- mientos	Uso de biorreactores en fermentaciones.	Aprendí a operar biorreactores y a monitorear las condiciones de crecimiento.	Puedo ayudar a operar un biorreactor, así como moderar anomalías en las condiciones para lograr crecimientos óptimos de biomasa.	Aprendí a calibrar y armar de cero un biorreactor.	Mejoré mis habilidades manejo de equipos complejos.
	Principios de procesos de bioseparaciones.	Realicé algunos procesos de lisis celular, recuperación de metabolitos y de purificación de moléculas.	Puedo realizar procesos de bioseparaciones y comprendo la teoría para reforzar la práctica.	Aprendí a trabajar con nuevos equipos como el secador por aspersión	Incrementé mi conocimiento en la teoría y en la práctica de bioprocesos.
	Conocimientos de las buenas prácticas de laboratorio.	He trabajado en muchas ocasiones con esterilidad en el laboratorio.	Puedo apoyar a realizar con éxito proyectos que impliquen esterilidad y buenas prácticas de laboratorio.	Aprendí a realizar análisis de muestras con diferentes técnicas analíticas.	Reforcé mis conocimientos de realizar diferentes análisis y cuestioné mis prácticas anteriores.
Habili- dades	Correcta redacción y cohesión en textos académicos.	Durante mi carrera desarrollé una gran cantidad de proyectos escritos.	Puedo redactar y escribir de manera coherente y comprensible para que el conocimiento sea accesible para personas especializadas en mi área o no.	Elaboré correctamente presentaciones para exponer en seminarios.	Mejoré mis habilidades de investigación, resumen y redacción.
	Análisis e interpretación de datos duros relacionados a fermentaciones.	He realizado la interpretación de pruebas analíticas para cuantificación	Puedo interpretar y analizar datos duros para comprender la manera en la que se desarrolla un sistema.	Aprendí a diseñar estrategias de optimización del medio de cultivo.	Mejoró mi conocimiento y creatividad respecto a temas como la mejora

		de análisis de interés.			continúa de bioprocesos.
Actitudes	Facilidad para trabajar con recursos limitados.	He trabajado con proyectos en los que necesito creatividad para resolver y poder desempeñar los proyectos correctamente.	Puedo aportar ideas creativas para trabajar las cosas de nuevas maneras.	Aprendí a improvisar soluciones y priorizar actividades.	Mejoró mi creatividad y mi capacidad para pensar fuera de la caja.
	Facilidad para trabajar en equipo	La gran mayoría de los proyectos que he realizado son en equipo.	Puedo ayudar a trabajar y relacionarme con mis compañeros de manera óptima para tener un ambiente respetuoso de trabajo.	Aprendí a actuar de manera más autónoma y a tomar decisiones.	Mejoré mis habilidades de trabajo independiente en el laboratorio.

A lo largo del PAP, pasé de seguir protocolos al pie de la letra a convertirme en una profesional capaz de diseñar y poner en marcha biorreactores por mi cuenta, ajustando parámetros clave para maximizar la producción de astaxantina. Me familiaricé con equipos de *downstream* como el secador por aspersión y amplié mis técnicas de análisis, lo que me permitió cuestionar y perfeccionar mis prácticas de laboratorio. Además, perfeccioné mis presentaciones académicas, sintetizando información compleja de forma clara, y aprendí a ajustar la formulación de medios de cultivo para optimizar los resultados. Estas experiencias ampliaron mi repertorio técnico y aumentaron mi confianza para enfrentar nuevos desafíos en mi carrera.

Fernando Padilla

Categoriza las competencias en conocimientos, habilidades y actitudes. Escribe la o las evidencias de cada competencia y su relevancia		Competencia	Evidencia	Relevancia/Fortaleza	Competencias nuevas	Competencias potencializadas
	Conocimientos	Técnicas dentro del laboratorio	Mis 9 semestres en la carrera	Cuento con un buen abanico de herramientas para resolver problemas biotecnológicos	Incremento la cantidad de técnicas dentro del laboratorio.	Todas las técnicas que conocía las recordé y perfeccioné.
		Cultivo de bacterias, levaduras y hongos	He llevado materias que me lo enseñaron	Mi proyecto dentro del PAP consiste en cultivar levaduras para la obtención de un metabolito y bacterias probióticas	Ya se manejan nuevos tipos de especies de levaduras y bacterias.	Tengo un acervo de múltiples medios de cultivo y condiciones de crecimiento.
	Habilidades	Buen manejo del equipo dentro del laboratorio	Lo he aprendido a lo largo de toda mi carrera	Al utilizar bien todos los equipos dentro del laboratorio voy a evitar accidente o daño en los equipos	Aumente el número de equipos que se emplear.	Me hice mucho más consciente del cuidado y mantenimiento que requieren todos los equipos.
		Buen manejo de la esterilidad en el laboratorio	He aprendido técnicas y cuidados para mantenerla	Si no tengo un buen manejo de esterilidad mis cultivos van a dar los metabolitos necesarios	Mas confianza al manejar esterilidad en el laboratorio.	Ningún cultivo se me contaminó durante el desarrollo del PAP.
	Actitudes	Amigable	Logro socializar y romper fácilmente el hielo con personas desconocidas	Me puede ayudar a generar buenas amistades y contactos para un futuro en mi vida laboral	Logré entablar múltiples relaciones profesionales y de amistad con las personas	Ya me siento más seguro al hablar con gente mayor que yo y con más experiencia.
		Amabilidad	Me cuesta lo mismo tratar bien a tratar mal a una persona	Al igual que con el anterior ayuda bastante en la vida laboral y social	Ya sé cuándo sobra la amabilidad	Un buenos días siempre le cae bien a todos
		Positivo	Me mantengo animado a	Si algo sale mal durante el proyecto	Lograr que el positivismo	Ayudé a que otras personas

			pesar de las adversidades	me animo a seguir intentándolo	salve el proyecto	creyeran en sus proyectos
		Tenaz/terco /persistente	Soy muy necio para lograr las cosas que me propongo	Voy a comprometerme a terminar el proyecto a pesar de que se dificulten algunas cosas	Todavía más seguridad en lo que digo cuando me pongo de terco	Distinguir cuando alguien sabe más que yo en los temas.

Puedo decir que me gradué de mi carrera como un ingeniero competente, capaz de resolver casi cualquier problema que se me presente en mi vida profesional y cuando no sepa resolverlo se pedir ayuda o investigarlo hasta lograr solucionarlo. Sé desenvolverse en un ambiente de trabajo donde día a día le ves la cara a las mismas personas, estresadas, enojadas o felices y aun así amenizar las situaciones para lograr llevar un día de trabajo amigable, donde todos nos apoyemos y busquemos que el trabajo de todos salga adelante con la cooperación y el compañerismo.