

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Centro para la Gestión de la Innovación y la Tecnología

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

Programa de Innovación Abierta LINK



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

3I01 Innovación abierta en tecnología, diseño y dinámicas sociales

BerryVax

PRESENTAN

Ing. en biotecnología. Aracely Gutiérrez Lomelí

Ing. en biotecnología. Aimé Estephanía Pérez Martínez

Ing. en biotecnología. Saulo Emmanuel Hernández Vega

Administración de Empresas. José David Montes Montes

Profesores PAP

Maestro Juan José Solórzano Zepeda

Maestra Sarah Ratkovich González

Tlaquepaque, Jalisco. Julio de 2022

Contenido

Presentación institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional.....	4
Resumen.....	4
Nombre del reto de innovación	5
Descripción del escenario del reto.....	5
Expectativas.....	5
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....	5
Fases metodológicas del proyecto.....	5
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto	6
Modelo Systems Practice	6
Estrella guía	6
Estrella cercana	6
Fuerzas habilitadoras	6
Fuerzas inhibidoras	7
Referencias del marco teórico	7
1.2 Caracterización de la organización.....	7
Descripción del escenario actual del reto.....	7
1.3 Identificación de la problemática.....	7
Modelo Marco Lógico	7
Contexto	7
Planteamiento del problema seleccionado	8
Árbol de problema	9
1.4 Planeación de alternativas	9
Modelo Marco Lógico	9
Árbol de solución.....	9
Informe de interacciones con involucrados.....	10
1.5 Desarrollo de la propuesta de solución	12
1.6 Valoración de productos, resultados e impactos	14
Resultados y entregables de los procesos de validación	14
Conclusiones, comentarios y consideraciones del equipo acerca del proyecto.....	16
2. Productos	18
Descripción de la solución.....	18
Fotos, gráficos o imágenes del prototipo.....	19

Plan de implementación	19
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia	20
3.1 Sensibilización ante las realidades	20
Posición personal frente a la realidad de los involucrados.....	20
Relatoría de la interacción con involucrados	21
Conocimientos personales y profesionales aportados al proyecto y a la experiencia	22
3.2 Aprendizajes logrados	23
Impacto de la experiencia PAP en el desempeño profesional.....	23
4. Bibliografía y recursos	24
5. Anexos	25

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 o 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 éste 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 modelo de innovación abierta LINK posibilita la intervención en entornos complejos para resolver situaciones negativas o para aprovechar posibilidades de mejora, creando soluciones innovadoras.

A partir de inquietudes o cuestionamientos a determinadas situaciones o por la consideración de un escenario deseable, se plantean retos de innovación para ser abordados por equipos multidisciplinarios de estudiantes, que con el acompañamiento de facilitadores y siguiendo el modelo **LINK**, investigan, analizan y validan información sobre el problema, su contexto y los involucrados. Plantean, ajustan, precisan y replantean las premisas necesarias a partir de sus hallazgos. Conciben soluciones y evalúan su efectividad a partir de la interacción con diferentes involucrados, posibles usuarios, beneficiarios, expertos y prospectos de clientes.

Nombre del reto de innovación

Desarrollo de fitovacuna para cultivos de berries.

Descripción del escenario del reto

El objetivo del reto es abordar la problemática con biología sintética modificando genéticamente una bacteria endémica la cual dará protección a la planta y atacará al hongo patógeno obteniendo cultivos sanos y, por ende, mejorará la producción de berries.

Expectativas

Lograr la prevención y control de plagas a partir de la aplicación de Berryvax para aumentar la productividad en los cultivos cuidando la salud de agricultores, consumidores y al medio ambiente, lo que a su vez permitirá lograr una mejor calidad de la fruta.

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.

Fases metodológicas del proyecto

En el modelo de innovación abierta LINK, las fases están definidas en inglés.

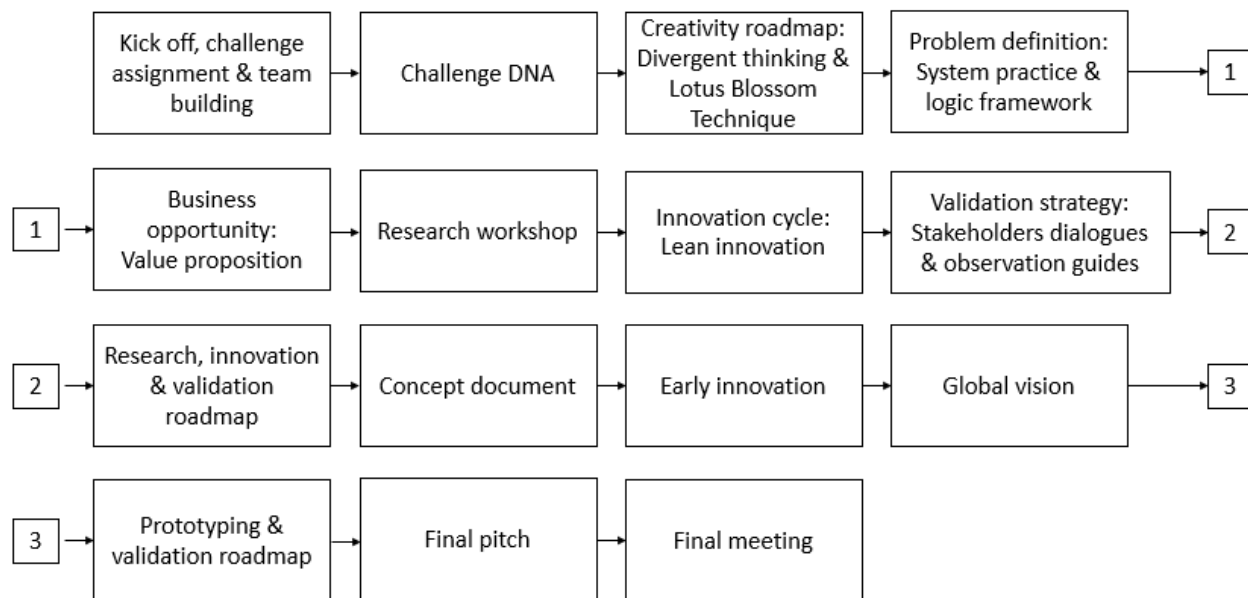


Figura 1. Fases metodológicas del proyecto

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

Modelo Systems Practice

Estrella guía

Producción agrícola sustentable optimizada, que genere un ingreso constante y así potenciar el bienestar de la población.

Estrella cercana

Disminuir las pérdidas de los cultivos de berries por infección fúngica por medio de la aplicación de la fitovacuna.

Fuerzas habilitadoras

- Herramientas biotecnológicas
- Información e investigaciones
- Infraestructura agrícola
- Colaboración interdisciplinaria
- Fondos de recursos
- Recursos tecnológicos
- Precio de agroquímicos
- Asesoramiento
- Biota endémica de la planta
- Vasta información sobre la bacteria a utilizar

Fuerzas inhibidoras

- Estigma social hacia los organismos genéticamente modificados (GMOs)
- Proveedores actuales de agroquímicos
- Recursos económicos de agricultores
- Conocimientos y técnicas anticuadas
- Administración de recursos insuficiente
- Ambigüedad en la normativa
- Inaccesibilidad financiera para consumibles y equipos
- Regulaciones de GMO
- Efectos nocivos al ambiente y usuarios
- Resistencia microbiana/ mutaciones
- Monopolio de berries: BerryMex, Driscolls, FreshKampo.

Referencias del marco teórico

1.2 Caracterización de la organización

Descripción del escenario actual del reto

Actualmente en México, de acuerdo con estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), se cultivan aproximadamente de 34 mil hectáreas de berries, con una producción estimada de alrededor de 900 mil toneladas al año (Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero, 2020). Jalisco posee las condiciones climáticas y edafológicas necesarias y óptimas para la producción de estos frutos, se calculó que en el estado hay una superficie de siembra de 480 hectáreas; con un volumen total de producción de 16,461 toneladas, lo que representa un 4.3% de la participación nacional (Cih, et al. 2016).

A pesar de que la producción de berries en el estado es grande, se tienen muchas pérdidas por plagas, específicamente por plagas de hongos. A partir de esta información nos enfocamos a poder aumentar la productividad de estos cultivos a partir de nuestra solución (Morales & Chilian, 2021).

1.3 Identificación de la problemática

Modelo Marco Lógico

Contexto

Los plantíos de berries son susceptibles a infecciones por hongos imperceptibles que de no ser controladas a tiempo provocan pérdidas de hasta el 50% del cultivo lo cual impacta económicamente a los agricultores (ONUDI, 2015).

Datos demográficos y de mercado relacionados con el proyecto, competencia, diferenciador.

En México, la comida es un recurso disponible en una gran mayoría poblacional, teniendo el lugar 60 globalmente en la categoría Food and Agriculture Availability, sin embargo y debido a las desigualdades sociales existe un problema grave de malnutrición en las familias con bajos recursos económicos. Cabe destacar que, en el mismo año, dentro de la producción de alimentos, la afectación al agua debido al uso de fertilizantes ha aumentado a tener una contaminación de aproximadamente 115 kg de agua/ hectárea (Banerjee *et al.*, 2020).

Afectaciones de los agrónomos en frutas.

La gran demanda de exportación que hay a nivel nacional ha requerido estándares de excelencia de calidad por parte de empresas grandes como Aneberries, Berrymex, Driscoll's, etc. Ellos se dedican a comercializar a nivel nacional e internacional por lo que garantizar la seguridad fitosanitaria es muy importante (Lagunes-Fortiz, et al. 2020). Por ello se han buscado tecnologías de mejoramiento de la calidad de los frutos, como el biocontrol (Fontana, et al. 2021).

Biocontrol.

El biocontrol, también conocido como control biológico, es una técnica para el manejo integral para el control de plagas que afectan a los cultivos agrícolas, donde se utilizan organismos vivos de manera simbiótica y respetuosa con el sistema mediante el uso de organismos, o metabolitos de éstos, con capacidad de biocontrol (Pegg & Manners, 2014). A diferencia del control biológico de plagas por insectos, el biocontrol de enfermedades en plantas es relativamente nuevo, el registro de la primera bacteria utilizada en la *Environmental Protection Agency* (EPA) data en 1979. En la actualidad se han registrado un total de 14 bacterias y 12 hongos con capacidad de control de infecciones en plantas, el 65% han sido registrados en los últimos 10 años, por lo que se considera una tecnología emergente y recientemente comercializada en algunos productos agrícolas (Fravel, 2015).

Planteamiento del problema seleccionado

El problema central identificado fue la afectación a la productividad de berries por la plaga de hongos.

Árbol de problema



Figura 2. Árbol de solución

1.4 Planeación de alternativas

Modelo Marco Lógico

Árbol de solución

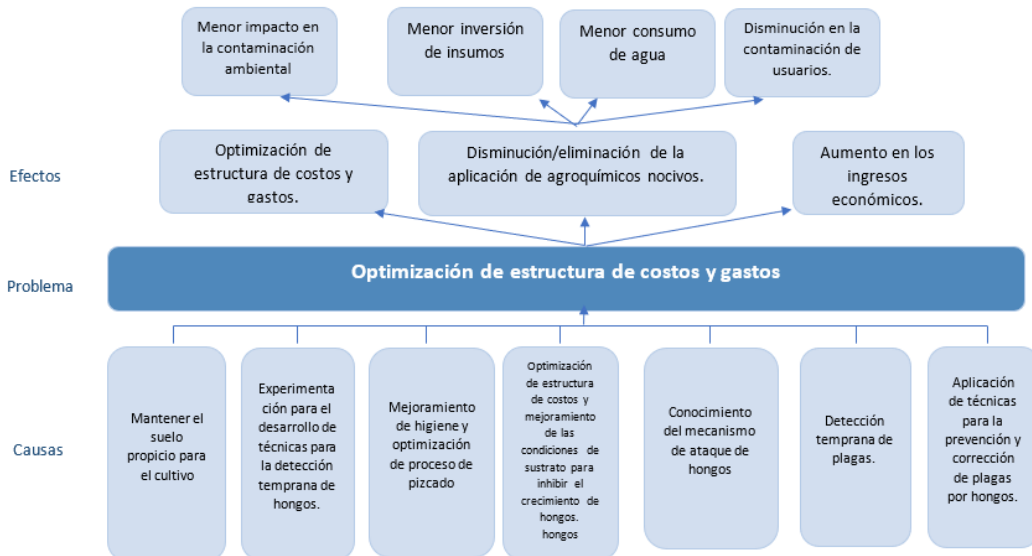


Figura 3. Árbol de solución

Informe de interacciones con involucrados

A lo largo del proceso de innovación y desarrollo se realizaron varias entrevistas a agrónomos, así como vistas al campo para una retroalimentación e interacción directa con los involucrados. En el presente apartado se presenta el informe resumido de las interacciones y el aprendizaje clave que se obtuvo de cada una de ellas.

- **La primera entrevista** se realizó en unos cultivos de arándano en las afueras de la ZMG, donde el ingeniero González de Starbright lleva el control de 10 hectáreas de plantas de 2-3 años de edad en sistema semi-hidropónico, usando en un 80% de productos orgánicos y únicamente un 20% de productos químicos, pues todo su producto va a exportación. En este campo, **el problema** más recurrente son las plagas de insectos (sobre todo los trips). Menciona que, a pesar de que las macetas disminuyen la posibilidad de infección por hongos de raíz, aun así, se ven en la necesidad de aplicar benéficos (biocontrol) constantemente, y que gracias a eso muy pocas veces han llegado a presentar problemas de hongos como *Fusarium* y Fitóftoras. Mensualmente gastan \$200 mil MXN en productos agrícolas, siendo los más caros los utilizados para el control de plagas.
- **La segunda entrevista** se realizó en videoconferencia con la productora de zarzamoras, Evelyn, en Michoacán quien, en su opinión, Los Reyes, Michoacán es la capital mundial de la zarzamora. Uno de los **problemas** que se enfrentan es en el macro túnel que es cuando llueve se acumula dentro de ellos la humedad aumentando la posibilidad de plagas, principalmente de hongos, por lo que se debe estar pendiente de realizar fumigaciones para evitar la propagación de las plagas que son de la mosca, trips, araña y hablando de microorganismos, los mayores problemas son de *Fusarium* que ha devastado huertas completas en Michoacán y observando que los daños se dan cuando el patógeno seca la mata. Finalmente, la comercializadora se indicó que en esta ha aumentado el precio de las berries debido a que actualmente hay claramente menos oferta que demanda y comenta que se requiere de inversión económica de un millón de pesos mexicanos para una hectárea de cultivo, sin contar los gastos en personal.
- **La tercera entrevista** se llevó a cabo a través de una llamada telefónica, y fue realizada a un productor de berries que se encarga del proceso completo, desde la siembra y la cosecha, hasta el empaque, además está afiliado a la empresa Driscoll. El cultivo es por contacto con el suelo, y además utilizan el macrotúnel como protección. **Los problemas** con patógenos que se presentan son causados por bac-

terias, virus, nemátodos y con hongos. De los productos que se manejan en el cultivo, la zarzamora es la berry más resistente pues tiene preferencia por el clima húmedo, mientras que la más delicada es la frambuesa, pues es la más susceptible a esta condición. Los patógenos principales que suelen presentarse son los hongos, específicamente *Botrytis* en los frutos y *Fusarium* en las raíces.

Las medidas que se toman para tratar estas infecciones son de monitoreo continuo de los cultivos como la aplicación de pesticidas orgánicos a base de chile y canela. Se comenta que la comercializadora con la que se trabaja está abierta a este tipo de soluciones innovadoras, como es el proceso de biocontrol.

En caso de detectar la enfermedad se aplican plaguicidas que no son directamente dañinos para la salud de las personas y además se toman todas las medidas para proteger a los aplicadores. En caso de que la infección ya esté avanzada, la planta es retirada y quemada para evitar la propagación.

- **La cuarta entrevista** fue realizada a un Ingeniero Industrial que desde hace 15 años se dedica al sector agrícola, en específico ha trabajado 9 años en Hortifrut, una exportadora de berries, principalmente mora azul, arándano, frambuesa y zarzamora. Nos indicaron que debido a que el 95% de los cultivos se destinaba a exportación, se deben cumplir rigurosos estándares de inocuidad nacionales e internacionales, entre ellos certificaciones tipo Global Food Safety, Global GAP y TESCO. En el caso del uso de agua, se realizan consumos sin desperdicios por medio del goteo dirigido y únicamente con las cantidades que la planta necesita.

Respecto a los cultivos, nos mencionaron que los agricultores tienen que afiliarse a una comercializadora o exportadora pues ellos tienen la genética de las plantas, las cuales, por contrato, no son de los agricultores, sino que son un activo al que le obtienen los frutos para entregárselos de nuevo a la comercializadora. Para garantizar una agricultura protegida utilizan macrotúneles que permiten el paso de un porcentaje controlado de rayos UV y rojos que la planta requiere. A su vez, se especificaron las condiciones de los cultivos, que en el caso del arándano se requiere de un pH ácido entre 2-5 o 4-8, las frambuesas de 6.4 o 6.5, siendo estas las más resistentes. Uno de los **principales problemas** es el macro túnel que representa la acumulación de humedad en tiempos de lluvia, así como la obligación de ventilar el túnel para estar bajando las temperaturas que llegan a ascender por encima de niveles saludables para las plantas.

Nos mencionaron que los principales hongos que atacan a los cultivos son *Fusarium* a las raíces y *Botrytis* en el fruto, el primero crece por un aumento en la humedad y el segundo

por el frío. Para la prevención de plagas utilizan métodos preventivos tal como las aplicaciones biorracionales basadas en la inoculación de consorcios de bacterias y hongos antagonicos a las plagas y benéficos para la salud de las plantas.

Entre los microorganismos benéficos que utilizan para el ataque de plagas, se encuentra *B. subtilis*, *B. thuringiensis*, micorrizas (hongos asociados en raíces de plantas) y *Trichoderma*. Se destacó la importancia de la prevención con biocontrol debido a que la corrección requiere de fungicidas de contacto, lo cual es bastante caro para el agricultor, quien debe cubrir todos los gastos de los cultivos y no las comercializadoras. Además, se tiene especial cuidado con la limpieza de la herramienta de poda, pues después de su uso con cada planta, se limpian con una solución de agua con cloro de una concentración aproximada de 5ml/L, para así evitar la contaminación cruzada en caso de que alguna de las plantas presentara infección.

Para la corrección se utilizan agroquímicos, los cuales deben cumplir estrictamente con las concentraciones y tiempos de aplicación indicados en la ficha del producto. De no ser así, y utilizarlo inadecuadamente puede provocar que las plagas se vuelvan resistentes. Asimismo, se recomendó el cambio continuo de la sustancia utilizada, pues de otra manera las plagas se adaptan al mismo tipo de molécula, haciéndolas más peligrosas.

Para la aplicación de los pesticidas foliares se utiliza el método de microaspersión, que dependiendo de la plaga y la sustancia se pueden aplicar de 200 a 1500 L/hectárea de activo. En cuanto a medidas de seguridad para los aplicadores, ellos deben de utilizar mascarillas, guantes, el traje de seguridad completo, y en algunos casos, lentes de seguridad. Complementariamente se les deben hacer análisis de sangre, específicamente para medir la colinesterasa, de 2 a 3 veces al año según la sustancia con la que se trabaje y los requerimientos de la comercializadora.

Entrevista Omar Hernández:

Omar se dedica al cultivo de frambuesa de manera hidropónica en Jocotepec, Jalisco. Las condiciones utilizadas en este cultivo son de 25 a 30°C, un pH de 6.4 a 6.5, el cual es medido 4 veces al día por medio del sistema de drenaje de las plantas, el sustrato se encuentra regido por los lineamientos de la empresa *Driscoll's* con una composición de un 80% polvo y 20% fibra y algunas macetas incluyen sustrato específico al momento de hacer la compra de la planta.

1.5 Desarrollo de la propuesta de solución

Una vez identificada la problemática principal, las causas y efectos tanto primarios como secundarios y los grupos involucrados, se llevaron a cabo distintas acciones y se utilizaron varias herramientas para que, en conjunto, se propusiera una solución integral. En primer lugar, se establecieron los ciclos de innovación, divididos en cuatro fases como lo muestra el siguiente diagrama



Figura 4. Ciclos de innovación

En la investigación de campo se realizaron entrevistas con personas involucradas en la producción de berries, uno de los grupos de interés del proyecto. Estas para conocer de primera mano sus necesidades y manera de trabajo para encontrar así un área de oportunidad para nuestra propuesta. Por otro lado, la investigación bibliográfica se llevó a cabo utilizando distintas bases de datos como EBSCO Host, Passport GMID, EUROMONITOR INTERNATIONAL, y revistas digitales de la biblioteca electrónica del ITESO. La investigación bibliográfica tenía como objetivos conocer los métodos de transformación bacteriana utilizados para el género *Bacillus spp.*, y obtener la información para desarrollar el circuito genético.

Posteriormente, queriendo resaltar la ventaja competitiva que se le tendría que dar al producto, se planteó la oportunidad de negocio. Esta se basa en la distribución, venta y consultoría de la solución, donde con base en la necesidad que tenga el cliente se le pueda ofrecer y a de nuestras soluciones; esperando que sustituya otros productos de prevención que pueden ser dañinos a la salud de los agricultores y el personal que se encuentra en contacto con los cultivos, además, se elaboró el modelo de negocio.

Esta ventaja competitiva parte de nuestro diferenciador en el mercado existente, donde se produce una fruta de mayor calidad, disminuyendo su merma y también la pérdida de plantas por plagas por medio de nuestra solución que es autogestionable orgánica que proporciona seguridad a toda la comunidad agrícola y bienestar a los consumidores de los cultivos. Esto se podrá llevar a todos aquellos productores que buscan exportar su producto a otros países, así mismo como a empresas distribuidoras de productos agroquímicos del país a partir de la investigación con que se realizó del proceso de producción con todos aquellos involucrados para darle apoyo y seguimiento a los agricultores por medio de ventas físicas, seguimiento telefónico o algún canal digital. Nuestra solución se puede llevar a cabo gracias a nuestros asociados clave que nos benefician en la parte tecnológica y el capital intelectual para así poder trabajar de la mano con diferentes agricultores y poder continuar con la validación y el mejoramiento de nuestra solución.

En la experimentación de laboratorio, se llevó a cabo la transformación de células de las cepas *B. subtilis* y *B. amyloliquefaciens* para verificar la posibilidad de competencia para la adición del circuito genético diseñado.



Figura 5 5. Cultivos de Omar Hernández

Con la finalidad de conocer la realidad de los agricultores y su vida en el campo, se realizaron entrevistas en línea y presenciales enfocando las preguntas al uso de agroquímicos y biocontrol para el control de plagas, y se evaluó su percepción acerca de nuevos productos sustentables. Además, se buscó información sobre las herramientas que usan cada uno de ellos para cumplir con los estándares de calidad en los frutos para la comercialización nacional e internacional.

La información obtenida con las entrevistas fue que; los problemas más recurrentes en los cultivos son las plagas de insectos y de hongos. Generalmente los productos que se utilizan son de manera preventiva pues se complementan con monitoreo continuo. En su mayoría, los productos utilizados son orgánicos y los agroquímicos son sólo como complemento, pues la mayoría de su producción es para exportación, además, generalmente la aplicación de estos es a través del sistema de riego.

1.6 Valoración de productos, resultados e impactos

Resultados y entregables de los procesos de validación

- A través de las entrevistas redactadas previamente, se logró obtener información valiosa sobre los cultivos de berries la cual fue un punto clave para desarrollar el área del modelo de negocios y la vacuna. Toda la información recolectada se queda como fuente importante de información y de posible uso para un futuro.

- Para el modelo de negocios se logró desarrollar el “Buisness Model Canvas”, con esto se logra presentar la propuesta de valor de nuestro proyecto, los posibles clientes y de quien nos apoyaremos, así como las maneras en las que alcanzaremos a los clientes y el método de venta.
- El área de comunicación creo un capítulo del del podcast “Synsentido” con el título “¿Cómo estudiar una carrera científica y no morir en el intento?”, también se generó contenido para redes sociales como son Instagram y Tiktok.
- Con los recursos tecnológicos que nos brinda el ITESO desarrollamos un protocolo basado en datos bibliográficos para poder desarrollar los procesos de competencia y transformación de los microorganismos seleccionados los cuales posteriormente se llevaron a cabo dentro del laboratorio con éxito, logrando así obtener células de *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens* competentes listas para su transformación. Se logró definir el circuito genético de manera teórica y se busca poder llevarlo al laboratorio y posteriormente insertarlo dentro de las bacterias competentes obteniendo así a las *Bacillus* con el gen de interés, una vez que esto se haya logrado el siguiente aspo será determinar cómo será suministrada la vacuna al sustrato de la planta.
- Con el programa SuperPro Design se diseñó la planta de producción de la fitovacuna en donde se logran obtener cantidades de materia prima y producto, así como costos de inversión, producción y el precio del producto para que sea competitivo en el mercado.

Posterior a la investigación, se desarrolló un protocolo de trabajo para la experimentación en el laboratorio, el cual es representado gráficamente en el siguiente diagrama:

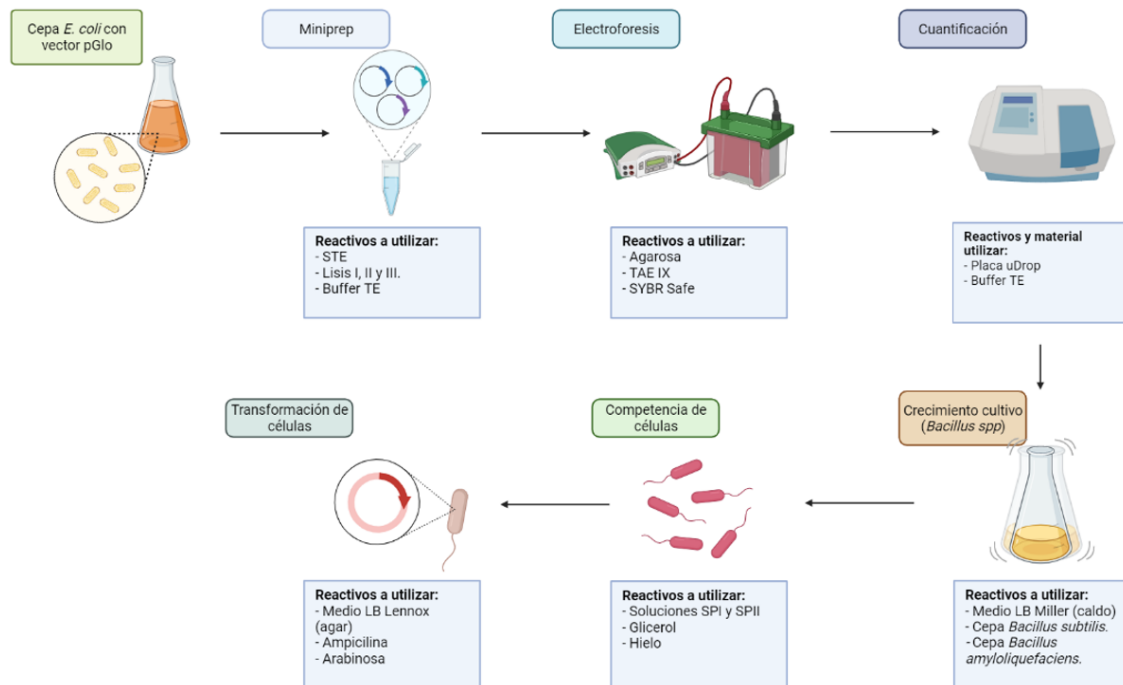


Figura 6. Graphical abstract del protocolo realizado

El trabajo en el laboratorio fue realizado hasta la fase de transformación,

Conclusiones, comentarios y consideraciones del equipo acerca del proyecto

Equipo 1

Este proyecto fue un reto por la cantidad de personas que estábamos en él, juntar a distintas carreras para trabajar en un mismo proyecto suele ser una buena idea por la forma tan diferente de aportar opiniones sobre un mismo tema; Durante el proyecto trabajamos en gran manera de forma colaborativa, realizando un trabajo previo sobre la estrella guía y la estrella cercana para lograr estar todos encaminados hacia una problemática, fue notorio el cambio después de realizar esta actividad porque todos logramos entender la problemática y aun así viniendo de otra carrera logramos hacer aportaciones específicas para esta situación; La herramienta de la estrella guía y la estrella lejana es una buena herramienta a aplicar en la vida laboral, logrando hacer que según las áreas, se puede poner a todo el personal en un mismo enfoque.

La participación del maestro Juan José Solórzano Zepeda y la maestra Sarah Ratkovich González, fue crucial para dirigir este proyecto, aunque gran parte del aprendizaje era buscar resolver las problemáticas por nosotros mismos, cuando veían que estábamos perdidos nos apoyaban para volver a encaminarnos.

En la exposición final el maestro Juan José Solórzano Zepeda junto con su colaborador Hernán nos ayudaron a pulir la exposición que buscábamos contarles a nuestros clientes para que logre haber una continuidad entre los distintos puntos y que la información le quede más grabada a los escuchas.

Equipo 2

El trabajar con este caso de gran importancia fue un gran reto ya que es una problemática local con un impacto global. Fueron muy interesantes los resultados que se lograron obtener al estar trabajando con un equipo multidisciplinario y con el apoyo de profesores enfocados en diferentes áreas enriqueciendo el trabajo. La oportunidad de presentar nuestro proyecto a personas locales e internacionales fue muy útil pues la retroalimentación obtenida nos ayudó a mejorar nuestro trabajo. Aún queda mucho por hacer para llevar el proyecto a otro nivel, sin embargo, a través del trabajo intensivo realizado durante este verano se lograron obtener resultados muy interesantes y de gran valor para poder darle continuidad.

Equipo 3

En el área de comunicación se logró compartir información acerca de nuestro proyecto de manera accesible y comprensible para miembros de la comunidad científica, así como a personas que no forman parte de ésta que quisieran acceder a la información. Se divulgó contenido del proyecto en diversos formatos y plataformas para tener un mayor alcance y accesibilidad como Instagram, Facebook, TikTok, Spotify y YouTube; se utilizó diferencia de lenguaje con subtítulos en inglés y español; así como daltonismo utilizando una paleta de colores adecuada para esta condición en todas nuestras redes y grado académico de los consumidores haciendo comprensible el contenido científico.

Durante el desarrollo experimental y con los conocimientos obtenidos en investigaciones previas, se logró recopilar muestras de las bacterias *B. subtilis* y *B. amyloliquefaciens*, las cuales forman parte del cepario para el seguimiento del proyecto. Así mismo se llevó a cabo un protocolo de competencia con las bacterias para asegurar un estado fisiológico y metabólico óptimo. Por otro lado, se realizó la extracción y aislamiento del plásmido pGLO a partir de la bacteria *E. coli*, este plásmido cumple el papel de chasis en el circuito genético desarrollado. Con las pruebas de transformación genética se obtuvieron perspectivas que ayudaron a mejorar el protocolo y así continuar con futuros experimentos. A lo largo de los experimentos, se aprendió a generar soluciones a los retos encontrados, así como administrar el tiempo y calendario para lograr los objetivos planteados.

El desarrollar una fitovacuna durante el verano que será utilizada en las plantas de berries para ayudar a combatir un hongo patógeno, incentiva a cumplir con el objetivo de modificar junto con la biología sintética la genética de una bacteria endémica la cual dará protección a la planta y atacará al hongo patógeno obteniendo cultivos sanos y así mejorará la producción de berries.

Otro punto importante fue el realizar la investigación y entrevistas con diferentes agricultores o responsables de los cultivos de berries, ya que se obtiene información fundamental sobre precios, los productos que se utilizan, las exportadoras, las formas de cosechar, las dificultades que existen en México para cultivar berries, las oportunidades en esa misma área y las amenazas.

También se realizaron videos los cuales representan el ADN del reto a trabajar, los temas presentados son de la naturaleza a la tecnología, de la tecnología a la naturaleza y de lo local a lo global. Logrando así tener una base clara de lo que se busca lograr con este proyecto biotecnológico con enfoque innovador y su impacto a pequeña y grande escala.

En suma, para la oportunidad de negocio se basó en la distribución, venta y consultoría de la solución creada para el control de plagas de hongos en donde se busca que los cultivos no tengan merma de producción aplicando esta solución como sustituto de otros productos de prevención que pueden ser dañinos a la salud de los agricultores y el personal que se encuentra en contacto con los cultivos.

Por último, se tiene un enorme agradecimiento a los mentores que son el maestro Juan José Solórzano Zepeda, maestra Sarah Ratkovich González e involucrados del PAP.

2. Productos

Descripción de la solución

En base a lo analizado alrededor del problema ocasionado por las plagas de hongos en los cultivos de berries en México, la solución planteada fue Berryvax, una vacuna para plantas la cual tiene dos funciones, prevención y corrección. En primera instancia, Berryvax sirve como método preventivo al proteger a la planta de hongos patógenos que ataquen desde la raíz. Su segunda función es actuar también como método correctivo, es decir, en caso de que la infección por hongo ya exista, la vacuna sería capaz de atacarlo para eliminarlo.

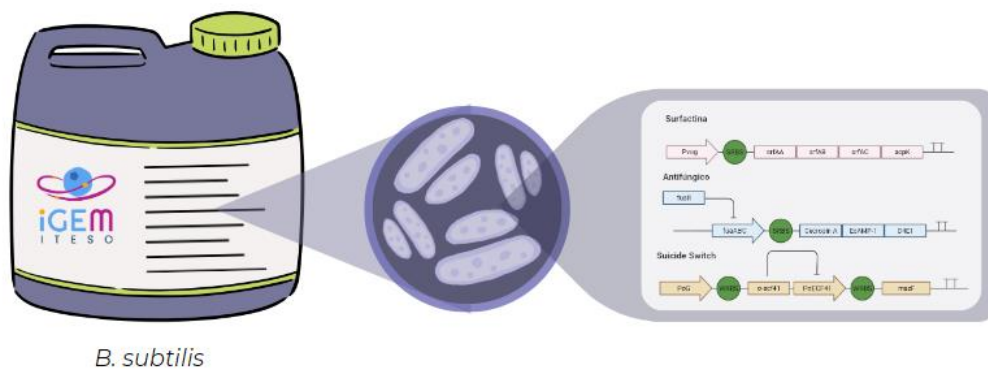
La vacuna se crearía al agregar tres mecanismos de acción genética a los microorganismos endémicos de la región *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens*. Estos mecanismos añadidos serían la sobreexpresión de surfactina, la cual induce el correcto funcionamiento del sistema inmune de

la planta, la producción de una sustancia antifúngica para complementar el mecanismo de defensa de la planta y un “suicide switch”, el cuál induciría a la muerte al microorganismo después de cierto tiempo para evitar su sobrepoblación.

Berryvax sería comercializada en envases de 5L como solución, en la que la fase líquida será un medio rico en nutrientes, asegurando la supervivencia de las bacterias. La fitovacuna podrá ser aplicada directamente a los cultivos de dos formas, ya sea a través de un implemento para siembra o directamente en el sistema de riego en caso de que las condiciones sean adecuadas y se pueda controlar la cantidad aplicada a cada planta.

Fotos, gráficos o imágenes del prototipo

Berry-vax



B. subtilis

Plan de implementación

Para llevar el producto al mercado primeramente se deben de conocer le eficiencia por lo que una prueba en campo con los posibles clientes sería una estrategia para dar a conocer el producto y así mismo utilizar la experiencia para verificar el producto. Después de que el producto haya pasado todos filtros de control de calidad y esté listo para entrar al mercado se ofrecerá a los clientes en tres métodos diferentes, la primera opción es vender el producto directamente, en segunda se ofrecerá un servicio de seguimiento en donde nosotros ofreceremos consultorías para la correcta aplicación del producto y se logre la eficiencia completa del producto, la tercera opción es ofrecer por un año completo el producto y la asesoría para que se logren los objetivos buscados en el campo de aplicación.

Se busca que el método de aplicación producto sea por el riego para que sea una manera sencilla de aplicarlo para los agricultores y de la misma manera pueda lograr su máxima eficiencia.

3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

3.1 Sensibilización ante las realidades

Posición personal frente a la realidad de los involucrados

Ing. en biotecnología. Aracely Gutiérrez Lomelí

Resulta muy triste pensar que una plaga de hongos puede devastar cultivos completos y que los agricultores tengan que perder todo ante un problema de este tipo. Mediante las entrevistas realizadas al inicio del proyecto, fue posible percatarse de la magnitud de la situación gracias a los testimonios de los agricultores; algunos de los hechos más impresionantes fue saber que algunas familias abandonaban sus terrenos debido a que en años anteriores habían perdido por completo sus cultivos, ocasionándoles ingentes pérdidas económicas, y obligándoles a migrar para buscar un nuevo sustento para sus familias.

Si bien fue lamentable conocer que actualmente la agricultura tiene prácticas que dañan a un amplio espectro de personas, también fue alentador saber a partir de varios testimonios que hay disposición para aplicar nuevos productos sustentables, amigables no sólo con el ambiente sino con la salud de las personas, lo que desde un inicio dio luz verde para continuar con el proyecto.

Ing. en biotecnología. Aimé Estephanía Pérez Martínez

El proyecto que estamos desarrollando en este reto emprendedor no se basa en la solución, sino en el entendimiento de la problemática que se busca atacar desde la raíz que en realidad no son los hongos o la cuestión biológica que afecta como tal a las plantas, sino la pérdida, la falta de seguridad de los cultivos, las afectaciones que tienen las soluciones existentes, para así comprender de manera integral a los involucrados, a los afectados, y el beneficio que nuestra solución traería directamente tanto a los agricultores, los pescadores, o a las grandes empresas exportadoras de estos productos.

Ing. en biotecnología. Saulo Emmanuel Hernández Vega

La situación actual de esta problemática ha causado grandes afectaciones tanto al medio ambiente como a la salud de personas involucradas en el cultivo de estos frutos. Esto crea una necesidad inmediata para encontrar soluciones que sean amigables con el ambiente y la sociedad, es por eso que nos dedicamos a buscar alternativas. Este proyecto busca directamente ayudar a la población aplicando conocimientos de diversas disciplinas, lo cual es útil para ver la problemática desde diferentes perspectivas y poder llegar a un objetivo en común. Para mí es muy importante ayudar a llegar a una solución ya que después de analizar las entrevistas, me di cuenta de la magnitud de la problemática.

Administración de Empresas. David Montes

El proyecto en el que se trabajó fue importante para área del campo mexicano y en general, sobre todo en los cultivos de berréis porque existe una gran pérdida de estos cultivos por un hongo que ataca a las plantas y el uso de diferentes pesticidas que afectan la salud de los agricultores que

utilizan estos pesticidas que son tóxicos para su salud y por es eso que se desarrolló este proyecto para la salud del cultivo y de la persona.

Relatoría de la interacción con involucrados

(Incluir sentimientos, creencias y razonamientos personales)

Ing. en biotecnología. Aracely Gutiérrez Lomelí

Una de las cosas que desconocía previo a ingresar al proyecto fue que los agricultores se tenían que aliar a empresas comercializadoras para poder realizar la venta de sus productos, por lo que de los primeros pensamientos que surgieron fue el de crear un producto que no sólo fuera aceptado por los agricultores sino por la empresa a la que estuvieran afiliados; lo cual, por medio de mayor investigación y comunicación con los involucrados, se percató que estas empresas cada vez están optando más por productos orgánicos o por el biocontrol (control de plagas a partir de microorganismos benéficos), esto contribuyó a la idea de que hay una alta posibilidad de que el producto creado por el equipo tenga muy buena aceptación. Resultó muy satisfactorio saber que la mayoría de los agricultores a quienes contactamos utilizan la prevención como estrategia de control de plagas, esto resultó particularmente beneficioso para nosotros puesto que nuestra propuesta involucra tanto prevención como corrección de plagas, por lo que pensamos en que ayudaría bastante a los agricultores.

Ing. en biotecnología. Aimé Estephanía Pérez Martínez

A partir de las visitas a los campos y el contacto directo tanto con los productores, agricultores e ingenieros agrónomos se logró una aproximación a la problemática mucho más personalizada de lo que pudiera ser en caso de una investigación teórica, y entender las necesidades de una manera realista para comprender el enfoque que se le debería dar a la solución e incluso la forma en la que se realiza actualmente la comercialización de los productos agrícolas.

Ing. en biotecnología. Saulo Emmanuel Hernández Vega

Las visitas a los cultivos fueron de gran utilidad para entender el contexto de la contaminación por hongos en las plantas y las características técnicas que debíamos cumplir para poder aplicar el producto en la industria. Los testimonios recabados ayudaron mucho en las sesiones de planteamiento del problema y a modelar todos los actuadores que rodeaban la situación. Al finalizar las visitas nos dimos cuenta de que realmente existe un interés por una solución que sea amigable con el suelo y sobre todo que tenga ventajas económicas sobre otros productos del mercado.

Administración de Empresas. David Montes

Al conocer la realidad que viven los agricultores en las tierras donde han trabajado toda su vida y de ahí mismo sobreviven es algo que para nosotros puede ser algo lejano o que no nos importe tanto por la gran globalización en la que vivimos y debemos ser más conscientes con esta realidad y si se puede ayudar con lo que se pueda para el campo mexicano. El contacto con los agricultores es un intercambio de información que beneficia a ambas partes para obtener una herramienta más eficaz.

Conocimientos personales y profesionales aportados al proyecto y a la experiencia

Ing. en biotecnología. Aracely Gutiérrez Lomelí

Al estar cursando el PAP al final de mi carrera permitió que previamente haya cursado todas las materias necesarias para tanto trabajar de manera técnica en los laboratorios como para tener habilidades de búsqueda de información para la investigación y proposición del circuito genético.

Los conocimientos previos de biotecnología permitieron que se pudiera explicar la parte genética del proyecto a todos los compañeros de otras carreras, así como perfeccionar el discurso utilizado en las presentaciones para que fuera fácil de entender para todo tipo de público, esto se logró gracias a que el modelo de Link se basaba en ir desglosando el proyecto desde lo más simple a lo más complejo, y así poder llevarlo a presentar tanto a patrocinadores, profesores y oyentes de todo tipo.

Finalmente, y respecto al área de innovación, anteriormente había cursado la materia de Innovación y Emprendimiento, de la cual ya tenía algo de experiencia en la presentación del pitch y en como ir transitando de una idea de emprendimiento hasta la culminación de un proyecto para poder presentarlo a prospectos clientes o patrocinadores.

Ing. en biotecnología. Aimé Estephanía Pérez Martínez

Como biotecnóloga miembro del equipo de iGEM ITESO yo creí saber qué estábamos haciendo en este proyecto, o al menos creí tener noción de hacia dónde estábamos apuntando nuestra solución, pero dentro del trabajo que llevamos a cabo durante este verano aprendí más de lo que pudiera imaginar mediante la conformación de un equipo multidisciplinario acerca de la comercialización de los productos biotecnológicos, la estructuración de un proyecto de innovación, así como colaborar con estudiantes de distintas carreras para aprender acerca de los modelos de negocios y las herramientas necesarias para formular éste, lo cual era un ámbito totalmente desconocido para mí.

Ing. en biotecnología. Saulo Emmanuel Hernández Vega

Personalmente aporté conocimientos de biotecnología a lo largo del proyecto, así mismo pude aportar experiencia en el desarrollo experimental del laboratorio. Los cálculos de soluciones químicas es otro ejemplo en el cual puse en práctica conocimientos de ingeniería. Finalmente pude aportar ideas y soluciones en el planteamiento de la problemática.

Administración de Empresas. David Montes

En este proyecto el trabajo en equipo con diferentes tipos de carreras, objetivos e ideas ayudo a que el trabajo se viera más divertido, tranquilo y eficaz para así obtener conocimientos donde en lo personal pude aprovechar para mi ámbito de la carrera y así aplicarlos en otras materias y áreas del proyecto con el objetivo de que al momento de trabajar mis conocimientos de mi carrera fueran de una visión distinta al aplicarlos.

3.2 Aprendizajes logrados**Impacto de la experiencia PAP en el desempeño profesional.**

(Aprendizajes adquiridos, consideraciones para el desempeño profesional a partir de la experiencia)

Ing. en biotecnología. Aracely Gutiérrez Lomelí

En relación a la Ingeniería Genética, previamente había realizado un procedimiento similar de transformación bacteriana en la materia homónima, sin embargo, la diferencia en esta ocasión fue que los protocolos de experimentación fueron investigados por nosotros mismos, experiencia que contribuyó en gran medida a aumentar mis habilidades de investigación gracias a los consejos de la maestra Sarah. Respecto a los conocimientos adquiridos en el laboratorio, podría decir que las prácticas fueron de gran utilidad para mejorar la manera en que como equipo nos organizábamos para realizar las tareas con mayor eficiencia en cada ocasión.

En relación al área de la innovación, descubrí la importancia de que, a pesar de ya tener la idea avanzada de un proyecto, es importante partir desde las bases desde el definir el, los involucrados, la solución, las soluciones actuales, las alternativas. Queda infinitamente al profesor Juan José y Paola por su amable apoyo durante el semestre y sus valiosas retroalimentaciones.

Ing. en biotecnología. Aimé Estephanía Pérez Martínez

El proyecto de aplicación profesional tiene como objetivo generar una experiencia que se asemeja a la vida laboral terminando los estudios, por lo que nos puede ayudar a la comprensión de diversos ámbitos, por ejemplo, a salir de nuestra zona de confort en la parte biotecnológica en un proyecto como la competencia de biología sintética en la cual se está participando, para adoptar una visión integrada de los proyectos interdisciplinarios, y el cómo se pueden utilizar las capacidades de creada uno de los integrantes trabajando en equipo para lograr un objetivo en común.

Ing. en biotecnología. Saulo Emmanuel Hernández Vega

A lo largo del proyecto aprendí principalmente a administrar los tiempos en el laboratorio para lograr obtener resultados representativos, así mismo pude generar una cultura de trabajo en equipo y comunicación continua. Por otro lado, pude obtener conocimientos de otros ámbitos lejanos a mi área de estudio, lo cual es muy importante para diversificar mi perfil profesional y abarcar un mayor número de competencias.

Administración de Empresas. David Montes

Con este proyecto PAP hizo probar mi responsabilidad porque todos nosotros sabíamos que hacer y cada quien era responsable de cumplir con su parte además me ayudo a conocerme un poco más a mí, ser más comunicativo, y empezar a ser más consiente, gracias al PAP ahora puedo tener más claro mis objetivos de vida profesional y lo mucho que me gustaría ya empezar con estos objetivos propuestos y ver como los voy desarrollando.

4. Bibliografía y recursos

Cih, I. R., Arturo, M. O. R. E. N. O., & Alfredo, S. J. (2016). *La agricultura por contrato: Berries en Jalisco*. Handbook TI, 1.

Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (2020) Las Berries en México. desde el sitio <https://www.gob.mx/fnd/articulos/la-berries-en-mexico?idiom=es>

Morales, C. G., & Chilian, J. (2021). Berries: ¿cómo realizar una producción más inocua?. Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

ONUFI (2015) Cultivo de Frutilla: En una Realidad sin Bromuro de Metilo. Desde el sitio: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-09/Cultivo_de_frutilla_Bromuro_de_metilo_en_Chile_UNIDO_ES_2015.pdf

Banerjee, Swapan & Nayik, Gulzar & Kour, Jasmeet & Nazir, Nowsheen. (2020). Blueberries. https://www.researchgate.net/publication/347204344_Blueberries

Fontana, D.C. *et al.* (2021) *Endophytic Fungi: Biological Control and Induced Resistance to Phytopathogens and Abiotic Stresses*. Pathogens, 10, 570. doi: 10.3390/pathogens10050570

Lagunes-Fortiz, E., Lagunes-Fortiz E., Hómez-Gómez, A., Leos-Rodríguez, J., and Omaña-Silvestre, J. (2020). Competitividad y rentabilidad de la producción de frutillas en Jalisco. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(8). 18

Pegg, K., and Manners, A. (2014). Fusarium A formidable nursery pathogen. Agri-science Queensland, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Ecosciences Precinct.

5. Anexos