

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**  
**Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales**

**Sustentabilidad y tecnología**

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)**  
**Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I**



**ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara**

**4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I**  
**Aislamiento e identificación de microorganismos de una composta con**  
**origen de fuentes agroindustriales para su posterior aplicación**  
**biotecnológica en CIATEJ, unidad Zapopan**

**PRESENTAN**

Programas educativos y Estudiantes  
Ing. en Biotecnología, Tania Janeth Herrera Vergara

Profesor PAP: Dra. Lorena Amaya Delgado  
Tlaquepaque, Jalisco, julio de 2023

## ÍNDICE

### Contenido

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| REPORTE PAP .....                                                           | 2  |
| Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional ..... | 2  |
| Resumen .....                                                               | 3  |
| 1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....          | 3  |
| 1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto .....                           | 4  |
| 1.2 Caracterización de la organización.....                                 | 9  |
| 1.3 Identificación de la(s) problemática(s) .....                           | 11 |
| 1.4. Planeación de alternativa(s).....                                      | 12 |
| 1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora .....                             | 15 |
| 1.6. Valoración de productos, resultados e impactos .....                   | 31 |
| 1.7. Bibliografía y otros recursos .....                                    | 32 |
| 2. Productos .....                                                          | 35 |
| 3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....                         | 36 |
| 3.1 Sensibilización ante las realidades .....                               | 36 |
| 3.2 Aprendizajes logrados .....                                             | 37 |

# REPORTE PAP

## Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

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

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

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

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

*El Reporte PAP consta de tres componentes:*

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

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

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

## Resumen

El PAP “Aislamiento e identificación de microorganismos de una composta con origen de fuentes agroindustriales para su posterior aplicación biotecnológica” se realizó en la unidad Zapopan de CIATEJ, durante el periodo de verano 2023 (mayo-julio) con la dirección de la Dra. Lorena Amaya Delgado. Se planteó como objetivo general aislar e identificar microorganismos de una composta con residuos agroindustriales a base de bagazo de agave y vinazas de tequila. Para alcanzar dicho objetivo, se establecieron los siguientes objetivos particulares: aislar microorganismos a partir de una composta de bagazo de agave y vinazas de tequila, clasificar la morfología de las colonias de los microorganismos aislados, identificar los microorganismos presentes por MALDI TOF y, por último, revisar de manera bibliográfica aplicaciones sobre los microorganismos identificados.

El presente PAP abordó la problemática del desperdicio de los residuos agroindustriales, pretendiendo así, generar una bioprospección de microorganismos provenientes de una composta a base de bagazo de agave y vinazas de tequila. Se identificaron 6 microorganismos de interés, entre los cuales se encuentran las bacterias *Cellulosimicrobium cellulans* y *Streptomyces violaceoruber*. Se determinó a través de investigación que la principal bacteria de interés es *C. cellulans*, ya que es capaz de producir enzimas lignocelulósicas, como las xilanasas y las celulasas, bajo condiciones ideales.

## 1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa construir sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y

en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

El presente PAP se lleva a cabo en colaboración con el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. (CIATEJ). Este Centro es una institución que se enfoca en llevar a cabo actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación a través de soluciones tecnológicas y desarrollo de capital humano que contribuyen a mejorar la competitividad de distintas áreas como la agricultura, la industria alimentaria, la salud animal y humana, el medio ambiente y la energía sustentable [1].

El proyecto se realiza dentro de CIATEJ, en el área de Biotecnología Industrial, enfocada en generar conocimiento para la proposición de soluciones biotecnológicas para el desarrollo sustentable de bioprocesos [2]. El proyecto planteado se describe como experimental, y tiene como objetivo general Aislar e identificar microorganismos de una composta con origen agroindustrial, para posteriormente evaluar su potencial biotecnológico en el mejoramiento de suelos, control biológico o biorremediación.

Para lograr el propósito establecido, se cuenta con los siguientes objetivos particulares:

- Determinar la composición microbiana presente en la composta de bagazo de agave y vinazas de tequila
- Comparar la morfología de las colonias inoculadas.
- Identificar los microorganismos presentes por MALDI TOF.
- Determinar, con base en fuentes bibliográficas, las posibles aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos identificados.

### 1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

A través de técnicas de extracción directa, química o de procesamiento microbiológico, la biotecnología permite la bioconversión de residuos agroindustriales en productos de interés comercial, sin embargo, la biotecnología se enfrenta hoy en día a distintos obstáculos que impiden la fluidez de los procesos. Es así como la biotecnología moderna ha optado por la búsqueda y utilización de materias primas económicas y accesibles que puedan servir como sustratos fermentables. En la industria se producen distintos subproductos a través de los

bioprocesos agroindustriales, como los de la industria vitivinícola y la industria tequilera, los cuales podrían ser utilizados como sustrato para la producción de metabolitos de interés económico como los mejoradores de suelos, controladores biológicos o productos para la biorremediación [3].

### *Producción de tequila*

En México, la producción de tequila ha tenido un rol significativo en el desarrollo agrícola e industrial, sobretudo en el estado de Jalisco, debido a que el consumo y producción de tequila ha tenido un comportamiento creciente. A través de la producción de tequila se generan dos principales subproductos, las vinazas y el bagazo, los cuales tienen cierto nivel de contaminación por ser residuos agroindustriales [4].

### *Vinazas tequileras*

La industria tequilera, a través de la producción de tequila, genera efluentes considerados vinazas tequileras. Estos son residuos líquidos de la etapa de destilación del mosto de agave. Aproximadamente se generan 10 litros de vinaza por cada litro de tequila producido, es decir, el residuo es 10 veces mayor al producto de interés. Estas vinazas suelen tener una carga elevada de materia orgánica, lo cual las hace capaces de ser utilizadas como abono en el suelo [5].

### *Bagazo de agave*

Se considera bagazo de agave al residuo fibroso después de que las piñas del agave pasan por un procesos donde son cortadas en trozos, cocidas, enjuagadas y exprimidas para obtener el azúcar fermentable para la producción de tequila [6]. En 2014 la producción de tequila generó 240 mil toneladas de bagazo en México. El 59% de una combinación de esta cantidad de bagazo con 1.6 millones de metros cúbicos, recibió un segundo tratamiento, como se muestra en a figura 1 [7].



**Figura 1. Tratamientos secundarios de los residuos de la producción de tequila [7].**

### *Compostaje*

El compostaje es definido como el proceso por el cual una mezcla de materiales ya sean de origen vegetal o animal se descomponen parcialmente bajo actores biológicos para lograr un producto final análogo al humus de variable composición. Resulta de interés e importancia aprovechar los desechos orgánicos ya que representan alternativas tecnológicas, ecológicas y económicas con el fin de obtención de composta para ser utilizado como biofertilizante y mejorador de suelos. Se pretende de esta manera, sustituir el uso de fertilizantes convencionales con el uso de abonos orgánicos, a través de soluciones que permiten una reducción en la inversión para adquirir estos productos [8].

Los fertilizantes orgánicos tienen múltiples efectos en las propiedades agronómicas del suelo que pueden aumentar significativamente el rendimiento de los cultivos cuando son utilizados de manera correcta. Es por ello que se justifica su utilización como sustitutos naturales como residuos de cultivos, estiércol, abonos y compost para aumentar el rendimiento y la cantidad de materia orgánica del suelo. Esto se debe principalmente a que los residuos orgánicos tienen una gran cantidad de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes [8].

El compostaje provee beneficios ante su accesibilidad económica, su capacidad de ser renovable y su contenido de nutrientes. Durante el compostaje se reduce la presencia de organismos patógenos logrando de esta manera tener productos estables. Adicionalmente, se

producen reacciones de transformación y degradación de la materia orgánica. Es así como las compostas ricas en microorganismos pueden degradar contaminantes transformándolos en sustancias menos tóxicas [8].

#### *Algunos microorganismos con potencial biotecnológico*

Actualmente en CIATEJ se está realizando una bioprospección de microorganismos provenientes (aislados) de una composta a base de bagazo de agave y vinazas de tequila. En el presente PAP se pretende identificar los microorganismos presentes en la composta para evaluar su posterior uso biotecnológico. Por ello, es importante conocer los tipos de bacterias de interés para bioprospección.

- *Actinobacterias*

Este tipo de bacterias es conocida también como actinomicetos debido a su morfología característica. Son bacterias Gram positivas distribuidas en distintos hábitats, principalmente en suelo, mar y en sedimentos de lagos y ríos. Sus principales funciones en la naturaleza están relacionados con el reciclaje de la materia orgánica que desintegra compuestos resistentes que otras bacterias comunes y hongos filamentosos no pueden descomponer, participando así en la mineralización del material orgánico o en la formación de humus. Otra de sus funciones está relacionada con la regulación de la composición de comunidades microbianas del suelo a través de mecanismos basados en un antagonismo microbiano. Adicionalmente, estas bacterias son grandes productoras de compuestos bioactivos, como antibióticos y otras sustancias utilizadas en las industrias farmacéutica, alimentaria y ambiental [9].

- *Rizobacterias*

La rizosfera es un sistema dinámico donde hay una máxima actividad microbiana con interacciones entre raíz y microorganismos que son esenciales para el mantenimiento del crecimiento y la productividad vegetal. Estas interacciones entre microorganismos pueden ser benéficas, neutras o perjudiciales [10]. El mutualismo más importante de la rizosfera es

de tipo benéfico, e involucra las interacciones entre plantas y bacterias asociadas a las raíces denominadas rizobacterias [11].

- *Bacterias promotoras del crecimiento de las plantas*

Existen bacterias que se encuentran en libertad en el suelo y facilitan de manera directa o indirecta el enraizamiento y crecimiento de las plantas. Estas bacterias, conocidas como promotoras del crecimiento vegetal, pueden ser rizobacterias [11] o actinobacterias [12].

- *Rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas*

Las rizobacterias son de gran valor y promesa en el campo de la biorremediación y fitorremediación asistida. Las bacterias que promueven el crecimiento de las plantas (PGPR por sus siglas en inglés) son especialmente importantes para la agricultura sostenible y la recuperación de suelos contaminados por metales pesados. No sólo pueden aumentar la disponibilidad y absorción de metales, sino que también ayudan a reducir su toxicidad. De igual manera, las PGPR son eficaces en la fitorremediación del petróleo y otros contaminantes porque facilitan un mayor crecimiento de plantas y una mejor remediación de suelos contaminados en comparación con el uso de plantas solamente. Un ejemplo donde se utilizan estas rizobacterias son los sitios mineros que sufren de una gran contaminación de metales y que deben ser gestionados para prevenir daños significativos al medio ambiente y a la sociedad [13]. Esta actividad PGPR ha sido reportada en cepas de diversos géneros, tales como: *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Gluconoacetobacter*, *Pseudomonas* y *Serratia*, de los cuales *Bacillus* y *Pseudomonas* son los más estudiados actualmente [14].

### *Enzimas*

Las enzimas son proteínas formados de aminoácidos unidos de manera covalente y son capaces de catalizar una variedad de reacciones químicas en los organismos. La actividad catalítica de las enzimas depende de su estructura tridimensional, ya que ahí es donde se forman cavidades “sitio activo” que tienen afinidad por moléculas específicas que son convertidas en productos. Las enzimas también pueden ser utilizadas fuera de las células, por ejemplo, en procesos de fermentación para la producción de pan y queso [15].

### *Enzimas lignocelulíticas*

Gracias a los beneficios que ofrecen en la optimización de procesos, las enzimas lignocelulíticas tienen una gran importancia en distintas industrias entre las cuales destacan la alimentaria, la textil, la agricultura y la investigación. Las celulasas y las xilanasas son dos ejemplos de enzimas lignocelulíticas [16]. La producción de azúcares fermentables, como la glucosa a partir de desechos agroindustriales, depende de distintos factores, entre los cuales se puede mencionar la disponibilidad de los sustratos, así como la producción de enzimas que contengan una alta actividad enzimática y una larga vida útil [17].

### *Celulasas*

Las celulasas están compuestas por un sistema enzimático con cuatro enzimas. Primeramente, se encuentra la  $\beta$ -glucanasa que se encarga de hidrolizar celulosa a glucooligosacáridos. A su vez, se encuentran la exo  $\beta$ -glucanasa, encargada de liberar glucosa de la celulosa; la celobiohidrolasa que libera celobiosa de la celulosa cristalina, y por último, la  $\beta$ -glucosidasa [16].

### *Xilanasas*

Las xilanasas, como su nombre indica, son las enzimas responsables de la degradación del xilano [18]. Las principales enzimas implicadas en la hidrólisis del xilano son las endo-1,4- $\beta$  xilanasas que rompe enlaces glucosídicos de la cadena xilánica principal para la producción de  $\beta$ -oligómeros D xilopiranosil, y la  $\beta$ -xilosidasa para hidrolizar xilobiosa y xilanoligosacáridos [16]. Estas xilanasas pueden ser producidas por algas, crustáceos, insectos, levaduras, bacterias e inclusive hongos [18].

## 1.2 Caracterización de la organización

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. (CIATEJ) es un Centro Público de investigación perteneciente al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnologías (CONAHCYT), encargado de impulsar el desarrollo sostenible de México a través de conocimiento de vanguardia, así como de aplicaciones innovadoras en ciencia y tecnología. CIATEJ AC atiende con integridad, eficiencia y eficacia

a los sectores de Bioprocesos y Energía Sustentable, al mismo tiempo que se ofrecen servicios biotecnológicos que permiten mejorar procesos y productos a través de colaboraciones entre distintos actores para ser más competitivos [19]. Recientemente el sector de los Bioprocesos y el de Energías Sustentables han sido enriquecidos por su conjunción con factores relacionados al cumplimiento de normas que favorecen la aplicación biotecnológica en procesos de la industria [20].

La Unidad de Biotecnología Industrial tiene una orientación hacia el desarrollo de productos y servicios en sectores claves de la industria agroalimentaria, entre los cuales se puede encontrar la biotransformación, el aprovechamiento de residuos agroindustriales, así como el desarrollo de bio-combustibles. Adicionalmente, se obtienen biocatalizadores a través del aislamiento de microorganismos, se implementan métodos de selección, se diseñan y aplican enzimas para la obtención de compuestos bio-activos y metabolitos de interés comercial [20].

El área de Biotecnología Industrial está conformado por un equipo de 18 investigadores que cumplen los valores y filosofía de CIATEJ, además de cumplir atentamente a las necesidades de clientes y colaboradores para ofrecer propuestas innovadoras. Adicionalmente, se cuenta con equipos que permiten ofrecer servicios altamente especializados para la optimización de procesos fermentativos y la aplicación de biocatalizadores, siguiendo un sistema de gestión de calidad. Se realizan trabajos multidisciplinarios en colaboración con otros Centros Públicos, universidades y con industrias tanto a nivel nacional como internacional, siempre buscando soluciones innovadoras [20].

La Dra. Lorena Amaya Delgado es la directora de la unidad de Biotecnología Industrial de la sede CIATEJ Zapopan. Tiene un doctorado en ciencias en la especialidad de Biotecnología, es Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en el área de Química y Biología. Adicionalmente, es investigadora titular C y es administradora de proyectos profesionales. Su principal interés está relacionado con el estudio y desarrollo de procesos enzimáticos y fermentativos para su aplicación industrial a través de la colaboración de distintas áreas de conocimiento, entre las que se encuentran la biocatálisis, la ingeniería, la biología molecular, además de estrategias de escalamiento [21].

Dentro de los procesos fermentativos, el enfoque de la Dra. Amaya se concentra en el estudio de levaduras y hongos para la producción de metabolitos de interés, valorizando residuos agroindustriales; la producción de alcoholes biocombustibles, aromas y edulcorantes, entre otros. Por último, se realizan estudios fisiológicos y moleculares de levaduras bajo condiciones de estrés fermentativo [21].

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

La generación de desechos agroindustriales en diversas fases de producción es una preocupación a nivel mundial que contribuye a un proceso de contaminación ambiental, debido a que normalmente estos desechos no son procesados ni eliminados de manera adecuada. Estos tienen un significativo potencial de tener un segundo uso en distintas actividades, como la creación y mejoramiento de bienes [22].

En México, la demanda de tequila y otros productos derivados del agave ha fomentado un incremento, no solo de las producciones, sino también de la generación de residuos como el bagazo de agave y las vinazas [23]. En los últimos años se ha buscado aprovechar este tipo de residuos con el fin de darle un segundo uso a materiales que de otra forma se mantendrían como residuos contaminantes de suelos y aguas. De esta manera, se ha buscado, por ejemplo, tomar el bagazo de agave como fuente abundante y atractiva de biomasa para la producción de biocombustibles a través del cultivo de microalgas en reactores solares [24]. Por otra parte, también se ha buscado el aprovechamiento de biomasa lignocelulósica para la producción de bioetanol con la participación de distintos microorganismos, aunque en dichos casos es necesario agregar etapas de pretratamiento, sacarificación enzimática, fermentación y finalmente de purificación para la correcta obtención del producto deseado. Si bien a través del bagazo de agave se puede producir etanol lignocelulósico, este proceso tiene limitantes debido a altos costos de producción y su baja competencia contra etanol de primera generación y combustibles fósiles [25], lo que deja abierta una gran área de mejora e investigación.

A pesar de que ya hay ejemplos de aplicaciones biotecnológicas del aprovechamiento de bagazo de agave como desecho agroindustrial, hay todavía nuevas ideas que se pueden lograr a través de la investigación y experimentación. De esta manera, el análisis de los posibles

microorganismos que se pueden cultivar en residuos agroindustriales y la evaluación de sus aplicaciones para la producción de metabolitos de interés industrial, permitirá desarrollar procesos biotecnológicos en un concepto de sustentabilidad. Además, se busca la integración de los residuos agroindustriales en un modelo de economía circular en producciones a gran escala.

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

A través de la identificación de distintos microorganismos de una composta perteneciente a CIATEJ, conformada de bagazo de agave y vinazas de tequila, se pretende realizar una bioprospección para aislar algunos microorganismos de interés encontrados en los residuos de la agroindustria. De esta manera, se busca el posterior mejoramiento del suelo para promover el crecimiento de las plantas.

Para la identificación de los microorganismos se toman muestras de una composta con bagazo de agave y vinazas de tequila, perteneciente a CIATEJ. Posteriormente, se realizarán diluciones de cada muestra para que no queden muy saturadas de microorganismos y estos realmente puedan crecer sin contaminación de otros microorganismos. Se prepara tanto medio Luria (LB), como medio Bennett, con ciertas especificaciones indicadas por la Dra. Amaya, y después de esterilizarse se vierten en cajas de Petri. Posteriormente, se plaquean las últimas dos diluciones en cada medio y se incuban las placas durante dos días a 30°C. Después, se observa el crecimiento de cada caja y se elige la dilución que muestra mayor presencia de microorganismos en cada medio. Se hace el conteo y la identificación de colonias a través de las distintas morfologías presentes. Dependiendo de la presencia de las colonias, se selecciona cierto número para poner en cajas de Petri con 8 cortes para los microorganismos seleccionados. Se dejan incubar las cajas de Petri por dos días. En una placa de MALDI TOF (spectrometría de masas por desorción/ionización laser asistida por matriz) se colocan muestras por duplicado de cada microorganismo y se hace el análisis. Una vez que se identifican los microorganismos encontrados, y con ayuda de la Dra. Amaya, se decide cuáles serán aislados en su respectivo medio de cultivo. Se incuban por dos días más y se almacenan en un refrigerador a -20°C.

Por lo tanto, en el presente PAP se pretende realizar una bioprospección de alguno de los microorganismos identificados por MALDI TOF para su posterior cultivo en sustratos de residuos agroindustriales como el bagazo de agave y las vinazas. De esta manera se permitiría la reutilización y aprovechamiento de residuos como sustratos para la obtención de un metabolito o enzimas de interés. En diferentes estudios, las bacterias seleccionadas han demostrado tener efecto positivo en el crecimiento de las plantas, por lo que pueden ser utilizadas como biofertilizante y algunas inclusive como biocontroladoras para las plantas [26]. Cabe resaltar entonces, que el presente trabajo tiene un enfoque en la prospección del cultivo de los microorganismos, ya que es el inicio de un nuevo proyecto desarrollado por la Dra. Amaya.

La identificación de microorganismos tradicionalmente se basa en pruebas *in vitro* con reacciones bioquímicas y en tinciones que permiten la clasificación de morfologías microscópicas. Estas técnicas relacionadas a los fenotipos se enfrentan a limitaciones ya que dependen del metabolismo de los microorganismos requiriendo así de cultivos con suficiente crecimiento y breves tiempos de incubación. Se han presentado nuevas alternativas para la identificación de microorganismos como aquellas que involucran la microbiología clínica, basados en secuenciaciones del ácido ribonucleico ribosomal (ARNr) o la detección de genes específicos por reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) en tiempo real. Por otro lado, la espectrofotometría de masas puede ser utilizada para la identificación de microorganismos gracias a la tecnología de ionización o desorción láser asistida por una matriz con detección de masas por tiempo de vuelo, a través de un equipo llamado MALDI-TOF MS por sus siglas en inglés (matrix assisted laser desorption ionization-time of flight-mass spectrometry) [27].

En la tabla 1 se muestra un cronograma representativo de las actividades para la realización del presente PAP. Se especifica a través de ella cuáles son los recursos humanos, materiales, y tecnológicos esenciales para cumplir con el objetivo planteado a lo largo de 8 semanas. Adicionalmente, se muestra el tiempo en días y la o las semanas destinadas para la realización de cada actividad. Por otro lado, en la tabla 2 se presentan las abreviaturas utilizadas en la sección de recursos de la tabla 1.

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

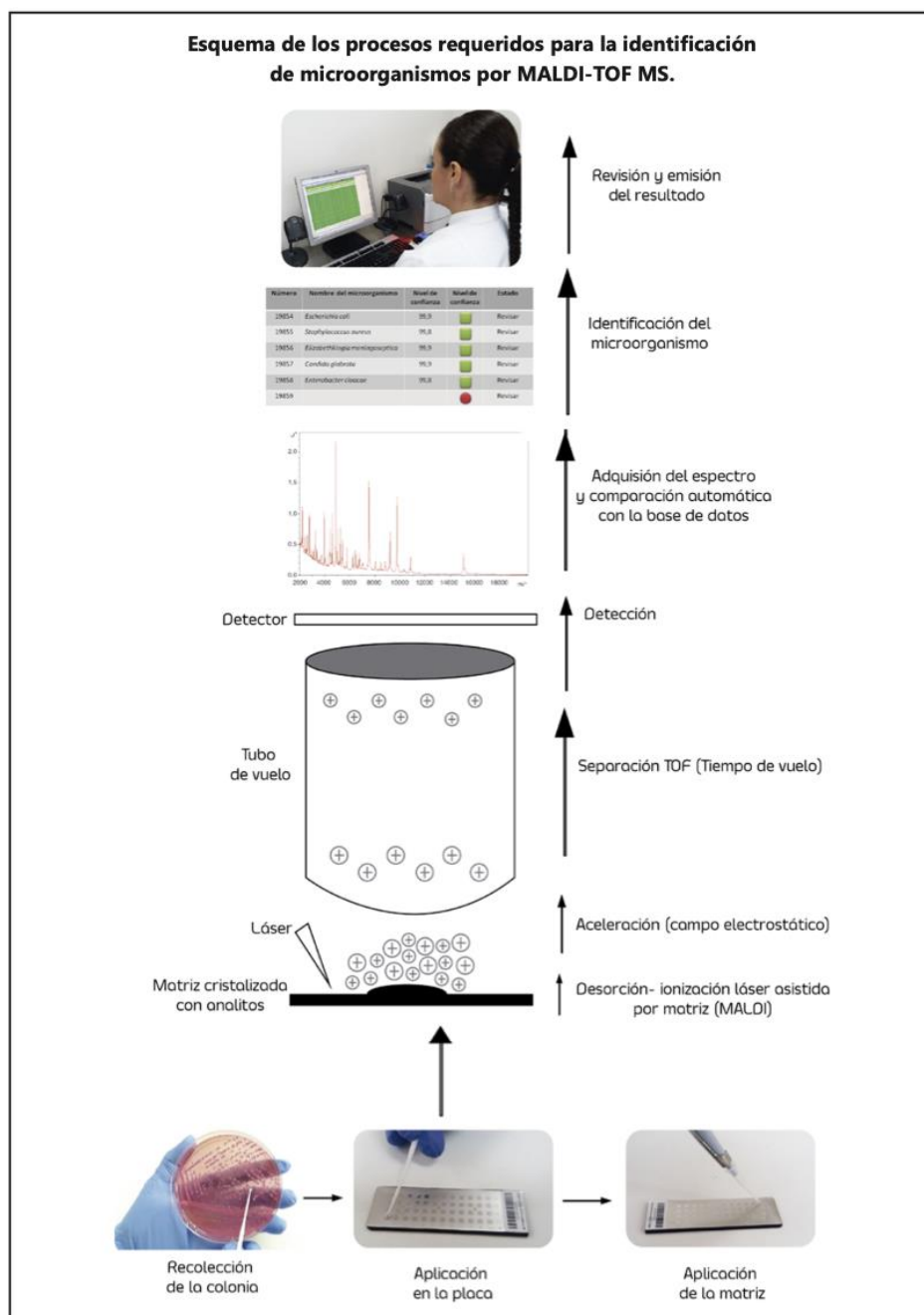
| Actividades                                                                    | Recursos                   | Tiempo (días) | Semanas |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|
|                                                                                |                            |               | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Toma de muestra de composta                                                    | TP                         | 2             |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Aislamiento de microorganismos de composta a base de bagazo de agave y vinazas | TP<br>EL<br>CC<br>ML       | 8             |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Entrega avance 1                                                               | TP                         | 1             |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Preparación de medios de cultivo para crecimiento de microorganismos aislados. | TP<br>EL<br>ML             | 4             |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Identificación de microorganismos aislados por MALDI TOF                       | TP<br>EL<br>ML<br>MA<br>MT | 6             |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Revisión bibliográfica sobre aplicación de microorganismos identificados.      | TP<br>TC                   | 12            |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Entrega avance 3                                                               | TP                         | 1             |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Discusión de resultados y escritura de informes.                               | TP<br>TC                   | 5             |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Presentación del avance 4 a la directora PAP.                                  | TP                         | 1             |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Presentación final.                                                            | TP                         | 1             |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Entrega final del reporte PAP.                                                 | TP                         | 1             |         |   |   |   |   |   |   |   |

**Tabla 2. Abreviaturas de los recursos señalados en el cronograma de actividades.**

| Recursos utilizados |                                       |
|---------------------|---------------------------------------|
| Abreviatura         | Significado                           |
| TP                  | Trabajo personal del estudiante       |
| TC                  | Trabajo de consulta con la Dra. Amaya |
| CC                  | Composta de CIATEJ AC                 |
| EL                  | Equipo de laboratorio                 |
| ML                  | Material de laboratorio               |
| MA                  | Microorganismos aislados              |
| MT                  | MALDI TOF                             |

### 1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

Para la identificación de los microorganismos presentes en la composta de CIATEJ con vinazas de tequila y bagazo de agave, se siguieron distintos procedimientos. Primeramente se formuló el medio de cultivo y se almacenó en cajas de Petri. Posteriormente se tomó la muestra de la composta, se realizaron diluciones y se plaquearon las cajas de Petri por el método de vaciado y extensión de placa. Después de ser incubadas estas cajas, se hizo un conteo de las colonias con un contador manual junto con la identificación morfológica para preparar la identificación en MALDI TOF MS. En la figura 2 se muestra un diagrama del procedimiento a seguir para esta técnica [27].



**Figura 2. Procedimiento y funcionamiento de identificación de microorganismos por MALDI-TOF MS.**

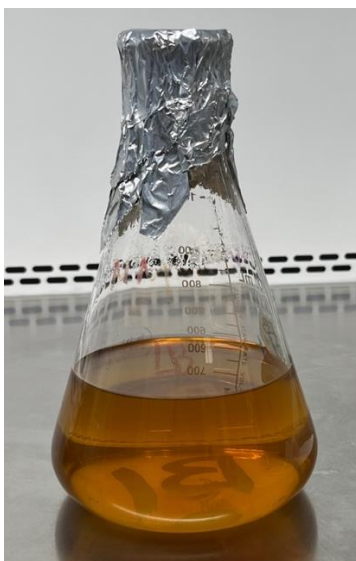
### *Preparación de medios de cultivo*

Se prepararon 600 mL de medio de cultivo LB y de Bennett en matraces Erlenmeyer. Para el medio LB se añadió, según lo indica la tabla 3, agar, peptona bacteriológica, extracto de levadura y cloruro de sodio, y para el medio Bennet se añadió agar nutritivo, glucosa y extracto de levadura. Se ajustaron los pH a 7 y 7.3, respectivamente, y se esterilizaron los

medios en la autoclave a 121°C por 15 minutos. Una vez esterilizados los medios (figura 3) se vaciaron en cajas de Petri siguiendo las respectivas medidas de seguridad por lo caliente de la esterilización. Adicionalmente, una vez estéril el medio, se le agregaron 60 mg de nistatina (antifúngico) con 1 mL de etanol al 70% a cada medio para analizar solamente el crecimiento bacteriano de la composta.

**Tabla 3. Formulación de medios de cultivo.**

| <b>Medio Luria (LB)</b>               |                      | <b>Medio Bennett</b>                  |                      |
|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| <b>pH = 7.0</b>                       |                      | <b>pH = 7.3 ± 0.2</b>                 |                      |
| Componente                            | Cantidad para 600 mL | Componente                            | Cantidad para 600 mL |
| Agar                                  | 12 g                 | Agar nutritivo                        | 13.8 g               |
| Peptona bacteriológica                | 6 g                  | Glucosa                               | 6 g                  |
| Extracto de levadura                  | 3 g                  | Extracto de levadura                  | 0.6 g                |
| Cloruro de sodio                      | 3 g                  | Nistatina (después de esterilización) | 60 mg                |
| Nistatina (después de esterilización) | 60 mg                |                                       |                      |



**Figura 3. Medio LB estéril**

### *Toma de muestra*

Para la identificación de los microorganismos presentes en la composta, se tomaron tres muestras en la semana 1 y otras tres en la semana 3 para permitir un mayor crecimiento de los microorganismos presentes en la composta (figura 4). Dentro de la campana de esterilidad, se tomó 1 g de cada muestra utilizando pinzas de disección de acero inoxidable y una balanza analítica. La muestra se introdujo en un tubo Falcon de 15 mL, se le adicionó 5 mL de agua destilada estéril (figura 5) y se agitó en vórtex (figura 6) para homogeneizar la mezcla.



**Figura 4. Muestras tomadas de la composta**



**Figura 5. Muestra con agua destilada estéril**



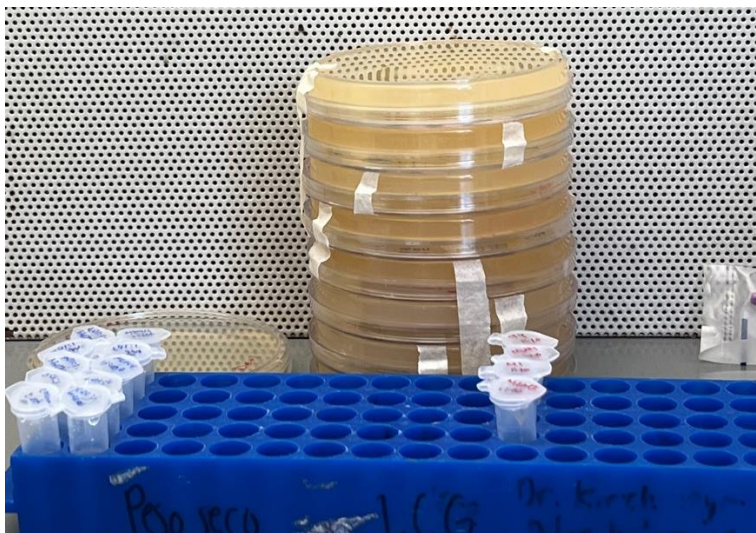
**Figura 6. Muestra en vortex para lograr homogeneidad**

#### *Diluciones de muestras*

Se tomaron 100  $\mu\text{L}$  de la mezcla homogeneizada (figura 7) y se le añadieron 900  $\mu\text{L}$  de agua destilada estéril para la primera dilución. Posteriormente, se colocó el microtubo con la dilución sobre el vortex por varios segundos para mezclar bien la muestra y lograr homogeneidad, se tomaron 100  $\mu\text{L}$  y se vertieron en un nuevo tubo Eppendorf junto con 900  $\mu\text{L}$  de agua destilada estéril. Este mismo procedimiento se repitió 5 veces más para obtener un total de 7 diluciones, donde las de interés fueron la  $1 \times 10^6$  y  $1 \times 10^7$  (figura 8).



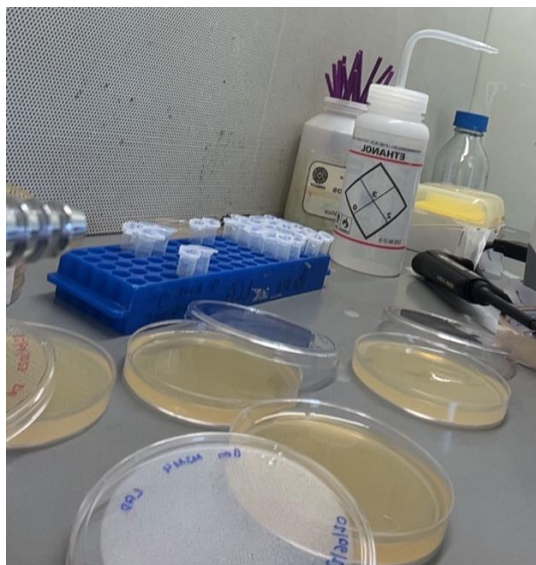
**Figura 7. Muestra para la primera dilución**



**Figura 8. Diluciones  $1 \times 10^6$  y  $1 \times 10^7$**

#### *Plaqueo en cajas de Petri*

Para el plaqueo de las muestras, se tomaron 100  $\mu\text{L}$  de la dilución  $1 \times 10^6$  y se colocaron en una caja de Petri con medio Bennett y, posteriormente, se distribuyó la muestra con ayuda de un asa espatulada estéril, con movimientos circulares, dado que es de interés que las colonias crezcan en el centro de la caja y no en las orillas. Los movimientos circulares se mantienen hasta que se seque la muestra en el medio, indicando así que se absorbió correctamente (figura 9). A su vez, se distribuyeron otros 100  $\mu\text{L}$  en una caja de Petri con medio LB con la misma técnica. El mismo procedimiento se repitió para la dilución  $1 \times 10^7$  de cada muestra, por lo que al final se obtuvieron 2 cajas de Petri de cada dilución de cada muestra, una en medio LB y otra en medio Bennett.



**Figura 9. Plaqueo de diluciones de las muestras en medio LB y medio Bennett**

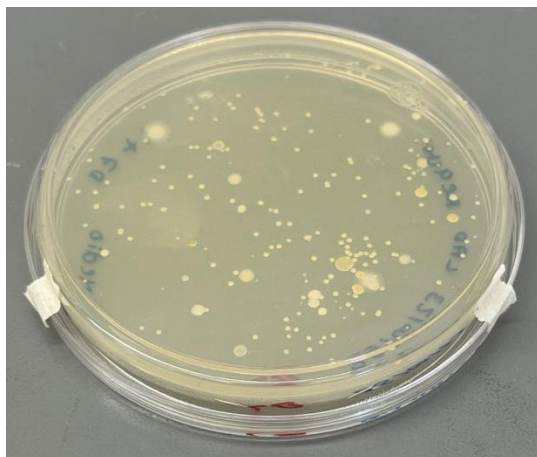
### *Incubación*

Las cajas de Petri donde se realizaron los plaques de las diluciones se llevaron a la incubadora, donde permanecieron por 2 días a 30°C. Las cajas se mantuvieron cerradas y selladas con cinta masking desde que salieron de la campana de esterilidad para evitar posibles contaminaciones. La contaminación microbiana es un problema de gran importancia en los cultivos celulares, y generalmente proviene del operador, el entorno del laboratorio, de otras células utilizadas en el laboratorio o a los reactivos utilizados [28].

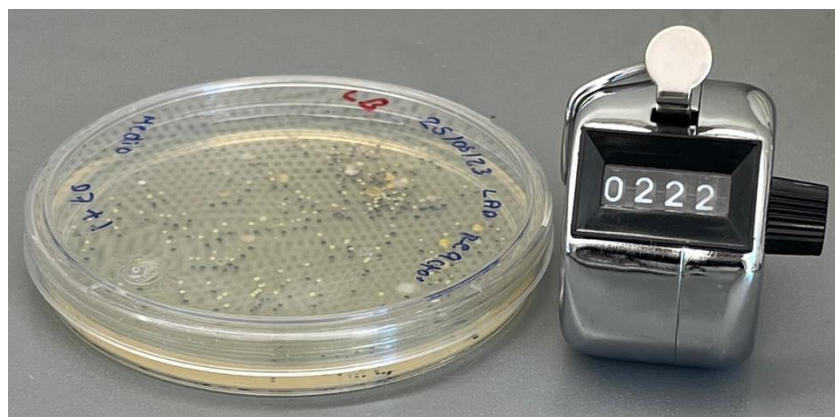
Una contaminación de un cultivo microbiano es capaz de interferir con la precisión y reproducibilidad de los resultados experimentales, además de conducir crecimiento de microorganismos que no son de interés que pueden alterar las características del medio y el comportamiento de los microorganismos de estudio. Es por tal motivo que cuando se presenta una contaminación, ya sea bacteriana o fúngica abrumadora o inesperada, se debe descartar el cultivo afectado [28]. En el CIATEJ, todo el material biológico se almacena en bolsas de plástico selladas para posteriormente esterilizarse por autoclave y desactivar los microorganismos presentes.

### *Conteo e identificación de morfologías*

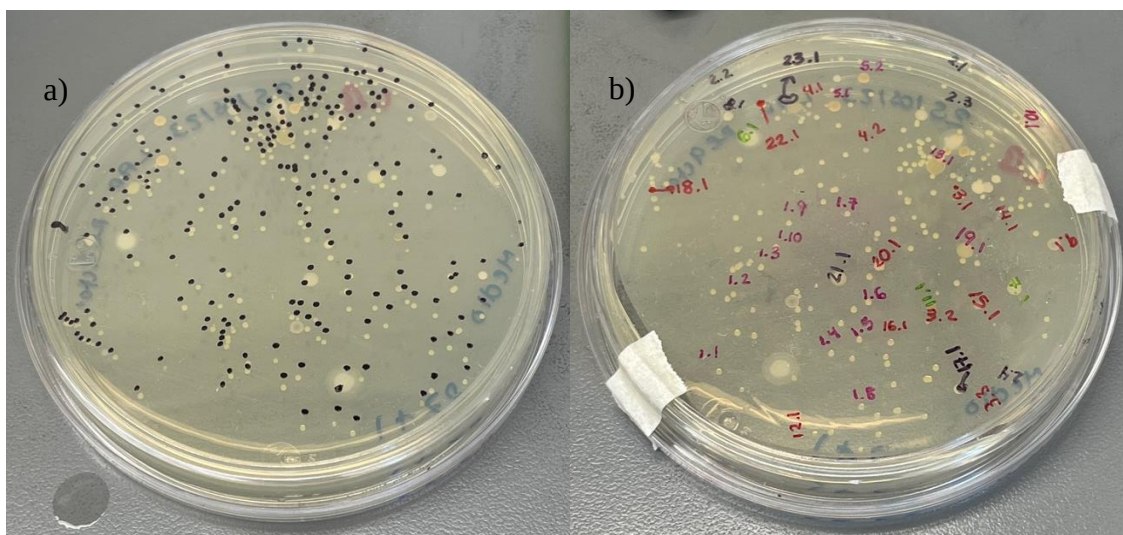
Después del periodo de incubación, se seleccionó la dilución de cada medio que tuviera mayor presencia bacteriana en un rango de hasta 300 colonias (figura 10). Con ayuda de un contador manual se cuantificaron las distintas colonias presentes en las cajas Petri. Después se realizó una inspección visual de las colonias para describir su morfología (figura 11). La cantidad de colonias a inocular en cajas de Petri para su identificación por MALDI TOF se calculó con la raíz cuadrada del número de colonias encontradas en la caja de Petri (figura 12).



**Figura 10. Crecimiento microbiano en caja de Petri después de su incubación**



**Figura 11. Conteo de las colonias**



**Figura 12. Identificación (a) y elección (b) de las distintas colonias en una caja de Petri**

En la tabla 4 se muestra como referencia, la cuantificación junto con la identificación morfológicas de las colonias bacterianas de la primera muestra en medio LB. Se cuenta en este caso con un total de 61 colonias y con 4 morfológicas distintas. En cada muestreo, la colonia predominante se puso siempre como primer lugar en las morfológicas, siendo así, la bacteria amarilla, pequeña, circular y brillante la más encontrada en la primera muestra. Se seleccionaron 10 de colonias totales según el valor de la raíz cuadrada de la cantidad de colonias de una misma morfológica. Estas se inocularon en cajas de Petri con 8 divisiones para su posterior incubación a 30°C por 48 horas y su identificación por MALDI TOF.

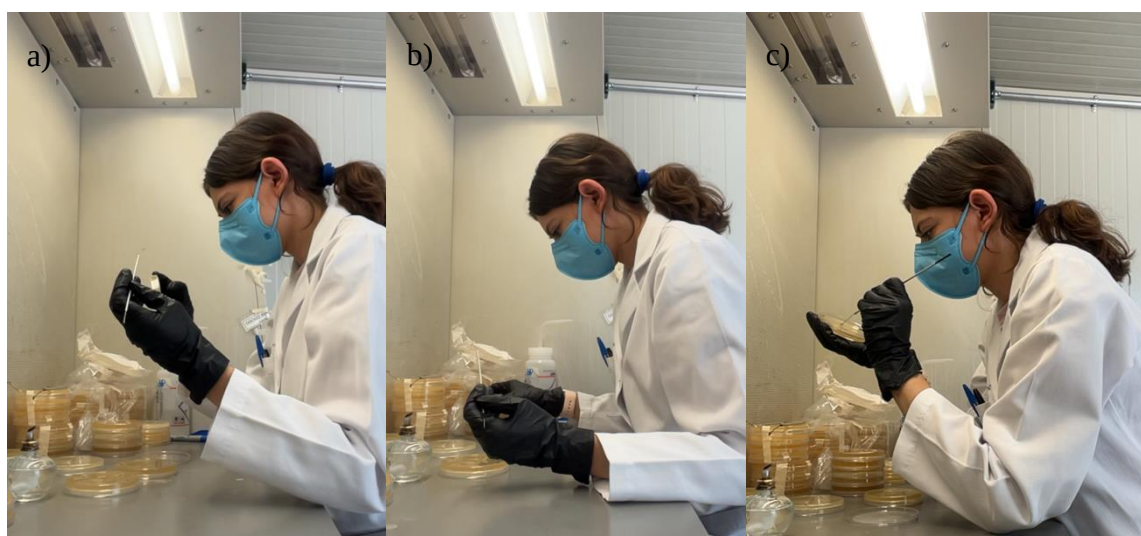
**Tabla 4. Cuantificación e identificación de morfológicas de la primera muestra en medio LB**

| Muestra 1                                              | Número total de colonias: 61 |                                                                             |
|--------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Morfológica                                            | Colonias                     | Raíz cuadrada del número de colonias (colonias a identificar por MALDI-TOF) |
| Amarilla, pequeña, circular, brillante                 | 45                           | 6                                                                           |
| Blanca, un poco abultada, brillante, circular, mediana | 8                            | 2                                                                           |

|                                                                                                                         |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| Amarilla intenso, pequeña, circular, hundida dentro del medio. Tiene forma de un aro porque el centro no tiene bacteria | 3 | 1 |
| Blanca con borde transparente, grande, circular pero un poco irregular, un poco rugosa                                  | 2 | 1 |

### *Plaqueo de las bacterias identificadas en cajas de Petri*

Una vez seleccionadas las colonias para su identificación a través del MALDI TOF MS, se inoculó cada una de manera continua en cajas de Petri divididas en 8 secciones (figura 13). Se utilizó el mismo medio en el que fue encontrada cada colonia para asegurar su adecuado crecimiento y se incubaron las placas durante 2 días a 30°C.



**Figura 13. Identificación de la colonia seleccionada (a), identificación correcta del espacio a inocular (b) inoculación de la colonia en la nueva caja de Petri (c)**

### *Preparación para lecturas en MALDI TOF*

A partir de los cultivos obtenidos en las cajas de Petri divididas en 8 secciones (figura 14), se llenó la placa del MALDI TOF. Primeramente se llenó el formato de la placa con toda la

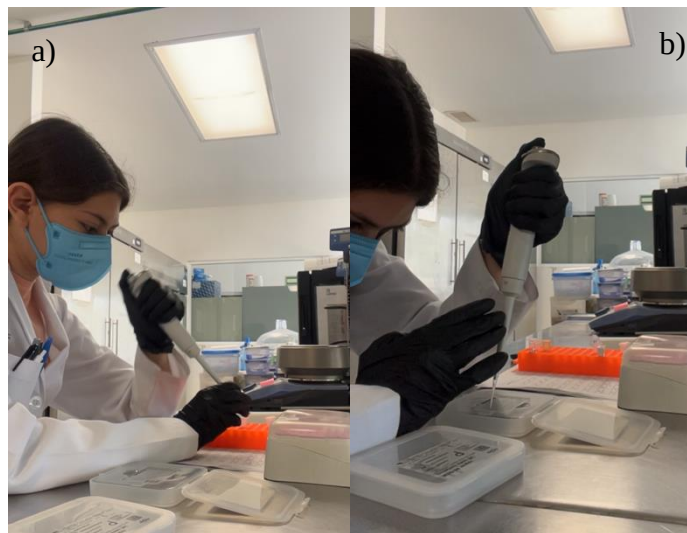
15).





**Figura 15. Placa de MALDI TOF, cultivos aislados y palillos estériles**

Una vez que se llenó la placa o se terminaron los cultivos, se agregó 1  $\mu\text{L}$  de ácido fórmico al 70% a cada orificio y se esperó a que seca completamente. Posteriormente, se agregó 1  $\mu\text{L}$  de matriz a cada orificio y se esperó a que seca (figura 16). Este último paso no es esencial realizarlo en campana de esterilidad, sin embargo, siempre se pretende cumplir con esta precaución.



**Figura 16. Adición de matriz a placa de MALDI TOF**

Finalmente, se configuró el equipo de MALDI TOF (figura 17) y se registraron las colonias presentes en la placa de 96 pocillos. En este paso fue necesario pedir ayuda adicional, ya que el manejo de este equipo es muy delicado. Finalmente, se imprimieron y analizaron los resultados encontrados con MALDI TOF y bibliografía.



**Figura 17. Equipo de MALDI TOF**

#### *Resultados MALDI TOF*

A través de las lecturas del MALDI TOF se logró identificar algunos de los microorganismos presentes en la composta. Se consideró la frecuencia con la que se presentaban los microorganismos en las lecturas (tabla 5) y se elaboró la bioprospección que se describe a continuación.

**Tabla 5. Microorganismos de interés identificados en la composta.**

| Microorganismos identificados       |            |
|-------------------------------------|------------|
| Microorganismo                      | Frecuencia |
| <i>Cellulosimicrobium cellulans</i> | Alta       |
| <i>Streptomyces violaceoruber</i>   | Media      |
| <i>Pseudomonas bareopolis</i>       | Media      |
| <i>Pseudarthrobacter oxydans</i>    | Baja       |
| <i>Pseudomonas mendocina</i>        | Baja       |
| <i>Pseudomonas alcaligenes</i>      | Baja       |

### *Cellulosimicrobium cellulans*

La bacteria *Cellulosimicrobium cellulans* pertenece al filo actinomicetota y a la clase de actinomicetos. Esta es una bacteria Gram positiva que presenta efectos positivos en el crecimiento de las plantas [29] y necesita de temperaturas entre 28 y 30°C para su cultivo óptimo [30] [31]. Presenta un rango de bioseguridad nivel 1 en la clasificación alemana TRBA 466 [32], sin embargo, esta es un extraño patógeno en humanos que causa infecciones principalmente a pacientes inmunocomprometidos o personas con cuerpos extraños, como catéteres [29]. *Cellulosimicrobium cellulans* se encuentra comúnmente distribuida entre suelo, agua, esquejes de hierba y material vegetal en descomposición [29].

*C. cellulans* ha desarrollado gran importancia en los últimos años debido a su aplicación en el sector de las bioenergías. Esta bacteria es capaz de producir enzimas que degradan la pared celular de células de plantas cuando se tiene una fuente de carbono en el medio, y adicionalmente puede degradar masas lignocelulósicas [18]. Destacan la xilanasas y celulasas como enzimas hidrolíticas producidas por la bacteria en medio líquido, aunque las xilanasas predominan más. Utilizando bagazo de caña de azúcar como fuente de carbono, pH de 5.0 y una temperatura de 50°C, un estudio de Song y Wei en 2010, determinaron que la estabilidad térmica de estas enzimas se logró a partir de los 45°C. Dicho artículo es el primero de este tipo, ya que mencionan que la especie *C. cellulans* no ha sido reportada por otros investigadores para producir enzimas celulolíticas capaces de degradar biomasa lignocelulósica [33].

### *Streptomyces violaceoruber*

La bacteria *Streptomyces violaceoruber*, perteneciente al filo de las actinomicetotas y a la clase de los actinomicetos, es una bacteria Gram positiva de color amarillo con un crecimiento promedio de 10 a 14 días a temperatura óptima de 28°C. Al ser cultivada con ciertos sustratos como arabinosa, celulosa, fructosa, sacarosa, urea o xulosa, puede ser útil como fuente de energía, así como para la hidrólisis, asimilación y degradación. *Streptomyces violaceoruber* es capaz de producir metabolitos como la acetoina, indol y el ácido sulfhídrico. Adicionalmente, produce enzimas entre las cuales se encuentran la beta-galactosidasa, la

gelatinasa y la ureasa. Esta bacteria tiene un nivel 1 en la escala de bioseguridad alemana TRBA 466 [34] [30].

#### *Pseudomonas bareopolis*

*Pseudomonas bareopolis* es una bacteria perteneciente al filo Pseudomonadota y a la clase Gammaproteobacteria que tiene un crecimiento óptimo en temperaturas de entre 28 y 30 °C [35] [30]. Adicionalmente, esta bacteria cuenta con la capacidad de degradar hidrocarburos, y con un efecto positivo en el crecimiento de las plantas [36]. De igual manera, cuenta con un nivel 1 de riesgo en la escala alemana TRBA 466 [37].

#### *Pseudarthrobacter oxydans*

*Pseudarthrobacter oxydans* es una bacteria perteneciente al filo de los actinomicetatos y a la clase de actinomicetos. Es una bacteria aerobia que presenta un color marfil, ya sea intenso o ligero y tiene un periodo de incubación de 10 a 14 días. *P. oxydans* puede producir distintos metabolitos como la acetoína, el hidrógeno de sulfuro o ácido sulfhídrico y el indol. Adicionalmente, a través de distintos sustratos, puede hidrolizar, fermentar, degradar y ser utilizada como fuente de energía. Las enzimas, por otro lado, abundan en esta bacteria, donde se pueden encontrar la gelatinasa, lipasa (C 14), glucosaminidasas, ureasas y, beta-galactosidasa, entre otras. Cabe resaltar que *Pseudarthrobacter oxydans* presenta algún riesgo a la salud, sin embargo, tiene un rango de bioseguridad nivel 1 según la clasificación alemana TRBA 466 [38], [30].

#### *Pseudomonas mendocina*

*Pseudomonas mendocina* es una bacteria del filo Pseudomonadota y de la clase de las Gammaproteobacterias. Es una bacteria aerobia mesófilica con una temperatura óptima de crecimiento entre 30 y 37°C que produce principalmente el compuesto ácido polihidroxicanoico. A través de la implementación de distintos metabolitos como la maltosa y la urea, puede provocar procesos de hidrólisis, asimilación, fermentación y fuente de energía. La bacteria produce como metabolito el indol y enzimas como la beta-galactosidasa, la beta-glucosidasa, alfa-galactosidasa y la alfa-glucosidasa, entre otras.

*Pseudomonas mendocina* es una bacteria que representa un nivel 2 de riesgo de bioseguridad en la escala alemana de TRBA 466 [39] [30].

#### *Pseudomonas alcaligenes*

*Pseudomonas alcaligenes*, que es parte del filo pseudomonadota y de la clase de Gammaproteobacterias, es una bacteria aerobia misofílica que alcanza un crecimiento óptimo entre los 26 y 37°C. Al agregar sustratos como la gelatina, maltosa, nitrato y urea se pueden tener distintos usos como la asimilación, hidrólisis y reducción, así como la fermentación y la obtención de energía. Su metabolito de interés es el indol, y las enzimas que producen son la gelatinasa, beta-glucosidasa y la ureasa, entre otras. Esta bacteria muestra un mayor riesgo de bioseguridad, ya que posee un nivel 2 en la escala alemana TRBA 466 [40] [30].

Como se mencionó anteriormente, las bacterias de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* son las más estudiadas en cuanto a su actividad PGPR [14]. De los 6 microorganismos identificados en la composta, tres pertenecen al género *Pseudomonas*; sin embargo, solo se seleccionó uno de ellos con base en el nivel 1 de bioseguridad. De esta manera, *Pseudomonas bareopolis* es una rizobacteria que promueve el crecimiento de las plantas y se ha descubierto que puede tener una gran producción de giberelina [41]. A su vez, se ha descubierto que *Pseudomonas spp.* pueden contribuir a la degradación de hidrocarburos encontrados en aceites provenientes de petróleo [36].

Por otro lado, *Streptomyces violaceoruber*, *Cellulosimicrobium cellulans* y *Pseudarthrobacter oxydans* también son bacterias de interés e importancia en el presente estudio. *Pseudarthrobacter oxydans* es un buen biofertilizante y bioestimulante que promueve el crecimiento de las plantas, y que, adicionalmente con ayuda de programas de fitoestabilización puede crecer en suelos degradados y contaminados [13]. Recientemente *C. cellulans* ha tenido un rol significativo en el campo de la bioenergía, ya que este microorganismo produce enzimas en el medio de cultivo que permiten la degradación de paredes celulares de las plantas, además de tener el poder de descomponer biomasas lignocelulósicas [29]. Finalmente, la actinobacteria *Streptomyces violaceoruber* puede ser utilizada como biofertilizante que promueve el crecimiento de las plantas, y como agente biocontrolador para evitar la aparición de ciertos hongos en las plantas [26].

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

La identificación de los distintos microorganismos que se encuentran en una composta con residuos agroindustriales abre la puerta a una infinidad de posibilidades para resolver no solo un problema social, sino varios a la vez. El aprovechamiento de residuos agroindustriales para el cultivo de microorganismos presentes en la composta permite una reducción en la generación de desechos a suelos y aguas, disminuyendo así el impacto ambiental negativo que pudieran provocar. De esta manera, se puede optar por modelos de economía circular donde los desechos sean utilizados para otro bien y se produzca la menor cantidad de desechos. Una economía circular permite llegar a un modelo sostenible que sea benéfico tanto para las empresas, como para el ambiente y para el ser humano. Es importante recordar que todo impacto tiene un efecto en cadena, tanto de manera negativa como positiva. Es decir, una economía circular donde se aprovechen los residuos agroindustriales permitiría a las industrias a no generar tanto residuo desperdiciado, de esta manera podría tener un segundo ingreso utilizando el residuo como materia prima para un segundo producto o servicio. El ser humano también se ve beneficiado, ya que menos residuos significan un medio ambiente más limpio y, por ende, se beneficia la calidad de vida; sin olvidar que, el segundo producto podría ser de interés para el humano y podrían obtener un beneficio al adquirirlo.

A lo largo del presente PAP se logró aislar e identificar microorganismos provenientes de una composta con bagazo de agave y vinazas tequileras utilizando técnicas de microbiología y la tecnología del MALDI-TOF. Se seleccionaron 6 microorganismos de interés entre los cuales destacan la bacteria *Cellulosimicrobium cellulans* y *Streptomyces violaceoruber*, las cuales tuvieron mayor presencia en la composta. Se determinó a través de la investigación de estudios científicos que las bacterias seleccionadas pueden producir distintas enzimas lignocelulóticas como las xilanasas y celulasas bajo ciertas condiciones [18] [33].

Se tiene contemplado hacer una segunda etapa del presente PAP, en la cual se realizará un cultivo de los microorganismos seleccionados a escala biorreactor con la finalidad de darles un uso biotecnológico en el mejoramiento de suelos, control biológico o biorremediación.

Para lograr este propósito, se deben realizar diversas pruebas a los microorganismos como la medición de la actividad enzimática. Así, se podría determinar la actividad enzimática de *Cellulosimicrobium cellulans* para comprobar que bajo ciertas condiciones produce enzimas de interés como las xilanasas y celulasas. De esta manera, se aprovecharían los residuos agroindustriales para un producto final que beneficie a la sociedad.

## 1.7. Bibliografía y otros recursos

### Bibliography

- [1] CIATEJ, «Quiénes somos,» 2023. [En línea]. Available: <https://ciatej.mx/el-ciatej/quienes-somos>.
- [2] CIATEJ, «Biotecnología Industrial,» 2023. [En línea]. Available: <https://ciatej.mx/investigacion/biotecnologia-industrial>.
- [3] B. E. Barragán Huerta, Y. A. Téllez Díaz y A. Laguna Trinidad, «Utilización de residuos agroindustriales,» *Revista sistemas ambientales*, vol. 2, n° 1, pp. 44-50, 2008.
- [4] R. Rodríguez, J. F. Jiménez, J. I. del REAL, E. Salcedo, J. F. Zamora y G. Íñiguez, «Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 11. Compostaje de bagazo de agave crudo y biosólido provenientes de una planta de tratamiento de vinazas tequileras,» *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 29, n° 4, pp. 303-313, 2013.
- [5] J. A. M. Demattê, M. A. P. Gama, M. Cooper, J. C. Araújo, M. R. Nanni y P. R. Fiorio, «Effect of fermentation residue on the spectral reflectance properties of soils,» *Geoderma*, vol. 120, n° 3-4, pp. 187-200, 2004.
- [6] G. Íñiguez, G. A. Martínez, P. A. Flores y G. Virgen, «Utilización de subproductos de la industria tequilera: Parte 9. Monitoreo de la evolución del compostaje de dos fuentes distintas de bagazo de agave para la obtención de un sustrato para jitomate,» *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 27, n° 1, pp. 47-59, 2011.
- [7] CRT, «Estrategia de sustentabilidad de la cadena Agave-Tequila,» 2016. [En línea]. Available: [https://www.crt.org.mx/images/Documentos/Estrategia\\_Sustentabilidad.pdf](https://www.crt.org.mx/images/Documentos/Estrategia_Sustentabilidad.pdf). [Último acceso: 2023 junio 12].
- [8] P. V. Vázquez, M. Z. G. López, M. C. N. Cortez y D. G. Hernández, «Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero,» *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. 36, pp. 1351-1356, 2015.
- [9] E. E. Quiñones Aguilar, «Actinobacterias del suelo como potenciales bioherbicidas,» 2021. [En línea]. Available: <https://ciatej.mx/el->

ciatej/comunicacion/Noticias/Actinobacterias-del-suelo-como-potenciales-bioherbicidas/223.

- [10] R. Esquivel-Cote, M. Gavilanes-Ruiz, R. Cruz-Ortega y P. Huante, «Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión,» *Revista fitotecnia mexicana*, vol. 36, nº 3, pp. 251-258, 2013.
- [11] D. V. Badri, T. L. Weir, D. van der Lelie y J. M. Vivanco, «Rhizosphere chemical dialogues: plant–microbe interactions,» *Current opinion in biotechnology*, vol. 20, nº 6, pp. 642-650, 2008.
- [12] A. Sathya, R. Vijayabharathi y S. Gopalakrishnan, «Plant growth-promoting actinobacteria: a new strategy for enhancing sustainable production and protection of grain legumes,» *3 Biotech*, vol. 102, nº 7, pp. 1-10, 2017.
- [13] M. Oubohssaine, L. Sbabou y J. Aurag, «Native heavy metal-tolerant plant growth promoting rhizobacteria improves *Sulla spinosissima* (L.) growth in post-mining contaminated soils,» *Microorganisms*, vol. 10, nº 5, 2022.
- [14] F. C. Martínez, A. E. B. Álvarez, G. C. Malagón, J. M. Carriel, M. P. Jaramillo y N. C. Rosero, «Aplicación de Rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género *Pseudomonas* spp como controladores biológicos de insectos y nemátodos-plagas,» *Ciencia y Tecnología*, vol. 8, nº 1, pp. 25-30, 2015.
- [15] J. R. Ramírez y M. A. Aceves, «Enzimas: ¿qué son y cómo funcionan?,» *Revista digital universitaria. UNAM*, vol. 15, nº 12, 2014.
- [16] M. L. Izarra, M. L. Santayana, G. K. Villena y M. Gutiérrez-Correa, «Influencia de la concentración de inóculo en la producción de celulasa y xilanas por *Aspergillus niger*,» *Revista Colombiana de biotecnología*, vol. 12, nº 2, pp. 139-150, 2010.
- [17] A. Colina, A. Ferrer y L. Urribarrí, «Producción de celulasas por *Trichoderma reesei* Rut C-30 en diferentes sustratos celulósicos,» *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 32, nº 2, pp. 152-159, 2009.
- [18] J. Alvarez-Cervantes, C. Sánchez, R. Díaz y G. Díaz-Godínez, «Characterization of production of laccases, cellulases and xylanases of *Pleurotus ostreatus* grown on solid-state fermentation using an inert support,» *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 15, nº 2, pp. 323-33, 2016.
- [19] CIATEJ, «Página de inicio,» 2023. [En línea]. Available: <https://ciatej.mx>. [Último acceso: 8 junio 2023].
- [20] CIATEJ, «Biotecnología Industrial,» 2023. [En línea]. Available: <https://ciatej.mx/investigacion/biotecnologia-industrial>. [Último acceso: 8 junio 2023].
- [21] CIATEJ, «Dra. Lorena Amaya Delgado,» 2023. [En línea]. Available: <https://ciatej.mx/investigacion/investigador/dra-lorena-amaya-delgado>. [Último acceso: 9 junio 2023].
- [22] Y. A. V. Corredor y L. I. P. Pérez, «Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente,» *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 14, nº 1, pp. 59-72, 2018.
- [23] A. U. Valle-Pérez, G. Flores-Cosío y L. Amaya-Delgado, «Bioconversion of agave bagasse to produce cellulases and xylanases by *Penicillium citrinum* and *Aspergillus*

- fumigatus in solid-state fermentation,» *Waste and Biomass Valorization*, vol. 12, p. 5885–5897, 2021.
- [24] A. Ayala-Cortés, P. Arcelus-Arrillaga, M. Millan, C. A. Arancibia-Bulnes, D. E. Pacheco-Catalán y H. I. Villafán-Vidales, «Solar hydrothermal processing of agave bagasse: Insights on the effect of operational parameters,» *Renewable Energy*, vol. 192, pp. 12-23, 2022.
- [25] M. Láinez, J. A. G. Flores-Cosío, E. J. Herrera-López y L. Amaya-Delgado, «CHAPTER 4 Advances in fermentative systems for the production of ethanol from lignocellulosic biomass,» de *Innovations in Fermentation and Phytopharmaceutical Technologies*, Elsevier, 2022.
- [26] R. Thilagam y N. Hemalatha, «Plant growth promotion and chilli anthracnose disease suppression ability of rhizosphere soil actinobacteria,» *Journal of Applied Microbiology*, vol. 126, n° 6, pp. 1835-1849, 2019.
- [27] N. Maldonado, C. Robledo y J. Robledo, «La espectrometría de masas MALDI-TOF en el laboratorio de microbiología clínica,» *Infectio*, vol. 22, n° 1, pp. 35-45, 2018.
- [28] G. N. Stacey, «Cell Culture Contamination,» de *Cancer cell culture: methods and protocols*, 2 ed., vol. 731, I. A. Cree, Ed., Humana Press. Springer Protocols, 2011, pp. 79-91.
- [29] S. Y. Park y S. H. Shim, «Characterization of metabolites from cultures of *Cellulosimicrobium cellulans*,» *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, vol. 57, n° 4, pp. 481-484, 2014.
- [30] L. C. Reimer, J. Sardà Carbasse, J. Koblitiz, C. Ebeling, A. Podstawka y J. Overmann, «BacDive in 2022: the knowledge base for standardized bacterial and archaeal data,» *Nucleic Acids Research*, vol. 50, n° D1, p. D741–D746, 7 enero 2022.
- [31] BacDive, «*Cellulosimicrobium cellulans*,» doi:10.13145/bacdive12575.20230509.8, [En línea]. Available: <https://bacdive.dsmz.de/strain/12575>. [Último acceso: 2023 junio 9].
- [32] DSMZ, «*Cellulosimicrobium cellulans*,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.dsmz.de/collection/catalogue/details/culture/DSM-7461>. [Último acceso: 2023 junio 9].
- [33] J. M. Song y D. Z. Wei, «Production and characterization of cellulases and xylanases of *Cellulosimicrobium cellulans* grown in pretreated and extracted bagasse and minimal nutrient medium M9,» *Biomass and bioenergy*, vol. 34, n° 12, pp. 1930-1934, 2010.
- [34] BscDive, «*Streptomyces violaceoruber*,» doi:10.13145/bacdive16177.20230509.8, 2022. [En línea]. Available: <https://bacdive.dsmz.de/strain/16177>. [Último acceso: 2023 junio 11].
- [35] BacDive, «*Pseudomonas boreopolis*,» doi:10.13145/bacdive13019.20230509.8, 2022. [En línea]. Available: <https://bacdive.dsmz.de/strain/13019>. [Último acceso: 2023 junio 10].
- [36] P. Suryatmana, M. R. Setiawati, D. Herdiyantoro, B. N. Fitriatin y N. N. Kamaluddin, «(2022). Characterization and Potential of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Isolates Capacity Correlating with Their Hydrocarbon Biodegradation

Capability.,» *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, vol. 44, nº 3, pp. 559-574, 2022.

- [37] DSMZ, «*Pseudomonas boreopolis*,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.dsmz.de/collection/catalogue/details/culture/DSM-19620>. [Último acceso: 2023 junio 10].
- [38] BacDive, «*Pseudarthrobacter oxydans*,» 2022. [En línea]. Available: <https://bacdiv.dsmz.de/strain/7529#ISP%202>. [Último acceso: 2023 junio 9].
- [39] BacDive, «*Pseudomonas mendocina*,» doi:10.13145/bacdiv12866.20230509.8, 2022. [En línea]. Available: <https://bacdiv.dsmz.de/strain/12866>. [Último acceso: 2023 junio 10].
- [40] BacDive, «*Pseudomonas alcaligenes*,» doi:10.13145/bacdiv12807.20230509.8, 2022. [En línea]. Available: <https://bacdiv.dsmz.de/strain/12807>. [Último acceso: 2023 junio 11].
- [41] H. Dangjarean, P. Tantachasatid, S. Jitaksorn, M. J. Sadowsky y K. Sajjaphan, «Plant growth-promoting ability and N-acyl-homoserine lactones production by siderophore-producing rhizobacteria,» *Agriculture and Natural Resources*, vol. 49, nº 4, pp. 573-582., 2015.

## 2. Productos

|                                                            |                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre y código del PAP                                    | 4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I                                                                                                                  |
| Nombre del proyecto                                        | Aislamiento e identificación de microorganismos de una composta con origen de fuentes agroindustriales para su posterior aplicación biotecnológica en CIATEJ, unidad Zapopan. |
| Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es): | Se entregará el presente reporte a la Dra. Lorena Amaya con el propósito de reportar el trabajo elaborado junto con la investigación realizada.                               |
| Autores:                                                   | Tania Janeth Herrera Vergara                                                                                                                                                  |

|                         |                                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Nombre y código del PAP | 4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|

|                                                            |                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| del proyecto                                               | Aislamiento e identificación de microorganismos de una composta con origen de fuentes agroindustriales para su posterior aplicación biotecnológica en CIATEJ, unidad Zapopan. |
| Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es): | Se entregaron los reportes de identificación por MALDI-TOF de los microorganismos provenientes de la composta en una carpeta a la Dra. Lorena Amaya.                          |
| Autores:                                                   | Tania Janeth Herrera Vergara                                                                                                                                                  |

|                                                            |                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre y código del PAP                                    | 4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I                                                                                                                  |
| Nombre del proyecto                                        | Aislamiento e identificación de microorganismos de una composta con origen de fuentes agroindustriales para su posterior aplicación biotecnológica en CIATEJ, unidad Zapopan. |
| Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es): | Se entregaron cultivos puros de los microorganismos aislados de la composta a la Dra. Lorena Amaya.                                                                           |
| Autores:                                                   | Tania Janeth Herrera Vergara                                                                                                                                                  |

### 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

Participar en este proyecto de investigación en el CIATEJ resultó con un gran crecimiento profesional e individual. El trabajar con una composta de residuos agroindustriales me

permitió analizar el panorama de la industria en México, ya que en su mayoría los residuos agroindustriales no tienen un segundo uso y pueden impactar negativamente el ambiente. Este daño causado al medio ambiente me abrió los ojos en la importancia de desarrollar proyectos que permitan la implementación de una economía circular para que las empresas puedan generar menos residuos contaminantes y obtengan un beneficio de estos. De esta manera se ven beneficiadas tanto las empresas como el medio ambiente, y de manera indirecta el ser humano se ve afectado de manera positiva con su calidad de vida.

Es una realidad que el estado del medio ambiente tiene un impacto en la salud del ser humano y de los seres que habitamos el planeta. Es de suma importancia tratar de cambiar lo más pronto posible las rutinas que manejan las industrias para que generen impactos menos dañinos y que el planeta se vea menos impactado. A veces no medimos que la calidad de vida que tenemos hoy en día mejora debido a los avances tecnológicos, pero también se ve afectada por errores humanos como el descuido del medio ambiente. Es importante recordar que nosotros también estamos creando ese impacto negativo, y es necesario actuar en este instante para remediar los daños causados al ambiente y a todos los seres que vivimos en el planeta Tierra.

### 3.2 Aprendizajes logrados

A lo largo del presente PAP noté un aporte significativo en mi desarrollo profesional relacionado a la biotecnología, pero de una manera más profunda puedo apreciar un desarrollo en mi crecimiento personal. Como en cualquier nuevo paso en la vida, en este PAP se presentaron distintos retos tanto de laboratorio como personales que fue necesario sobrellevar, lo cual me permitió ganar una mayor confianza en mí misma para trabajar en una empresa o en la investigación. Asimismo, este crecimiento se reflejó en una extensión de mis conocimientos en distintos temas relacionados a la biotecnología, así como técnicas y metodologías.

Algunas de estas metodologías fueron nuevas para mí, como la utilización del equipo MALDI TOF para la identificación de microorganismos, por lo que fue necesario afrontar miedos y pedir ayuda a investigadores y estudiantes de CIATEJ. Para el uso del MALDI

TOF, se contó con asesoramiento del Dr. Manuel Reinhart y la ingeniera química Ximena Santillán, quienes muy amablemente siempre estuvieron en la mejor disposición de ayudar. Cabe resaltar que en este PAP principalmente se contó con la asesoría de la Dra. Lorena Amaya por parte de CIATEJ y de la Dra. Blanca Valdivia por parte del ITESO, por lo que fue necesario desarrollar canales de comunicación eficientes para el correcto desarrollo del proyecto.

Debido a la pandemia de COVID-19 en 2020, algunos de los laboratorios de la carrera fueron cancelados de último momento, por lo que no se logró el aprovechamiento de estos recursos. Sin embargo, en CIATEJ tuve la oportunidad de ampliar y retomar mis conocimientos de materias o prácticas en relación a la microbiología. Fue un logro personal haber retomado estos conocimientos y poder manejar un mayor dominio al respecto.

Adicionalmente, los viernes asistí a los seminarios de Biotecnología Industrial en el CIATEJ, los cuales me permitieron tener una mayor y mejor visión de los proyectos científicos realizados en CIATEJ y en centros externos invitados. La constante observación y el análisis de las presentaciones me permitió tener ejemplos claros de exposiciones de avances, ampliando así mi panorama y visión de presentación de avances.

Al trabajar en colaboración con un centro de investigación fue necesario cumplir con acuerdos de confidencialidad y tener sumo cuidado en no divulgar información confidencial. Esto me ayudó a entender la seriedad del contexto de trabajo y entender que por más que en algunas ocasiones el desarrollo de actividades pareciera una práctica de laboratorio de alguna materia, en este caso se trataba de temas y proyectos con un impacto directo que dependen del buen manejo de las actividades. Por último, otro gran aprendizaje de este PAP es superar el miedo a equivocarme. Si bien no se trata de prácticas de laboratorio a nivel escolar, es sano reconocer los errores que se cometen en cualquier procedimiento. Estos errores permitieron un mejor dominio de las técnicas y la obtención de resultados confiables.

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

El PAP al ser una experiencia profesional que permite el desarrollo de competencias, habilidades y actitudes nuevas que generan un crecimiento tanto profesional como personal. A lo largo de mi desarrollo en la carrera he vivido experiencias que me han permitido ser cada vez una persona más analítica, considerada y responsable. Para mí, es de extrema importancia lograr un equilibrio entre mi satisfacción personal y el cumplimiento de objetivos para proyectos o entregas. Soy una persona perfeccionista que siempre busca una traducción en la atención al detalle y en riqueza para todos mis entregables. Disfruto enfrentarme a ambientes variados que me estimulen a conocer nuevas perspectivas para así enriquecer mi visión personal. Creo fielmente que la diversidad de habilidades, conocimientos y actitudes desarrollados a lo largo de este PAP permitieron el gran éxito de un trabajo colaborativo con un centro de investigación externo (CIATEJ) y la Dra. Lorena Amaya.

En la tabla mostrada a continuación, se presenta un inventario de las competencias iniciales al ingreso del PAP y aquellas adquiridas a través del desarrollo del proyecto. Se muestran competencias nuevas cultivadas a lo largo del PAP y, de igual manera se muestran aquellas que fueron potencializadas como consecuencia de un trabajo con dedicación.

| Competencia   |                                                                             | Evidencia                                                                                   | Relevancia/Fortaleza*                                                                                                                           | Competencias nuevas                                                                    | Competencias potencializadas                                                                                                                                                        |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conocimientos | Principios de la formulación de medios para crecimiento microbiano          | En Laboratorio de Microbiología preparamos medios de cultivo para distintos microorganismos | Es necesario tener conocimiento sobre los diferentes medios de cultivo aplicables para el tipo de microorganismo con el que se esté trabajando. | Preparación manual de medios de cultivo Luria y Bennett para crecimiento microbiano.   | Preparé medios de cultivo Luria y Bennett en repetidas ocasiones, por lo que la práctica me ha permitido tener un mejor dominio del conocimiento de la composición de estos medios. |
|               | Fundamentos de los distintos tipos de microorganismos y sus características | En Microbiología aprendimos e identificamos tipos de microorganismos a través               | Es necesario el conocimiento de distintos microorganismos y su morfología para identificar de manera correcta los                               | Se clasificaron morfológicamente distintas colonias crecidas en los medios de cultivo. |                                                                                                                                                                                     |

|             |                                                                   |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                            |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                                                                   | de microscopio entre otras técnicas                                                                                                                                                 | microorganismos presentes, además de conocer las características para su correcta manipulación.                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                            |
|             | Fundamentos sobre la biorremediación de residuos agroindustriales | En la materia de Biorremediación pude analizar cómo residuos agroindustriales pueden tener un segundo fin gracias a los microorganismos                                             | Es importante dar un segundo uso a residuos de empresas que de otra forma darían fin a su ciclo de vida útil. Es una manera de aprovechar recursos no deseados para un fin ecológico que beneficie al ser humano.                                                 | Aprendí a utilizar el equipo MALDI-TOF para la identificación de colonias bacterianas, además de conocer su fundamento teórico y aspectos sobre el cuidado y manejo del equipo. | Al buscar en bibliografía confiable información sobre las compostas y los usos biotecnológicos de algunos microorganismos, relacioné conceptos sobre la biorremediación de suelos y aguas. |
|             | Fundamentos de los biocombustibles                                | En Biorremediación analizamos varias formas de obtener biocombustibles a través de la Biotecnología                                                                                 | Los biocombustibles son una alternativa ecológica que benefician al medio ambiente y son de utilidad para actividades del ser humano. Estos biocombustibles pueden ser producidos a través de residuos y microorganismos.                                         |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                            |
|             | Planteamiento de procesos                                         | A través de distintos proyectos desarrollados en la carrera he podido analizar el planteamiento de distintos productos con bioprocesos, por ejemplo, en Ingeniería de Biorreactores | Es importante tener conocimiento sobre el planteamiento de proyectos y procesos que se van a seguir para lograr cierto objetivo como producto, tomando en cuenta los “inputs” de cada proceso, sus “outputs” y todo lo que permita convertir entradas en salidas. |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                            |
| <b>Habi</b> | Investigación en diferentes idiomas                               | A lo largo de mi vida educativa he tenido que                                                                                                                                       | Dominar más de un idioma permite tener acceso a una                                                                                                                                                                                                               | Logré reforzar mis habilidades y conocimiento                                                                                                                                   | Realicé revisiones bibliográficas redactadas                                                                                                                                               |

|  |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                      |
|--|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                               | realizar investigaciones en fuentes en inglés como idioma. Adicionalmente, en los últimos años he tenido la habilidad de buscar fuentes en francés                                                                                                | mayor variedad de información y entendimiento de los temas analizados, así como distintas aplicaciones o ejemplos relacionadas a cada tema.                                                                                                                              | en ciertas técnicas microbiológicas.                                                                                                                                                                                                | en inglés, lo cual me permitió un mejor entendimiento de los conceptos analizados                                                    |
|  | Selección específica de información confiable | A través de la práctica en la investigación a lo largo de la carrera he desarrollado la habilidad de ser más estricta con la información recopilada, también fomentado por la exigencia de especificidad en los distintos trabajos desarrollados. | Considerando lo fácil que se ha vuelto publicar y compartir información, cada vez es más importante saber discernir entre fuentes confiables y no confiables para asegurarnos que nutrimos nuestros reportes y artículos de información valiosa, verificable y verídica. | Logré mejorar mi técnica sobre el trabajo en condiciones de esterilidad siguiendo siempre las recomendaciones de desinfección de todo el equipo antes de entrar a la campana de esterilidad, utilizar siempre guantes y cubrebocas. | Seleccioné información importante proveniente de fuentes confiables como artículos científicos para contar con información verídica. |
|  | Análisis de aplicaciones a futuro             | Siempre me gusta analizar las posibles aplicaciones de los proyectos realizados a lo largo de la carrera                                                                                                                                          | El analizar los distintos ámbitos en los que se puede aplicar un aprendizaje, ayuda a desarrollar una visión sistémica a partir de la cual se vuelve más fácil integrar áreas y conocimientos variados.                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                      |
|  | Análisis de viabilidad                        | A través de distintos proyectos he podido analizar la viabilidad de distintas propuestas en sus variados ámbitos incluyendo la venta de una solución y su mercado                                                                                 | Al buscar innovar o proponer una solución, es importante asegurarse que resuelva una problemática y que tenga viabilidad. Debe de ser posible su implementación y por consecuencia su distribución para poder pasar de prototipos a productos reales.                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                      |

|           |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                     |
|-----------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | Análisis del impacto ambiental de los procesos            | Desde pequeña me he interesado mucho por el impacto ambiental del ser humano en sus distintas actividades. A lo largo de la carrera he podido aplicar este ámbito en los distintos proyectos desarrollados tomando siempre en cuenta el impacto ambiental. | El medio ambiente es un factor que no siempre se toma en cuenta a la hora de realizar y aplicar proyectos, sin embargo, el no evaluar este ámbito afecta nuestra vida como la conocemos. Es importante evaluar el impacto ambiental de los procesos que se manejan con el propósito de generar el menor daño posible. |                                                                                                                                                                 | Analicé el impacto ambiental de los residuos agroindustriales de la industria tequilera.                                                            |
| Actitudes | Facilidad para trabajar en distintos ambientes de trabajo | Durante mi intercambio internacional en Francia, tuve que desarrollar proyectos con nativos franceses en un idioma y un país distinto a México, lo cual me obligó a salir de mi zona de confort.                                                           | El trabajo en distintos tipos de ambientes y situaciones permite un acoplamiento tanto de personas como de ideas que se complementan para un objetivo compartido deseado.                                                                                                                                             | Me resulta más sencillo pedir ayuda cuando no sé cómo realizar algunas cosas para obtener orientación.                                                          | Desarrollé un flujo de actividades en un nuevo ambiente de trabajo adaptandóme a nuevas rutinas que me hicieron salir de mi zona de confort.        |
|           | Responsabilidad hacia las entregas                        | Busco siempre cumplir de forma muy específica con cada rúbrica de entrega, analizando la realización de cada paso, tarea o detalle que se solicite.                                                                                                        | Cumplir con la totalidad de requisitos es esencial para asegurarse que estamos satisfaciendo las expectativas y los requerimientos de un proceso que estamos llevando a cabo. No cumplir con la totalidad de requisitos, pone en riesgo la calidad del producto final o entregable.                                   | Desarrollé un interés por conocer distintos proyectos realizados por otros estudiantes, lo que me permitió ampliar mi panorama de investigación biotecnológica. | Fue necesario tener una buena organización de mi verano y las actividades a realizar para poder cumplir con los objetivos en el tiempo establecido. |
|           | Dedicación y enfoque en el detalle                        | Siempre doy mi mejor esfuerzo en cada cosa que hago, asegurándome de lograr un balance entre                                                                                                                                                               | Un alto nivel de detalle y perfeccionismo es esencial para no conformarse con resultados superficiales que no permitan profundizar en                                                                                                                                                                                 | Aprendí a tener más confianza en mí misma y en mis habilidades dentro del laboratorio.                                                                          |                                                                                                                                                     |

|  |                    |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                        |
|--|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                    | satisfacción personal y calidad del entregable.                                                                                             | las problemáticas estudiadas. Y ese nivel de detalle, requiere mayor dedicación.                                                                                                                                                                               |  |                                                                                                                        |
|  | Actitud resolutive | Siempre que se presenta un problema o algún aspecto a mejorar, muestro posibles soluciones para seguir adelante o que se apliquen a futuro. | Es importante poder proponer soluciones a problemas con el fin de lograr el avance del proyecto, aunque existan obstáculos en el camino, dado a que siempre se pueden presentar problemas a lo largo de la vida.                                               |  | Obtuve nuevos conocimientos y retomé otros pasados para el desarrollo lineal del proyecto.                             |
|  | Trabajo en equipo  | Me gusta mucho colaborar y el pensamiento cooperativo que se puede dar a través de la retroalimentación en equipo                           | El trabajo colaborativo permite la retroalimentación y el acoplamiento de ideas que dan como resultado un mejor producto más completo. Permite implementar las fortalezas de cada persona para apoyar los puntos débiles y hacer de todo un equipo más fuerte. |  | Trabajé en colaboración con otros doctores, maestros y estudiantes de CIATEJ para el desarrollo correcto del proyecto. |