

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE
Centro Interdisciplinario para la Formación y Vinculación Social

Sustentabilidad y tecnología

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)
Sustentabilidad socioambiental para el desarrollo inclusivo



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

**1P02 San Pedro Valencia: Renovación Urbana, Saneamiento Ambiental y
Emprendimientos Turísticos
Biofábrica de Ahuisculco**

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Ing. En Biotecnología Bruno Urrutia de la Peña

Ing. en Biotecnología Carlos Guillermo Sánchez Galaz

Ing. en Biotecnología Viviana Aguilar Sánchez

Ing. En nanotecnología Alejandro Mirones González

Ing. En nanotecnología Luis Guillermo Covarrubias Chi

Profesor PAP:

Mtra. Jesica Nalleli de la Torre Herrera

Mtro. Héctor Morales Gil de la Torre

Ing. Andrés Zuloaga Cano

Arq. Andrea Carolina Levario Anchondo

Tlaquepaque, Jalisco, abril 2023

Contenido

REPORTE PAP	3
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	3
Resumen	5
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....	5
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto	5
1.2 Caracterización de la organización.....	7
1.3 Identificación de la(s) problemática(s).....	7
1.4. Planeación de alternativa(s).....	7
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	9
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	19
1.7. Bibliografía y otros recursos	20
1.8. Anexos generales.....	23
2. Productos	29
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	30
3.1 Sensibilización ante las realidades	30
3.2 Aprendizajes logrados	31

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 San Pedro Valencia: Renovación Urbana, Saneamiento Ambiental y Emprendimientos Turísticos, Biofabrica de Ahuiculco al ser un proyecto nuevo y disponible para ingenieros tuvo como objetivo la estandarización, especificación y mejora de las fórmulas establecidas en los bioles para la mejora de rendimiento en el campo, partiendo de caña de azúcar, durante el semestre se trabajó con los integrantes de la biofabrica y con el técnico Pedro M. quien dirige el proyecto. Se realizaron muestreos de tierra donde se determinaron los elementos con los que contaba y de los que carecía, muestreo de bioles supermagros ya preparados para caracterizar sus elementos, investigación de 10 posibles cepas que podrían apoyar en el proceso de fermentación de bioles o bien en la restauración de la tierra y por último, se empezó mas no se terminó, un código MatLab para la simulación de la fermentación con el fin de encontrar la mejor formula para el biol supermagro con las características de los ingredientes disponibles en Ahuiculco. Se determinaron elementos que faltan para llevar la agroecología en Ahuiculco a un mejor resultado.

1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones que, de manera colaborativa, construyen sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

En Ahuiculco existe una comunidad de cañeros, que empieza en los inicios de los años 1900's cuando el oro verde comienza en su auge, las personas se han visto de manera casi obligadas a quedarse en este cultivo dado que el ingenio da prestaciones laborales para el cuidado de las personas. Sin embargo, las personas se quedaron atrapadas con estas ventajas, y actualmente ya los cultivos no generan tanta retribución económica como solía ser. Al estar casados con la practicidad de ya tener vendida la cosecha los ha empujado a tener una zona de confort el cual los mantiene contentos. A partir del aumento de los precios a nivel mundial,

se ve afectado directamente proporcional al costo de los fertilizantes químicos tradicionales, y debido a esto se han visto con la necesidad de mejorar sus técnicas para seguir bajando el costo.

En el mundo se consumen anualmente 187 millones de toneladas de fertilizantes, lo que conduce a un incremento en los costos de aplicación, aparición de plagas y enfermedades de plantas o generación de resistencia de estas. Aparte conlleva un incremento en la contaminación por el lavado de nutrientes, pérdida de materia orgánica, erosión del suelo, supresión de microbiota benéfica del suelo, entre otros (Rojas Prieto, 2020).

Dentro de las tradiciones y la agricultura, la comunidad quema la caña con fin de deshacerse del exceso de hojas y troncos que quedan posterior a la cosecha. Se cree que esto se ha llevado a una degradación de microbiota de suelo, se ha degradado perdiendo una gran cantidad de materia orgánica, esto siendo fuente de carbono, aminoácidos y nutrientes esenciales para el crecimiento de la caña.

Como solución propuesta por el técnico Pedro M., se han implementado técnicas fermentativas para la creación de pesticidas y fertilizantes con un menor impacto al ambiente, fomentando una agricultura sostenible. Es ahí en donde nace la biofábrica, la cual se enfoca en la creación de los ya mencionados fertilizantes agroecológicos o biofertilizantes, como lo es el supermagro. Dicho lo anterior, los alumnos de biotecnología buscan la manera de crear un plan a futuro para con los recursos que se tienen poder dejar una formulación estandarizada del supermagro, teniendo una validación científica. Además, se busca comprobar la función que las fermentaciones tienen en los bioles que se encuentran en la biofábrica para poder tener una mejora ya sea por medio de una estandarización o por medio de una mejora biotecnológica como se mencionó anteriormente. También se hará un análisis para proponer una simbiosis con microorganismos que puedan convivir para proteger y acumular nutrientes.

Para el supermagros los productores de Ahuisculco utilizan estiércol, suero de leche bronca, ceniza, levadura, melaza y agua. Y para complementar este producto hacen otras mezclas,

como es el extracto que lleva ajo y cebolla morada, también tienen el caldo mineral el cual lleva cal y ceniza y hacen otro que tiene azufre, cal y agua.

1.2 Caracterización de la organización

Dentro de los principales actores del proyecto se encuentra el técnico Pedro M., que participa en el programa de escuelas campesinas donde se dan asesorías y cursos para la transición agroecológica de las distintas áreas del campo. Él es el asesor de un grupo de 15 productores que se encuentran en Ahuisculco, su principal actividad es la producción de caña de azúcar, pero también están comenzando con la producción de agave. Este grupo de agricultores tienen su propia organización en donde establecen sus distintas responsabilidades.

1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

A partir de lo revisado con los productores de Ahuisculco, se han observado varias problemáticas las cuales se deben atender. Principalmente se encontró que se debe hacer una caracterización de sus productos para saber con qué es lo que trabajan sus tierras. Además, se determinó que los suelos de las parcelas están muy gastados, entonces se deben también analizar para encontrar las propiedades que se encuentran en ellas.

También se están considerando factores ambientales los cuales no son modificables, pero se verán alternativas para frenar el daño. El mayor problema por el momento es que ya se han notado efectos negativos con los climas, ya que los insumos son sumamente caros a comparación de los años pasados, sabotajes de la industria y sabotajes de colegas. Por último, se busca disminuir las quemadas de caña para intentar cuidar el medio ambiente.

1.4. Planeación de alternativa(s)

<i>Tabla 2</i>	
PROBLEMÁTICA GENERAL	Caracterización de bioles fabricados en la Biofábrica de Ahuisculco.
FIN U OBJETIVO ESPECÍFICO	Estandarización, especificación y mejora de las fórmulas establecidas en los bioles para la mejora de rendimiento en el campo, partiendo de caña de azúcar.

OUTPUT	Estandarización de fórmula empleada para realización de bioles acompañados de los participantes de la biofábrica para compartir información.	Análisis y selección de materias orgánicas (Cepas de microorganismos, componentes, especificidad de los cultivos, etc.) más aptas para la biofábrica, trabajando y comunicándonos con Pedro M. técnico encargado.	Elaboración de programa de simulación por parte del equipo de biotecnólogos que ayude a calcular los balances óptimos para la fórmula y pueda ser usado en un futuro para mejorarla.
OUTCOME	Tener un producto el cual se pueda utilizar en el campo con las necesidades de las personas que lo utilizarían, promover el uso de este.	Contar con la información pertinente para llevar a cabo lo necesario.	Creación de programa manipulable que ayude a futuros proyectos con el diseño de bioles en Ahuisculco.
OBJETIVO ESPECÍFICO	Caracterizar la fórmula que ya siguen identificando que funcione primeramente para la caña de azúcar utilizando los materiales orgánicos con los que ya cuentan en la biofábrica como base para una mejora.	Hacer una selección más específica que funcione principalmente bajo las condiciones específicas de las necesidades de la biofábrica.	Generar un programa de balances de materia y energía mediante el uso de software (MATLAB) que al manipular los valores numéricos de entradas y salidas cambie las cantidades numéricas de las condiciones iniciales (Entrada) para encontrar la mejor solución.
	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
LUGAR EN EL QUE SE REALIZA	Ahuisculco, Jalisco.		
DESTINATARIOS FINALES	Productores de caña de azúcar de la zona.		
DESTINATARIOS DIRECTOS	Productores de caña de azúcar de la zona que participan en la biofábrica.		
ORGANIZACIONES ALIADAS	SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).		

Como propuesta se busca encontrar las características del suelo para de ahí generar una propuesta de valor con los recursos que se han podido tener a lo largo del semestre;

La recolección de las muestras serán una parte muy importante para comenzar con la caracterización de dicho proyecto.

Buscamos encontrar los minerales presentes para determinar que hay, como mejorarlo y de ahí tener un plan de acción.

Una vez obtenidas las muestras, se harán pruebas de laboratorio en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente, también se pensó desarrollar una medición a través de un XPS, un aparato de lector por rayos X para la obtención de los compuestos orgánicos y minerales de la muestra obtenida a partir de los bioles fermentados que ya se cuentan actualmente en la biofábrica.

1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

A partir de las cepas autorizadas por los fondos de gobierno, el enfoque será analizar las pruebas realizadas en los diferentes cultivos para determinar los nutrientes faltantes. A partir de ahí, se realizará una simbiosis dentro de los bioles para la preservación de los microorganismos, siendo un caldo nutritivo de amplio espectro, empezando por los déficits nutrimentales de la región de Ahuisculco. Sin embargo, estará muy enfocado solo a la parte vegetativa dado a las variaciones que hay en las diferentes etapas de crecimiento vegetal para flores y frutos.

Micronutrientes y macronutrientes minerales

El primer objetivo es la determinación de los nutrientes faltantes en las parcelas para así poder generar complementos nutrimentales ya sea de origen orgánico o inorgánico. Un enfoque importante es la parte de los cultivos sostenibles por lo que nos enfocaremos también en los caldos nutritivos los cuales actualmente ya se hacen en la biofábrica.

Varias de las cepas seleccionadas por el ingeniero Pedro, son captoras de N₂ del ambiente para usarlas como medio de fijadores naturales convirtiéndolas en nitratos disponibles para

la captación de dicho elemento, por lo que la mayoría de estos microorganismos serán cultivados en los bioles para su aplicación posterior en el caldo.

Fermentación de los bioles

En el correcto uso de la microbiota la cual se planea utilizar, es importante revisar los tiempos de fermentación y también que los microorganismos puedan vivir en condiciones ambientales iguales. Además, hay que asegurar una fuente de carbono que no vaya a agotarse a lo largo de todo el proceso de fermentación, es decir, requiere una cinética de las fuentes de carbono, melaza y lactosa, y asegurarnos que sean todas para una fermentación anaerobia.

Una de las propuestas que debemos descartar es sobre el crecimiento de los microorganismos en caso de que no tengan una simbiosis o algún tema de inhibición por producto o coproducto, ambientales como pH, temperaturas u otros factores a considerar. Se pensó hacer pruebas de microbiología para revisar la viabilidad de las células viviendo en los bioles con fermentación de 2, 3 y 4 semanas dentro de los tanques.

Otra propuesta es analizar diferentes bioles de diferentes lugares, no solo de la biofábrica, y que tengan diferente tiempo de fermentación, para así poder compararlos y ver cuál es el que tiene mejor rendimiento. A partir de obtener esos datos, poder crear un manual en donde se comparen los ingredientes que le agregan a cada biol y su procedimiento, y como ya se mencionó describir el rendimiento o los cambios que se observaron tanto en las plantas como en los suelos con el uso de cada uno de estos bioles.

Nanopartículas para captación de nutrientes en el biol

Como objetivo tenemos el análisis de muestras de biol por medio de una técnica de espectroscopía foto electrónica de rayos x donde nos permitirá el análisis de una región de la muestra (300 μm x 700 μm de área) o de un punto determinado (110 μm , 55 μm , 27 μm o 15 μm de diámetro) y un análisis químico de superficies, una identificación de todos los elementos presentes. Determinación cuantitativa de la composición elemental de la superficie. (CIC. Centro de Instrumentación Científica)

Teniendo el estudio cuantitativo de los elementos presentes en las muestras, podemos desarrollar una propuesta específica de nanopartículas para la captación de nutrientes que se pudieran agregar a los tanques de biol. A partir de información de distintos artículos científicos acerca de este proceso de absorción de nutrientes en fertilizantes orgánicos, podemos inferir varias propuestas de nanopartículas o materiales nanoestructurados que nos pudieran servir para la propuesta específica.

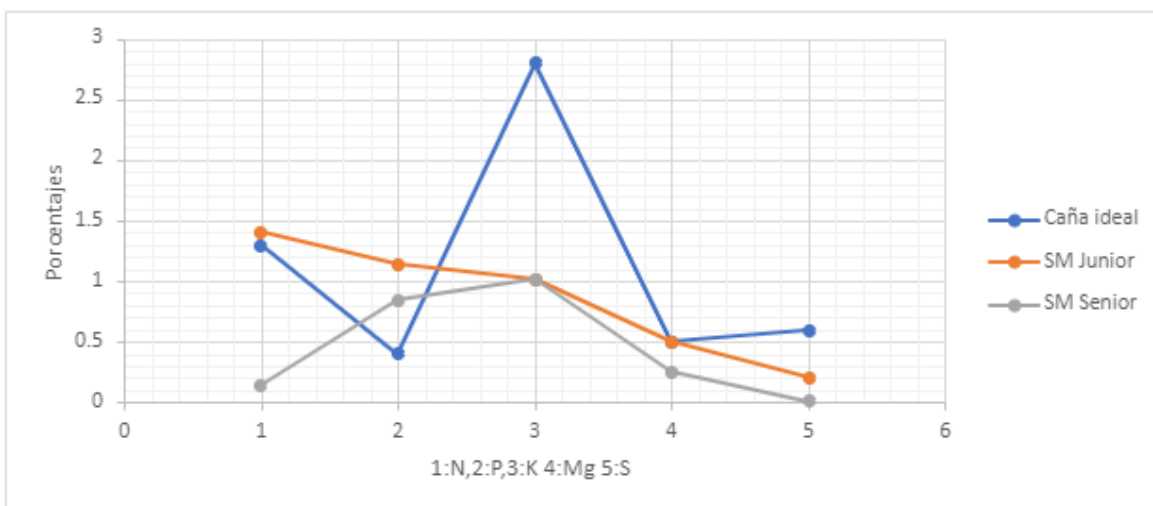
- Nanopartículas de silicón (Si-NPS) Los polvos de tamaño nanométrico también se utilizan para mejorar la absorción de nutrientes como nanococleato. Estos se revelan como una herramienta eficaz para la distribución de nutrientes a las células sin afectar el sabor y el color de los productos alimenticios.
- Se ha estudiado el uso de nanopartículas de titanio, cobre, zinc y carbono, que al parecer mejoran las reacciones biológicas de las plantas, permitiéndoles un mejor transporte y absorción de los nutrientes.
- El encapsulamiento y adición de nanopartículas de distintos elementos inorgánicos tales como silicio, hierro, zinc, cobre, níquel, titanio, plata, así como de orgánicos como quitosan, celulosa y almidón, a los biofertilizantes parece mejorar la absorción de estos, además de evitar la contaminación cruzada con fertilizantes comunes.
- Se ha investigado el uso de nanopartículas de plata para ayudar a la eliminación de hongos en la caña de azúcar, algo que se pudo presenciar en la visita a los campos de cultivo en los viajes de recolección de muestras, en los cuales distintas cañas mostraron signos de infección por hongos.

Se realizaron análisis tanto a los bioles como al lixiviado mineral, cabe recalcar que ya se contaban con datos numéricos sobre el primer lote de bioles realizados, sin embargo, se determinó pertinente realizar una nueva medición. Solamente se tomaron en cuenta los elementos básicos y necesarios para tener un cultivo apropiado de caña de azúcar. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 1. Resultados obtenidos a partir de análisis en laboratorio externo de bioles supermagros (SM) realizados en la biofabrica.

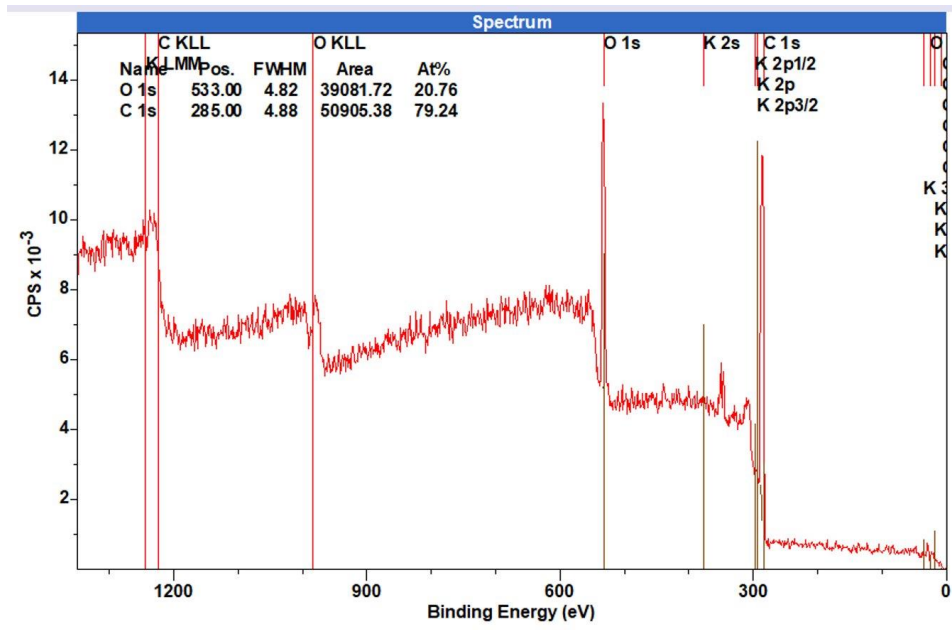
	Caña ideal	SM Junior	SM Senior
--	------------	-----------	-----------

<i>N (Nitrógeno)</i>	1.3%	1.4%	0.14%
<i>P (Fosforo)</i>	0.4%	1.14%	0.85%
<i>K (Potasio)</i>	2.8%	1.01%	1.02%
<i>Mg (Magnesio)</i>	0.5%	0.5%	0.25%
<i>S (Azufre)</i>	0.6%	0.2%	0.01%

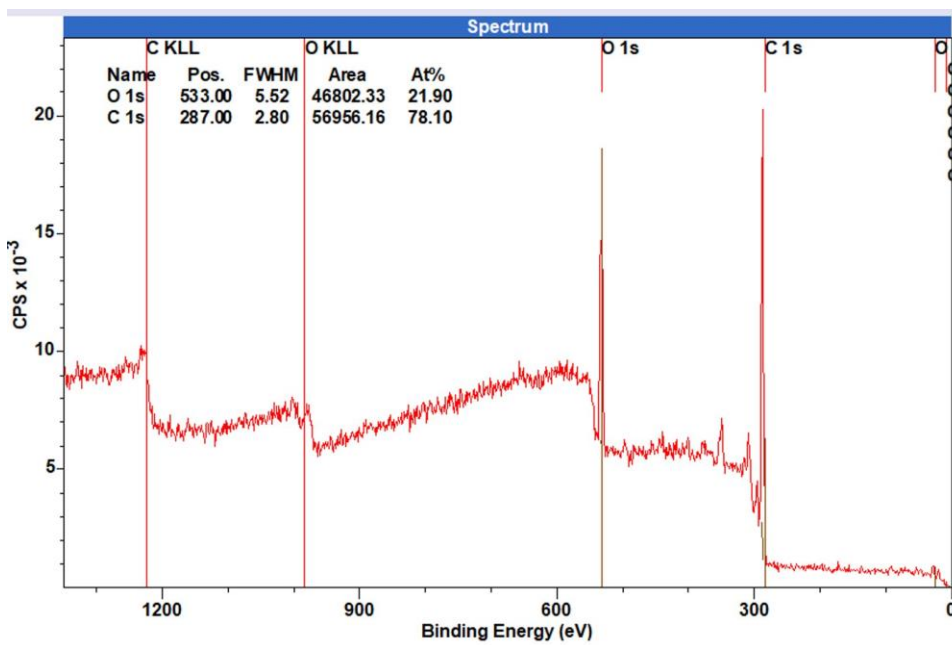


Gráfica 1. Comparación de bioles de la biofábrica a partir de datos obtenidos del análisis de laboratorio externo.

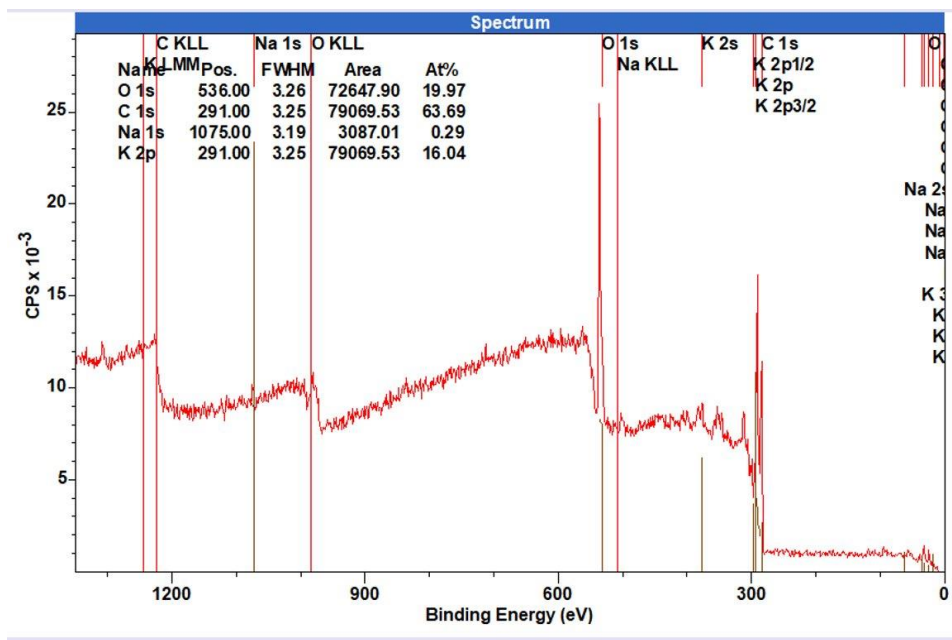
Como se puede apreciar en los números obtenidos en la tabla 1, se disminuyó considerablemente el porcentaje de nitrógeno, fosforo y azufre entre SM Senior y SM Junior, ambos presentan cantidades alejadas del porcentaje optimo en azufre, potasio y fosforo, sin embargo, el SM Senior, presenta aún cantidades más alejadas del porcentaje optimo en nitrógeno y azufre, siendo nitrógeno el elemento que más carecía en el nuevo lote producido. La caracterización de las muestras adquiridas de biol supermagro, lixiviado mineral y plaguicida natural por medio del equipo XPS (Espectroscopia de Fotoemisión de Rayos X).



Gráfica 2. Resultados de porcentajes de elementos encontrados en la muestra 1.



Gráfica 3. Resultados de porcentajes de elementos encontrados en la muestra 2.



Gráfica 4. Resultados de porcentajes de elementos encontrados en la muestra 3.

Se puede observar en los resultados del XPS que se encuentran presentes oxígeno (1s), carbono (1s), sodio (1s) y potasio (2p) de las muestras directamente sacadas de los diferentes tanques del biol.

Siguiendo un análisis más profundo gracias al software “CASAXPS” encontramos los siguientes resultados:

Muestra 1.

C1s (carbono orbital 1 s)	75%
K 2p (Potasio orbital 2p)	1.88%
O 1s (Oxígeno orbital 1s)	22.23%

Muestra 2.

C1s (carbono orbital 1 s)	72.9%
K 2p (Potasio orbital 2p)	1.46%
O 1s (Oxígeno orbital 1s)	25.63%

Muestra 3.

C1s (carbono orbital 1 s)	60.265%
---------------------------	---------

K 2p (Potasio orbital 2p)	1.34%
O 1s (Oxígeno orbital 1s)	38.39%

Estos son los porcentajes más aproximados encontrados en las diferentes muestras extraídas de los tanques de biol. (El sodio fue despreciado).

Se muestrearon 19 parcelas pertenecientes a los integrantes de la biofábrica, en cada una se recolectaba tierra cavando 3 hoyos de 30 cm de profundidad en puntos estratégicos, las muestras recolectadas se llevaron a analizar al laboratorio CITCA (Centro de innovación tecnológica y ciencias aplicadas), los análisis se llevaron a cabo por la Mtra. Alicia Gallardo Torres y el Ing. Manuel Castillo Ruiz. A continuación, se muestra un promedio de los resultados obtenidos de las 19 parcelas:

Tabla 2. Promedio de resultados obtenidos del análisis de tierra en parcelas pertenecientes a integrantes de la biofábrica.

Determinación	Resultado (ppm)
<i>M.O.</i>	2.70%
<i>N-inorgánico</i>	9.73
<i>P-Bray</i>	12.73
<i>K</i>	309.82
<i>Ca</i>	1562.86
<i>Mg</i>	445.05
<i>S-SO4</i>	25.05
<i>Na</i>	99.50
<i>Fe</i>	5.07
<i>Zn</i>	0.62
<i>Mn</i>	9.73
<i>Cu</i>	1.53
<i>Co</i>	0.57
<i>Ni</i>	0.09
<i>Mo</i>	1.04
<i>B</i>	0.96
<i>Al</i>	57.50

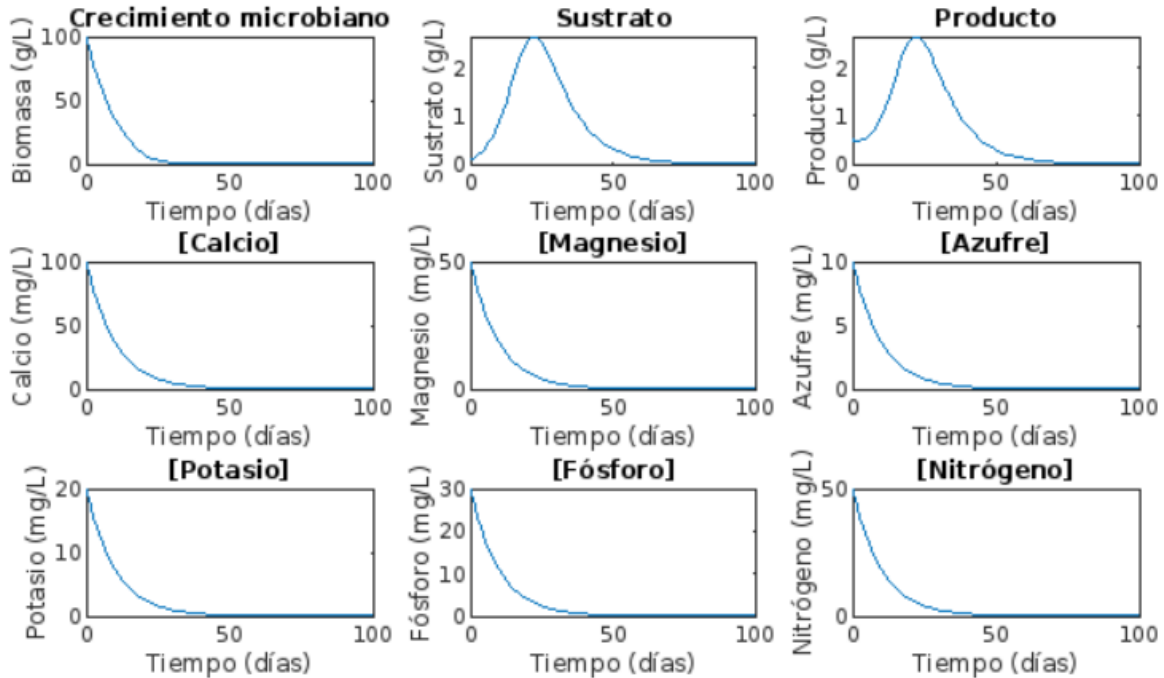
Donde nuevamente se segmentaron los elementos vitales para el crecimiento óptimo de la caña de azúcar para determinar si se encontraban dentro del rango de condiciones óptimas para el cultivo de caña de azúcar, o bien bajo o alto.

Tabla 3. Segmento de elementos indispensables para el crecimiento óptimo de caña de azúcar que deben de estar presentes en la tierra.

Determinación	Resultados (ppm)	Rango optimo		Nivel
<i>N-inorgánico</i>	9.73	60	120	Bajo
<i>P-Bray</i>	12.73	20	40	Bajo
<i>K</i>	309.82	120	200	Alto
<i>Ca</i>	1562.86	150	500	Alto
<i>Mg</i>	445.05	30	80	Alto
<i>S-SO4</i>	25.05	20	40	En Rango

Como se aprecia en la tabla 3, de los 6 elementos indispensables para el crecimiento de caña de azúcar, solamente el azufre-sulfato es el único que presenta datos aceptables, los demás se encuentra fuera del rango establecido y por ende la tierra donde se llevan a cabo los cultivos no es la óptima para el cultivo de caña. Aún con lo anterior, el cultivo de caña se da, aún. Con lo anterior, el cultivo de caña se da, resaltando aún más la necesidad del uso de un biol adecuado a las condiciones que presentan las parcelas donde se cultivan.

Se simuló el proceso de fermentación en el Software Matlab, esto con la expectativa de poder simular diferentes fórmulas de bioles antes de llevarlas a cabo, sin embargo no se cuenta con los datos suficientes para realizar una simulación completa, ya que en la realizada, se tomaron muchas decisiones desde la literatura y no desde lo realizado en la biofabrica, esto con la intención de crear un modelo base sobre el cual plantear cualquier alteración que se requiera, esto impide que se pueda simular de forma más aproximada a los bioles reales que se encuentran en la biofabrica. A continuación, se muestran los resultados de dicha simulación:



Gráfica 5. Resultados de simulación realizada en Matlab de la fermentación estacionaria de bioles.

Los resultados distan bastante de lo deseado, ya que, como se puede apreciar, utilizando los porcentajes en ppm de los elementos esenciales mencionados con anterioridad y usando un modelo cinético comúnmente usado en las representaciones de fermentaciones como lo es MONOD que básicamente describe la tasa de crecimiento de un microorganismo en función de la concentración de un sustrato limitante representado por la siguiente ecuación:

$$\mu = \mu_{max} * \left(\frac{[S]}{K_s + [S]} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- μ es la tasa de crecimiento del microorganismo (1 / tiempo)
- μ_{max} es la tasa máxima de crecimiento del microorganismo (1 / tiempo)
- $[S]$ es la concentración de sustrato (masa / volumen)
- K_s es la constante de saturación de sustrato (masa / volumen)

Con esto damos cuenta de que, efectivamente, los niveles de los elementos esenciales no se encuentran en los óptimos para procesos como lo son la fermentación, ya que bien, si dura una considerable cantidad de días, si se decide inserta microorganismos al proceso estos acabarían con su “alimento” a los 50 días dejando el fertilizante inerte, o bien, sin microorganismos.

Aunado a lo anterior, se realizó una investigación sobre 10 cepas diferentes que son candidatas para involucrarse en el proceso, los frutos de esa investigación se muestran a continuación:

Tabla 4. Recopilación de información sobre 10 cepas de microorganismos candidatas para involucrarse en el proceso de fermentación en la biofabrica de Ahuisculco.

Microorganismo	Descripción	¿Metabolismo anaerobio?	Medio de cultivo
<i>Bacillus subtilis</i>	Es un microorganismo beneficioso que ayuda a promover el crecimiento de las raíces y protege contra enfermedades fúngicas en la planta.	Bacillus subtilis es una bacteria Gram positiva, catalasa-positiva, aerobio comúnmente encontrada en el suelo.	Medio LB
<i>Trichoderma harzianum</i>	Es un hongo beneficioso que ayuda a controlar enfermedades del suelo y promueve el crecimiento de la raíz y la absorción de nutrientes en la planta.	Microorganismo anaerobio facultativo que requiere para su crecimiento, bajas concentraciones de oxígeno en el sistema de fermentación.	Agar Sabouraud Dextrosa
<i>Micorrizas</i>	Son hongos beneficiosos que forman simbiosis con las raíces de las plantas y ayudan a mejorar la absorción de nutrientes y agua en la planta.		Medios White modificado (mínimo, M) y Strullu y Romand modificado (SRM)
<i>Bacillus turingensis</i>	Es un microorganismo beneficioso que ayuda a controlar plagas en la caña de azúcar.	Es una bacteria aerobia gram positiva.	Suelen tener una fuente de carbono (glucosa, almidón y dextrosa), una fuente de nitrógeno (peptona, extracto de caseína) y sales minerales (calcio, manganeso, zinc y magnesio), que a veces requieren la adición de un antiespumante.
<i>Bauveria bassiana</i>	Es un hongo beneficioso que puede utilizarse como control biológico contra plagas en la caña de azúcar.	Es un hongo filamentoso, aerobio, enemigo natural de insectos plaga de sistemas agrícolas y artrópodos vectores de enfermedades.	Medio PDA
<i>Metharizium anisopliae</i>	Es un hongo beneficioso que puede utilizarse como control biológico contra	Es un hongo filamentoso, aerobio, caracterizado y utilizado para el control de plagas, además el uso de sus enzimas es empleado como catalizador biológico.	Medio PDA + extracto de levadura y una gota de ácido láctico.

	plagas en la caña de azúcar.		
<i>Pseudomona putida</i>	Es un microorganismo beneficioso que ayuda a controlar enfermedades fúngicas y bacterianas en la planta.	Su naturaleza estrictamente aerobia limita su aplicación.	Medio M. Común: extracto de carne (1 g/L), extracto de levadura (2g/L), peptona (5g/L), NaCl (5g/L), H 20 destilada (1 L) o Medio lactosuero 1: lactosuero 100% + 7,5 g/L de extracto de levadura.
<i>Rizhobium</i>	Es un género de bacterias beneficiosas que pueden formar simbiosis con las raíces de las plantas y fijar nitrógeno en el suelo.	Son bacterias aerobias, pero necesitan condiciones anaerobias para fijar el nitrógeno atmosférico en amoniacado.	Medio Yeast Extract Mannitol Agar con rojo congo que permite diferenciar las colonias ya que éste no absorbe el colorante lo que permite diferenciarlos por el color de las respectivas colonias.
<i>Azospirillum</i>	Es otro género de bacterias beneficiosas que puede ayudar a fijar nitrógeno en el suelo y promover el crecimiento de la raíz en la planta.	Son bacterias aerobias y necesitan una alta concentración de oxígeno para funcionar. Son aerobias, pero también son microaerófilas y pueden sobrevivir en condiciones de poco oxígeno.	NFb semigelificado "libre" de nitrógeno y con malato como fuente de carbono.
<i>Actinomycetos</i>	Son bacterias beneficiosas que pueden descomponer materia orgánica en el suelo y liberar nutrientes para la planta.	Son aerobios y se ubican en la superficie del suelo, aunque también viven en los horizontes inferiores, en especial en suelos alcalinos.	PDA o ACD

1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

Como producto se generó una nueva línea de trabajo, como todo proyecto es necesario tener una base para de ahí poder construir la pirámide con cimientos sólidos. Dadas las circunstancias es muy importante esta etapa del proceso para la determinación y caracterización de las propiedades que hay en la biofábrica. Este paso deja el camino para las próximas generaciones, donde será tener cuantificaciones o promedios para generar un balance de masa con el cual se podrá tener una mayor precisión, sin embargo, por el momento se determina un paso firme de las posibilidades para las propuestas.

Producto hasta abril 17, caracterización y gráficos de los componentes activos. Mediciones del suelo de los campos de cultivo de la caña y mayor experiencia de las necesidades generales de cada parcela. Determinación de los compuestos de los bioles y lixiviados.

Como pensamientos a futuro de las diferentes posibilidades de este proyecto, se tienen pensado el uso de microorganismos para la captación de nitrógeno y la inoculación de dichos MO. Gracias a esto podemos agregar una nueva línea de elaboración para mejora del biol además de la adición de diferentes minerales, así como el poder tener un residuo mineral de los lixiviados, que podrían proporcionar las sales faltantes antes de tener que agregar sales extraídas de manera no local.

1.7. Bibliografía y otros recursos

- Arshad R, Gulshad L, Haq I-U, et al. Nanotechnology: A novel tool to enhance the bioavailability of micronutrients. *Food Sci Nutr*. 2021; 9:3354–3361.
- CIC. Centro de Instrumentación Científica. Servicios y unidades. CIC. Centro de Instrumentación Científica. (n.d.). Marzo 1, 2023
- Rastogi, A., Tripathi, D.K., Yadav, S. et al. Application of silicon nanoparticles in agriculture. *3 Biotech* 9, 90 (2019).
- Rojas Prieto, N. L. (2020). Evaluación de dos residuos pecuarios en la elaboración de un biofertilizante empleando fermentación anaerobia. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín: Colombia.
- Harman, G. E. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96(2), 190-194. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0190>
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Barbetti, M. J., Li, H., & Lorito, M. (2008). A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 72(1-3), 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.03.003>
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press.

- Kiers, E. T., Duhamel, M., Beesetty, Y., Mensah, J. A., Franken, O., Verbruggen, E., ... & Bucking, H. (2011). Reciprocal rewards stabilize cooperation in the mycorrhizal symbiosis. *Science*, 333(6044), 880-882. <https://doi.org/10.1126/science.1208473>
- Palma, L., Muñoz, D., Berry, C., Murillo, J., Caballero, P., & Blanco, A. (2014). *Bacillus thuringiensis* toxins: an overview of their biocidal activity. *Toxins*, 6(12), 3296-3325. <https://doi.org/10.3390/toxins6123296>
- Raymond, B., & Federici, B. A. (2017). In defense of *Bacillus thuringiensis*, the safest and most successful microbial insecticide available to humanity—a response to EFSA. *FEMS microbiology ecology*, 93(10), fix117. <https://doi.org/10.1093/femsec/fix117>
- Feng, M. G., Poprawski, T. J., & Khachatourians, G. G. (1994). Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. *Biocontrol science and technology*, 4(1), 3-34. <https://doi.org/10.1080/09583159409355352>
- Huang, B., Zheng, L., Zhu, X., & Feng, M. G. (2019). The genome of the white oyster mushroom, *Pleurocybella porrigens*, reveals the phylogenetic relationship between the homobasidiomycota and the true agaricomycetes. *BMC genomics*, 20(1), 611. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5995-5>
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2018). *Microbiology: An Introduction* (13th ed.), "El cultivo adecuado de bacterias requiere la manipulación cuidadosa de la temperatura, el pH, la nutrición y el oxígeno".
- Gao, Q., Jin, K., Ying, S. H., Zhang, Y., Xiao, G., Shang, Y., ... & Kershaw, M. J. (2011). Genome sequencing and comparative transcriptomics of the model entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *M. acridum*. *PLoS genetics*, 7(1), e1001264. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1001264>
- Palleroni, N. J. (2010). *Pseudomonas*. En M. Schaechter (Ed.), *Encyclopedia of Microbiology* (3rd ed., pp. 425-448). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373944-5.00198-9>
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012, 1-15. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>

- Bashan, Y. (1998). Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology Advances*, 16(4), 729-770. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(98\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(98)00003-2)
- Berdy, J. (2005). Bioactive microbial metabolites. *The Journal of Antibiotics*, 58(1), 1-26. <https://doi.org/10.1038/ja.2005.1>

1.8. Anexos generales



Anexo 1. Caña de azúcar cultivada en Ahuisculco.



Anexo 2. Realización de muestreo en parcelas de agricultores en Ahuisulco



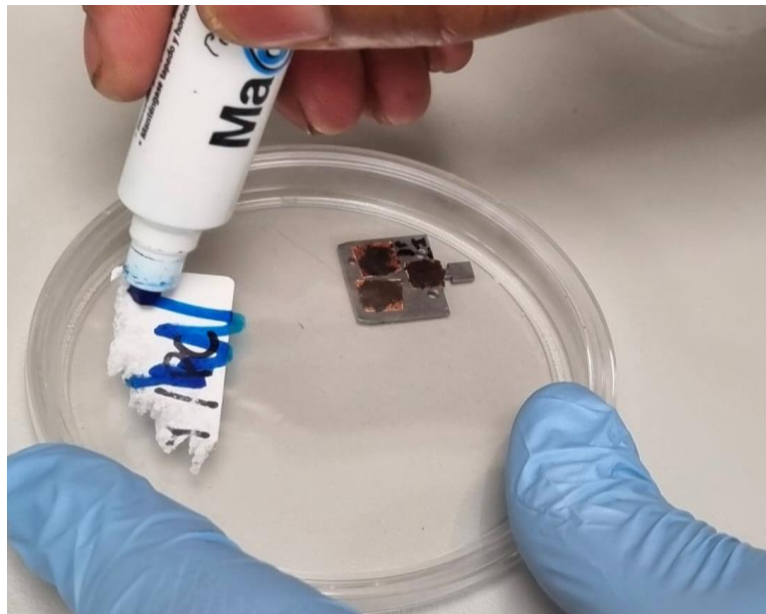
Anexo 3. Toma de muestra en bioles



Anexo 4. Muestras secas para poder realizar la prueba en el XPS



Anexo 5. Colocación de trampas para plagas



Anexo 6. 3 muestras de biol pegados a una placa para colocarlo en el XPS.



Anexo 7. XPS en la sala de nanotecnología en ITESO.

Código MatLab utilizado:

`% Constantes`

`mu_max = 0.8; % tasa máxima de crecimiento microbiano (1/día)`

`Ks = 17; % constante de saturación de sustrato (mg/L)`

`Y = 0.5; % coeficiente de rendimiento (g células/g sustrato)`

`D = 0.1; % tasa de dilución (1/día)`

`V = 500; % volumen del reactor (L)`

`% Cantidad de nutrientes (ppm)`

`N = 9.73; % Nitrogeno`

`P = 12.73; % Fosforo`

`K = 309.82; % Potasio`

`Ca = 1562.86; % Calcio`

`Mg = 445.05; % Magnesio`

`S = 25.05; % Azufre`

`% Cálculo de concentraciones en mg/L`

`N = N * 1e-3;`

`P = P * 1e-3;`

`K = K * 1e-3;`

`Ca = Ca * 1e-3;`

`Mg = Mg * 1e-3;`

`S = S * 1e-3;`

```

% Ecuaciones diferenciales
f = @(t, x) [-mu_max*x(1)/(Ks+x(1))*x(2) - D*x(1) + F*N/V;...
            (mu_max*x(1)/(Ks+x(1)) - D)*x(2) - Y*mu_max*x(1)/(Ks+x(1))*x(2)
+ F*x(3)/V;...
            Y*mu_max*x(1)/(Ks+x(1))*x(2) - D*x(3) + F*(K/V-P/V)/V;...
            -D*x(4) + F*(Ca/V-K/V)/V;...
            -D*x(5) + F*(Mg/V)/V;...
            -D*x(6) + F*(S/V)/V;...
            -D*x(7) + F*(K/V)/V;...
            -D*x(8) + F*(P/V)/V;...
            -D*x(9) + F*(N/V)/V];

% Condiciones iniciales
x0 = [100, 0.1, 0.5, 100, 50, 10, 20, 30, 50]; % [biomasa (g/L), sustrato
(g/L), producto (g/L), calcio (mg/L), magnesio (mg/L), azufre (mg/L),
potasio (mg/L), fosfora (mg/L), nitrógeno (mg/L)]

% Intervalo de tiempo
tspan = [0 100];

% Solución de ecuaciones diferenciales
[t, x] = ode45(f, tspan, x0);

% Gráficas de resultados
subplot(3, 3, 1)
plot(t, x(:,1))
xlabel('Tiempo (días)')
ylabel('Biomasa (g/L)')
title('Crecimiento microbiano')

subplot(3, 3, 2)
plot(t, x(:,2))
xlabel('Tiempo (días)')
ylabel('Sustrato (g/L)')
title('Sustrato')

subplot(3, 3, 3)
plot(t, x(:,3))
xlabel('Tiempo (días)')

```

```

ylabel('Producto (g/L)')
title('Producto')

subplot(3, 3, 4)
plot(t, x(:,4))
xlabel('Tiempo (días)')
ylabel('Calcio (mg/L)')
title('[Calcio]')

subplot(3, 3, 5)
plot(t, x(:,5))
xlabel('Tiempo (días)')
ylabel('Magnesio (mg/L)')
title('[Magnesio]')

subplot(3, 3, 6)
plot(t, x(:,6))
xlabel('Tiempo (días)')
ylabel('Azufre (mg/L)')
title('[Azufre]')

subplot(3, 3, 7)
plot(t, x(:,7))
xlabel('Tiempo (días)')
ylabel('Potasio (mg/L)')
title('[Potasio]')

subplot(3, 3, 8)
plot(t, x(:,8))
xlabel('Tiempo (días)')
ylabel('Fósforo (mg/L)')
title('[Fósforo]')

subplot(3, 3, 9)
plot(t, x(:,9))
xlabel('Tiempo (días)')
ylabel('Nitrógeno (mg/L)')
title('[Nitrógeno]')

```

2. Productos

Nombre y código del PAP	Nombre de subproyecto
1P02 - San Pedro Valencia: Renovación Urbana, Saneamiento Ambiental y Emprendimientos Turísticos	Biofábrica en Ahuisculco
Nombre del producto	Descripción
Muestreo	Con diferentes herramientas como palas y picos se tomaron muestras de tierra de las parcelas de los agricultores que forman parte de la biofábrica.
Toma de muestra de bioles	Con un mechero de bunsen, guantes y tubos falcón se tomaron muestras estériles de los diferentes bioles que tenían presentes en la biofábrica para su análisis en el XPS.
Secado de muestras	En el laboratorio de química en el ITESO se secaron las muestras en un horno a 98°C para poder realizar el análisis en el XPS.
Tabla de microorganismos	Se realizó una investigación de 10 microorganismos, los cuales pueden servir para el mejoramiento de los bioles.
Análisis en XPS	Análisis de muestras estériles de los diferentes bioles en la biofábrica con el dispositivo de Espectroscopía de fotoelectrones emitidos por rayos X, para obtener de qué elementos está compuesto los bioles.
Programa en Matlab manipulable (Avanzado no terminado)	Mediante el software Matlab, se empezó a desarrollar un programa que simule la fermentación llevada a cabo en los tanques donde se conserva el biol supermagro, sin embargo, se carece de los datos necesarios para que la simulación sea aproximada a la realidad.
Estrategia	Después de obtener los resultados se llevó a cabo una estrategia o propuesta para el mejoramiento de los bioles para que las plantas tengan un mejor desarrollo.

3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

Además de documentar la experiencia y dar cuenta de los productos y resultados a los que se llegó en el PAP, el RPAP también tiene 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

A partir de la caracterización de las tierras, al ver los minerales que se fueron presentando, se observó que las tierras en las que trabajan los productores de Ahuisculco tienen un gran déficit de nutrientes, es por ello por lo que la lucha por la generación de estos fertilizantes se vuelve aún más vital para la prosperidad de estas comunidades. Además de déficit de nutrientes, se encontraron metales los cuales dan toxicidad a la tierra, sin embargo, esto son eventos aislados los cuales son muy complejos de resolver.

Para levantar una propuesta ha sido complicado dado a que el muestreo fue un proceso largo, todavía no se tiene un producto como tal, sino una base para continuar avanzando para dar fin y disminuir estos problemas que se han encontrado. La eliminación de los metales pesados es muy complicada, son labores que no se tienen muy manejados incluso en derrames que han tenido un impacto mucho peor, por el momento no hay tanto tema, pero si son indicios de una problemática mayor.

La preocupación de los integrantes de este equipo nos llevó a alarmarnos por los medios de sustento económico de estas personas, es por ello por lo que se pensaron en todas las posibilidades para mejorar y brindar una solución real o por lo menos tener un camino muy claro del cual seguir avanzando, no podemos quitar el crédito a la gran labor de Pedro por apoyar estas comunidades de agrícolas.

3.2 Aprendizajes logrados

Durante este proceso se logró desarrollar diferentes aptitudes a nivel social, disciplinario y laboral:

- Comprender la realidad en el área de trabajo
- Identificación de problemas.
- Gestión del tiempo.
- Pensamiento crítico.
- Planificación y coordinación.
- Integridad.
- Generar interés y compartir conocimiento de cada formación profesional.

- Establecer un medio de comunicación con la gente de la comunidad y profesionistas.
- Investigación documental, de campo y cuantitativa.

Retos encontrados y superados:

- Adaptación y modificación de las planeaciones para respetar o poder coincidir con los tiempos de los compañeros de trabajo, así como las personas de la comunidad y profesionistas que nos acompañaron durante este proceso.
- Comprender términos, técnicas, herramientas y conocimientos de la formación profesional de nuestros compañeros.
- Administración de equipos para análisis de muestras (gestión de citas).
- Uso de herramientas y técnicas nuevas (equipos de laboratorio y herramientas agrícolas).
- Entablar conversaciones con las personas de la comunidad acerca del trabajo que estábamos realizando.
- Uso de softwares (XPS) para muestras nunca analizadas en el ITESO.
- Gestión del tiempo de trabajo a la hora de ir a Ahuisculco ya que algunos compañeros de trabajo tenían que atender clases después del PAP.