

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

**Sustentabilidad y tecnología**

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)**  
**Programa de Apoyo a la Investigación II**



ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara

**4G03 Programa de Apoyo a la Investigación II**  
**Búsqueda de microorganismos con capacidad óxido reductora en suelos**  
**sometidos a estrés hídrico en el Centro de Investigación y Asistencia en**  
**Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Guadalajara, Jalisco.**

**PRESENTAN**

Programas educativos y Estudiantes  
Ing. en Biotecnología José Oscar Báez Herrera

Profesor PAP: Dra. Iliana del Carmen Barrera Martínez  
Tlaquepaque, Jalisco, mayo de 2025

## 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.....                                 | 6  |
| 1.3 Identificación de la(s) problemática(s) .....                           | 7  |
| 1.4. Planeación de alternativa(s).....                                      | 7  |
| 1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora .....                             | 10 |
| 1.6. Valoración de productos, resultados e impactos .....                   | 19 |
| 1.7. Bibliografía y otros recursos .....                                    | 21 |
| 1.8. Anexos generales .....                                                 | 25 |
| 2. Productos .....                                                          | 25 |
| 3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....                         | 26 |
| 3.1 Sensibilización ante las realidades .....                               | 26 |
| 3.2 Aprendizajes logrados .....                                             | 27 |

## REPORTE PAP

### Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

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

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

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

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

*El Reporte PAP consta de tres componentes:*

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

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

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

## Resumen

En este PAP, del Programa de Apoyo a la Investigación, se realizó el trabajo titulado *Búsqueda de microorganismos con capacidad óxido reductora en suelos sometidos a estrés hídrico en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Guadalajara, Jalisco*. El proyecto tiene como objetivo general investigar y determinar la capacidad óxido reductora en ambientes áridos. Se trabajó con una muestra de suelo de Villa de Arriaga, San Luis Potosí para la siembra y aislamiento de microorganismos, así como su análisis, identificación y determinación de su capacidad óxido reductora. La identificación se llevó a cabo utilizando un espectrograma de masa MALDI-TOF. El análisis de capacidad óxido reductora se llevó a cabo mediante dos pruebas cualitativas utilizando los indicadores de Azure B y Poly R-478 en los medios de cultivo. Se obtuvieron algunos hongos óxido reductores con ambos indicadores.

### 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.

Este proyecto se desarrolla en el CIATEJ (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco) en la unidad de Zapopan. Siendo parte de SECIHTI (Centro Público de Investigación de la secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación) , específicamente en el departamento de Ingeniería Industrial. Se utilizaron dos muestras de suelo, una tomada de Villa de Arriaga, San Luis Potosí y la otra

de Atemajac, Jalisco, para aislar microorganismos nativos y determinar sus capacidades de óxido reducción. Estas capacidades proporcionan resistencia al estrés hídrico que es parcialmente responsable de la supervivencia de la flora en ambientes con poca disponibilidad de agua.

El presente proyecto es de tipo experimental debido a que se realizan diversos ensayos de laboratorio. Para ello, se plantean los objetivos tanto general como específicos.

### **Objetivo general**

Investigar y determinar la capacidad óxido reductora de los microorganismos nativos en el suelo de *Opuntia ficus-indica* provenientes de ambientes áridos para ser añadidos en la rizosfera de los cultivos, dándoles una mayor tolerancia al estrés hídrico aplicables a los cultivos comerciales.

### **Objetivos específicos**

- Aislar e identificar los microorganismos presentes en la rizosfera de *Opuntia ficus-indica* de ambientes áridos y semi-áridos
- Evaluar cuales microorganismos presentan capacidad óxido reductora
- Determinar la capacidad óxido reductora de los microorganismos

### **1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto**

El enfoque de este proyecto es la investigación de la rizosfera en ambientes con poca accesibilidad de agua, causando estrés hídrico que según la planta tiene una tolerancia a esta adversidad [1]. La rizosfera consiste en los microbiomas que habitan en las raíces y tierra de las plantas, teniendo una compleja red de interacciones que generan una simbiosis, mostrando la capacidad que le brinda a las plantas para mantener una buena salud y hacer frente a diferentes tipos de estrés a los que se sometan [2]. El estrés hídrico es el cambio fisiológico provocado por los factores ambientales por la falta de agua alterando una modificación en la expresión génica, buscando reducir el estrés hídrico. Durante el déficit hídrico se produce un incremento en la reducción incompleta de oxígeno molecular en el proceso de fotosíntesis produciendo radicales (OH<sup>-</sup>), oxígeno singlete (O<sub>2</sub>), radical superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) y peróxido de

hidrógeno ( $H_2O_2$ ), siendo altamente reactivos, requiriendo finalmente reductores de oxígeno, siendo posible la compensación por medio de la rizosfera [3]. En la presencia de una sequía, principalmente las plantas cultivadas en la industria agrícola, no son capaces de soportar el cambio de condiciones y terminan pereciendo ante las condiciones adversas [4,5].

El estrés hídrico provoca cambios metabólicos en la planta, cambiando de ruta de respiración celular para utilizar menos agua, producción de proteínas quinasas para protección de membrana, transportadores de ácido abscísico y la producción de especies reactivas de oxígeno [6]. Ciertas plantas tienen una mayor capacidad de resistir y adaptarse a ambientes áridos, por ello, se busca analizar su rizosfera ya adaptadas a estas condiciones y aplicar las especies de microorganismos con capacidad óxido reductivo para compensar el estrés hídrico [7].

El proceso para resolver el estrés hídrico inicia con la preparación y posterior uso de los medios de cultivo agar nutritivo (AG), agar de papa y dextrosa (PDA), medio de nopal y medio de raíz de nopal. Estos medios fueron utilizados para la siembra de la muestra de Villa de Arriaga, San Luis Potosí y la otra de Atemajac, Jalisco a partir de diluciones seriadas, sembrando en cajas Petri utilizando el método de extensión en superficie. Con el fin de aislar los microorganismos, se usó la técnica de estría cruzada, un sembrado de las colonias viables para su resiembra y posterior aislamiento. Siguiendo el proceso de aislamiento, los nuevos cultivos requieren dejarlos crecer, monitorear su morfología, y, en dado caso, repetir el proceso para obtener colonias completamente aisladas [8,9,10]. Una vez se termine el proceso de aislamiento, se identifica el microorganismo utilizando el equipo MALDI-TOF (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight), consistiendo en un espectrómetro de masa utilizado para el análisis de las proteínas de las bacterias y hongos, siendo capaz de identificar especie de estos mismos [11].

Los hongos fueron sembrados en medios de cultivo consistiendo en agar nutritivo (AG), agar de papa y dextrosa (PDA), medio preparado a partir de nopal y raíz de nopal en el cual crecieron normalmente junto con los indicadores de Azure B y Poly R-478, con el fin de evaluar si presenta capacidad óxido reductora. La evaluación de las bacterias consiste en el

uso de Azure B y Poly R-478 en caldo de papa y dextrosa dentro de pocillos de microplacas de 96 pocillos con el fin de evaluarlos en espectrofotómetro para medir el cambio de color de cada uno [12, 13].

El proyecto fue iniciado en otoño del año 2024, realizándose inicialmente un análisis de abundancia microbiológica mediante secuenciación del 16s rRNA las muestras de Villa de Arriaga, San Luis Potosí, y de Atemajac, Jalisco. Con respecto a la muestra de Villa de Arriaga, San Luis Potosí, ya se llevó a cabo la siembra y aislamiento de microorganismos, actualmente se están evaluando sus capacidades óxido reductoras.

## 1.2 Caracterización de la organización

El proyecto es realizado en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ), el cual es un centro de investigación Centro Público de Investigación de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), dedicada a la investigación de diversos proyectos, de igual manera ofrece programas de posgrados e iniciación a la investigación [14,15].

El principal objetivo del CIATEJ es llevar a cabo las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el fortalecimiento de la competitividad en sectores clave como agricultura, industria alimentaria, salud y el manejo del medio ambiente [16]. Tiene como objetivo el generar conocimiento y riqueza para el desarrollo sostenible de México.

El CIATEJ se conforma por diversas áreas de desarrollo biotecnológico, abarcando los sectores de industria, vegetal, medicina y farmacéutica, la tecnología alimentaria y ambiental. El presente proyecto se desarrolla en el área de biotecnología industrial la cual se enfoca en la producción y aplicación de microorganismos en el sector agrícola.

La directora de esta investigación es la Dra. Iliana del Carmen Barrera Martínez, Doctora en ciencias en bioprocesos, quien coordina el proyecto, administra las tareas, y revisa la metodología y los resultados. También participa la Dra. Karla Verónica Taymennet, Doctora

en ciencias naturales e ingeniera en biotecnología, encargada de la muestra de Villa de Arriaga, San Luis Potosí, asesorando en la metodología e interpretación de resultados.

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

La problemática son los periodos de sequía que pueden exponer a México a situaciones inesperadas relacionadas al manejo de agua requeridas para diversas actividades. La disposición de agua afecta directamente a las actividades económicas, agricultura, minería, producción energética, construcción, y manufactura entre, siendo el agua parte del funcionamiento económico [17].

Las sequías afectan severamente a cualquier comunidad, principalmente a aquellas dedicadas a la agricultura y ganadería, en los cuales los factores climáticos tienen un impacto significativo tanto en la seguridad alimentaria como en las actividades económicas [18]. Los episodios de sequía han generado repercusiones socioeconómicas, teniendo en cuenta el crecimiento de población y con ello la demanda de agua [19].

Los macroorganismos que habitan en el suelo en contacto con las raíces de las plantas constituyen la rizosfera, parte fundamental de la planta por su capacidad regulatoria y específica del metabolismo del huésped. Los microorganismos de la rizósfera son decisivos para la salud de la planta y pueden coexistir patógenos del suelo y microorganismos benéficos [2].

Actualmente se ha realizado las primeras prospecciones de las muestras de suelo obtenidas de Villa de Arriaga, San Luis Potosí y Atemajac, Jalisco. Además, se inició el aislamiento de microorganismos de las muestras de suelo de Villa de Arriaga, San Luis Potosí.

### 1.4. Planeación de alternativa(s)

Las principales alternativas para tratar la sequía en el sector agrícola consisten en el uso de la rizosfera especializada de bacterias, la alteración genética de las plantas cultivadas, y la migración de los sistemas de cultivo a sistemas con mayor eficiencia. La integración de nuevos microorganismos en la rizosfera tiene como objetivo el apoyo y compensación del



metabolismo de las plantas por medio de estos microorganismos, aumentando su tolerancia al estrés hídrico [19, 20].

La ingeniería genética, a grandes rasgos, consiste en una variedad de técnicas de biología molecular, fundamentalmente modificando la expresión metabólica, añadiendo o promoviendo rutas metabólicas, expresando factores de transcripción, genes de ajuste osmótico o la producción de proteínas de protección celular [21]. La alteración de genes en presenta varias dificultades, principalmente su limitación y efectividad en los cambios que se pueden realizar, requiriendo una gran infraestructura para aplicarlo, además de la posibilidad de efectos inesperados o daños al ecosistema si termina afectando cultivos diferentes al que se quiere controlar [22].

La aplicación de nuevos sistemas de riego, como la técnica de riego por goteo, consiste en un sistema de tuberías que enfocan el riego directamente en la raíz de la planta, optimizando el agua utilizada. Esta alternativa requiere la inversión de infraestructura, así como el mantenimiento del sistema, lo cual dificulta su accesibilidad para cualquier agricultor [20].

Debido a estas dificultades, se busca implementar una alternativa para tratar esta problemática, la cual, se fundamenta en la microbiología. Con el fin de cumplir este objetivo, se plane la repartición de tareas como el cronograma que se presenta a continuación. La tabla 1 muestra de manera gráfica las actividades a realizar y el tiempo que se espera dedicar a cada una de ellas. La tabla 2 presenta las siglas correspondientes a los recursos, que se mencionan, principalmente los equipos utilizados durante el proceso.

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

| Nombre de la actividad                             | Recursos    | Tiempo | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 | Semana 7 | Semana 8 | Semana 9 | Semana 10 | Semana 11 | Semana 12 | Semana 13 | Semana 14 | Semana 15 | Semana 16 |
|----------------------------------------------------|-------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Preparación de medio de cultivo PDA/AN             | A<br>K      | 1      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Preparación de medio de cultivo Nopal y Raíz       | A<br>K<br>P | 1      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Siembra de muestra en PDA/AN                       | K           | 2      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Aislamiento PDA/AN                                 | K           | 4      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Siembra de muestra en Nopal/Raíz                   | K           | 2      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Aislamiento Nopal/Raíz                             | K           | 3      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Identificación de bacterias                        | M           | 3      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Identificación de Hongos                           | M           | 3      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Evaluación de capacidad óxido-reductiva. Hongos    | K           | 2      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Evaluación de capacidad óxido-reductiva. Bacterias | K<br>E      | 2      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Inventario de cultivos                             |             | 2      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Resiembra de cultivos                              | K           | 2      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Análisis de resultados                             |             | 3      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |
| Presentación de resultados finales                 |             | 2      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |

**Tabla 2. Significado de las siglas de los recursos señalados en el cronograma de actividades**

| Recursos utilizados |                          |
|---------------------|--------------------------|
| Siglas              | Significado              |
| A                   | Autoclave                |
| K                   | Campana de flujo laminar |
| M                   | Equipo MALDI-TOF         |
| E                   | Espectrofotómetro        |
| P                   | Procesador de alimentos  |

### 1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

Para cumplir con los objetivos del presente PAP, se dividió el trabajo en 4 partes. La primera parte consiste en la preparación de medios de cultivo utilizados durante las pruebas y la segunda parte consiste en el proceso de siembra y aislamiento de microorganismos. La tercera parte se refiere a la caracterización e identificación de los microorganismos, mientras que la cuarta trata la evaluación de la capacidad óxido reductora.

#### *Preparación de medios de cultivo*

Un medio de cultivo es un ambiente artificial que brinda nutrientes y condiciones físicas para el crecimiento de microorganismos. En el presente proyecto, se prepararon papa dextrosa agar, agar nutritivo, agar nopal y agar raíz de nopal, además de papa dextrosa, caldo nutritivo, caldo nopal y caldo de raíz de nopal [23]. La utilización de distintos medios de cultivo es necesaria para presentar diversos ambientes con diferente disponibilidad de nutrientes porque cada microorganismo tiene sus propias exigencias metabólicas, teniendo los medios ricos en nutrientes (papa dextrosa y caldo nutritivo) y los medios más específicos hechos con biomasa vegetal [24].

Los medios de cultivo preparados utilizando la penca de nopal y raíz de nopal, se basaron en la metodología de Nemr, *et al.* [25] y requieren el pretratamiento de biomasa vegetal para cultivos de microorganismos en la rizosfera. El tratamiento físico aumenta la disponibilidad de los nutrientes y permita el crecimiento de los microorganismos, además de apoyar a la esterilidad del medio.

Para la preparación de papa dextrosa agar (PDA) se pesaron 24 g/L de papa dextrosa y 20 g/L de agar en un frasco de 1 litro, completando con agua destilada. Se llevó a disolución y después se esterilizó en autoclave a 121°C, 15 psi por 15 minutos. Posteriormente se dispensó el medio en cajas Petri estériles dentro de una campana de flujo laminar. Se dejó solidificar el medio, se guardaron las cajas en bolsas de plástico y se almacenaron en un cuarto frío a 4°C hasta su uso posterior.

El agar nutritivo (AN) se preparó de manera similar que el PDA, pesando 20 g/L de caldo nutritivo y 20 g/L de agar. Se siguió el mismo procedimiento de disolución y esterilización, después se vertió el medio en cajas Petri, se dejó solidificar y se almacenaron las cajas en el cuarto frío.

Para la preparación de los medios agar nopal y agar raíz de nopal, se pesaron 5 g/L de penca fresca de nopal (*Opuntia ficus-indica*) o 5 g/L de raíz de nopal y 20 g/L de agar [25]. Se lavaron las porciones por separado con agua corriente y se desinfectaron en una solución de cloro al 25% durante 4 minutos. Las porciones se lavaron con agua destilada y se sumergieron en agua destilada limpia durante 4 minutos para después triturarlas con un procesador de alimentos hasta pulverizar la biomasa lo mejor posible. Después, se colocó la biomasa en un frasco de 1 L, se agregó el agar previamente pesado y se completó con agua destilada, para llevar a esterilizar en autoclave en las condiciones antes mencionadas. Similar a los pasos anteriores, se vertió cada uno de los medios en cajas Petri, se dejaron solidificar y se guardaron en el cuarto frío.

De la misma manera se preparó caldo nutritivo (CN), papa dextrosa (PDB), caldo de nopal y caldo raíz de nopal. Se mantiene las concentraciones de los medios, condiciones de esterilización, pero no se vertieron en cajas Petri, solo se dejaron enfriar previamente a almacenar en el cuarto frío.

Para las pruebas de actividad enzimática óxido reductor, se agregó Azure  $\beta$  para la prueba de peroxidasa. Se trata de un colorante metacromático con carga negativa que tiñe el medio de un color azul marino. La prueba se considera positiva en caso de presentar una pérdida de color, ya que al reaccionar el Azure  $\beta$ , pierde su color [26, 27]. También se utilizó colorante polimérico POLY R-478 de la misma manera que Azure  $\beta$ , presentando un color rojo o rosado intenso que al reaccionar se aclara, siendo un indicador de fenol oxidasa. [27]

#### *Aislamiento de microorganismos*

El proceso de aislamiento tiene como objetivo cultivar y propagar los microorganismos presentes en las muestras de suelo. Su finalidad es la obtención de cultivos puros para su

posterior identificación y caracterización. Es importante lograr cultivos puros porque de lo contrario el manejo se complica, así como aumenta su variabilidad, además de no ser posible su identificación [28]

El aislamiento de microorganismos inició con la preparación de las diluciones de suelo. Al diluir la muestra, se reduce la cantidad de bacterias presentes y, por ende, al inocular se presentan una menor carga de microorganismos. En caso de sembrar con una alta concentración de microorganismos, se dificulta la separación y aislamiento hasta el punto de ser inviable el proceso [29]. Para la primera siembra o inoculación, se esparcieron alícuotas de las diluciones a lo largo del medio de cultivo realizando una extensión con varilla, buscando dispersar los microorganismos de la muestra a lo largo de la placa de Petri [30]. Las placas se incubaron a 30 °C y durante 24 horas antes de realizar el siguiente paso.

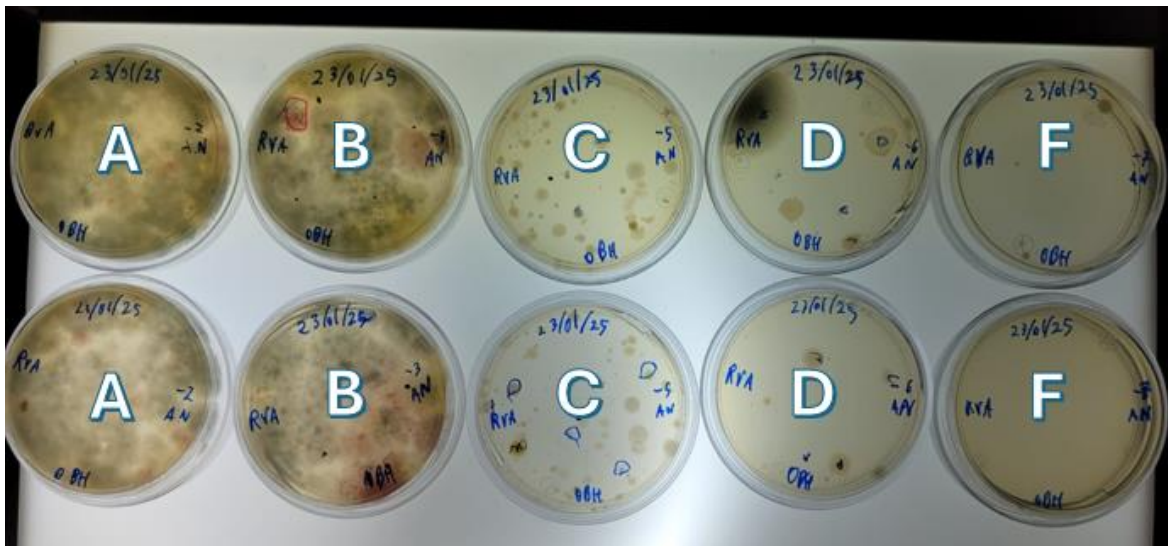
Para continuar con el proceso de aislamiento, se requiere la resiembra de los microorganismos cultivados previamente. La segunda siembra se realizó con la intención de su aislamiento. Se hicieron siembras por medio de estría cruzada, esparciendo la biomasa de una colonia presuntamente pura a otra caja Petri del mismo medio de cultivo. Se utilizó un asa estéril para esparcir de manera ordenada la biomasa y verificar su pureza y, en dado caso, continuar con su aislamiento [31, 32]. Las placas se incubaron en las mismas condiciones previamente mencionadas.

Para la siembra de la muestra de suelo de Villa de Arriaga, San Luis Potosí, México, se utilizó la siguiente metodología de dilución. Se colocaron 2 g de suelo en un tubo Eppendorf, se añadió 1 mL de agua destilada, se homogenizó y se tomaron 100 µL que se diluyó en 900 µL de agua en otro tubo Eppendorf, se repitió este proceso 8 veces.

Se vertió una alícuota de 100 µL de las diluciones sobre una caja Petri, previamente preparada y se extendió por la placa utilizando una varilla plástica desechable. Se sembraron las diluciones  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  y  $10^{-7}$  en agar nutritivo (AN) y papa dextrosa agar (PDA). El proceso se realizó inicialmente con la siembra de  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  y

$10^{-7}$ , al crecer y como se aprecia en las figuras 1 y 2, el crecimiento de los microorganismos presente una considerable concentración, haciéndolo inviables su manejo. Por estos resultados, se sembraron las diluciones  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  y  $10^{-7}$  en los medios de cultivo de agar nopal y raíz de nopal. Las condiciones de cultivo fueron a  $30^{\circ}\text{C}$  en un ambiente aerobio igual que las previas.

En las figuras 1 a la 4 se presentan las cajas Petri de distintitos cultivos dos días después de su inoculación, utilizadas para la resembraron los siguientes cultivos. Las cajas con una alta carga de microorganismos no son aptas para su purificación.



**Figura 1. Siembra de diluciones seriadas de suelo de Villa de Arriaga, San Luis Potosí, en agar nutritivo. A) Dilución  $10^{-2}$ , B) Dilución  $10^{-3}$ , C) Dilución  $10^{-5}$ , D) Dilución  $10^{-6}$ , F) Dilución  $10^{-7}$ .**



Figura 2. Siembra de diluciones seriadas de suelo de Villa de Arriaga, San Luis Potosí, en PDA. A) Dilución  $10^{-2}$ , B) Dilución  $10^{-3}$ , C) Dilución  $10^{-5}$ , D) Dilución  $10^{-6}$ , F) Dilución  $10^{-7}$ .

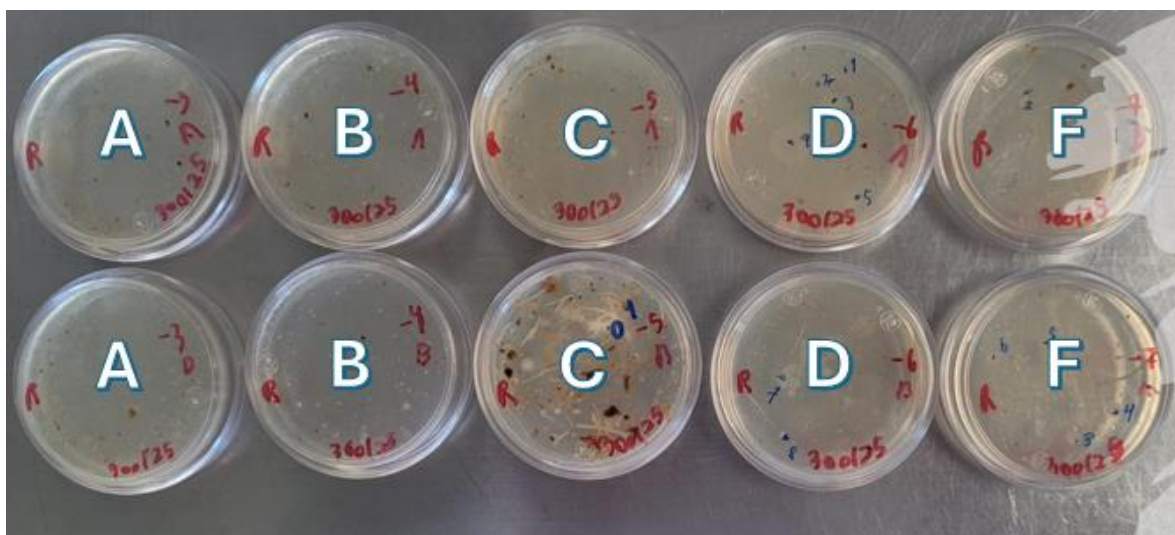
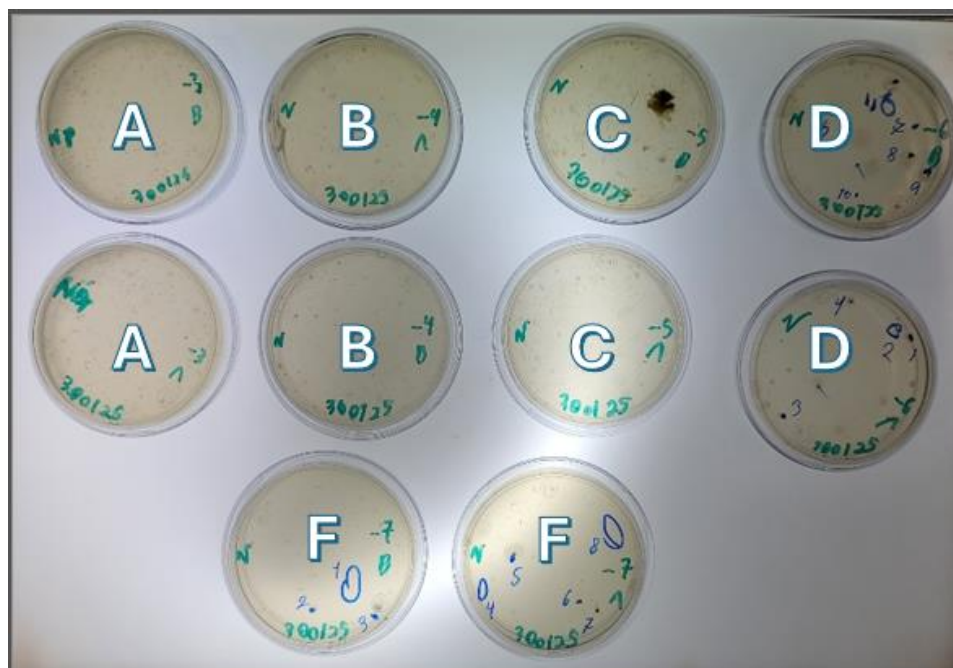


Figura 3. Siembra de diluciones seriadas de suelo de Villa de Arriaga, San Luis Potosí, en agar raíz de nopal. A) Dilución  $10^{-3}$ , B) Dilución  $10^{-4}$ , C) Dilución  $10^{-5}$ , D) Dilución  $10^{-6}$ , F) Dilución  $10^{-7}$ .



**Figura 4. Siembra de diluciones seriadas de suelo de Villa de Arriaga, San Luis Potosí, agar nopal. A) Dilución  $10^{-3}$ , B) Dilución  $10^{-4}$ , C) Dilución  $10^{-5}$ , D) Dilución  $10^{-6}$ , F) Dilución  $10^{-7}$ .**

El proceso de aislamiento por estría cruzada se realizó con la siguiente metodología. De los cultivos previamente sembrados se tomó una muestra de biomasa, y se sembró en otra caja Petri, se tomó una muestra de biomasa utilizando un asa estéril y se esparció por una nueva caja Petri con el mismo medio de cultivo que el previo, realizando un estriado hasta aproximadamente la mitad de la placa; de la porción final de la estría se tomó una muestra y se formó otra estría; se repitió el proceso hasta no tener espacio en la caja Petri. Las cajas se incubaron a  $30^{\circ}\text{C}$  durante 7 días y se revisaron su crecimiento cada 24 horas. Se tomaron muestras de la morfología filamentosa, se sembraron por punción en el propio medio en el cual crecieron previamente, se incubaron en las mismas condiciones durante 48 horas. Las muestras previas se almacenaron en refrigeración a  $4^{\circ}\text{C}$  mientras que las resiembras se conservaron en las mismas condiciones de incubación.

#### *Caracterización de microorganismos*

La caracterización de microorganismos es un proceso sistemático con el objetivo de identificar los microorganismos presentes en la muestra para posteriormente compararlos y realizar otras pruebas. La caracterización de microorganismos fue realizada utilizando el equipo MALDI-TOF (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight) [32]. Se



utilizaron colonias de cultivo aparentemente puros con base en la morfología visible en las cajas Petri y se identificaron con un espectrómetro de masa MALDI-TOF [33].

Para utilizar el equipo MALDI-TOF, se tomó una muestra de cultivo aparentemente puro con un asa estéril y se colocó en un pocillo de la placa; se realizó por duplicada. Se agregó a cada muestra 1 µL de ácido fórmico al 70%, se dejó secar antes de añadir 1 µL de la solución matriz (ácido alfa-ciano-4-hidroxicinámico a 10mg/mL) la cual es cargada en el equipo.

Se utilizó el software MALDI Biotyper [34] para interpretar los resultados del equipo MALDI-TOF. Los valores se interpretan como una puntuación si el valor supera 1.7 indica una probable identificación de género, valores de 2.0 a 2.3 asegura el género y probablemente identifique la especie, una vez que el valor es superior a 2.3 es probable que tanto el género como la especie sean correctamente identificados. La puntuación que se presenta como *score probability* (SP) indica la probabilidad de identificar un microorganismo con base en la similitud de su espectro de masa con la base de datos que tiene el sistema. En caso de aparecer como resultado de la subespecie, significando que no es posible distinguir si especie, limitándose al género únicamente [35].

Los resultados de la caracterización se resumen en las tablas 3 y 4. Se muestra el mejor candidato, la calificación y el género y especie del microorganismo. Se han presentado un total de 10 géneros distintos y 16 especies diferentes confirmadas, siendo las anotaciones su código de identificación seguidas de los valores de identificación obtenidos. La primera parte de los resultados presenta las especies encontradas en los resultados, mientras que la segunda parte presenta todas las especies de *Pseudomonas* identificadas hasta el momento.

**Tabla 3. Análisis de cultivo puros con espectrómetro de masa MALDI-TOF, primera parte.**

| Genero                  |        | Especie             | Score |      |
|-------------------------|--------|---------------------|-------|------|
| <i>Paraburkholderia</i> |        |                     |       |      |
| RVAAO                   | 7-1BD  | <i>Caledonica</i>   | 2.00  | 2.24 |
| <i>Paracoccus</i>       |        |                     |       |      |
| RVAAO                   | 7-1BB  | <i>Yeei</i>         | 2.18  | 2.18 |
| <i>Rhodotorula</i>      |        |                     |       |      |
| RVAAO                   | 3-5BDB | <i>Mucilaginoso</i> | 2.10  | 2.20 |

|                         |      |                          |      |      |
|-------------------------|------|--------------------------|------|------|
| <i>Paenarthrobacter</i> |      |                          |      |      |
| RVAAO                   | 5-6B | <i>Histidinolovorans</i> | 1.82 | 2.04 |
| <i>Paraburkholderia</i> |      |                          |      |      |
| RVAAO                   | 7-1C | <i>Phymatum</i>          | 2.04 | 2.01 |
| <i>Streptomyces</i>     |      |                          |      |      |
| RVANO                   | 7-9  | <i>Cyaneofuscatus</i>    | 1.98 | 1.78 |
| <i>Paenibacillus</i>    |      |                          |      |      |
| RVARO                   | 7-3  | <i>Amylolyticus</i>      | 2.02 | 1.93 |
| RVARO                   | 7-3B | <i>Amylolyticus</i>      | 1.80 | 1.79 |
| <i>Stenotrophomonas</i> |      |                          |      |      |
| RVAPO                   | 6-3  | <i>Sp</i>                | 2.09 | 2.07 |
| RVAPO                   | 6-4  | <i>Sp</i>                | 1.82 | 2.07 |
| RVAPO                   | 6-2C | <i>Sp</i>                | 1.99 | 1.87 |
| RVAPO                   | 6-2  | <i>Sp</i>                | 1.83 | 1.96 |
| RVARO                   | 6-6  | <i>Sp</i>                | 1.81 | 1.83 |
| RVARO                   | 7-1B | <i>Rhizophila</i>        | 1.77 | 1.72 |
| <i>Achromobacter</i>    |      |                          |      |      |
| RVAAO                   | 5-1  | <i>Xylosoxidans</i>      | 1.72 | 1.73 |
| RVAAO                   | 5-5  | <i>Spanius</i>           | 1.86 | 1.78 |
| RVAPO                   | 5-11 | <i>Piechaudii</i>        | 1.93 | 1.91 |

**Tabla 4. Análisis de cultivos puros con espectrómetro de masa MALDI-TOF, segunda parte.**

| <i>Pseudomonas</i> |         |                     |      |      |
|--------------------|---------|---------------------|------|------|
| RVAAO              | 3-4BB   | <i>Koreensis</i>    | 2.12 | 2.08 |
| RVAPO              | 6-3BB   | <i>Koreensis</i>    | 1.86 | 1.89 |
| RVAAO              | 6-1     | <i>Koreensis</i>    | 1.85 | 2.01 |
| RVAAO              | 5-9     | <i>Koreensis</i>    | 1.98 | 2.05 |
| RVAAO              | 6-2     | <i>Koreensis</i>    | 1.94 | 1.94 |
| RVAAO              | 5-8C    | <i>Koreensis</i>    | 2.01 | 2.19 |
| RVAAO              | 5-9     | <i>Koreensis</i>    | 1.89 | 1.91 |
| RVARO              | 6-3     | <i>Koreensis</i>    | 1.93 | 1.98 |
| RVAPO              | 6-2     | <i>Corrugata</i>    | 2.21 | 2.09 |
| RVAPO              | 5-5 B   | <i>Corrugata</i>    | 2.15 | 2.09 |
| RVAPO              | 5-5 C   | <i>Corrugata</i>    | 1.92 | 2.12 |
| RVAPO              | 5-2 B   | <i>Corrugata</i>    | 2.18 | 2.19 |
| RVARO              | 6-7     | <i>Corrugata</i>    | 1.97 | 1.91 |
| RVAAO              | 5-1     | <i>Chlororaphis</i> | 1.80 | 1.75 |
| RVARO              | 6-7B    | <i>Chlororaphis</i> | 2.07 | 2.00 |
| RVAPO              | 5-3 BB  | <i>Rhodesiae</i>    | 2.28 | 2.32 |
| RVAPO              | 5-3 BBB | <i>Rhodesiae</i>    | 2.23 | 2.31 |
| RVAAO              | 3-1     | <i>Rhodesiae</i>    | 2.25 | 2.25 |

|       |      |                  |      |      |
|-------|------|------------------|------|------|
| RVANO | 6-1  | <i>Rhodesiae</i> | 1.80 | 2.13 |
| RVARO | 6-5B | <i>Rhodesiae</i> | 1.99 | 2.13 |
| RVARO | 6-5D | <i>Rhodesiae</i> | 2.24 | 1.96 |
| RVARO | 7-4  | <i>Rhodesiae</i> | 2.31 | 2.29 |
| RVARO | 7-7  | <i>Rhodesiae</i> | 2.15 | 2.32 |
| RVARO | 6-8  | <i>Rhodesiae</i> | 1.89 | 1.85 |
| RVAAO | 6-3  | <i>Rhodesiae</i> | 1.96 | 2.28 |
| RVAAO | 5-1  | <i>Rhodesiae</i> | 2.19 | 1.93 |
| RVAAO | 5-2  | <i>Rhodesiae</i> | 2.29 | 2.29 |
| RVAPO | 3-1  | <i>Rhodesiae</i> | 1.91 | 2.10 |

### *Capacidad óxido reductiva*

Para la prueba cualitativa de determinación de la capacidad óxido reductora, se utilizaron medios de cultivo adicionados con Azure  $\beta$  o POLY R-478 en los cuales se sembraron los hongos; como prueba evaluativa, se sembraron en el centro con la técnica de punción. Se dejó crecer a 30 °C durante una semana y se revisó a contraluz la diferencia de color. La presentación de un halo claro en los bordes del hongo se interpretó como una prueba positiva, es decir, hay capacidad óxido reductora. Si no se observa el halo, la prueba fue negativa. Las figuras 5 y 6 muestran el crecimiento de los hongos después de una semana o 168 horas de incubación. En la figura 5, la primera muestra situada en la esquina superior izquierda, es un caso positivo en ambas pruebas, RVAPO6-1 dentro de la figura 5. Resumiendo, los resultados de la tabla 5, representan con un signo positivo si la prueba es exitosa y uno negativo en el caso contrario.



**Figura 5. Cultivo de hongos en medios sólidos con Azure  $\beta$  (placas de color azul) o POLY R-478 (placas de color rojo)**

**Tabla 5. Resumen de la prueba de óxido reducción de los hongos inoculados en medio PDA y AN adicionado con Azure  $\beta$  o POLY R-478. El signo (-) indica sin capacidad óxido reducción y el (+) indica capacidad óxido reducción.**

| ID         | AZURE $\beta$ | POLY R-478 |
|------------|---------------|------------|
| RVAPO3-1 D | -             | -          |
| RVAPO3-3 B | -             | -          |
| RVAPO3-5 C | -             | -          |
| RVAPO3-5 D | -             | -          |
| RVAPO5-3   | -             | -          |
| RVAPO5-8   | +             | -          |
| RVAPO5-13  | +             | -          |
| RVAPO6-1   | +             | +          |

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

El proyecto presenta un ambiente adecuado el cual promueve la capacidad de autogestión, siendo un ambiente que facilita el apoyo y colaboración con otros investigadores. Con una serie de actividades diversas en sus metodologías, principalmente de biología molecular

aplicadas, administración del tiempo y recursos. Además de presentar un ambiente que premia la iniciativa de actuar y el esfuerzo personal, permitiendo una oportunidad para el desarrollo laboral.

Se ha presentado el primer avance respecto a este proyecto, con la siembra y análisis preliminar de estas. Únicamente se ha comprobado la capacidad de óxido reducción de los hongos, por lo cual se requiere seguir con la investigación para obtener información aplicable al objetivo.

Los hongos con capacidad oxido reductora en las condiciones en las que se cultivaron, presentan un buen prospecto para su aplicación como reguladores de estrés hídrico. Alternativamente tienen la posibilidad de ser utilizados para otros fines como es su uso para la eliminación de compuestos farmacéuticos a partir de estas enzimas [36]. Comparando los resultados obtenidos con la prueba de Azure B y Poly R-478 se obtuvieron los resultados que se esperaban. En la tesis de Ángel González se utilizan de manera similar, comparando las imágenes se aprecia de manera similar [37]. Para mayor investigación y comparación se requiere la identificación de los hongos, aunque ya es posible realizar una caracterización inicial.

Respecto a los avances generados, se han realizado las primeras siembras y análisis de los microorganismos presentes en la muestra de suelo de Villa de Arriaga, San Luis Potosí, con la obtención de 8 hongos distintos y la identificación de 16 bacterias diferentes. Se han realizado las primeras pruebas cualitativas en hongos de capacidad de óxido reducción, siendo necesaria el desarrollo de otros protocolos que produzcan estrés a los hongos, así como una metodología adaptada para las bacterias.

Respecto a los resultados obtenidos, se compara con los obtenidos del estudio realizado por la Universidad Autónoma de Baja California Sur, respecto a microorganismos en suelo de zonas áridas [38]. Se presenta una comparación de poblaciones similares, principalmente respecto a la repetición de especies, teniendo una gran cantidad de *Pseudomonas*, mientras otros microorganismos se identificaron con menor frecuencia.

En la siguiente etapa se terminará con la identificación de los microorganismos, principalmente los hongos. Siguiendo con el proceso de prueba y estandarización de protocolos para la evaluación de capacidad óxido reductora. Se requieren realizar pruebas de estrés, con la idea de añadir metales para generarlo, realizando primero protocolos cualitativos para la discriminación de microorganismos. Posteriormente de los organismos con capacidades óxido reductoras se evaluará de manera cuantitativa.

### 1.7. Bibliografía y otros recursos

- [1].R. B. López, «Tolerancia al estrés hídrico en tres variedades de nopal (opuntia spp): crecimiento de planta y cladodios e indicadores fisiológicos, químicos y productividad de forraje,» 10 03 2022. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12098/1164>. [Último acceso: 7 03 2025].
- [2].J. F. Aguirre Rojas, «Seguimiento de la dinámica de crecimiento de Chlorella sp. en un fotobiorreactor tubular mediante un sistema DAQ y técnicas microbiológicas,» Verano de la Ciencia, vol. 21, n° XXVIII, 2023.
- [3].G. Manríquez Rivera, P. Arce Amezquita, B. Murillo Amador, M. Rojas Contreras, M. A. Cota Carballo y G. Quevedo Hernández, «Aislamiento de bacterias de la rizosfera de cholla (Cylindropuntia spp.) con aporte agronómico,» de Investigación en Ciencias Agrícolas, Baja California, México, astra editorial, 2022, pp. 231-237.
- [4].R. B. López, «Tolerancia al estrés hídrico en tres variedades de nopal (opuntia spp): crecimiento de planta y cladodios e indicadores fisiológicos, químicos y productividad de forraje,» 10 03 2022. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12098/1164>. [Último acceso: 7 03 2025].
- [5].P. I. Silva Rubio y C. A. Nieto del Valle, «Sequía por cambio climático como factor de vulneración del derecho humano al agua potable y saneamiento: una visión desde México,» Brazilian Jornal of Development, vol. 10, n° 10, pp. 3-11, 16 10 2024.
- [6].N. G. Guzmán-Robles, C. B. Peña-Valdivia, A. García-Esteva, G. Aguilar Benitez, y M. Soto Hernández, «Variación de metabolitos especializados en hojas de Moringa oleifera Lam. por efecto del estrés hídrico,» *Agro D*, vol. 4, n.º 6, dic. 2024.

- [7]. S. H. A. E.-M. F. H. H. E. A. M. M. M. A. H. S. S. A. & H. A. M. Youseif, «National Library of Medicine,» 20 10 2021. [En línea]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8528112/>. [Último acceso: 7 03 2025].
- [8]. K. M. ., S. M. S. ., A. M. ., E. H. ., Y. H. H. ., H. M. A. ., M. A. T. ., E.-T. M. ., F. M. ., P. S. ., W. K. ., R. S. ., E.-S. K. F. ., H. N. A. Nemr Rahma A., «“In situ similis” Culturing of Plant Microbiota: A Novel Simulated Environmental Method Based on Plant Leaf Blades as Nutritional Pads,» *Frontiers in Microbiology*, vol. 11, n° 1, pp. 2-12, 2022.
- [9]. W. H. Z. Y. X. S. X. J. L. L. T. X. C. J. O. Li X, «Applied and Environmental Microbiology,» *Appl Environ Microbiol*, 25 02 2025. [En línea]. Available: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/aem.02437-24#primary-abstract>. [Último acceso: 7 03 2025].
- [10]. P. Rivas, “Aislamiento in vitro de *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) a partir de setas comerciales”, Trabajo de Tesis, UNIV. NAC. AGRAR., Managua, Nicaragua, 2024. Accedido el 7 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.una.edu.ni/4943/1/tnf30p879.pdf>
- [11]. M. López, M. Jurado, J. López-González, M. Estrella-González, M. Martínez-Gallardo, A. Toribio y F. Suárez-Estrella, «Characterization of Thermophilic Lignocellulolytic Microorganisms in Composting,» *Frontier in Microbiology*, vol. 12, n° 1, pp. 3-4, 2021.
- [12]. V. A. Velázquez Campos, *Manual de Tinciones*, Cuautitlán Izcall, Estado de México: UNAM Cuautitlán, 2023, pp. 80-85.
- [13]. E. C. Mansilla, R. C. Moreno, M. O. García, B. R. Sánchez, J. D. D. C. Pérez & J. L. M. Bellido, "Aplicaciones de la espectrometría de masas MALDI-TOF en microbiología clínica," *Procedimiento de Microbiología Clínica*, Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 2019.
- [14]. Z. Y. García Carvajal y H. Espinosa-Andrews, «Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C», *MN*, vol. 9, n.º 17, pp. 117–129, ene. 2017.
- [15]. «Gobierno de Mexico,» CIATEJ, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://ciatej.mx/el-ciatej/quienes-somos>. [Último acceso: 7 03 2025].

- [16]. O. Neme Castillo, A. L. Valderrama Santibáñez y C. Chiatchoua, «Factores determinantes del consumo productivo de agua y sus efectos en la actividad económica de México,» *SciELO*, vol. 21, n° 66, pp. 505-537, 08 2021.
- [17]. G. Bocco, Q. Orozco Ramírez, A. Álvarez Larrain, B. Solis Castillo y C. Dobler-Morales, «El estudio del impacto de la sequía en pequeñas comunidades rurales de México: Una revisión de la bibliografía,» *CONICET*, vol. 26, n° 1314, pp. 1-4, 2021.
- [18]. H. V. Castellano-Bahena y D. Ortega-Gaucin, «Evaluación del riesgo por sequía hidrológica en áreas urbanas de México: Guadalajara y Monterrey,» *Tecnol. cienc. agua*, vol. 16, n.º 1, pp. 295–380, ene. 2025.
- [19]. T. Núñez Montenegro, «Bacillus spp. y Pseudomonas spp. aisladas de la rizósfera de Echinopsis pachanoi “San Pedro hembra” en Lambayeque como potenciales promotores de crecimiento de Solanum lycopersicum L. bajo estrés hídrico,» *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*, pp. 13-20, 5 06 2023.
- [20]. S. J. Rojas Lanzas y N. Y. Cruz Pichardo, «Inducción in vitro a estrés hídrico en líneas de malanga Lila (Colocasia esculenta (L.) schott) mediante el uso de Polietilenglicol 6000,» *Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Agrícolas*, pp. 15-25, 1 12 2024.
- [21]. S. Triana Fernández, F. Cobos Mora, J. Gómez Villalva, y I. Pérez Almeida, «Perspectivas de los cultivos transgénicos y su aporte en la agricultura,» *JSR*, vol. 9, n.º 1, pp. 65–79, ene. 2024.
- [22]. P. Vargas Rodríguez, A. Dorta Armaignac, K. Fernández Hung y A. Méndez Jocik, «Considerations for the Rational Design of Drip Irrigation Systems,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 30, n° 4, 11 2021.
- [23]. G. T. Z. M. B. T. A. S. Z. Bissenova, «Study of biomass accumulation using different nutrient media,» *Int. j. agric. nat. resour.*, vol. 51, n° 1, pp. 1-9, 2024.
- [24]. F. M. Angulo Zubieta, B. Mamani Sánchez y M. Nova Pinedo, «Crecimiento in vitro de hongo ostra (Pleurotus ostreatus) en diferentes medios de cultivo,» *RIIARn*, vol. 9, n° 1, pp. 10-18, 2022.
- [25]. R. A. Nemr *et al*, «“In situ similis” Culturing of Plant Microbiota: A Novel Simulated Environmental Method Based on Plant Leaf Blades as Nutritional Pads,» *Frontiers in Microbiology*, vol. 11, pp. 1-15, 2020.



- [26]. E. O. N. I. O. A. H. O. S. S. B. Chuku, Determination of Lignin Modifying Enzymes from *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus squarrosulus*, Dr. Md. Torequl Islam, Federal University of Piaui, Brazil. , 2021.
- [27]. Á. González Urbina, Biotransformación de colorantes sintéticos y efluentes industriales por basidiomicetos nativos, Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Agronomía, 2024, pp. 35-42.
- [28]. R. M.-Q. J. M.-y. P. J. L. H.-C. L. V. T. A. O.-O. E. M.-G. A. M. Ortega-Ávila, «Hongos saprótrofos neotropicales de bosque de *Juniperus deppeana* (Cupressaceae): aislamiento, identificación, cultivo in vitro y preservación,» Revista mexicana de biodiversidad, vol. 94, n° e945223, 2023.
- [29]. R. Herrera, M. de Von Chong, A. Bethancourt, F. Mejía, R. Hernández y I. Carrasco, «AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE HONGOS CON CAPACIDAD ENTOMOPATÓGENA EN EL CULTIVO DE YUCA CONTRA EL CHINCHE *Cyrtomenus bergi*, FROESCHNER (CYDNIDAE) EN LAS PROVINCIAS DE COCLÉ Y HERRERA,» semilla\_este, vol. 3, n° 1, pp. 128-143, 2022.
- [30]. L. M. R. E. David Omar Rojas Ramos, «Capacidad degradadora de *Pseudomonas aeruginosa* frente a metales pesados,» ECIPerú, vol. 21, n° 2, pp. 60-66, 2024.
- [31]. J. A.-L. L. P.-G. R. O.-C. D. R.-V. M. M.-D. K. Cayotopa-Torres, «Nuevos agentes de biorremediación de cadmio: Especies de *Trichoderma* nativas de la rizósfera de árboles de cacao,» Scientia Agropecuaria, vol. 12, n° 2, pp. 155-160, 2021.
- [32]. R. O. M. H. I. N. M. C. P.-M. S. S.-D. C. D. Pérez-Pérez, «Aislamiento y caracterización de *Stenotrophomonas* asociada a rizosfera de maíz (*Zea Mays* L.),» cultrop, vol. 41, n° 2, 2020.
- [33]. M. A. V. B. V. G. J.-P. C. D. P. Welker, «An Update on the Routine Application of MALDI-TOF MS in Clinical Microbiology,» Expert Review of Proteomics, vol. 16, n° 8, pp. 695-710, 2019.
- [34]. B. B. Vega, Caracterización fenotípica y proteómica (MALDI-TOF MS) de bacilos Gram negativos multiresistentes aislados en un Hospital Universitario Chileno, Murcia: Universidad Católica de Murcia, 2024.

- [35]. M. A. Flores-Ríos, «Caracterización microbiológica del agua potable del estado de Guanajuato mediante el sistema de espectrometría de masas MALDI-Biotyper® (estudio preliminar),» JC, vol. 28, pp. 1-11, 2024.
- [36]. A. Tomasini, R. Rubio-Roque, y H. H. León-Santiesteban, «Hongos filamentosos y su papel en la eliminación de compuestos farmacéuticos», TERYS, vol. 4, n.º 1, pp. 1–6, mar. 2025.
- [37]. Á. González Urbina, BIOTRANSFORMACIÓN DE COLORANTES SINTÉTICOS Y EFLUENTES, Nuevo León: Facultad de agronomía, 2024.
- [38]. M. Romero Bastidas, E. A. Mayer Félix, P. M. Arce Amézquita, M. Rojas Contreras, C. Rangel Dávalos y J. S. Hernández Rubio, «Eficacia de bioproductos sobre la población y diversidad microbiana de un suelo agrícola en zonas áridas,» Revista mexicana de ciencias agrícolas, vol. 16, nº 1, p. 10, 2025.

## 1.8. Anexos generales

### 2. Productos

Se produjo un reporte englobando los resultados obtenidos hasta el momento. Estos incluyen las observaciones de crecimiento en los cultivos, relacionados con la morfología, junto con la identificación realizada por medio del espectrómetro de masa MALDI-TOF. En este documento se presenta su código de identificación, las características morfológicas, así como su identificación con los dos mejores candidatos y sus valores de similitud.

**Tabla 6. Ficha descriptiva de reporte de identificaciones de microorganismos.**

|                                                            |                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre y código del PAP                                    | 4G03 Programa de Apoyo a la Investigación II                                                                                                                                                                  |
| Nombre del proyecto                                        | Búsqueda de microorganismos con capacidad óxido reductora en suelos sometidos a estrés hídrico en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Guadalajara, Jalisco. |
| Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es): | Resultados de identificación y caracterización de microorganismos. Documento con la información de características y resultados de identificación obtenidos,                                                  |

|          |                                                                                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | detallando su morfología. Es necesario para comparar resultados y realizar seguimiento de los obtenidos hasta el momento. |
| Autores: | Dra. Iliana del Carmen Barrera Martínez, Dra. Karla Verónica Teymennet y José Oscar Báez Herrera                          |

De la misma manera, se generó un manual detallando las metodologías llevadas a cabo durante el experimento, puede utilizarse en caso de ser necesaria su repetición o consulta para las siguientes etapas del proyecto. El manual tiene el propósito de evitar problemas de comunicación o pérdida de información, principalmente.

**Tabla 7. Ficha descriptiva del manual de técnicas.**

|                                                            |                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre y código del PAP                                    | 4G03 Programa de Apoyo a la Investigación II                                                                                                                                                                  |
| Nombre del proyecto                                        | Búsqueda de microorganismos con capacidad óxido reductora en suelos sometidos a estrés hídrico en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Guadalajara, Jalisco. |
| Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es): | Manual de técnicas del laboratorio. Técnicas del laboratorio utilizadas en la práctica, en caso de ser requerido su consulta y evitar pérdida de información o variación accidental de la metodología.        |
| Autores:                                                   | Dra. Iliana del Carmen Barrera Martínez, Dra. Karla Verónica Teymennet y José Oscar Báez Herrera                                                                                                              |

### 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

Durante el transcurso del proyecto, uno de los aspectos más significativos fue adaptarme a un nuevo ambiente de trabajo y comprender cómo se desarrolla un proyecto de investigación. También fue clave entender el objetivo final del trabajo realizado, así como el conocimiento

generado y el propósito que se busca alcanzar con él. En este caso, se trata de crear una herramienta que contribuya a reducir la problemática de la escasez de agua. A lo largo del proyecto, fue relevante investigar el posible impacto de esta situación y la magnitud del problema, apoyándonos en diversas noticias y programas enfocados en la falta de agua en la agricultura.

Al observar otras perspectivas, se hizo evidente que la realidad de muchas personas depende directamente de la producción de alimentos, lo cual también afecta al resto de la población. Desarrollar un proyecto con el objetivo de generar un impacto positivo en la sociedad fue una fuente de motivación personal, y me permitió comprender en la práctica la importancia de la investigación. Finalmente, entendí que el verdadero objetivo de la investigación es el beneficio de la humanidad, mediante la creación de soluciones innovadoras frente a los nuevos desafíos que enfrentamos como sociedad.

### 3.2 Aprendizajes logrados

Respecto a mis aprendizajes personales, sin lugar a duda he adquirido una valiosa experiencia en técnicas relacionadas con la biología molecular, así como en el uso y manejo de equipos de laboratorio. He desarrollado competencias en el análisis de resultados, el manejo de grandes volúmenes de muestras, la familiarización con el trabajo con microorganismos y el desempeño en áreas estériles.

En el ámbito social, fue fundamental mantener una comunicación constante tanto con las doctoras responsables del proyecto como con el resto del personal del laboratorio que no estaba directamente involucrado. Esta interacción fue clave para coordinar el uso de espacios y equipos, optimizar los tiempos de trabajo y, además, resultó enriquecedora durante los procesos de discusión y ajuste de la metodología.

Entre los principales retos que enfrenté se encuentra la adaptación a un nuevo entorno de trabajo, así como el manejo del elevado volumen de muestras. La exigencia de adoptar un enfoque autodidacta también representó una dificultad considerable, ya que, a diferencia del entorno universitario, en el laboratorio no siempre existe una única respuesta correcta. Esto

exigió el uso constante de mi criterio personal para tomar decisiones adecuadas en tiempo real.

Al comparar el inicio del PAP con su etapa final, uno de los cambios más significativos que experimenté fue el fortalecimiento de mi confianza en el uso de mi propio criterio, así como una notable mejora en la planificación y ejecución de tareas.

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

Se presenta en la tabla 8, en diferentes colores, iniciales previas a entrar al PAP (color azul) y las competencias finales (color amarillo). Comparando las experiencias adquiridas durante el transcurso del proyecto.

**Tabla 8. Inventario de competencias.**

|               | Competencia                                                          | Evidencia                                                                                               | Relevancia/Fortaleza                                                                                                           |
|---------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conocimientos | Medidas de seguridad en el laboratorio                               | Experiencia previa en el laboratorio                                                                    | Es fundamental conocer y mantener las medidas de seguridad para reducir riesgos                                                |
|               | Protocolos de laboratorio                                            | Uso de varias materias a lo largo de la carrera                                                         | Prácticas utilizadas para la homogenización de los procesos, así como presentar resultados                                     |
|               | Caracterización de microorganismos                                   | Cursado previo de las materias de biología molecular, metabólica y cultivos de tejido vegetal y animal. | Requerido para las actividades realizadas en el proyecto, para la evaluación de los resultados y decisión de siguientes pasos. |
|               | Biología molecular                                                   |                                                                                                         |                                                                                                                                |
|               | Biología de las plantas                                              |                                                                                                         |                                                                                                                                |
|               | Reportes de laboratorio                                              | Uso de varias materias a lo largo de la carrera                                                         | Requerido la evaluación constante de lo obtenido en cada experimento, por ello la experiencia previa facilita este proceso.    |
|               | Metabolismo de plantas y microorganismos                             | Fundamento del proyecto<br>Requerido para su aplicación y uso a lo largo del proyecto                   | Fundamental para las pruebas y evaluación de resultados                                                                        |
| Habilidad     | Contexto de la problemática, respecto a las sequías a nivel nacional | Contextualización del reporte PAP                                                                       | La situación a la que se requiere tratar<br>Su importancia y efecto actual                                                     |
|               | Técnicas de biología molecular<br>Manejo de equipos del laboratorio  | Cursado previo de las materias de biología molecular, metabólica y cultivos de tejido vegetal y animal. | Son las técnicas utilizadas en el proceso de cultivo e investigación de microorganismos que se utilizan en el proyecto.        |

|           |                                                               |                                                                                                      |                                                                                                                       |
|-----------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | Trabajo dentro de campana estéril                             |                                                                                                      |                                                                                                                       |
|           | Toma de decisiones en el laboratorio                          | Experiencia previa realizando diversas prácticas.                                                    | Durante cualquier proceso se requiere de ajustes durante cada proceso por ello es relevante para llegar al objetivo.  |
|           | Manejo de material estéril                                    | Prevía experiencia en laboratorio.                                                                   | Requerido para todo el proceso y la obtención de los objetivos deseados                                               |
|           | Aislamiento de microorganismos                                | Se realizaron una serie de cultivos de distintos microorganismos y resiembras.                       | Requerido para su uso en pruebas y preservación                                                                       |
|           | Identificación utilizando el espectrómetro de masa MALDI-TOF  | Metodología utilizada para la identificación de microorganismos                                      | El equipo proporciona una prueba rápida y fácil de utilizar para la identificación fiable                             |
|           | Trabajo ordenado y sistemático                                | Código y parte del protocolo para el manejo de material y cultivos de microorganismos                | Requerido para el manejo y correcta identificación de las muestras                                                    |
| Actitudes | Dispuesto a aprender                                          | Principalmente que estoy cursando mi tercer PAP por interés a tener un mayor desarrollo profesional. | Siempre relevante en espacios de investigación, para obtener el mayor provecho a cada experimento y prueba realizada. |
|           | Trabajar responsable en el espacio de trabajo del laboratorio | Mantener mi espacio de trabajo limpio junto con el material utilizado.                               | Es relevante el manejo responsable del material y principalmente de los desechos para su correcto manejo.             |
|           | Comunicación                                                  | Una exigencia que se generó durante el proyecto                                                      | Necesario para presentar los resultados y dudas a otros investigadores<br>Promover un buen flujo de trabajo           |
|           | Iniciativa                                                    | El trabajo personal con mínima supervisión en el laboratorio                                         | Uso del juicio propio para acelerar el proceso<br>Facilita el flujo de tareas, corrección y solución de problemáticas |

Durante el desarrollo del proyecto, se fortalecieron habilidades relacionadas con el manejo de microorganismos, técnicas de biología molecular e identificación microbiana. Asimismo, se profundizó en conocimientos sobre el metabolismo de los microorganismos, en conjunto con el análisis del contexto de la problemática actual. En cuanto a la actitud, se destacó un crecimiento en la confianza respecto al conocimiento previo, así como en la capacidad de aplicarlo de manera directa en el proyecto.