

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

Sustentabilidad y Tecnología

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

**PROGRAMA PARA MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD, PRODUCTIVIDAD Y
LOGÍSTICA EN LA INDUSTRIA REGIONAL II**



**ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara**

PAP 4F04

**Apósitos de celulosa bacteriana adicionados con aceite esencial de cebolla por
electrohilado para quemaduras de I y II grado**

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Ing. en Biotecnología. Alejandra García Moreno

Ing. en Biotecnología. Ana González Luna Díaz del Castillo

Ing. en Biotecnología. Dimitri Iván Panas López Dellamary

Profesora PAP: Martha Elizabeth Dueñas Jaco

Tlaquepaque, Jalisco, diciembre de 2024

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	4
1.2 Caracterización de la organización	6
1.3 Identificación de la(s) problemática(s).....	8
1.4. Planeación de alternativa(s).....	10
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	12
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	16
1.7. Bibliografía y otros recursos.....	29
1.8. Anexos generales.....	31
2. Productos	33
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	34
3.1 Sensibilización ante las realidades	35
3.2 Aprendizajes logrados	38
3.3 Inventario de competencias Inicial (ingreso del PAP) e Inventario de competencias Final (salida al PAP).	42

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

En el presente proyecto para el mejoramiento de la calidad, productividad y logística en la industria regional, el propósito fue potencializar la funcionalidad de los apósitos de celulosa bacteriana (CB) mediante la adición de aceite esencial (AE) de cebolla para el tratamiento de quemaduras de primer y segundo grado, brindándole propiedades antimicrobianas. Así, fueron crecidas, cultivadas y purificadas membranas de CB usando pulpa de ciruela amarilla como sustrato y se le adicionó AE a diferentes concentraciones mediante 30 minutos de electrohilado con una solución de policaprolactona (PCL) al 10% (w/w) a 2000 $\mu\text{L/h}$ y 8 kV. Posteriormente, fueron sembradas cajas Petri por vaciado con *Penicillium sp.* y se le colocó a cada una en el centro un cuadrado de 2 cm x 2 cm de los apósitos de CB electrohilados con las diferentes concentraciones de AE, todo por quintuplicado. Se incubó a 30°C por 5 días y se realizó la medición de los halos de inhibición. Los apósitos con 2.7% (v/v) de AE fueron los que demostraron maximizar el halo de inhibición, con un promedio de 14.4 mm de distancia desde el parche y un valor máximo de hasta 19 mm observado. Asimismo, al realizar un ANOVA de un factor y emplear LSD de Fisher como prueba de comparaciones múltiples, se pudo concluir con un 95% de confianza que el tratamiento de 2.7% sí es estadísticamente diferente a todos los demás, por lo que se demuestra su efecto sobre la actividad antimicrobiana, además de no mostrar citotoxicidad sobre la membrana.

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.

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

La celulosa bacteriana (CB) es un polímero (o compuesto formado por la unión de varias moléculas más pequeñas, en este caso glucosa) extracelular producido principalmente por microorganismos pertenecientes al género de *Acetobacter*. Dicha celulosa tiene una gran variedad de aplicaciones en la industria del papel, textil, alimenticia, medicina y

biotecnología. Debido a su alto grado de cristalinidad y propiedades mecánicas de pureza, ha tomado gran importancia en el sector biotecnológico (Carreño *et al.*, 2012). Los apósitos de celulosa bacteriana son una nueva alternativa para tratar quemaduras de primer y segundo grado, debido a su alta biocompatibilidad con las células humanas permitiendo que éstas se regeneren. La producción de la celulosa bacteriana se lleva a cabo por medio de fermentación utilizando fuentes de carbono como medio de cultivo.

La empresa inMateriis, es una empresa tecnológica que aprovecha el desecho agroindustrial de ciruela amarilla (*Spondias mombin*) para la obtención de un biomaterial aplicable en lesiones por quemaduras. En este sentido, usar residuos agroindustriales como materia prima para la producción de celulosa bacteriana a partir del cultivo de *K. xylinus* ahorra el 65% del costo de producción, permitiendo que esta innovación sea asequible para cualquier sector socioeconómico del país. La celulosa bacteriana tiene propiedades de reparación tisular y se puede usar como tratamiento para padecimientos de la piel, entre los que destacan quemaduras y úlceras de pie diabético, una de las principales complicaciones de la diabetes mellitus. Existen más de 12 millones de pacientes con diabetes mellitus en México, entre los cuales solo uno de cada cuatro recibe atención adecuada por el costo de los tratamientos. Las características y el costo de los apósitos producidos por inMateriis garantizan un alto impacto en la salud de la población, ofreciendo así una alternativa biocompatible y sustentable (Jiménez-Palomar *et al.*, 2018).

Los azúcares reductores son carbohidratos que pueden donar electrones a otras moléculas y su cuantificación se utiliza para indicar la calidad de productos alimenticios; de manera general, todos los monosacáridos, como la glucosa, fructosa y lactosa, son reductores. En el semestre de verano 2024, se determinó la composición de azúcares totales y reductores de la pulpa de mango y de ciruela amarilla, los cuales fueron los sustratos a analizar, determinando que el mejor era la ciruela amarilla ya que tiene 240% más azúcares reductores que el mango y el 96% de los azúcares totales de la ciruela son reductores, mientras que en el mango solo el 34% de los azúcares totales son reductores. Además, se realizó el 60% de los formatos requeridos por la COFEPRIS para el lanzamiento al mercado de dicho dispositivo médico de clase II (apósito de celulosa bacteriana), para lo que se propuso un nombre de marca y

logotipo. También se determinó el mejor material para el empaque primario de los apósitos de CB y se realizó un *benchmarking* comparando el apósito de inMateriis con los demás del mercado y se encontró que el apósito de inMateriis comparte con otras marcas las características de mantener un ambiente húmedo, transpirable, hipoalergénico y absorbente, pero tiene una duración en la herida de 15 días en vez de 7 y la materia prima de residuos agroindustriales fomenta la sustentabilidad. También se determinó que para el cultivo de CB es necesario ajustar el pH del medio, ya que el pH óptimo para *K. xylinus* es de 5.5 a 6.5 al ser una bacteria ácidoacética (García-Moreno *et al.*, 2024).

El aprovechamiento de residuos agroindustriales es fundamental para lograr una producción sustentable y económicamente redituable en cualquier área, por lo que es indispensable monitorear y evaluar dicho mercado a nivel nacional. De manera particular, la cebolla es la tercera hortaliza que más se produce en el país y su consumo anual ronda los 9.7 kilogramos per cápita. Con una producción de prácticamente un millón y medio de toneladas en 2020, México aporta una de cada 50 toneladas de cebolla que se consumen en el mundo. Jalisco es un estado importante para la producción de cebolla en México y su cultivo ha sido pilar de la economía local, lo que la hace un residuo muy interesante a considerar (Gobierno de México, 2021).

1.2 Caracterización de la organización

La empresa inMateriis es una empresa que se dedica a la gestión de proyectos de alto impacto a nivel científico y tecnológico. Esta empresa fue fundada con el objetivo de ser un centro para innovar en el campo de materiales avanzados y de aplicación biomédica, comprometiéndose a la investigación y desarrollo de soluciones que impulsen la sostenibilidad y la eficiencia en las demás industrias. Se enfocan en la innovación con impacto social directo, transformando la ciencia en soluciones prácticas y accesibles. La empresa inMateriis cuenta con la visión de democratizar la ciencia, y la misión de esta organización se fundamenta en tres metas:

- Transformar el conocimiento científico en soluciones innovadoras y de bajo costo, creando oportunidades y aprovechando recursos.

- Abrir sus puertas de laboratorios como espacio de trabajo colaborativo para jóvenes que buscan emprender con proyectos científicos.
- Desarrollar proyectos con impacto social al reducir los costos de dispositivos médicos y mejorar la calidad de vida de las personas.

Esta empresa cuenta con numerosos proyectos que tienen la certeza de haber sido validados de manera tecnológica, mercadológica y financiera, minimizando los riesgos en inversión de etapas tempranas. Fomentan la innovación de alto impacto con enfoque de responsabilidad social pues lo que generan está orientado a tener un impacto social positivo, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU. Actualmente ejemplos de esto son Osseum, BioFilum, BioMai, Pawtech y Cali (inMateriis, 2024).

Por un lado, Osseum, busca reducir tiempos en el quirófano para lograr una mayor precisión en la cirugía y con menores complicaciones. Otorga herramientas a partir del diseño para mejorar la enseñanza, diagnóstico, comunicación médico-paciente, procedimientos quirúrgicos e implantes personalizados aprovechando la tecnología de impresión 3D. Realizan impresión de estructuras óseas, guías quirúrgicas e implantes craneofaciales impresos en PEEK, nylon y diversos materiales biocompatibles. Por otro lado, BioFilum está enfocado en biomateriales y medicina regenerativa para el tratamiento de heridas y úlceras producidas por alguna patología o traumatismo a partir de compuestos naturales bioactivos. Su objetivo es ayudar a mejorar la calidad de vida de los pacientes en México que presenten casos de heridas expuestas, traumatismo y daño tisular, buscando la regeneración, recuperación y protección de tejidos a bajo costo y de manera efectiva. En el caso de BioMai, se aprovechan desechos agroindustriales para la obtención de un biomaterial que pueda aplicarse en lesiones dérmicas de diabetes y quemaduras (aquí es donde entran los apósitos de celulosa bacteriana, perteneciente al proyecto del presente documento). Finalmente, Pawtech utiliza manufactura aditiva e imagenología médica para ofrecer el servicio de diseño de prótesis veterinarias, generación de animaciones didácticas e impresión 3D de modelos para planeación quirúrgica. Por último, Cali está enfocado en el bienestar emocional, físico y económico de mujeres que han sido mastectomizadas a causa del cáncer de mama, ofreciendo prótesis mamarias externas personalizadas impresas en 3D (inMateriis, 2024).

La empresa inMateriis cuenta con un equipo de 18 personas que trabajan para hacer realidad la misión de esta empresa. Su organigrama se puede apreciar en la **figura 0**.

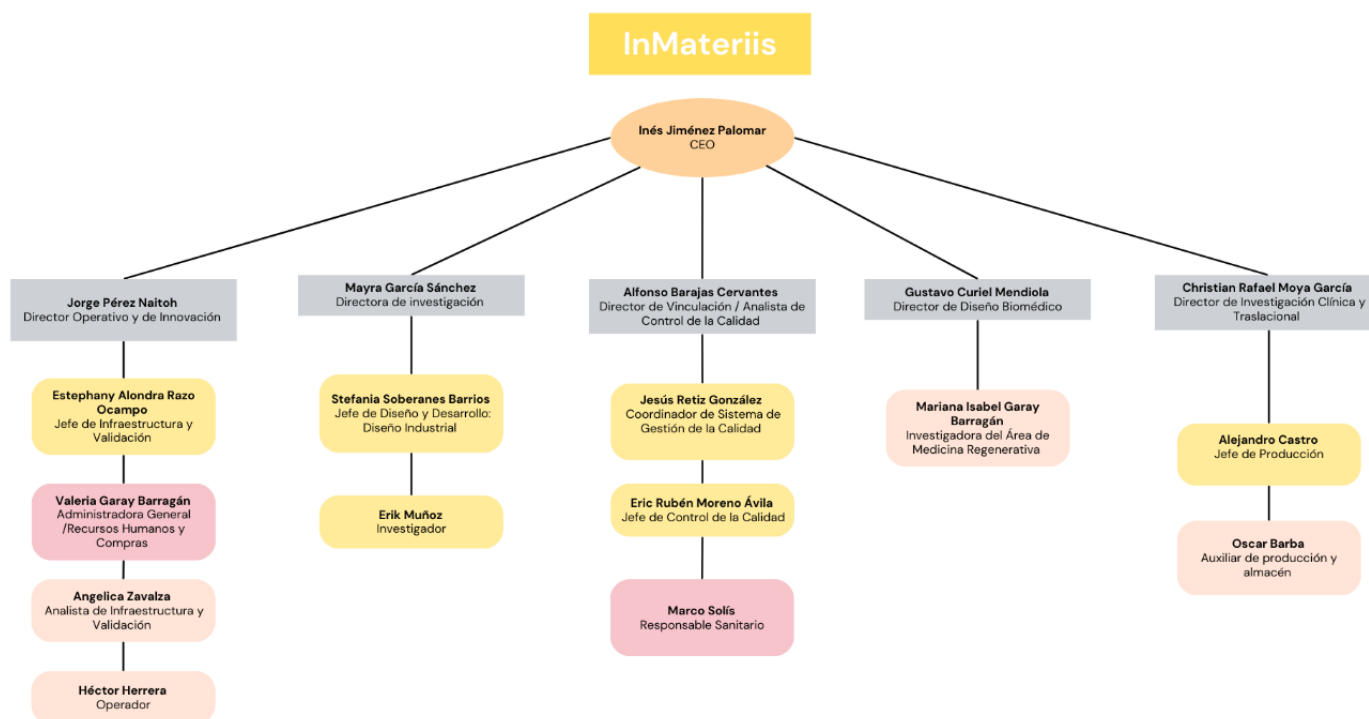


Figura 0. Organigrama de la empresa inMateriis en el 2024.

1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

El estado de Jalisco ocupa el primer lugar a nivel nacional en cuanto a la aportación por volumen al sector agrícola y el segundo en cuanto al valor de su producción. Durante las etapas de post-cosecha y transformación se llegan a generar pérdidas de los productos alimenticios y residuos que pueden representar hasta el 40% del volumen procesado (Casas-Godoy, et al., 2021). Actualmente la empresa de inMateriis, busca impulsar al mercado el proyecto que consta de apósitos de celulosa bacteriana producida por *Komagataeibacter xylinus*, creados a partir de desechos agroindustriales como sustrato (pulpa de ciruela amarilla).

La empresa inMateriis determinó que el sustrato a base de desechos agroindustriales (pulpa de ciruela amarilla) es el apto para brindar los mejores rendimientos para la producción de la

celulosa bacteriana. En este proyecto, se busca determinar qué concentración de aceite esencial de cebolla incorporar a las membranas de CB por electrohilado, según sus efectos antimicrobianos y su nula citotoxicidad sobre dichas membranas. Agregar aceite esencial es de interés para inMateriis por sus diversas propiedades que les da valor agregado a sus apósitos en el mercado.

Por un lado, el aceite esencial de cebolla estimula la circulación al mejorar el flujo sanguíneo, facilitando el transporte de nutrientes a las células de la piel, acelerando los procesos de reparación. También, tiene acción antibacteriana y antifúngica, ayudando a combatir infecciones que pueden retrasar la cicatrización, y tiene propiedades queratolíticas, contribuyendo a eliminar las células muertas de la piel, favoreciendo la renovación celular (Morales López, 2022).

Por otro lado, el electrohilado es una técnica para la obtención de fibras poliméricas con diámetros en escala micro y nanométrica. Está basada en una patente propuesta para separar una sustancia fija (en este caso la membrana celular) de un líquido volátil (en este caso el aceite esencial). Se controla el flujo de una disolución y se somete a un campo eléctrico, provocando la evaporación del líquido volátil, permitiendo que la sustancia fija adquiera forma de hilo muy delgado que se va sobreponiendo en una superficie que se denomina colector de fibras. Al electrohilar una disolución de un polímero biocompatible, la estructura porosa obtenida puede usarse como andamio celular (Espinoza Nava, 2016).

Se eligió esta técnica ya que es ampliamente usada para este tipo de aplicaciones en la industria. Hay muchos productos que usan el electrohilado como parte del mismo producto, como son los vendajes y materiales médicos. Las fibras de quitosano y quitina, obtenidas por electrohilado, son especialmente útiles en la fabricación de vendajes debido a su biocompatibilidad y propiedades antimicrobianas. También usan esta técnica los hilos médicos como los hilos de sutura biodegradables a partir de fibras electrohiladas usados en procedimientos quirúrgicos, ofreciendo ventajas como menor reacción del cuerpo y mejor integración con los tejidos; otro son los andamios para ingeniería de tejidos, pues las nanofibras producidas por electrohilado se usan como andamios en la ingeniería de tejidos,

proporcionando un soporte estructural para el crecimiento celular y la regeneración de tejidos; también se usa en membranas para detección de iones, siendo éstas membranas fluorescentes de nanofibras que contienen oligómeros que han sido fabricadas mediante electrohilado para la detección de iones específicos como sodio y calcio, mostrando su utilidad en aplicaciones de sensores (Robles-García *et al.*, 2014; López Pinto, 2023; Roa Rodríguez, 2017).

1.4. Planeación de alternativa(s)

Se pretende realizar el crecimiento y cultivo de las membranas de CB en un medio de pulpa de ciruela amarilla con el pH ajustado y la purificación de las membranas para agregarle a éstas el aceite esencial de cebolla, el cual será extraído mediante destilación por arrastre de vapor. Una vez obtenido, se calculará el rendimiento del aceite esencial de cebolla para tener una idea de su rentabilidad en el proceso.

Posteriormente, se buscará determinar las condiciones adecuadas para realizar el electrohilado. Para esto, se debe establecer primero la concentración de policaprolactona (PCL) que será añadida al diclorometano (solvente) para que la solución sea adecuada para electrohilar, esto entendiéndose como la capacidad de generar una capa con estructura ordenada en el microscopio. Asimismo, y buscando nuevamente la estructura microscópica ordenada tipo red, será necesario determinar los parámetros deseables para electrohilar, los cuales son flujo (en $\mu\text{L/h}$) y voltaje (en kV). Una vez realizados estos pasos, se incorporará el aceite esencial de cebolla en diferentes concentraciones a las membranas de CB por electrohilado para determinar el efecto de cada concentración de aceite esencial sobre la funcionalización de las membranas de CB (citotoxicidad y actividad antimicrobiana). La actividad antimicrobiana será evaluada con la medición de los halos de inhibición en cajas Petri al someter los parches al crecimiento de *Penicillium sp.* Por otra parte, la citotoxicidad se hará observando de manera cualitativa la integridad de los parches al ser adicionados con la concentración dada de aceite esencial de cebolla por electrohilado. Finalmente, se realizará un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar la concentración óptima del aceite esencial de cebolla en las membranas de CB.

A continuación, la **tabla 1** muestra el cronograma de lo que será realizado durante cada semana para la elaboración del proyecto.

Tabla 1. Cronograma de las actividades a realizar durante el PAP 4F04 en el periodo de otoño 2024.

Actividad	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Crecimiento de membranas de CB: Cultivo de las membranas en el sustrato de ciruela amarilla.														
Purificación de las membranas de CB: Usando NaOH al 2%.														
Extracción de aceite esencial de cebolla: Mediante destilación por arrastre de vapor.														
Incorporación del aceite esencial a las membranas de CB: Por electrohilado, usando diferentes concentraciones.														
Análisis de la citotoxicidad: De cada concentración de aceite esencial sobre la membrana de CB.														
Análisis del efecto antimicrobiano: De cada concentración de aceite esencial sobre la membrana de CB.														
ANOVA: Para determinar la concentración óptima de aceite esencial de cebolla sobre las membranas de CB.														
Entregar resultados														

Este proyecto se alinea con los objetivos de desarrollo sustentable de las Naciones Unidas, sobre todo con los objetivos 3 (salud y bienestar) y 12 (producción y consumo responsable). El propósito es producir apósitos de CB potencializados con aceite esencial de cebolla para otorgarle funciones antimicrobianas, siendo el sustrato y el aceite esencial provenientes de residuos agroindustriales, y estando dirigidos tanto para el sector salud público como el privado. Por esto, el presente proyecto ayuda a garantizar una vida sana y promover el

bienestar de todos a cualquier edad, al igual que garantiza modalidades de consumo y producción sostenibles (Naciones Unidas, 2023).

Este proyecto está destinado a generar los siguientes impactos socioambientales:

- **Micro (Salud):** Al agregar un agente antimicrobiano (aceite esencial de cebolla morada) al apósito de celulosa bacteriana, se previenen infecciones durante la regeneración de la piel de los pacientes que sufrieron quemaduras de primer y segundo grado, lo cual ayuda a acelerar su recuperación y disminuir los problemas que tendrán. Esto impacta su salud física y mental de manera beneficiosa.
- **Meso (Colaboración):** Al colaborar con empresas agroindustriales de Jalisco se facilita la manera de desechar dichos residuos, promoviendo una materia prima para la producción de apósitos de celulosa bacteriana usados en el sector salud sin la necesidad de explotar recursos naturales. Además, las empresas del sector salud y hospitales se podrán beneficiar de una alternativa efectiva y asequible para el tratamiento de heridas, quemaduras y úlceras mejorando los resultados de salud y reduciendo costos. Al ser un producto regularizado que cumpla con los estándares requeridos por la COFEPRIS, se garantiza que es un producto benéfico que no causa daños a quienes lo utilizan (como un efecto citotóxico, mutagénico o de irritación en la piel).
- **Macro (Sustentabilidad):** Los residuos agroindustriales se someten a quemas por sus componentes no solubles y son difíciles de reincorporar a la tierra por desecharse a gran escala, por lo que se revalorizan estos (ciruela amarilla) usándolos como sustratos para producir celulosa bacteriana. Además, el uso de apósitos de celulosa bacteriana, al ser biodegradables, biocompatibles, no tóxicos y sustentables suponen una alternativa que favorece la salud pública a nivel nacional.

1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

Para el crecimiento de las membranas de CB se preparó el medio de cultivo. Tomando los datos de azúcares reductores y totales determinados para la ciruela amarilla en el PAP pasado, se calculó un volumen de pulpa de ciruela amarilla de 312 mL necesario para obtener 1 L de

medio de cultivo con una concentración de azúcares totales de 40 g/L (si la concentración es mayor se presentaría inhibición por sustrato), aforando con agua natural (determinaciones del PAP pasado: 122.98 g/L de azúcares reductores y 128.48 g/L de azúcares totales). Se llenaron 6 frascos con 150 mL de medio de cultivo y se esterilizaron los 6 frascos a 121°C y 15 psi por 8 minutos.

Una vez estériles los frascos, se inoculó cada medio de cultivo con 1 mL de inóculo por cada 10 mL de medio de cultivo. Se ajustó el pH de los medios de cultivo a 7, ya que el rango de pH óptimo para *K. xylinus* es entre 5.5 y 6.5, y se produce ácido acético como producto de la fermentación, lo cual acidifica al medio. Se realizaron los inóculos dentro del diámetro de esterilidad de un mechero Bunsen y se dejaron incubando los 6 frascos a 30°C por 7 días (**Fig. 2**). Una vez terminada la fermentación, se observó una membrana de celulosa bacteriana formada en la parte superior del medio (**Fig. 3**) las cuales fueron posteriormente purificadas. Las membranas se dejaron remojando en NaOH al 2% por 24 horas para neutralizar a la bacteria *K. xylinus* y purificar la membrana, dejándola de un color claro (**Fig. 3**). De esta manera, las membranas ya están listas para los siguientes pasos de secado y electrohilado.

Previo a la incorporación del aceite esencial de cebolla en las membranas purificadas, se determinó la concentración ideal de policaprolactona (PCL) para el electrohilado. Para la determinación de la concentración de la solución usada para el electrohilado, se prepararon tres soluciones diferentes de policaprolactona (PCL): 5% PCL (w/w), 10% PCL (w/w), 15% PCL (w/w). Tomando en cuenta la densidad del diclorometano especificada en la etiqueta del reactivo (1.325 g/mL a 25°C), se calculó el peso de PCL necesario para 10 mL de solución de cada concentración. Para la solución de PCL al 5% se agregaron 0.697 g de PCL, para la de PCL al 10% 1.47 g de PCL y para la de 15% 2.34 g de PCL. Una vez obtenidos los tres electrohilados, se observaron las membranas resultantes en el microscopio invertido, para analizar cuál tenía la estructura más adecuada. El electrohilado se realizó usando el equipo Fluidnatek by Bioinicia.

La extracción del aceite esencial de cebolla se realizó mediante destilación por arrastre de vapor según el proveedor establecido por inMateriis. La información sobre la metodología de la obtención de la cáscara de cebolla morada y la destilación de ésta es confidencial.

Una vez determinada la concentración ideal de PCL para el electrohilado (10% PCL), se realizó un control negativo, el cual consistía en únicamente la solución de PCL pura al 10% sobre los apósitos de CB con las condiciones ideales determinadas (30 minutos, 2000 $\mu\text{L/h}$, 8 kV) para obtener un volumen final de solución electrohilada de 1 mL. Se establecieron las siguientes concentraciones de aceite esencial de cebolla a agregarle a los apósitos: 0.1% (v/v), 1.4% (v/v), 2.7% (v/v), 4.0% (v/v), pues está demostrado que concentraciones del 5% (v/v) o mayores son citotóxicas para las membranas (García-Sánchez, 2020). Se agregó el aceite esencial de cebolla a la solución de PCL para cada concentración establecida y se realizó el electrohilado bajo las condiciones descritas para posteriormente analizar la funcionalización de las membranas con cada concentración por quintuplicado.

Como control se usó un apósito de CB recubierto únicamente de la solución de PCL al 10% (w/w). Se aisló el hongo *Penicillium sp.* de un pan rancio en un medio de soya tripticaseína a una concentración de 40 g/L y aforando con agua destilada a un volumen de 250 mL, sembrando la suspensión del pan por vaciado. Se cultivaron las 6 cajas Petri a 30°C por 7 días. Posteriormente, basado en la morfología de *Penicillium sp.* (hongo filamentoso de color verde), se aisló este microorganismo nuevamente en un medio de soya tripticaseína para tener un cultivo puro. Se sembraron las cajas Petri por vaciado y se colocó en el centro de cada una un cuadrado de 2 cm x 2 cm de los apósitos de CB electrohilados con las diferentes concentraciones de aceite esencial de cebolla y el control por quintuplicado, y posteriormente se incubaron las cajas Petri a 30°C por 5 días (Ochoa *et al.*, 2007).

Una vez obtenido el crecimiento microbiano, se midieron los halos de inhibición creados alrededor de cada apósito. Se midió la distancia desde el borde del apósito hasta el borde del halo de inhibición para cada uno de manera perpendicular, tanto de las muestras a distintas concentraciones como del control. Se observó cualitativamente el efecto citotóxico, si es que hubo, de cada muestra sobre la membrana de CB.

Después de haber obtenido las mediciones de los halos de inhibición de cada muestra por quintuplicado, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar la concentración ideal de aceite esencial de cebolla. El ANOVA es de utilidad pues funciona para comparar estadísticamente si existe algún tratamiento mejor o peor y debatir si verdaderamente existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Este problema, desde el punto de vista estadístico, se puede abordar a partir de una prueba de hipótesis, en donde la hipótesis nula indica que no existe diferencia estadísticamente significativa en los promedios de la variable de respuesta para los diferentes tratamientos realizados. Esta prueba se basa en el diseño completamente aleatorizado (DCA), puesto que las corridas experimentales se deben realizar en orden aleatorio, esto con el objetivo de separar la variabilidad debida a los tratamientos y la debida al error (la que no se puede predecir). Finalmente, es importante aclarar que cuando la distribución de los tratamientos no sea normal, entonces se tendrá que realizar una prueba de comparaciones múltiples. Esta, al haber probado que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos dados, te permitirá saber cuáles son diferentes entre sí y cuál es más adecuado para maximizar o minimizar la variable de respuesta, según sea el caso; un ejemplo de prueba de comparaciones múltiples es LSD de Fisher, así como Tukey, Duncan y Dunnett (Gutiérrez, 2008).

La **figura 1** muestra toda la metodología de manera resumida y gráfica.

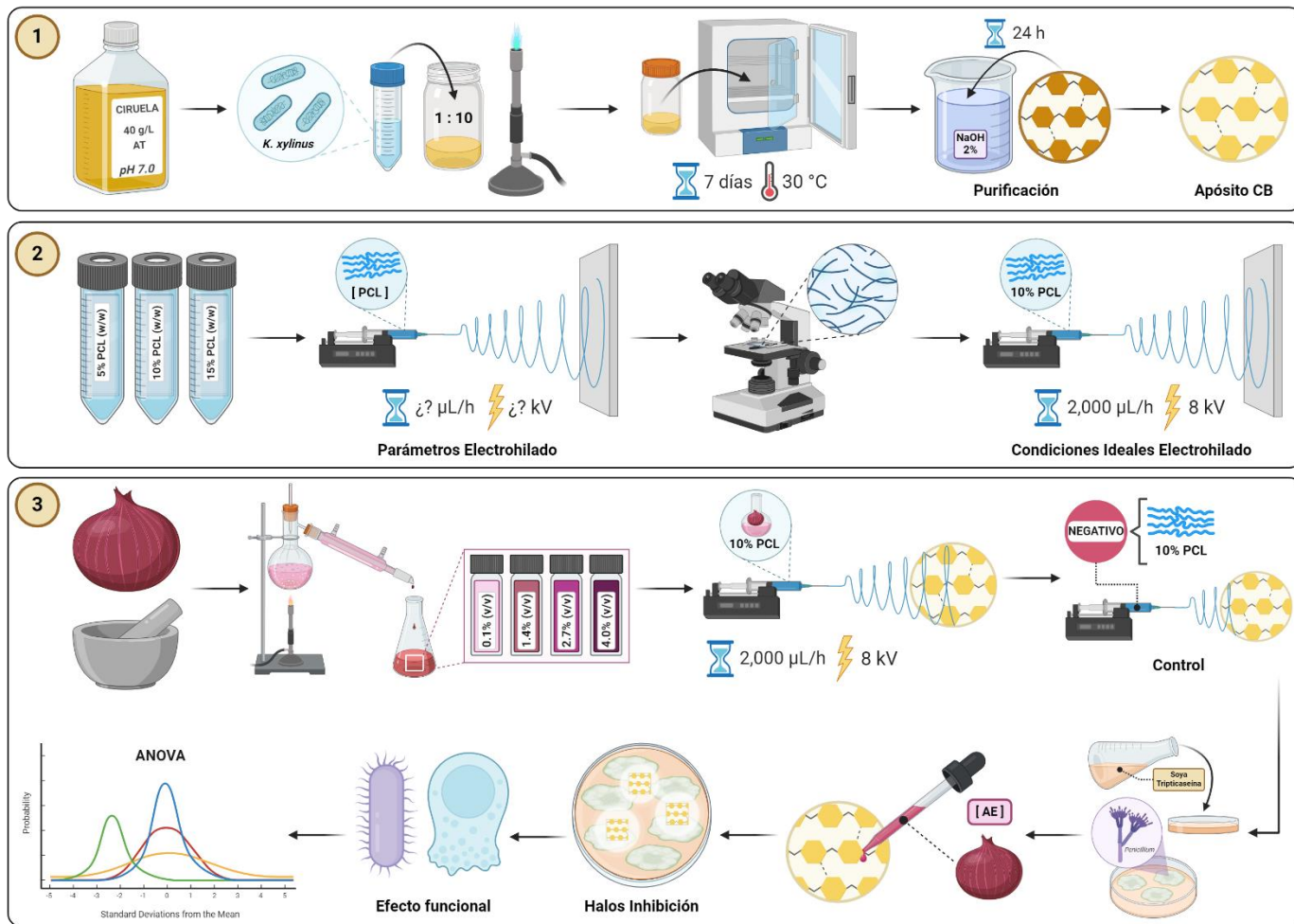


Figura 1. Metodología gráfica resumida.

1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir de los procedimientos descritos en la sección anterior.

Se observó el crecimiento celular esperado en los 6 frascos inoculados después del tiempo de incubación (**Fig. 2**). Ningún medio presentó contaminación y gracias al ajuste del pH de los medios no hubo problemas de crecimiento de la CB.



Figura 2. Crecimiento celular observado.

Se realizó la purificación de membranas de ciruela amarilla crecidas. Cualitativamente, se observó la diferencia de coloración de las membranas antes y después de ser inactivadas en NaOH por 24 horas. Al inicio eran de color café oscuro, y una vez terminada la purificación se observaron de un color gris claro o beige claro. La **figura 3** muestra la diferencia de coloración entre las membranas sin purificar (izquierda) y las purificadas (derecha).



Figura 3. Decoloración de las membranas sin purificar (izquierda) y las purificadas (derecha).

Para determinar la concentración ideal de PCL usada para el electrohilado, se observaron en el microscopio invertido las tres membranas resultantes (**Fig. 4**). Se puede observar que en la membrana de PCL al 5% (**Fig. 4A**) no hay una estructura definida y los hilos no se pueden distinguir. En la membrana de PCL al 10% (**Fig. 4B**) se puede observar una estructura ordenada, tipo red, con hilos definidos y de mayor rigidez. Finalmente, en la membrana de PCL al 15% (**Fig. 4C**) se observa una estructura muy laxa, con nula rigidez y orden.

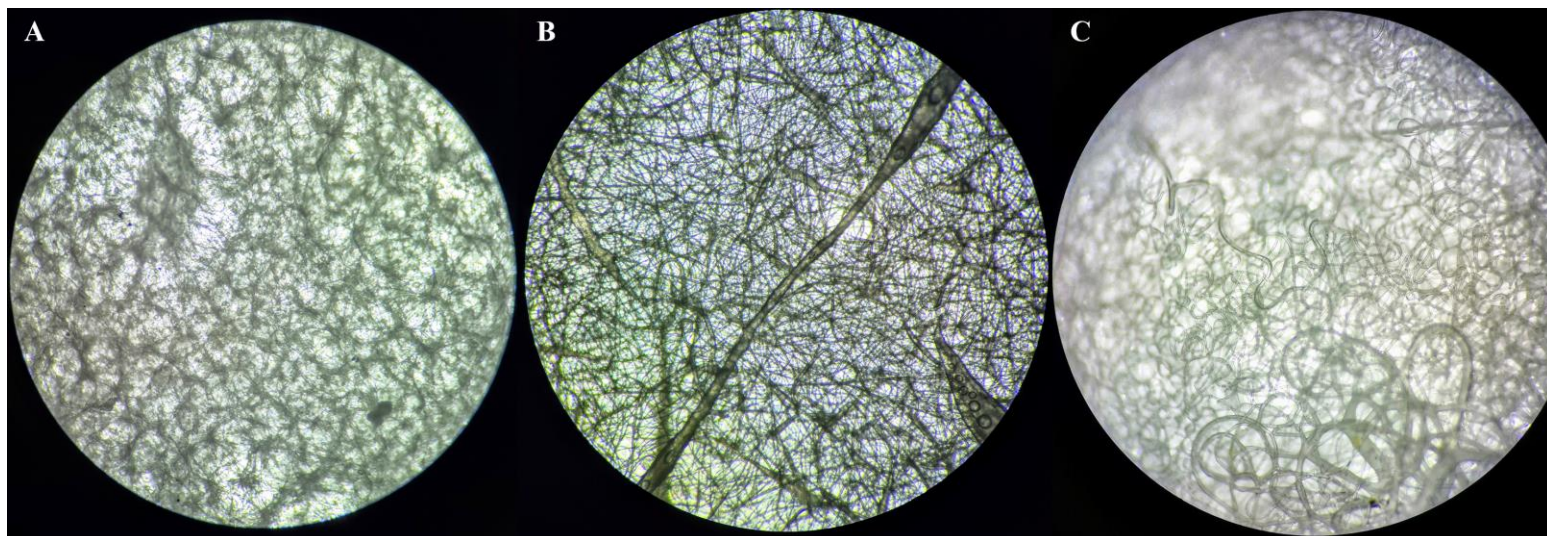


Figura 4. Membranas de electrohilado con diferentes concentraciones de PCL en el microscopio invertido.
A: 5% PCL (w/w), B: 10% PCL (w/w), C: 15% PCL (w/w).

Por estas razones estructurales de las membranas, se determinó que la solución de PCL al 10% (w/w) era la ideal. Posteriormente, se realizaron pruebas para determinar los parámetros de operación deseados, los cuales fueron: 2000 $\mu\text{L/h}$, 8 kV, por 30 minutos para formar una membrana adecuada con un volumen final de solución electrohilada de 1 mL. La **figura 5** muestra la membrana resultante de dichas condiciones de operación bajo el microscopio invertido. En esta última se muestra una estructura todavía más ordenada y deseable, con apariencia de red definida e hilos marcados.

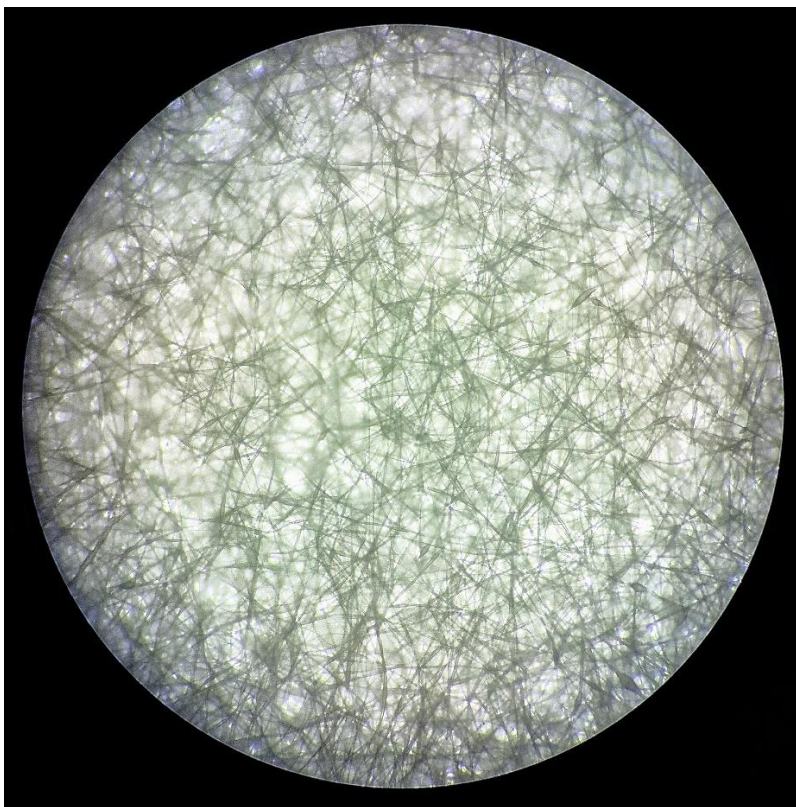


Figura 5. Membrana con 10% PCL (w/w) en el microscopio invertido bajo las condiciones de operación ideales: 2000 μ L/h, 8 kV, 30 minutos.

La **figura 6** muestra los apósitos de CB electrohilados con las cuatro concentraciones de aceite esencial de cebolla determinadas en la sección anterior, así como el control. No se reportan rendimientos de la extracción pues fueron volúmenes muy bajos para ser cuantificados. El aceite esencial de cebolla empleado en este proyecto fue obtenido de manera comercial en una tienda local con la responsable QFB Luisa Fernanda Castro Pantoja de la UdeG.

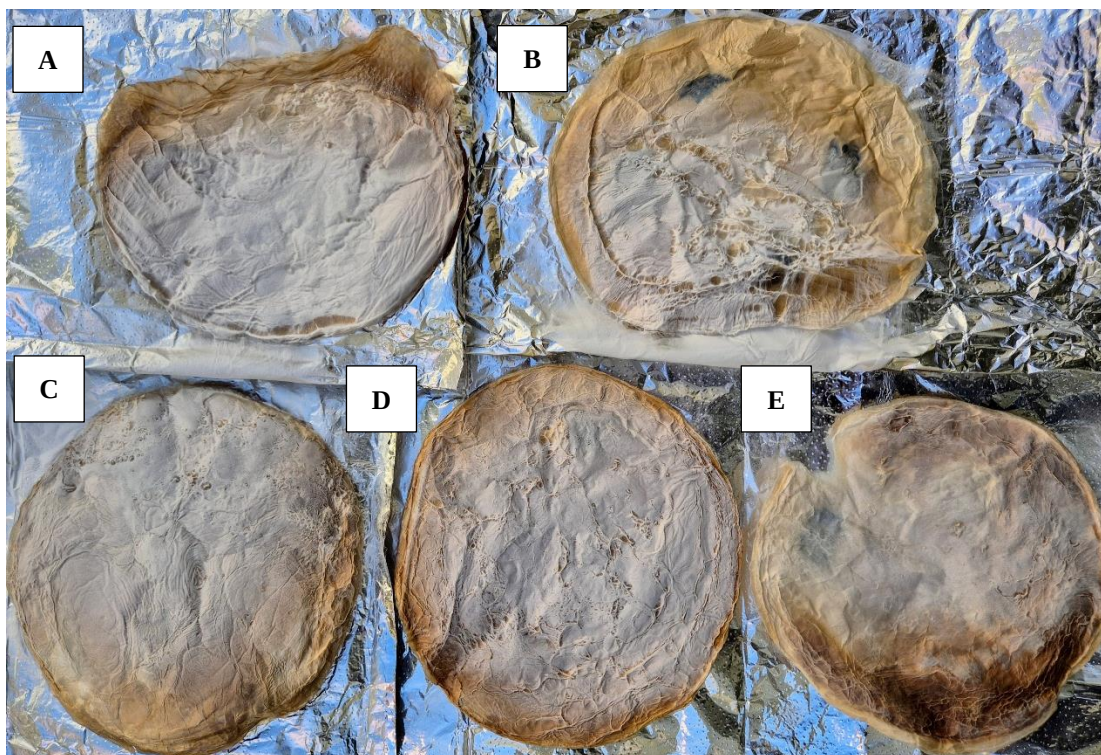


Figura 6. Apósitos de CB electrohilados con las cuatro concentraciones de aceite esencial de cebolla.
A: 0.0% AE (control), **B:** 0.1% AE, **C:** 1.4% AE, **D:** 2.7% AE, **E:** 4.0% AE.

La **figura 7** muestra el crecimiento microbiano del cultivo de la suspensión de pan rancio para aislar *Penicillium* sp. Se observa claramente la morfología del hongo filamentososo de color verde que es el hongo de interés (encerrado en un círculo negro en la **figura 7**).



Figura 7. Crecimiento microbiano del cultivo de la suspensión de pan rancio para aislar *Penicillium* sp.

Las **figuras 8, 9, 10, 11 y 12** muestran los halos de inhibición de los apósitos con 0% (control), 0.1%, 1.4%, 2.7% y 4% (v/v) de aceite esencial de cebolla por quintuplicado, respectivamente.

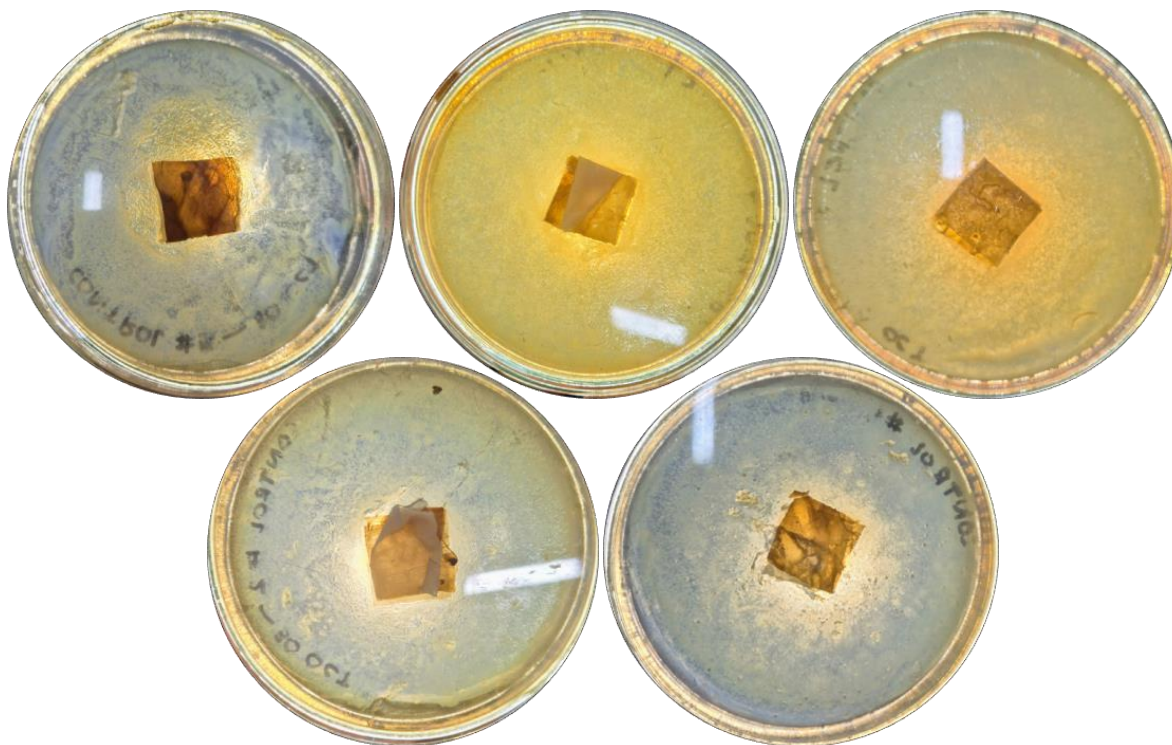


Figura 8. Halos de inhibición del control (0%).

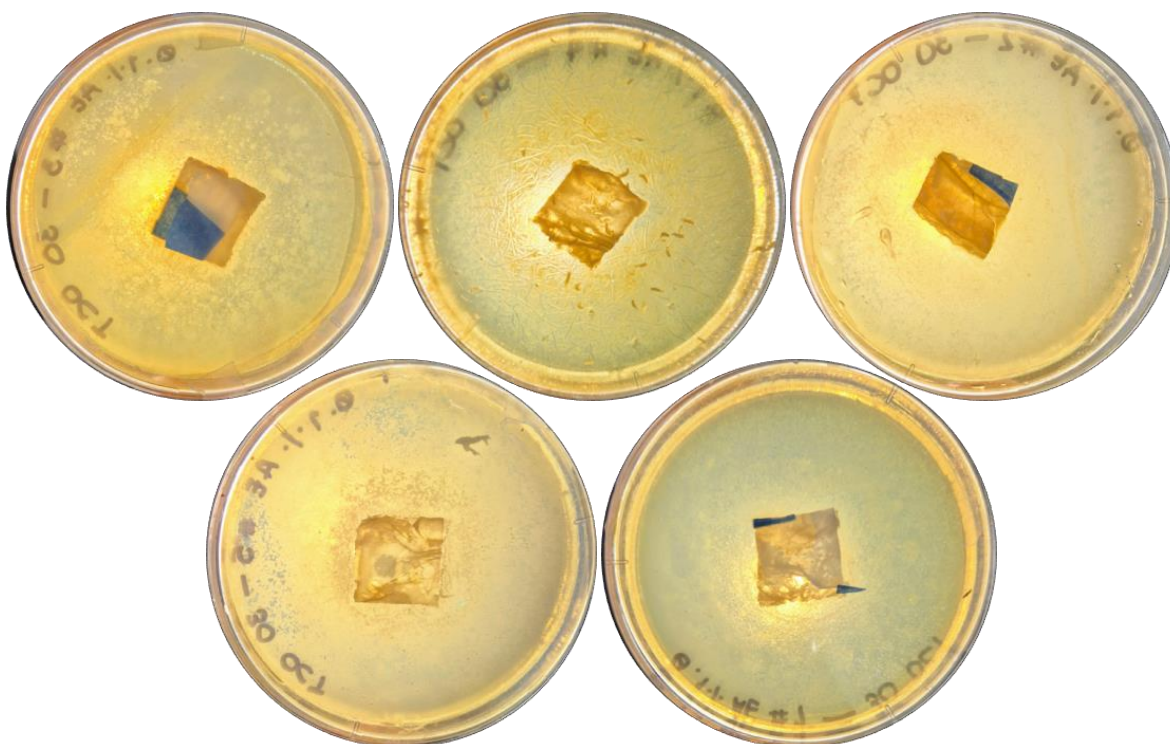


Figura 9. Halos de inhibición de los apósitos con 0.1% (v/v) de aceite esencial de cebolla.

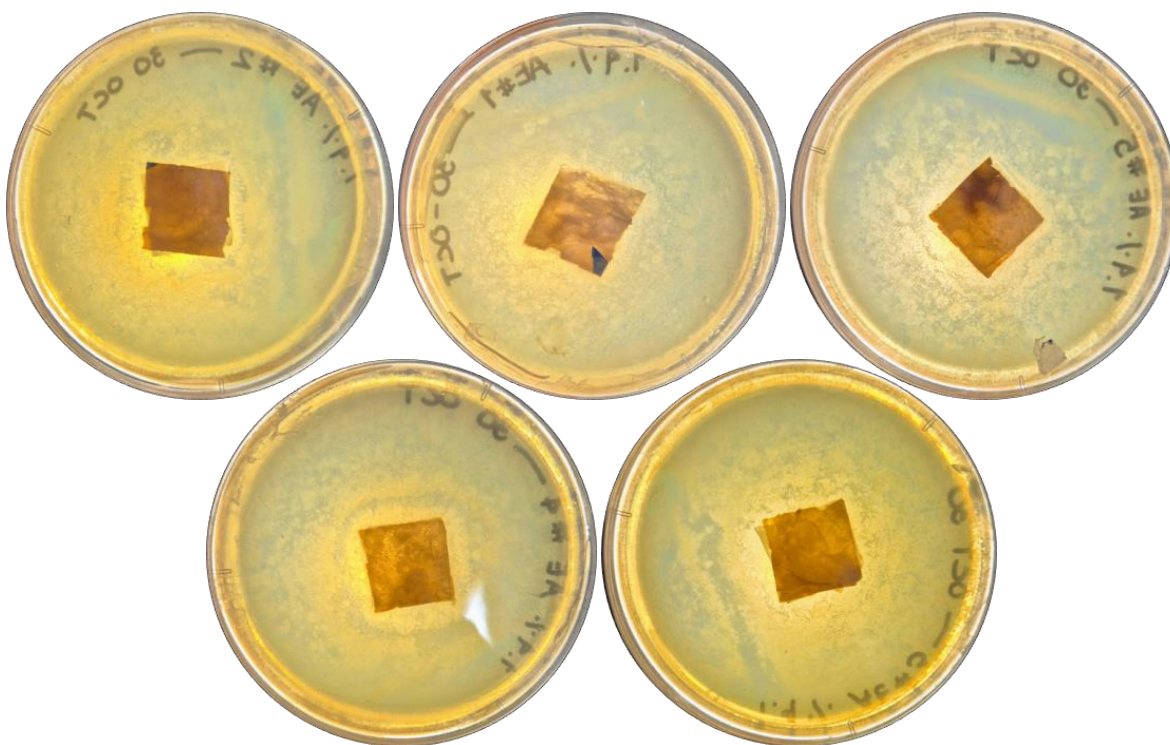


Figura 10. Halos de inhibición de los apósitos con 1.4% (v/v) de aceite esencial de cebolla.

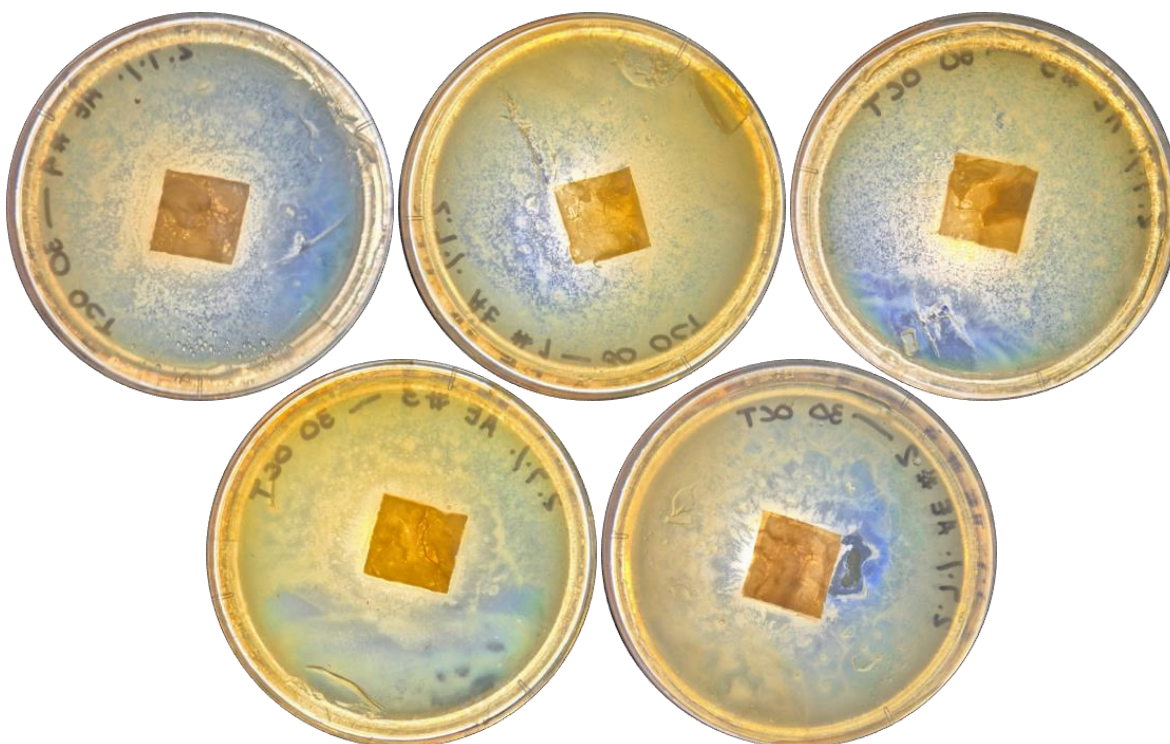


Figura 11. Halos de inhibición de los apósitos con 2.7% (v/v) de aceite esencial de cebolla.

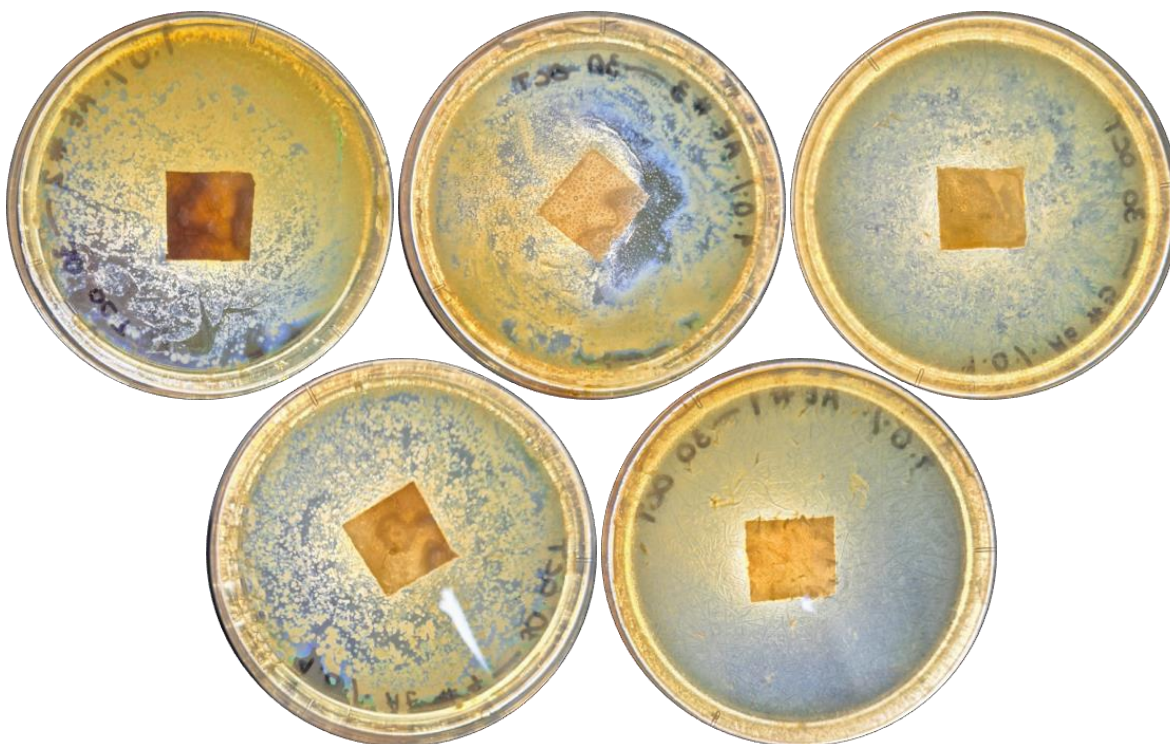


Figura 12. Halos de inhibición de los apósitos con 4.0% (v/v) de aceite esencial de cebolla.

Asimismo, la **tabla 2** muestra los resultados de los halos de inhibición (HI) de cada muestra de apósito de CB y el efecto citotóxico de cada concentración sobre el apósito de CB.

Tabla 2. Resultados de los halos de inhibición (HI) de cada muestra.

Muestra	Distancia HI (mm)	Promedio HI (mm)	Citotoxicidad sobre el apósito
Control	0.0	0.0	Nula
	0.0		Nula
	0.0		Nula
	0.0		Nula
	0.0		Nula
0.1% (v/v) aceite esencial de cebolla	10.0	6.2	Nula
	2.0		Nula
	3.0		Nula
	5.0		Nula
	11.0		Nula
1.4% (v/v) aceite esencial de cebolla	4.0	9.1	Nula
	9.5		Nula
	9.0		Nula
	11.0		Nula
	12.0		Nula
2.7% (v/v) aceite esencial de cebolla	15.0	14.4	Nula
	19.0		Nula
	17.0		Nula
	11.0		Nula
	10.0		Nula
4.0% (v/v) aceite esencial de cebolla	0.0	1.4	Nula
	0.0		Nula
	0.0		Nula
	0.0		Nula
	7.0		Nula

A partir de los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar la concentración ideal de aceite esencial de cebolla y poder concluir que verdaderamente exista una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos sobre la variable de respuesta. En este caso el factor que se vio modificado fue la

concentración de aceite esencial de cebolla en porcentaje volumen/volumen (% v/v) y la variable de respuesta fue la distancia entre el borde de los apósitos y el borde del halo de inhibición, medida en milímetros (mm) de la misma forma para cada corrida.

De esta manera, lo primero a realizar para el ANOVA es establecer la hipótesis nula (H_0) del experimento, la cual se busca rechazar o no. Para este caso, tómese μ_i como la distancia promedio (obtenida del quintuplicado) del halo de inhibición para la concentración i de aceite esencial utilizada. Por ende, la hipótesis nula se puede plantear como:

$$H_0: \mu_{0.0\%} = \mu_{0.1\%} = \mu_{1.4\%} = \mu_{2.7\%} = \mu_{4.0\%}$$

Lo que establece que no existe diferencia estadísticamente significativa en la distancia promedio de los halos de inhibición para las cinco concentraciones de aceite esencial evaluadas. A partir de esta hipótesis nula, la hipótesis alternativa (H_1) quedaría de la siguiente forma:

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún par } i, j$$

Esta hipótesis alternativa indica que existe al menos una diferencia estadísticamente significativa en la distancia promedio de los halos de inhibición en alguna de las concentraciones i, j evaluadas. Es decir, no significa que todas son diferentes entre sí, simplemente indica que al menos en un par se encuentra diferencia estadísticamente significativa.

Así, se procede a realizar el análisis de varianza en Minitab en donde se establece una confianza del 95%, por lo que el nivel de significancia o alfa (α) es de 0.05. Así, se tiene que si el valor p es menor a 0.05, entonces se rechaza la H_0 ; por otro lado, si el valor p es mayor o igual a 0.05, entonces no se rechaza la H_0 . El resultado del ANOVA se muestra en la **figura 13**.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	4	724.2	181.052	20.95	0.000
Error	19	164.2	8.642		
Total	23	888.4			

Figura 13. Resultado de ANOVA en Minitab.

Al obtener un valor p de 0.000, el cual es menor que 0.05, se concluye con un 95% de confianza que existe al menos una diferencia estadísticamente significativa en la distancia promedio de los halos de inhibición en alguna de las concentraciones de aceite esencial de cebolla evaluadas. En otras palabras, la concentración de aceite esencial de cebolla sí tiene un efecto sobre la variable de respuesta, siendo en este caso el halo de inhibición.

Una vez demostrado que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre al menos dos de los tratamientos dados, es de gran interés poder determinar cuáles son diferentes entre sí y cuál es el más adecuado para maximizar el halo de inhibición. Para esto, se procede a realizar una prueba de comparaciones múltiples. Se empleó LSD (Least Significant Difference) de Fisher, pues es una prueba muy utilizada en biotecnología y que, a diferencia del método de Dunnett que solo compara cada tratamiento con el control, permite comparar cada tratamiento entre sí y determinar cuáles tienen una diferencia estadísticamente significativa y cuáles son estadísticamente iguales. El resultado del método LSD de Fisher se puede observar en la **figura 14**.

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
2.7	5	14.40	A
1.4	5	9.10	B
0.1	5	6.20	B
4.0	4	0.000000	C
0.0	5	0.000000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

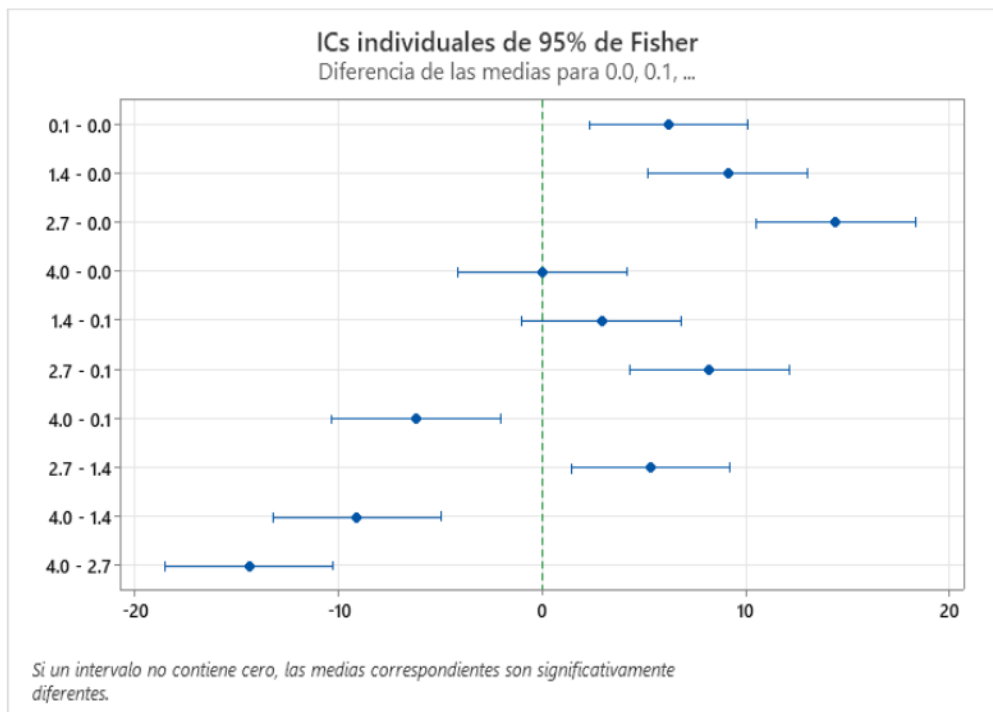


Figura 14. Resultado del método LSD de Fisher para prueba de comparaciones múltiples en Minitab.

Se puede apreciar en la tabla resaltada en rojo de la figura anterior que se muestra una columna denominada agrupación. En esta, las medias que no comparten una letra son, por estadística, significativamente diferentes. Esto quiere decir que el tratamiento de 4% es estadísticamente igual al control (0%); además, las concentraciones de 0.1% y 1.4% no mostraron diferencia significativa entre ellas. Finalmente, la muestra de 2.7% fue estadísticamente diferente a todas las demás y no solo eso, sino que también representa la concentración de aceite esencial de cebolla que maximiza el halo de inhibición dadas las

corridas realizadas. Por ende, los apósitos con 2.7% de concentración de aceite esencial de cebolla demostraron ser los más adecuados para lograr el mayor efecto antimicrobiano, mostrando además una diferencia estadísticamente significativa con todos los demás tratamientos. Cualitativamente, ninguna concentración de aceite esencial mostró un efecto citotóxico sobre la membrana de celulosa bacteriana dados los rangos evaluados, por lo que este no es un factor que se deba considerar.

1.7. Bibliografía y otros recursos

- Carhuallanqui Pérez, A., Salazar Salvatierra, M. E., & Ramos Delgado, D. (2020). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Orégano frente a *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 25-33.
- Carreño Pineda, L. D., Caicedo Mesa, L. A., & Martínez Riascos, C. A. (2012). Técnicas de fermentación y aplicaciones de la celulosa bacteriana: una revisión. *Ingeniería y ciencia*, 8(16), 307-335.
- Casas Godoy, L., & Barrera Martínez, I. (2021). Revalorización de residuos agroindustriales: Caso Jalisco. <https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Revalorizacion-de-residuos-agroindustriales--Caso-Jalisco/194>
- Deng, W., Liu, K., Cao, S., Sun, J., Zhong, B., & Chun, J. (2020). Chemical composition, antimicrobial, antioxidant, and antiproliferative properties of grapefruit essential oil prepared by molecular distillation. *Molecules*, 25(1), 217.
- El Empaque. (s.f.). *Laminado Tricapa Para Empaque de Alimentos Tipo Sachet*. <https://www.elempaque.com/es/productos/laminado-tricapa-para-empaque-de-alimentos-tipo-sachet>
- Espinoza Nava, U. E. (2016). *Principios de diseño cinemático aplicados a la reinterpretación del colector de fibras de la técnica de electrohilado* (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio Digital de la UNAM. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/10556/1/UEspinoza%20Tesis.pdf>
- García, K., Cantillano, P., Cabrera, N., & Délano, P. (2019). Uso de gentamicina transtimpánica: Experiencia del Hospital Clínico de la Universidad de Chile. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 79(3), 290-298.
- García-Moreno, A., Beamonte-Corral, A., & González Luna-Díaz del Castillo, A. (2024). *Estudio, Desarrollo y Comercio de Celulosa Bacteriana para Quemaduras de Grado*

- I y II* (Reporte PAP). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente ITESO, Guadalajara, México.
- García-Sánchez, M. E., Robledo-Ortiz, J. R., Jiménez-Palomar, I., González-Reynoso, O., & González-García, Y. (2020). Production of bacterial cellulose by *Komagataeibacter xylinus* using mango waste as alternative culture medium. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(2), 851-865.
- Gobierno de México. (8 de Noviembre de 2021). Gobierno de México. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aporta-mexico-una-de-cada-50-toneladas-de-cebolla-que-se-consumen-en-el-mundo?idiom=es>
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw-Hill.
- inMateriis. (2024). inMateriis. Obtenido de <https://inmateriis.com/>
- Jiménez-Palomar, I., García-Sánchez, M. E., González-García, Y. & Robledo-Ortiz, J. R. (2018). Método para la producción de membranas de celulosa bacteriana, útil en aplicaciones biomédicas. PCT/MX2017/000120. <https://patents.google.com/patent/WO2018106099A1/es>.
- López Pinto, M. D. P. (2023). Desarrollo de andamios biopoliméricos por la técnica de electrohilado y sus aplicaciones en ingeniería de tejidos.
- Morales López, J. A. (2022). Actividad antifúngica de aceites esenciales para el manejo de *Aspergillus nidulans* y *Aspergillus fumigatus* in vitro.
- Naciones Unidas. (2023). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Ochoa, J. L., Hernández-Montiel, L. G., Latisnere-Barragán, H., de La Luz, J. L., & Larralde-Corona, C. P. (2007). Aislamiento e identificación de hongos patógenos de naranja *Citrus sinensis* L. Osbeck cultivada en Baja California Sur, México. *CYTA-Journal of Food*, 5(5), 352-359.

- Pérez-Recalde, M., Arias, I. E. R., & Hermida, É. B. (2018). Could essential oils enhance biopolymers performance for wound healing? A systematic review. *Phytomedicine*, 38, 57-65.
- Roa Rodríguez, M. F. (2017). Diseño, desarrollo e implementación de un dispositivo de pruebas de electrohilado (electrospinning) para aplicaciones en nanoinstrumentación.
- Robles-García, M. A., Rodríguez-Félix, F., Márquez-Ríos, E., Barrera-Rodríguez, A., Aguilar-Martínez, J., & Del-Toro-Sánchez, C. L. (2014). Aplicaciones biomédicas, textiles y alimentarias de nanoestructuras elaboradas por electrohilado. *Biotecnia*, 16(2), 44-52.
- SIAP, S., & Víctor Manuel Villalobos Arámbula, V. M. (2023). Panorama agroalimentario. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
- Tovar, D. (2021, November 22). *Ventajas y Limitaciones del Polipropileno*. Globa Plast. <https://globaplast.com.mx/limitaciones-del-polipropileno/>
- Treviño-Garza, M. Z., Guerrero-Medina, A. S., González-Sánchez, R. A., García-Gómez, C., Guzmán-Velasco, A., Báez-González, J. G., & Márquez-Reyes, J. M. (2020). Production of microbial cellulose films from green tea (*Camellia sinensis*) kombucha with various carbon sources. *Coatings*, 10(11), 1132.

1.8. Anexos generales

La siguiente imagen muestra el equipo de electrohilado usado, Fluidnatek de Bioinicia, (**Fig. A1**).



Figura A1. Fluidnatek de Bionicia para realizar electrohilado (electrohilador).

2. Productos

Las **tablas 3, 4 y 5** muestran los productos entregados a inMateriis según lo acordado en el documento del anteproyecto.

Tabla 3. Ficha descriptiva de los resultados del ANOVA de 1 factor.

<i>Nombre y código del PAP</i>	4F04 Mejoramiento de la calidad, productividad y logística en la industria regional
<i>Nombre del proyecto</i>	Estudio, Desarrollo y Comercio de Celulosa Bacteriana para Quemaduras de Grado I y II
<i>Descripción</i>	<u>Concentración de aceite esencial de cebolla óptima según los resultados del ANOVA:</u> Reporte del ANOVA con su análisis e interpretación, donde se determina la concentración de aceite esencial de cebolla óptima para potencializar los apósitos. Se realizó este análisis de varianza de un factor para inMateriis para determinar qué concentración de aceite esencial de cebolla agregado al apósito de CB es la ideal para tener una función antimicrobiana sobre el apósito sin ser citotóxico para el mismo y demostrar que sí tenga un efecto estadísticamente significativo. Esto es importante para la integración del aceite como valor agregado al apósito de inMateriis en el mercado.
<i>Autores</i>	Alejandra García Moreno, Ana González Luna Díaz del Castillo, Dimitri Iván Panas López-Dellamary.

Tabla 4. Ficha descriptiva de las membranas de CB con diferentes concentraciones de aceite.

<i>Nombre y código del PAP</i>	4F04 Mejoramiento de la calidad, productividad y logística en la industria regional
<i>Nombre del proyecto</i>	Estudio, Desarrollo y Comercio de Celulosa Bacteriana para Quemaduras de Grado I y II
<i>Descripción</i>	<u>Aceites esenciales incorporados a las membranas de CB:</u> Análisis de la incorporación de diferentes concentraciones de aceite esencial de cebolla en el apósito, con su incorporación a las membranas de CB por electrohilado.

	Documentación fotográfica de las concentraciones de aceite esencial agregados a las membranas de CB por electrohilado. Se realizó esta documentación para inMateriis para verificar que las diferentes concentraciones de aceite esencial habían sido agregados por electrohilado de manera exitosa a las membranas de CB y a partir de ahí, poder realizar los análisis mencionados.
<i>Autores</i>	Alejandra García Moreno, Ana González Luna Díaz del Castillo, Dimitri Iván Panas López-Dellamary.

Tabla 5. Ficha descriptiva de los análisis del efecto del aceite esencial sobre las membranas.

<i>Nombre y código del PAP</i>	4F04 Mejoramiento de la calidad, productividad y logística en la industria regional
<i>Nombre del proyecto</i>	Estudio, Desarrollo y Comercio de Celulosa Bacteriana para Quemaduras de Grado I y II
<i>Descripción</i>	<u>Análisis del efecto del aceite esencial:</u> Análisis del efecto de las diferentes concentraciones de aceite esencial de cebolla agregados por electrohilado sobre la funcionalización de las membranas de CB (citotoxicidad y función antifúngica). Se realizó este análisis para inMateriis para observar el efecto de cada concentración de aceite esencial sobre el apósito de CB y poder determinar qué concentración de aceite esencial tiene mejor función antifúngica y citotoxicidad nula para incorporar dicho aceite esencial en los apósitos de CB lanzados al mercado.
<i>Autores</i>	Alejandra García Moreno, Ana González Luna Díaz del Castillo, Dimitri Iván Panas López-Dellamary.

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

Alejandra García:

El trabajar en la empresa de InMateriis me proporcionó una perspectiva más amplia de lo que significa trabajar con residuos agroindustriales y el alcance que pueden llegar a tener en la industria biomédica. Si bien, ya había trabajado en la empresa en el proyecto pasado, el volver a trabajar en esta empresa me permitió tener un acercamiento al proceso de producción de un biomaterial (celulosa bacteriana), el impacto que puede llegar a tener y las mejoras o innovaciones que se le pueden añadir a un producto ya establecido.

Así mismo, en este semestre, obtuve conocimiento sobre el proceso de electrohilado, como hacer las soluciones y utilizar la máquina hasta encontrar las condiciones óptimas. Asimismo, estuve en contacto con la extracción del aceite de cebolla. Aprendí los diferentes métodos y requisitos necesarios. Si bien, los parches de celulosa de inMateriis ha sido retrasada por la COFEPRIS, me llena de esperanza saber que existen empresas como InMateriis que se mantienen firmes cualquier tipo de corrupción con el fin de proporcionar productos que cumplan con todos los requisitos legales y éticos.

Otra de las razones por las que quise trabajar de nuevo en la empresa es porque como mujeres no tenemos muchos espacios de liderazgo en tecnología, al menos en México. El tener un modelo a seguir como Inés, también me llena de emoción, energía y esperanza porque nos demuestra que lo que te propongas lo puedes lograr. Ella maneja la empresa desde una flexibilidad y adaptación excepcional. La versatilidad que tienen los proyectos me parece admirable y está siempre dispuesta a apoyar nuevos proyectos.

Ana González Luna:

Para mí, aunque ya había estado involucrada con la compañía inMateriis en mi PAP pasado, fue totalmente nuevo involucrarme en un proceso como el del electrohilado. Es un proceso bastante artesanal que debe ser llevado a cabo con mucho cuidado y precisión, limpiando muy bien el equipo antes y después de usarlo y asegurando que no haya bloqueos en ningún paso del proceso. Estos detalles pueden hacer más lento el proceso, pero una vez que Dimitri y yo entramos en ritmo respecto al funcionamiento, funcionaba bastante mejor y daba muy buenos resultados.

También siempre se debe tener en consideración la parte ética, sobre todo en la parte experimental, porque claro que con sobornos, palancas, etc, son mucho más ágiles los trámites y asegura que sean aprobados por la COREPRIS o la organización pertinente, pero por otro lado, si es una innovación que va a beneficiar a muchísima gente o ayudar a muchísima gente y se va a tardar muchos años en ser aprobada precisamente por la corrupción que hay, podría llegar a ser un dilema si jugar el juego de la corrupción por un bien mayor que sería acelerar el proceso de aprobación y ya poder sacar un producto al mercado, o no. Pero está padre que inMateriis tiene eso muy claro y hacen las cosas como deben ser, aunque tarden más de lo que deberían y eso pueda perjudicar a gente en cuanto a no poder tener el producto que esté haciendo inMateriis de forma más rápida.

Dimitri Panas:

El Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) no es simplemente una forma de titularse realizando un trabajo, sino que también corresponde a una experiencia socio-profesional que nos lleva a enfrentarnos a retos, resolver problemas o innovar en un entorno sociocultural, trabajando con distintos grupos, instituciones, organizaciones, comunidades y demás. Así, al incluir también el Servicio Social, nos lleva a relacionarnos en un contexto o realidad específica y brindar un apoyo a estas según sus necesidades, problemáticas o retos que se presenten. De esta forma, durante la realización del presente proyecto fue posible involucrarse con la dueña y trabajadores de inMateriis, quienes fueron muy amables en prestarnos toda su atención, disposición e interés. Para esto, fue fundamental que nos pudiéramos integrar de manera adecuada a la empresa y que tuviéramos una comprensión de sus recursos, contexto, metas y necesidades. Empatizar con una empresa te permite visualizar con mayor claridad de dónde vienen, qué hacen y hacia dónde quieren ir.

En el caso particular de inMateriis y este proyecto, se trabajó con la producción de apósitos de celulosa bacteriana para el tratamiento de quemaduras de primer y segundo grado. La fabricación de un biomaterial que es biodegradable, biocompatible, no tóxico y sustentable supone una alternativa que favorece la salud pública a nivel nacional. Asimismo, esta celulosa es producida a partir de la fermentación con un sustrato que proviene de un residuo agroindustrial (ciruela amarilla), además del aceite esencial (cebolla morada) que

potencializa su funcionalidad con el efecto antimicrobiano, lo que impulsa el concepto de consumo y producción sostenibles, buscando la generación de una economía circular en donde se disminuya el desperdicio y se busquen aprovechar los recursos. Brindarles a las personas una alternativa que acelere la recuperación de sus heridas y disminuya sus complicaciones, además de colaborar con la industria agrícola del estado o país, así como también cuidar el ambiente pues se disminuyen las quemaduras de estos residuos, representa un proyecto completo con enfoque social priorizado.

En cuestión de las relaciones interpersonales, eso fue algo que estuvo constantemente presente al realizar este PAP. Y es que es prácticamente imposible realizar un proyecto socio-profesional en donde no haya que involucrarse con más personas. Así, en primer lugar, fue fundamental la comunicación asertiva y efectiva, tanto con mis compañeras de equipo, como con los asesores y, muy importante, con los de la empresa. Tener claridad sobre lo que quieres hacer, tus ideas y propuestas y poderlo comunicar de manera efectiva es directamente proporcional al éxito del proyecto. Durante la realización del proyecto tuvimos que escuchar atentamente las necesidades de la empresa, comprender lo que querían y entender la forma en que lo querían lograr. Así, fue necesario que nosotros, a partir de lo escuchado, planteáramos las soluciones y se las hiciéramos llegar de manera clara, resolviendo dudas, recibiendo retroalimentación, haciendo ajustes y, muy importante, explicando el porqué de la metodología o solución planteada. Esta dinámica enriquecedora de comunicación bidireccional permitió lograr soluciones exitosas, efectivas y de acuerdo con lo esperado por la empresa.

Un profesionista egresado del ITESO debe ser capaz, no solo de resolver los problemas de manera técnica, con sus conocimientos y habilidades de la carrera, sino también poder abordarlos con habilidades sociales como la comunicación asertiva, empatía, responsabilidad, ética, inteligencia emocional, flexibilidad, entre otras. Como futuro ingeniero en biotecnología, busco justamente poder incorporar todas estas habilidades, que he ido integrando durante mi carrera, en un ámbito o contexto socio-profesional con el objetivo de resolver los problemas de la manera más completa e integral posible. Este PAP permitió comenzar con este acercamiento y aplicar todo lo aprendido hasta este momento.

3.2 Aprendizajes logrados

Alejandra García:

InMateriis es una empresa en la que realmente tenía ganas de trabajar, ya que involucra la producción de biomateriales a partir de residuos. El trabajar activamente en la empresa por alrededor de 8 meses, me permitió aprender de varios sectores en un lapso relativamente corto de tiempo. Durante las prácticas del semestre fui capaz de aprender sobre los procesos necesarios para la extracción de aceite de cebolla ya sea con métodos de extracción con solventes o destilación. También aprendí sobre la composición y propiedades antiinflamatorias, antibacterianas, antifúngicas, antivirales y anticancerígenas de este tubérculo. Si bien fue complicado la extracción, me deja una gran perspectiva sobre los que se necesita para poder llevar a cabo un proceso así y obtener buenos rendimientos.

Asimismo, aprendí sobre qué es un electrohilado y los requisitos necesarios para obtener condiciones óptimas. También, reforcé mi conocimiento sobre los tipos de lesiones causadas por quemaduras como de primero, segundo y tercer grado, cuáles son las implicaciones y distintas maneras y medicamentos para tratarlo, y que siempre es posible innovar en un producto para mejorar el servicio.

De igual manera, mi conocimiento sobre biomateriales basados en celulosa bacteriana fue reforzado durante este semestre, y siempre teniendo en cuenta los formatos y normas que se deben de cumplir para llevar a cabo un producto dirigido a la industria biomédica.

Ana González Luna:

Para mí, aunque ya había estado involucrada con la compañía inMateriis en mi PAP pasado, fue totalmente nuevo involucrarme en un proceso como el del electrohilado. Yo nunca había escuchado de esta técnica ni de su aplicación en la industria con todo lo que conlleva un proceso así. Fue algo retador, sobre todo por sentir la presión de que los reactivos usados son caros y no son buenos para el medio ambiente, por lo que queríamos intentar lograr todo desperdiciando los menos reactivos posibles. Tuvimos que investigar mucho Dimitri y yo respecto al proceso para ser lo más eficientes posibles y aplicar el método lo mejor posible. Claro que es intentar hacer las cosas bien y no gastar recursos, reactivos, tiempo, etc, pero al

final todos eran muy amables y había un sentimiento de trabajo en equipo con Dimitri muy padre.

Este tipo de procesos experimentales tienen un rol enorme en el ejercicio de mi profesión porque para poder aportar cualquier innovación o proyecto para la comunidad, aunque sea para mejorar situaciones o que vaya dirigido al sector salud y pueda ser una innovación que ayude a muchísima gente, se tiene que pasar por todos los procesos de burocracia respaldada por procesos bien respaldados y documentados que suelen ser muy ineficientes en este país. Pero también, haciéndolo y siguiendo las metodologías pertinentes, le fui agarrando la onda y vi que tampoco es nada de otro mundo ni nada tan aterrador como parecía. Al final con hacer las cosas metódicamente y con cuidado, suelen salir bien las cosas y si no, hay mucha gente para apoyarte y corregir el error.

En el tema experimental y de laboratorio aprendí muchísimo porque el encargado del laboratorio (Poncho) estaba totalmente dispuesto a compartir sus conocimientos y explicarme en vez de hacerme sentir mal por no saber o usar su intelecto para demostrarme que era una tonta o algo así. Aprendí a llevar a cabo métodos analíticos nuevos, y sobre todo, a resolver problemas de falta de reactivos, escasez de material, etc, que son cosas que pasan en el laboratorio porque no todo puede estar siempre disponible y en perfectas condiciones para solo mover un dedo y que todo salga perfecto. Me adentré mucho en el mundo y proceso que es la celulosa bacteriana y las miles de aplicaciones diferentes que puede tener, aparte de entender ya de manera industrial y práctica como resolver algunos problemas o hacer ajustes para problemas de cultivos celulares, etc, al igual que en el mundo del electrohilado. Hay ajustes que hicimos de último momento en que nosotros ya no vamos a ver los resultados si es que sí funcionaron, pero para mí la parte importante fue tener y entender el razonamiento detrás de esos ajustes y de porqué algunos procesos no funcionaron. La verdad me gustaría poder continuar en este proyecto el siguiente semestre, pero fue mi último PAP, pero me quedo muy contenta con lo que sí logramos, sabiendo que podré poner en práctica todo lo que aprendí con estos dos PAPs.

Dimitri Panas:

El Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) es una experiencia muy fructífera y completa, en donde obtienes conocimientos de distintas áreas y eres capaz de aplicar, potenciar y obtener habilidades y actitudes que te permiten llegar a la resolución de problemas. Comenzando por el simple hecho de que, de manera particular en este PAP 4F04, se tienen numerosos asesores que te van acompañando durante la realización del proyecto. Tuvimos una asesora de impactos sociales que nos permitió precisamente identificar aquellas repercusiones que nuestro proyecto tiene sobre la empresa y la sociedad en general. Además, trabajamos con un asesor de KPI's, que básicamente nos permitió establecer los objetivos de nuestro proyecto y los indicadores de éxito o fracaso de este; se hizo énfasis en la comparación con trabajos anteriores, lo que permite tener una pauta para ver el avance del proyecto con respecto a lo que se tenía inicialmente o se había desarrollado. Asimismo, tuvimos colaboración de otro asesor que se dedicaba al diseño de experimentos y análisis estadístico, el cual fue fundamental para el desarrollo del ANOVA y la planificación de las distintas corridas y tratamientos, qué modificar, qué medir, entre otras cosas. Posteriormente nos brindó herramientas para determinar que nuestros tratamientos sí tengan una diferencia estadísticamente significativa entre ellas y el control, demostrando que sí hay un efecto en la variable de respuesta y determinando la condición que maximiza dicha variable. Finalmente, tuvimos más asesores que nos permitieron concientizar sobre cuestiones mercadológicas, de formato y redacción, planeación y gestión del proyecto, orden y estructura, etc.

Adicionalmente, se potenciaron conocimientos de la carrera al mismo tiempo que se adquirieron otros completamente nuevos. En cuestión de mis bases ingenieriles, de biotecnología y química, de cultivos, reactores y fermentadores, buenas prácticas de laboratorio y uso de Excel, puedo decir que las vi potenciadas, aplicadas y puestas en práctica de manera exitosa, logrando emplear cada una de estas a su manera para lograr el éxito del proyecto. Adicionalmente, adquirí más conocimientos de diseño de experimentos y análisis estadístico en Minitab, pues fue necesario plantear los distintos niveles a los que evaluaríamos nuestro factor (concentración de aceite esencial) y con los resultados determinar si verdaderamente se tiene un efecto estadísticamente significativo en la variable de respuesta y poder decir que sí hay diferencia entre un tratamiento y otro, así como concluir

cuál es el que maximiza el poder inhibitorio con un fundamento estadístico. Asimismo, obtuve más conocimientos de biomateriales, pues se trabajó con la producción y manejo de la celulosa bacteriana, desde su crecimiento, purificación y secado. Además, se conoció el equipo y fundamento de la técnica de electrohilado, lo cual permitió la adhesión del aceite esencial a los parches sin presentar citotoxicidad a los pacientes o al apósito mismo. Finalmente, utilizar la técnica de halos de inhibición te permite evaluar el efecto antimicrobiano de un agente sobre un microorganismo de manera cuantitativa, pudiendo así usar los resultados para un análisis estadístico como lo fue el ANOVA y LSD de Fisher.

Asimismo, puse en práctica mis habilidades como la comunicación clara y efectiva, la cual es fundamental al trabajar con más personas, ya sea en un equipo de trabajo o en el contexto de la empresa. También, tuve que ser meticuloso y estar detectando errores o detalles a mejorar, apliqué mi estructura de pensamiento lógica-matemática para la resolución de los problemas y la comprensión de los temas, conceptos y técnicas requeridas. En cuestión de habilidades nuevas o adquiridas, mencionaría el trabajo ordenado y estructurado gracias al manejo y uso del cronograma, el cual iba dando la pauta del proyecto y permitía saber en qué momento realizar ciertas actividades y saber si el avance del proyecto era el esperado hasta el momento. Finalmente, aprendí aún más sobre gestión y dirección de proyectos, pues era necesario plantearlo y ponerlo en práctica para lograr la solución propuesta, cumplir con los objetivos y brindarle un beneficio a la empresa, todo esto bajo un equipo de trabajo colaborativo que requería un funcionamiento interconectado.

Finalmente, fueron varias las actitudes personales que puse en práctica. Empleé el liderazgo y organización para distribuir las actividades que teníamos que realizar, siempre de forma inteligente y equitativa, en donde se aprovechen las habilidades de cada miembro con el fin de alcanzar el éxito como equipo. Asimismo, fui proactivo y enérgico, lo que me ayudó para estar proponiendo constantemente ideas, soluciones o alternativas, investigar los temas que no quedaban muy claros, estar preparado para las asesorías, trabajar y mantenerme activo, todo para potenciar y garantizar el mayor éxito posible. Me considero alguien muy dedicado que le gusta dar lo mejor de él mismo, buscando mejorar continuamente y hacer trabajos exitosos y de calidad. También, por parte de las actitudes que considero haber adquirido

durante la realización del PAP, es un mayor sentido de responsabilidad, pues se tenía un compromiso directo con la empresa y el ITESO para cumplir con los objetivos y brindar resultados satisfactorios. Adicionalmente, fue necesario que tuviera empatía para conectar de mejor manera con las necesidades de la empresa, entender lo que querían, sus recursos y demás para poder lograr una solución que fuera acorde a lo esperado y que les fuera de utilidad. La comunicación efectiva y bidireccional fue pieza clave para esto.

Por último, al trabajar con personas es necesario mantener una gran inteligencia emocional, pues es muy importante buscar la paz y la armonía, evitando problemas, llegando a soluciones efectivas y utilizando las emociones a mi favor, respetando y cuidando a los demás y simplemente buscando el bien común. Para esto, fue también fundamental la flexibilidad, pues muchas veces las cosas no salían como esperado, había contratiempos, contaminaciones, falta de recursos o de disponibilidad de equipos, y nos teníamos que adaptar, logrando los objetivos pese a las adversidades. Como es posible observar, el desarrollo de este proyecto fue una experiencia muy completa que permitió implementar y adquirir conocimientos, habilidades y actitudes que permitieran lograr la evolución del proyecto, desde el entendimiento de la problemática y los objetivos de la empresa, hasta el desarrollo de la metodología y finalmente la obtención y presentación de los resultados.

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

Para todos los integrantes del equipo:

Negro - Competencias iniciales

Naranja - Competencias reforzadas

Azul - Competencias nuevas

Alejandra García:

Competencias En este PAP para mejoramiento de la calidad, productividad y logística la industria regional puse en práctica distintos conocimientos básicos de química, matemáticas y biología celular. En el laboratorio nos vimos en la necesidad de realizar cálculos para formulación de soluciones para el electrohilado y la extracción del aceite esencial. Esto con el objetivo de las condiciones óptimas para el electrohilado y para las extracciones del aceite.

Los fundamentos de biología celular y química fueron requeridos para entender el proceso de producción de aceite esencial, los factores que aumentan los rendimientos del aceite y concentraciones a utilizar.

Aprendí nuevo vocabulario del área biotecnológica como lo que es un electrohilado, ya que no me había tocado ver o utilizar uno. Además de las habilidades teóricas y prácticas en el área de ingeniería en biotecnología, también se pusieron a prueba aptitudes como el trabajo en equipo y la comunicación, ya que fue fundamental para terminar los trabajos a tiempo con los objetivos que eran requeridos. También trabajé el pensamiento crítico y lógico para analizar los trabajos que nos pedían por parte del ITESO y las habilidades organizativas tanto en el laboratorio como con los trabajos. Asimismo, la puntualidad fue importante debido a que es una empresa y no una materia en la escuela, y la disciplina ya que fue necesario un trabajo constante para poder entregar los resultados a tiempo. Si bien, se necesitan equipos más grandes de extracción, los cuales no los tenía la empresa, si me dejó una gran perspectiva sobre lo necesario.

Ana González Luna:

En conocimientos, en ingeniería metabólica soy buena visualizando el funcionamiento de una ruta o vía metabólica y entender cómo interactúan los diferentes componentes, inhibiciones, etc para plantear alternativas. El tema de inhibiciones fue algo que apliqué para la medición de los halos de inhibición, de donde se desprendían todos los resultados relevantes de nuestro proyecto. Comprender cómo es que funcionan dichos halos de inhibición nos permitió detectar nuestras áreas de oportunidad para cuando sea que volvamos a realizar una prueba de este tipo, pues se deben monitorear muy de cerca diariamente los cultivos para medir el halo de inhibición en su punto óptimo. En este caso no fue necesario

el uso de ingeniería de biorreactores, cálculo multivariable, ingeniería térmica o biorremediación, más allá del uso de residuos agroindustriales y usarlos como sustrato con cierta composición de azúcares totales y reductores y la extracción del aceite esencial de residuos de cebolla. Aprendí mucho de microbiología enfocado al aislamiento y crecimiento de hongos, pues tuvimos que aislar *Penicillium* de un pan rancio y luego aislar el puro *Penicillium* para usarlo en nuestros cultivos para medir los halos de inhibición. Poncho nos enseñó muchos detalles de técnicas para el correcto aislamiento y crecimiento de dichos microorganismos, aparte de mejorar nuestras prácticas de laboratorio.

En habilidades, trabajé muchísimo la parte de trabajo en equipo, pues el proyecto no hubiera sido posible sin Dimitri, Poncho y sin el equipo de inMateriis que nos estuvo guiando y apoyando. Además, fue muy necesario el buen manejo de Excel para las pruebas estadísticas que realizamos y poder determinar la concentración de aceite esencial de cebolla ideal. Yo llevé diseño de experimentos hace muchos años y realmente nunca apliqué los conocimientos de esa materia, por lo que tuve que reaprender esos temas al hacer el ANOVA con los resultados obtenidos de los halos de inhibición. El hacer presentaciones bonitas y ordenadas fue especialmente útil para la realización del cartel, donde fue necesario sintetizar muchísima información de una manera visual. Aparte de integrar los colores de inMateriis en la paleta del cartel, realizar los diagramas, etc.

En actitudes, creo que se potencializó mucho el ser amigable, responsable, flexible y comprensiva en el trabajo con mi equipo del PAP, porque pasábamos muchas horas a la semana juntos en inMateriis, donde nos teníamos que dividir el trabajo en el laboratorio y para las demás entregas, confiando plenamente en que cada una iba a hacer lo suyo. Aprendí a poner límites y expresar mis necesidades porque no siempre hubo trabajo equitativo, por lo que tuve que comunicarme de manera efectiva para solucionar dichos problemas y recalcar la falta de trabajo colaborativo. Y ser perseverante fue muy importante, tanto para el electrohilado que a veces era bien trabajoso con tantos tubos tapados, etc, como para la parte microbiológica del proyecto de aislar *Penicillium* y encontrar el aceite esencial de cebolla que íbamos a usar. Yo tuve que trabajar mucho el pedir ayuda cuando la necesitaba, tanto a Dimitri como al equipo de inMateriis, sin el miedo de cometer errores o que fueran a pensar

mal de mí por no saber, y con eso aprendí muchísimo de temas muy variados, pero muy padres.

Dimitri Panas:

La relevancia o fortaleza muestra también entre corchetes una puntuación del 1 al 5, siendo 1 nada relevante y 5 muy relevante para la realización del proyecto.

Competencia		Evidencia	Relevancia/Fortaleza*
Conocimientos	Bases ingenieriles	Cálculos, estática y dinámica, mecánica de fluidos, álgebra lineal, estadística, programación, etc.	Te permiten desarrollar una estructura mental que facilita la resolución sistemática de problemas [4]
	Bases biotecnológicas	Biología celular, microbiología, biología molecular, genética, metabólica, cultivos celulares, etc.	Saber de cuestiones biotecnológicas es fundamental al trabajar en empresas relacionadas a productos biotecnológicos, pues se entiende lo que se está haciendo y se puede proponer mejoras [5]
	Bases químicas	Química general, fisicoquímica, bioquímica, química orgánica, etc.	La biotecnología es una rama de la química, por lo que tener bases químicas permite entender de mejor manera la biotecnología [5]
	Cultivos, reactores y fermentadores	Cultivo de células y tejidos vegetales/animales, biorreactores, bioproyectos, etc.	Para producir biomasa o metabolitos es indispensable trabajar con cultivos, reactores o fermentadores. Conocerlos permite buscar optimizaciones o ajustar las condiciones [5]
	Buenas prácticas de laboratorio	9 semestres de experiencia trabajando en los laboratorios de química y biotecnología con buenas prácticas de laboratorio	Tener buenas prácticas de laboratorio minimiza los errores, accidentes, fracasos y permite obtener mejores resultados, así como

			también disminuir riesgo de contaminación [5]
	Excel, SuperPro, MATLAB, Python	Excel se ha empleado en la mayoría de las materias. Las demás se han utilizado en simulación de bioprocesos, biorreactores, algoritmos y programación, etc.	Los softwares de este tipo son herramientas que pueden ser de gran utilidad para resolver numerosos problemas [2]
	ANOVA y Análisis Estadístico	Se realizó un ANOVA de un factor y se utilizó la prueba de comparaciones múltiples LSD de Fisher	Estos análisis y pruebas permitieron concluir con fundamento estadístico que verdaderamente existe una diferencia significativa entre los tratamientos realizados sobre la variable de respuesta, además de decir cuáles son diferentes entre ellas y cuál maximiza la respuesta objetivo [5]
	Biomateriales	Se trabajó con la producción y manejo de biomateriales, además de la constante búsqueda en literatura para saber más de ellos	Tener conocimientos sobre el producto principal de la empresa te permite generar mejores ideas y alternativas de solución, así como familiarizarte con él [5]
	Electrohilado	Se utilizó un electrohilador para electrohilar la solución de PCL con aceite esencial de cebolla a los apósitos de celulosa bacteriana	Se conoció el equipo y el fundamento de la técnica, que sirve para obtener fibras poliméricas y lograr una adhesión a los apósitos sin presentar complicaciones de citotoxicidad a los pacientes [5]
	Halos de Inhibición	Se utilizó el concepto de halos de inhibición para evaluar el efecto antimicrobiano del aceite	Tener una metodología cuantitativa para evaluar el efecto inhibitorio de un agente sobre un microorganismo es de gran

		esencial en los parches contra <i>Penicillium sp.</i>	utilidad, en especial si se desea realizar análisis estadísticos posteriores [5]
Habilidades	Comunicación clara	Redacción clara y correcta de reportes, así como también al presentar o exponer temas. Además, busco comunicarme claramente con mis compañeros para que no haya ambigüedades	Dar a entender una idea de la forma más clara posible es la clave de una buena relación entre personas [5]
	Meticuloso/Bueno detectando errores y detalles	Me suelo fijar hasta en el más mínimo detalle al hacer cualquier cosa, además de que los errores me brincan fácilmente y soy bueno detectándolos	Observar hasta el más mínimo detalle y detectar los errores permite generar trabajos de mayor calidad y nivel [4]
	Pensamiento lógico/matemático	Las materias de matemáticas, física y química han permitido tener una estructura mental que permite un acercamiento lógico/matemático en la resolución de problemas	Este tipo de pensamiento permite tener una forma estructurada de resolución de problemas y un arreglo mental que facilita el aprendizaje [4]
	Resolución de problemas	Durante el desarrollo de proyectos, como en bioproyectos, biorreactores, cinética y demás, surgen numerosos problemas que debes ir resolviendo para alcanzar el éxito	En cualquier lugar existen problemas y en cualquier lugar se buscarán resolverlos [5]
	Memoria y comprensión	Una vez aprendido un tema, lo busco comprender hasta el 100% posible y suelo tener buena memoria para recordar las cosas	Entender y comprender el tema que esté estudiando me permite aplicar esos conocimientos de manera práctica [3]

	Trabajo ordenado y estructurado	Se tuvo un cronograma de actividades que iba dando la pauta del proyecto	Tener las actividades estructuradas por semanas definidas permitió darle un seguimiento al avance del proyecto, establecer qué se tenía que hacer cada semana y detectar si íbamos en tiempo, atrasados o adelantados [5]
	Colaboración con asesores	Reuniones constantes con asesores de distintas áreas durante la realización del proyecto	Tener asesores de impactos sociales, indicadores y objetivos, estadística y diseño de experimentos, marketing, entre otros, te permite lograr un proyecto mucho más integral y completo [5]
	Gestión y dirección de proyectos	Desarrollar un proyecto, desde su planteamiento hasta sus soluciones y productos en un equipo de trabajo	Poder gestionar y dirigir un proyecto en un entorno de trabajo colaborativo te permite lograr los objetivos planteados de forma exitosa [5]
Actitudes	Líder	En todos mis equipos que he estado en la universidad suelo tomar el rol de líder, pues me gusta organizar las actividades, distribuir tareas de forma equitativa y alcanzar el éxito en equipo	Muchas veces en los equipos solo hace falta que alguien tenga un poco de iniciativa, fungiendo como la chispa que permite encender el fuego [3]
	Organizador	En los equipos desgloso todas las actividades/tareas que se tienen que hacer y me gusta distribuirlas según las habilidades individuales de cada integrante, así se aprovechan al máximo	Cuando se tienen muchos pendientes y actividades por hacer, ser organizado y distribuir las tareas permite lograr todo paso a paso [4]

	Proactivo	En los equipos suelo tomar el control y proponer constantemente ideas, soluciones o alternativas	Ser proactivo permite que el equipo sea más dinámico, pues se tiene un control y una constante proposición de ideas, soluciones y demás [3]
	Enérgico	Soy una persona muy activa y trabajadora, me gusta sentir que estoy aportando constantemente y ser un buen elemento	Para lograr las actividades y proyectos es necesario tener energía y estar activo [3]
	Dedicado	Me gusta sentir que soy lo opuesto a mediocre, buscando siempre hacer todo de la mejor manera posible y mejorar continuamente	La calidad y el éxito se pueden lograr si las personas de los equipos son dedicadas y buscan hacer su mejor trabajo posible [4]
	Responsable	Se tenía un compromiso directo con la empresa, por lo que teníamos que cumplir con sus expectativas y brindarles resultados satisfactorios	Cumplir con lo acordado es fundamental para generar confianza y ser un profesional responsable [5]
	Empático	Fue necesario empatizar con las necesidades y metas de la empresa para conectar con lo que querían lograr	La empatía te permite comprender de mejor manera las necesidades de los demás y poder llegar a soluciones adecuadas [3]
	Inteligente emocional	Comunicarte asertivamente con personas, mantener la paz y la armonía, así como también la integridad individual	Tener inteligencia emocional te permite evitar problemas, llegar a soluciones efectivas y utilizar las emociones a tu favor, respetando y cuidando a los demás, así como su bienestar [4]
	Flexible	Muchas veces las cosas no salen como planeas y te tienes que adaptar, así como también a los	Ser flexible te permite adaptarte de mejor manera ante las adversidades y

		tiempos de los demás y sus actividades	poder lograr los objetivos a pesar de estas [5]
--	--	--	---

En un proyecto tan completo e integral como lo es el PAP, son numerosos los conocimientos, habilidades y actitudes puestos en práctica y requeridos para lograr los objetivos y alcanzar el éxito. Así, realizar una tabla en donde se enumeren estas competencias, mencionando evidencias y su relevancia, te permite dimensionar el alcance del proyecto, concientizar todo lo puesto en práctica y lo obtenido, así como también observar un crecimiento personal. Al final de cuentas, todo lo expuesto en la tabla anterior es lo que me comprende como estudiante del ITESO y futuro ingeniero en biotecnología. Reflexionar acerca de las competencias trabajadas y adquiridas te permite aprender y crecer como persona, pues, como ya mencioné con anterioridad, me gusta siempre dar lo mejor de mí y buscar mejorar constantemente. Gracias a este PAP es que pude aplicar lo visto en la carrera, no solo a nivel académico con mis conocimientos técnicos, sino también a nivel personal y profesional, con las habilidades sociales y de trabajo colaborativo que son fundamentales para todo profesionista.