

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO



ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE FITOPATÓGENOS EN EL CULTIVO DE
AGUACATE (*Persea americana*) EN TAPALPA, JALISCO

POR
DANIEL DE LA CRUZ REYES

Investigación Descriptiva

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO

ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE FITOPATÓGENOS EN EL CULTIVO DE
AGUACATE (*Persea americana*) EN TAPALPA, JALISCO

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada por

DANIEL DE LA CRUZ REYES

Como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el comité de asesoría:



Dra. Alma Patricia García Villanueva
Asesor



Dr. José Antonio Hernández Herrera
Asesor



Dr. Víctor Samuel Peña Olvera
Asesor



M. C. María Elena Góngora Hernández
Asesor

M. C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2025

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

- Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio).
- Comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente bibliográfica.
- Tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante


DANIEL DE LA CRUZ REYES

DEDICATORIAS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme los medios necesarios para poder concluir mis estudios de nivel superior.

A la Dra. Alma Patricia García Villanueva, por dedicarme su valioso tiempo, paciencia y conocimientos, que fueron fundamentales para la conclusión de mi investigación y titulación, la etapa final de mis estudios profesionales. Agradezco, además, su confianza en mí y, sobre todo, su amistad.

Al Dr. José Antonio Hernández Herrera, por aceptar formar parte de mi equipo de asesores en este trabajo de investigación. Su apoyo en la revisión y elaboración de los escritos, así como el compartir sus vastos conocimientos y experiencia en el área, fueron esenciales para el desarrollo de este proyecto.

A la M.C. María Elena Góngora Hernández y al Dr. Víctor Samuel Peña Olvera, por integrarse también a mi equipo de asesores. Gracias a su valiosa orientación y a la transmisión de sus conocimientos, he logrado concluir satisfactoriamente esta etapa de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo con todo mi cariño y respeto a las dos personas más importantes de mi vida: a mis padres, a quienes admiro y quiero profundamente. Gracias a su invaluable apoyo, he podido alcanzar esta etapa tan significativa de mi vida. Agradezco su confianza en mí, su ayuda para alcanzar mis metas y objetivos, además de darme la vida y enseñarme a salir adelante con su ejemplo.

Daniel de la Cruz Juárez

Leonarda Reyes Arguello

A mis hermanos, por brindarme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, cuando más los necesité para continuar con mis estudios. Gracias por su comprensión y apoyo moral en cada paso de la vida. Con todo mi respeto y cariño, les dedico este logro.

Emmanuel de la Cruz Reyes

Miriam de la Cruz Reyes

A mis compañeros de generación en general, pero en especial al Lic. Adalberto Francisco Cifuentes Barrios, ya que, gracias a su apoyo, el camino hacia mis objetivos fue más armonioso y fácil. A todos mis amigos y conocidos, tanto en esta etapa como fuera de ella, agradezco profundamente el apoyo brindado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

DEDICATORIAS.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	4
I. ANTECEDENTES	8
II. JUSTIFICACIÓN.....	8
III. INTRODUCCIÓN	9
IV. OBJETIVO GENERAL.....	11
V. REVISIÓN DE LITERATURA	12
3.1 IMPORTANCIA DEL AGUACATE EN MÉXICO.....	12
3.2 ETAPAS FENOLÓGICAS DEL AGUACATE	13
3.3 PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL AGUACATE.....	16
5.4 <i>Fusarium</i>	17
3.5 <i>Rhizoctonia solani</i> (<i>Pudrición de la raíz</i>).....	18
3.6 <i>Phytophthora cinnamomi</i> (<i>Tristeza del Aguacate</i>).....	19
3.7 Capitales biológicos de interés.....	20
3.7.1 <i>Bacillus spp</i>	20
3.7.2 <i>Streptomyces spp.</i>	22
3.7.2 <i>Trichoderma</i>	22
VI. DESCRIPCIÓN DE VALUACIÓN DE CAPITAL BIOLÓGICO PARA MEJORAR PROCESOS AGRÍCOLAS.....	24
4.1 Ubicación.....	24
4.2. Muestreo	26
4.3 CAPTURA DIGITAL DE DATOS DURANTE EL MUESTREO	31
6.4 Análisis en laboratorio.....	33
VII. CONCLUSIONES	38
VIII. LITERATURA CITADA.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Area de trabajo con plantación de aguacate	24
Figura 2 La Joya 1	25
Figura 3 La Joya 2	25
Figura 4 Bellavista1	25
Figura 5 Bellavista 2	25
FIGURA 6 Selección de árboles con sintomatología	27
FIGURA 7 Limpieza de área de toma de muestra	28
FIGURA 8 Medición de Profundidad de zona de muestreo	28
FIGURA 9 Toma de muestra 250 g -400 g	28
FIGURA 10 Marcado físicamente de árboles muestreados	29
FIGURA 11 Llenado de muestra en cantidad requerida para su envío a laboratorio	30
FIGURA 12 Guardado de muestra para envío a laboratorio	30
Figura 13 Arboles muestreados y georreferenciados vía satélite (subdivisiones)	32
FIGURA 14 Medición de capital biológico	34
FIGURA 15 Confrontación en laboratorio	34
FIGURA 16 Valuación de capital biológico	35
FIGURA 17 Indicadores en parcelas de patógenos y benéficos	37

RESUMEN

El aguacate es clave para México, líder mundial en producción (1.64 millones de toneladas). Michoacán produce el 84.9%, seguido por Jalisco. El objetivo del este documento es describir la estrategia empleada para el control de agentes fitopatógenos en el cultivo de aguacate. El estudio se realizó en una huerta de aguacate en Tapalpa, Jalisco (julio-noviembre 2024), con árboles Méndez de 10-25 años bajo fertirriego se analizó fitopatógenos en aguacates Méndez, identificando microorganismos patógenos y benéficos para mejorar la salud del cultivo. De 15 hectáreas, 10.15 fueron área testigo. Se eligieron 4 puntos de muestreo: 3 con síntomas de patógenos radiculares y 1 como control. El muestreo recolectó 20 submuestras en el área, enviadas a dos laboratorios. Se seleccionaron árboles con síntomas como defoliación, clorosis y raíces afectadas. Los análisis identificaron microorganismos patógenos y benéficos mediante técnicas moleculares (PCR) para detectar ADN específico. Los análisis evaluaron la eficacia de microorganismos benéficos contra patógenos, diseñando un protocolo de inoculación con los más efectivos. El monitoreo mensual mostró un equilibrio microbiológico favorable en la rizosfera y suelo, mejorando la salud del cultivo y la rentabilidad. Este enfoque promueve un manejo biológico sostenible, reduciendo enfermedades radiculares y aumentando la productividad a largo plazo.

Palabras clave: aguacate, capital biológico, fitopatógenos, enfermedades, control, suelo, rentabilización.

I. ANTECEDENTES

El aguacate (*Persea americana*) es una especie ampliamente cultivada en diversos países del mundo, con especial relevancia en el continente americano debido a su alto valor comercial y demanda en los mercados internacionales. Sin embargo, este cultivo enfrenta graves amenazas fitosanitarias, entre las que destacan los hongos fitopatógenos responsables de la pudrición de las raíces y la consecuente muerte de los árboles, ocasionando significativas pérdidas económicas para los productores (García Vega, J. de J. (2014).

El manejo tradicional de estas enfermedades se ha basado en la aplicación periódica de fungicidas químicos. Aunque efectiva a corto plazo, esta práctica ha generado problemas significativos, como la contaminación ambiental por acumulación de residuos en suelos y cuerpos de agua, y la aparición de cepas resistentes de hongos patógenos, lo que reduce la eficacia de los fungicidas y dificulta el control de las enfermedades (García Vega, J. de J. (2014).

Estas estrategias biológicas ofrecen una alternativa sostenible que mitiga los impactos negativos del uso intensivo de fungicidas químicos promueve la salud del ecosistema agrícola mediante microorganismos benéficos y reduce la dependencia de métodos químicos tradicionales, fomentando prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

II. JUSTIFICACIÓN

Estas estrategias biológicas presentan una alternativa sostenible que no solo busca mitigar los impactos negativos derivados del uso intensivo de fungicidas químicos, sino que también promueve la salud del ecosistema agrícola al aprovechar los beneficios de los microorganismos benéficos. Asimismo, se resalta el potencial de este enfoque para reducir la dependencia de métodos químicos tradicionales y fomentar prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

III. INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana*) es clave para la economía mexicana, siendo el principal cultivo de exportación. México lidera su producción mundial con 1.64 millones de toneladas anuales, seguido por República Dominicana. A nivel global, se cultivan más de 500 variedades, destacando en México las más apreciadas: Hass, Criollo y Fuerte (SENASICA, 2017).

A nivel nacional, donde Michoacán aporta el 84.9% de la producción nacional, mientras que estados como Jalisco, Estado de México, Nayarit, Morelos y Guerrero también contribuyen (SENASICA, 2017). En particular, Jalisco ha aumentado tanto su superficie de cultivo como sus rendimientos, consolidándose como el segundo mayor productor a nivel nacional y fortaleciendo sus exportaciones (SIAP, 2023).

El desarrollo del aguacate comprende diversas etapas, desde la germinación hasta la maduración del fruto, cada una de las cuales requiere un manejo adecuado en términos de nutrición y control de plagas. A pesar de su alto valor comercial, el cultivo enfrenta importantes desafíos fitosanitarios, incluyendo la presencia de plagas como tisanópteros, ácaros y gusanos barrenadores, así como enfermedades fúngicas que afectan el sistema radicular. Entre estas últimas, destacan los hongos fitopatógenos que provocan la pudrición de las raíces, causando la muerte de los árboles y generando significativas pérdidas económicas para los productores (García Vega, 2014).

El control tradicional de estas enfermedades se ha basado en la aplicación periódica de fungicidas químicos. Si bien esta estrategia ofrece resultados efectivos a corto plazo, su uso prolongado ha generado problemas ambientales debido a la acumulación de residuos en el suelo y los cuerpos de agua. Además, ha favorecido la aparición de cepas resistentes de hongos patógenos, reduciendo la eficacia de los fungicidas y dificultando el control de las enfermedades (García Vega, 2014).

Ante este panorama, es fundamental explorar alternativas sostenibles para el manejo fitosanitario del cultivo. El uso de microorganismos benéficos como agentes de control biológico ha demostrado ser una estrategia prometedora, ya

que no solo ayuda a reducir la carga de patógenos en el sistema radicular, sino que también mejora la salud general del cultivo. Con base en esta premisa, en la presente investigación se diseñó un protocolo de inoculación biológica en la localidad de Tapalpa, Jalisco, con el objetivo de fortalecer la productividad del aguacate y garantizar la sostenibilidad del sistema agrícola.

Este enfoque integral busca minimizar el impacto ambiental del uso intensivo de fungicidas químicos, promover la salud del ecosistema agrícola y reducir la dependencia de métodos convencionales, fomentando prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

IV. OBJETIVO GENERAL

Describir la estrategia empleada para el control de agentes fitopatógenos en el cultivo de aguacate.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 IMPORTANCIA DEL AGUACATE EN MÉXICO

El aguacate es, sin duda, uno de los productos más destacados en la exportación agroalimentaria de México. Según el dato proporcionado (SAGARPA, 2017), México lidera el mercado internacional de aguacates con una aportación significativa del 45.95% del valor total de las exportaciones mundiales de este producto.

Esto refleja no solo la importancia económica del aguacate para México, sino también su alta demanda global. México se ha consolidado como el principal proveedor de aguacates, principalmente en los mercados de Estados Unidos y otros países consumidores, lo que subraya la calidad y la capacidad de producción del país en este sector agrícola. El aguacate adquiere una importancia mayor en México ya que se estima que de cada 10 aguacates en un mercado nacional 3 son producidos por agricultores mexicanos (SAGARPA, 2017).

El aguacate, como se menciona, es uno de los productos más representativos del campo mexicano, con un impacto significativo tanto en la producción nacional como en la economía agrícola, se produjeron más de 1.3 millones de toneladas de aguacate con un valor superior a 16,600 millones de pesos, lo que refleja la importancia económica del aguacate en el sector agroalimentario mexicano. Esta cifra representó casi el 4% del valor total de los alimentos producidos en México en ese año, destacando el papel del aguacate como uno de los productos clave para la economía nacional (Ahuízote, 2017).

En 2024, las exportaciones de Jalisco se han concentrado en cuatro principales destinos: Estados Unidos (48 %), consolidándose como el mercado líder por su cercanía y demanda sostenida; Canadá (22 %), que mantiene su papel como socio clave en América del Norte; Japón (20 %), evidenciando el creciente interés asiático en los productos jaliscienses; y Europa (8 %), con un aumento en la demanda de países como Alemania, España y Francia. Esta distribución refleja la diversificación comercial del estado y su integración en mercados estratégicos (BBVA, 2024).

5.2 ETAPAS FENOLÓGICAS DEL AGUACATE

Germinación

El proceso comienza con la siembra de la semilla, la cual requiere temperaturas ideales entre 25-30 °C para su desarrollo inicial. Es fundamental mantener una humedad constante en el suelo, evitando encharcamientos que puedan causar la pudrición de las semillas. Durante la germinación, que puede durar varias semanas, es crucial controlar cuidadosamente las variaciones de temperatura y humedad para asegurar un desarrollo óptimo del embrión y su correcto establecimiento (Salazar-Garcia,2011).

Crecimiento vegetativo

El flujo de invierno, que abarca desde finales de noviembre hasta finales de febrero, se caracteriza por un crecimiento vegetativo más lento, aunque en enero se observa una ligera mejora en las condiciones climáticas que favorece un aumento en la brotación. Luego, el flujo de primavera, que va desde principios de marzo hasta el inicio de junio, es la etapa de mayor actividad vegetativa, con un crecimiento rápido impulsado por el aumento de las temperaturas y la mayor luminosidad, lo que favorece la floración y la formación de nuevas estructuras. Finalmente, el flujo de verano, que va desde principios de junio hasta principios de septiembre, presenta un crecimiento constante, aunque algo más lento durante los períodos de calor extremo, siendo esta la fase en la que las plantas alcanzan su máximo desarrollo antes de la llegada de las temperaturas más frescas del otoño (Ajcalón Samines, 2021).

Floración

La floración del aguacate es particular debido a su sistema de dicogamia (separación temporal en la maduración de los sexos dentro de la misma flor) sincrónica, en el que las flores tipo A y tipo B se abren en momentos distintos del día. Este mecanismo favorece la polinización cruzada, esencial para garantizar una adecuada formación de frutos.

En Michoacán se puede presentar hasta cuatro flujos de floración: loca (agosto-septiembre), aventajada o adelantada en octubre a diciembre, normal de diciembre a febrero y marceña de febrero a marzo (Salazar-García 2011).

Desarrollo del fruto

Este proceso exige un monitoreo riguroso de las condiciones de cultivo, prestando especial atención a la protección frente a plagas y enfermedades que pueden comprometer tanto la calidad como la cantidad del fruto. Además, es fundamental ajustar la nutrición para favorecer este desarrollo, incrementando la dosis de potasio y fósforo, elementos clave para estimular el crecimiento, la maduración y una adecuada formación del fruto (Olmedo González, (2023).

Maduración

El aguacate crece de manera continua en el árbol y no madura hasta después de ser cosechado, debido a un inhibidor de la maduración producido por el árbol, lo que permite almacenar el fruto en el árbol durante varios meses. La maduración del aguacate comienza de forma natural una vez cosechado, y en condiciones ambientales de 20°C, alcanza la madurez en un periodo de 7 a 12 días (Benítez, *et al.* (2021).

Clasificación Taxonómica del aguacate

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: Persea

Especie: Persea americana Mill.

Esta clasificación taxonómica ubica al aguacate dentro de un grupo de plantas que incluye árboles y arbustos, muchos de los cuales tienen hojas aromáticas. La familia *Lauraceae* es conocida por su importancia económica, ya que incluye especies como el laurel, además del aguacate (Jarquín Nieto, 2018).

El aguacate es un árbol de gran tamaño y vigor, con un crecimiento vertical y ramas cortas que están dispuestas de manera ordenada. Sus hojas son redondas, brillantes y de un color verde intenso, lo que caracteriza al árbol y le da un aspecto robusto. En términos de productividad, sus frutos, conocidos como bayas. El aguacate es conocido por su comportamiento productivo tardío, es decir, los árboles pueden tardar un tiempo que va de 4 años en alcanzar su formación ideal para ser productivos y alcanzar su máximo rendimiento en un punto de edad de 25 años, lo que requiere paciencia y manejo adecuado para maximizar la producción (Núñez, *et al.*, 2023).

El análisis fenológico permite a los técnicos y productores identificar con mayor precisión los momentos críticos para la intervención, como el control de plagas o enfermedades, el riego, la fertilización y la cosecha (Salazar-García, *e tal*, 2018).

Uno de los primeros objetivos que se busca al tratar de incrementar la productividad de un suelo agrícola es conocer la composición de la comunidad biológica (o biótica) que existe en el predio, así como su estructura; entendiendo ésta como el conjunto de relaciones que se establecen entre las diferentes

especies entre sí y con el medio en el que viven. Existen varias maneras de caracterizar una comunidad, la más adecuada sería aquella que considerase tanto la composición de especies como el número de individuos de cada una de ellas. Sin embargo, no todas las especies tienen la misma importancia dentro de una comunidad. Se pueden identificar especies-clave o dominantes, que son aquellas sobre las que se articula la comunidad entera. (Laboratorios A-L de México S.A. de C.V)

5.3 PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL AGUACATE

Son uno de los principales desafíos para el cultivo de aguacate en México, ya que pueden afectar tanto la calidad como la cantidad de la producción. Entre las plagas de importancia económica más comunes asociadas al aguacate en México, se incluyen:

Tisanopteros:

Estos pequeños insectos succionadores pueden causar daño como manchas plateadas o blanquecinas en las flores y frutos del aguacate, lo que deteriora su apariencia, siendo esta en el fruto de importancia ya que al tener una vista con rasgadura no pasa como fruta de calidad para exportación, además de ser vectores de algunas enfermedades virales (Guerrero-Gutiérrez, *et al.*, 2021).

Ácaros:

Los ácaros, especialmente el Acaro rojo (*Oligonychus punicae*) y Acaro cristalino (*Oligonychus perseae*), afectan principalmente las hojas succionando savia causando una malformación y decoloración en las hojas, causando daños en la fotosíntesis y debilitando al árbol. Ocasionalmente ocasiona un acartonamiento de las hojas o desecación prematura en el follaje (González-Dávila, *et al.*, 2022)

Escamas armadas

Estas plagas se alimentan de la savia de las plantas, lo que puede debilitar al árbol y afectar su crecimiento y producción. Son particularmente destructivas en frutos y ramas. Las escamas que presentaron mayor distribución y abundancia en los principales estados productores de aguacate que conforman el estado de Michoacán, Jalisco, Nayarit. Fueron (*Hemiptera: Diaspididae*), *Emiberlesia lataniae* (Signoret) y *Abgrallaspis aguacatae* (Lázaro-Castellanos, et al., 2012).

Gusanos

Diversas especies de gusanos, en específico como los gusanos barrenadores (Barrenador de rama (*Copturus aguacatae*), Barrenador grande del hueso (*Heilipus lauri*) Barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus perseae*), siendo estas unas de las principales plagas cuarentenarias de mayor importancia en el sector ya que afectan principalmente las ramas y frutos, causando daños directos y favoreciendo la entrada de patógenos. Siendo muy sancionado por la exportación o en su totalidad negando a campos la exportación (Ramírez Orona, et al., 2024).

Además de las plagas, el aguacate también está expuesto a diversas enfermedades por hongos, como:

5.4 *Fusarium*

El género *Fusarium* es ampliamente conocido por su relevancia en la agricultura, debido a su capacidad para causar diversas enfermedades en plantas. *Fusarium* pertenece a los hongos imperfectos, es decir, no siempre produce una fase sexual de reproducción (teleomorfo), lo que lo clasifica dentro del grupo de los hongos imperfectos en el sistema tradicional de clasificación. En ciertas etapas de su ciclo de vida, *Fusarium* actúa como saprófito, es decir, descompone materia orgánica muerta, lo cual es importante para el reciclaje de nutrientes en el ecosistema.

Clasificación taxonómica:

Dominio: *Eucariota*

Reino: *Fungi*

Phylum: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Orden: *Hypocreales*

Familia: *Nectriaceae*

Género: *Fusarium*

Especie: *Fusarium spp.*

(SENASICA,2020)

Importancia agrícola

Muchas especies de *Fusarium* son de gran interés agrícola porque son patógenos de plantas. Estas especies pueden infectar una variedad de especies vegetales, causando diversas enfermedades, como la marchitez por *Fusarium*, que afecta cultivos importantes como tomate, maíz, trigo, entre otros. En resumen, el género *Fusarium* es un grupo de hongos con un gran impacto tanto ecológico como agrícola, dado su papel como patógeno de plantas y su capacidad para descomponer materia orgánica. La clasificación de sus fases sexuales en géneros como *Gibberella* y *Nectria* refleja la complejidad de su biología y sus interacciones con su entorno (Watt, 2015). Las principales especies que afectan al cultivo del aguacate son *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*.

5.5 *Rhizoctonia solani* (Pudrición de la raíz)

Rhizoctonia solani es uno de los patógenos más importantes dentro del género *Rhizoctonia* y causa una gran variedad de enfermedades en plantas, lo que la convierte en una preocupación significativa para la agricultura.

Este hongo muestra una notable variabilidad en su morfología. Esta diversidad es una de las razones por las que es difícil de identificar y controlar en algunos casos. Este patógeno afecta una amplia variedad de cultivos, incluyendo especies agrícolas de gran importancia como arroz, maíz, papa, tomate, frijol,

entre otros. Esto se debe a su capacidad para infectar diferentes tipos de plantas y adaptarse a varios tipos de tejidos vegetales.

Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

Phyllum: Basidiomycota

Clase: Agaricomycotina

Orden: Ceratobasidiales

Familia: Ceratobasidiaceae

Género: Rhizoctonia

Especie: solani

Dado su impacto y su capacidad de persistir en el ambiente, el manejo de *Rhizoctonia solani* requiere estrategias de control tanto preventivas como curativas, como la rotación de cultivos, el uso de fungicidas y el manejo adecuado de los residuos vegetales, es un patógeno altamente agresivo, capaz de causar daños significativos en las plantas infectadas. Los síntomas que desarrollan las plantas afectadas se manifiestan con amarillamiento, defoliación y marchitez; dado que en estos casos hay taponamiento de los haces vasculares, o destrucción de raíces, lo que impide la absorción y translocación de agua y nutrientes, su capacidad para invadir y destruir diferentes partes de las plantas, como hojas, tallos, raíces y semillas, lo convierte en un desafío para los agricultores (Sicta. (2018)).

5.6 *Phytophthora cinnamomi* (Tristeza del Aguacate)

Phytophthora es un patógeno que afecta gravemente a las plantas, especialmente en lo que se refiere a los problemas de asfixia radicular. La infección por *Phytophthora* puede tener consecuencias significativas en todas las etapas de desarrollo de la planta, desde la germinación hasta la madurez, y es especialmente preocupante para cultivos como el aguacate, donde puede inducir una serie de síntomas graves.

El hongo suele invadir las raíces de las plantas, donde se desarrolla y causa la podredumbre radicular, lo que interrumpe la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes del suelo. En ciertos casos, el hongo puede afectar otras partes de la planta, como tallos y hojas.

Clasificación taxonómica

Dominio: Procariota

Reino: Chromista

Phylum: Oomycota

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Peronosporaceae

Género: Phytophthora

Especie: P. cinnamomi Rands.

Es fundamental un manejo adecuado del riego y drenaje evitando la saturación excesiva de agua y promoviendo prácticas que mejoren la aireación del suelo, lo cual es esencial para mantener la salud de las raíces y prevenir la proliferación de patógenos (Ramírez Gil, 2013).

5.7 Capitales biológicos de interés

5.7.1 *Bacillus spp*

Es una bacteria con forma de bastón (bacilo) que puede ser recto o ligeramente curvado, con los extremos redondeados, su tamaño oscila entre 3 y 4 micras de largo por 1 micra de ancho. *Bacillus* generalmente se encuentra aislado, pero ocasionalmente puede formar cadenas cortas, las esporas de esta bacteria son subterminales (es decir, se encuentran cerca del extremo de la célula) y tienen forma ovalada. Las esporas germinan lateralmente y miden aproximadamente 1.2 micras por 0.6 micras. Es una bacteria Gram positiva, lo que significa que

tiene una pared celular gruesa de peptidoglucano que retiene el colorante cristal violeta en la tinción de Gram.

Clasificación taxonómica:

Reino: Procariota

Phyllum: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Bacillales

Familia: Bacillaceae

Género: Bacillus

Especie: Bacillus spp.

(González-León, *et al.* 2022)

Tipo de metabolismo:

Bacillus es aeróbica y anaeróbica facultativa, lo que significa que puede crecer en presencia de oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica). Esto le da flexibilidad para desarrollarse en diversos entornos.

Importancia agrícola

Bacillus son bastante versátiles en cuanto a sus capacidades metabólicas. Son bacterias que pueden prosperar en una variedad de ambientes y desempeñar una serie de funciones, como la producción de antibióticos, la descomposición de materia orgánica y la fijación de nitrógeno, lo que las hace valiosas en aplicaciones agrícolas (Bustos Tapia, 2016). Siendo *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, los más utilizados en este ámbito de la agricultura debido a su rápida propagación y agresividad contra patógenos de importancia del aguacate.

5.7.2 *Streptomyces spp.*

Las bacterias del género *Streptomyces* tienen una estructura filamentososa, lo que les da una apariencia similar a la de los hongos. Crecen en forma de filamentos largos (hifas), El diámetro de las hifas es generalmente de 0.5 a 2 micras, y estas se desarrollan de forma bien organizada, que se ramifican para formar una red conocida como micelio, este micelio se extiende por el sustrato, lo que les permite descomponer materia orgánica, jugando un papel importante en la descomposición de compuestos orgánicos en su entorno. Las esporas de *Streptomyces* tienen una variedad de superficies, que pueden ser: Peludas, Lisas, Rugosas, Espinosas, Verrugosas, la morfología de las esporas varía según la especie y puede ser útil para su identificación.

Clasificación taxonómica:

Dominio: Bacteria

Filo: Actinobacteria

Orden: Streptomycetales

Suborden: Streptomycineae

Familia: Streptomycetaceae

Género: Streptomyces

(Zhu, H.-x., *et al.*, 2023).

Importancia agrícola

El género *Streptomyces* es de gran interés en biotecnología y medicina debido a su capacidad para producir antibióticos y otros compuestos bioactivos, desempeñando un papel crucial en la descomposición de materia orgánica (Schlatter *et al.*, 2009).

5.7.2 *Trichoderma*

El género *Trichoderma* comprende diversas especies de hongos filamentosos que tienen una amplia presencia en diferentes ecosistemas. Estas especies poseen una gran capacidad de adaptación y tienen varias características biológicas que las hacen relevantes tanto en la naturaleza como en aplicaciones industriales.

Características morfológicas y fisiológicas:

Los hongos del género *Trichoderma* presentan una pared celular compuesta principalmente por quitina y glucanos, lo que les otorga rigidez y protección, son hongos filamentosos, lo que significa que crecen en forma de hifas que se ramifican y forman una estructura micelial y la reproducción asexual de *Trichoderma* se lleva a cabo a través de la formación de conidios, que son esporas unicelulares. Los conidios suelen medir entre 3-5 μm de diámetro, tienen una forma generalmente ovalada y se presentan típicamente en colores verdes. Algunas especies tienen un comportamiento micro parásito, lo que les permite atacar y parasitar otros hongos, actuando como control biológico. Siendo *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* los más utilizados por su efectividad contra patógenos que afectan al aguacate.

Clasificación taxonómica:

Reino: Fungi (Hongos)

Phylum: Ascomycota (Ascomicetos)

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Hypocreaceae

Género: Trichoderma spp. (Martínez & Peteira, B. (2015).

Importancia agrícola

Algunas especies de *Trichoderma* son conocidas por su capacidad para producir enzimas degradadoras de celulosa y hemicelulosa. Estas enzimas son esenciales para descomponer biomásas vegetales (como la madera y los residuos agrícolas) en azúcares simples. Los azúcares simples generados por la acción de estas enzimas pueden ser utilizados en la producción de biocombustibles, lo que convierte a *Trichoderma* en una herramienta clave en la producción sostenible de energía renovable (Alvarado, 2022).

VI. DESCRIPCIÓN DE VALUACIÓN DE CAPITAL BIOLÓGICO PARA MEJORAR PROCESOS AGRÍCOLAS.

6.1 Ubicación.

El área de estudio correspondió a una huerta del Rancho Bellavista, (Figura 1). Ubicado en Punta de Agua, municipio de Tapalpa, Jalisco, durante el periodo de julio a noviembre de 2024. El estudio se realizó con árboles de aguacate de la variedad Méndez, cultivados bajo un sistema de fertirriego. Estos árboles, con edades entre 10 y 25 años, están establecidos con una distancia de 5 metros entre árboles y 8 metros entre calles. En promedio, presentan un tronco con un diámetro de 55 cm y una copa con una cobertura aproximada de 4 metros.



Figura 1 Área de trabajo con plantación de aguacate

La huerta abarca un total de 15 hectáreas, de las cuales 10.15 hectáreas se designaron como área testigo. Las zonas muestreadas se identificaron de la siguiente manera: Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5.

Se seleccionaron cuatro puntos de muestreo dentro de la huerta. Tres de ellos fueron identificados como áreas de interés para el productor debido a la presencia de sintomatología o patógenos, mientras que el cuarto se designó como área testigo dentro del plan de rentabilización. Figura 5.

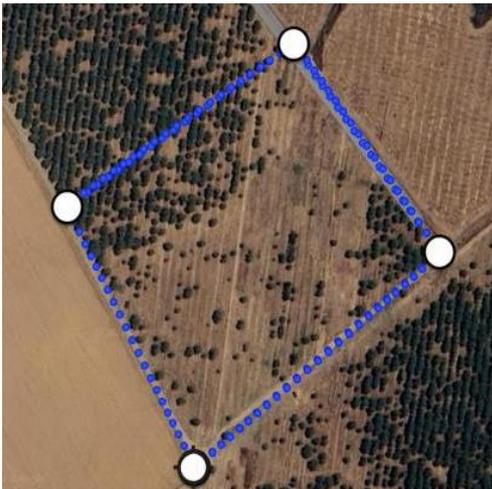


Figura 2 La Joya 1

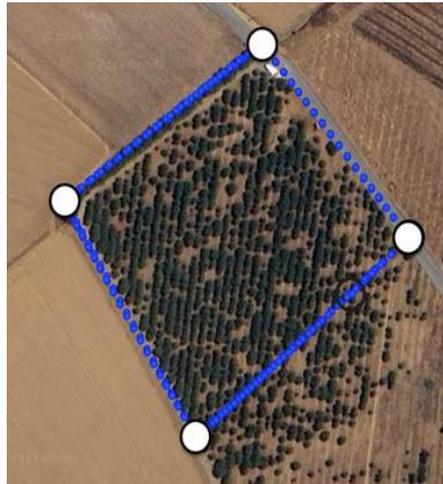


Figura 3 La Joya 2



Figura 4 Bellavista

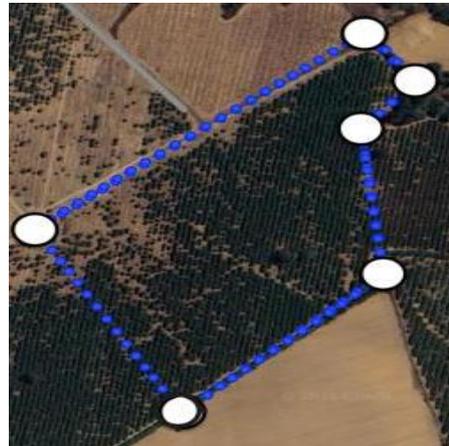


Figura 5 Bellavista 2

6.2. Muestreo

Se realizaron cinco submuestras por cada polígono, obteniendo un total de 20 submuestras en toda el área, (Figura 14). De cada polígono, se seleccionaron dos muestras representativas, las cuales fueron enviadas a dos laboratorios diferentes para su análisis, garantizando la cobertura de diversas pruebas diagnósticas.

La selección de árboles para la toma de muestras se basó en la presencia de síntomas asociados a infecciones por patógenos radiculares. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: defoliación leve en las puntas de las ramas, hojas con clorosis, ramas secas, frutos con características anormales, como apariencia alimonada y lisa, raíces con evidencias de oxidación y signos incipientes de ahorcamiento. Se seleccionaron y marcaron cinco árboles; cuatro con sintomatología evidente y uno aparentemente sano, que se utilizó como árbol control (Figura 6). Cada árbol fue identificado físicamente mediante cintas de colores y georreferenciado con coordenadas geográficas utilizando un receptor GPS (Figura 10). Este procedimiento garantiza un control eficiente y facilitó el monitoreo detallado de cada árbol. Además, se llevó a cabo un registro preciso de los cambios físicos observados, lo cual fue crucial para analizar el comportamiento de los síntomas. Las técnicas empleadas para la obtención de muestras de suelo fueron similares a las utilizadas en análisis de fertilidad, siguiendo protocolos estandarizados para asegurar la representatividad y la calidad de las muestras, (Salgado-García, S., et al. (2006). Este enfoque garantizó la obtención de datos confiables sobre las condiciones del suelo, proporcionando una base sólida para el análisis integral de los factores que inciden en la presencia de patógenos radiculares.

Para cada árbol muestreado, se recolectó una muestra de suelo a una distancia de 40 cm del aspersionador (gotero), en una zona intermedia bajo la copa, para evitar áreas excesivamente secas o húmedas, que podrían contener concentraciones elevadas de sales, asegurando que la muestra representara de manera adecuada la mayor parte del sistema radicular activo. Se obtuvo la muestra del suelo a una profundidad de 0 a 30 cm (Figura 8), previa remoción de una ligera

capa de hojarasca, con el fin de evitar un exceso de materia orgánica superficial en las muestras. (Figura 7).

Se siguió un protocolo riguroso de higiene que incluyó el uso de guantes desechables y la desinfección de la pala antes y después de cada toma de muestra. Las submuestras se depositaron en recipientes limpios, evitando el contacto directo con el suelo para minimizar el riesgo de contaminación. Estos materiales, diseñados específicamente para prevenir la contaminación externa, fueron preparados meticulosamente para preservar la viabilidad de los microorganismos y garantizar resultados confiables en los análisis posteriores. El manejo y tratamiento cuidadoso de las muestras fue fundamental, ya que cualquier contaminación o exposición a factores externos podría comprometer la precisión de los resultados, afectando la evaluación del desarrollo y la progresión de los patógenos radiculares. Estas submuestras se tomó un peso aproximadamente de 250 g y 500 g, (Figura 9).



FIGURA 6 Selección de árboles con sintomatología



FIGURA 7 Limpieza de área de toma de muestra



FIGURA 8 Medición de Profundidad de zona de muestreo de muestra 250 g -500 g



FIGURA 9 Toma



FIGURA 10 Marcado físicamente de árboles muestreados

Una vez recolectadas las cinco submuestras por árbol, se realizó una homogenización para asegurar que las características representativas del área seleccionada quedaran plenamente integradas en las muestras finales. A partir de esta mezcla uniforme, se obtuvieron dos muestras:

Muestra en tubo: Una porción de la mezcla fue envasada en un tubo como se observa en la (Figura 11), identificado con un código QR. Esta muestra contiene una cantidad representativa de raíces del cultivo, esenciales para el análisis microbiológico.

Muestra en bolsa: Una segunda porción se colocó en una bolsa de plástico para el análisis como se observa en la Figura 12, donde la inclusión de raíces fue opcional, dependiendo de los objetivos específicos del análisis posterior.

Las muestras se almacenaron en condiciones de refrigeración para preservar su integridad y viabilidad microbiológica hasta su envío al laboratorio.

El proceso de recolección y análisis se realizó de manera sistemática durante el periodo de rentabilización o periodo de desarrollo en el cultivo, que tuvo una duración de tres meses. Este enfoque permitió un monitoreo constante y una evaluación detallada de los cambios en las muestras a lo largo del tiempo.



FIGURA 11 Llenado de muestra en cantidad requerida para envío a laboratorio



FIGURA 12 Guardado de muestra para su envío a laboratorio

6.3 CAPTURA DIGITAL DE DATOS DURANTE EL MUESTREO

De manera paralela al proceso de muestreo, se implementó un sistema de captura de datos digitales utilizando un teléfono inteligente. Este sistema facilitó el registro, almacenamiento y organización eficiente de la información general asociada a cada muestra recolectada, optimizando la gestión de los datos del estudio.

Los datos capturados incluyeron lo siguiente:

Número de muestra: Identificación única asignada a cada muestra recolectada.

Fotografía del árbol: Imagen completa del árbol tomada desde un ángulo fijo para garantizar la consistencia visual durante las distintas etapas del monitoreo.

Generalidades físicas del árbol: Observaciones específicas, como si el árbol estaba sano o presentaba síntomas visibles como amarillamiento, defoliación u otros.

Información temporal: Registro de la fecha de inicio y finalización de la temporada correspondiente al muestreo.

Tipo de cultivo: Indicación de si el árbol se encontraba bajo un sistema de temporal o de riego.

Escaneo de código QR: Cada tubo de muestra estaba identificado con un código QR, el cual fue escaneado y asociado al polígono correspondiente, facilitando su rastreo y organización para el análisis posterior.

Este método de captura digital registrado como polígonos o subdivisiones, Figura 13 minimizó errores asociados al registro manual de datos y garantizó un almacenamiento seguro de la información, asegurando su disponibilidad para consultas y análisis futuros.



Figura 13 Arboles muestreados y georreferenciados vía satélite (subdivisiones)

6.4 Análisis en laboratorio.

Las muestras obtenidas fueron enviadas a dos centros especializados para su análisis:

Centro Molecular de Diagnóstico Agrícola (CMDA): Ubicado en Michoacán, este laboratorio se encargó de realizar un diagnóstico detallado enfocado en la identificación de microorganismos presentes, tanto patógenos como benéficos.

Laboratorio en León Fertilab: Especializado en el análisis del capital biológico del suelo, su objetivo fue evaluar y comparar los microorganismos identificados en las muestras, proporcionando una visión integral de las interacciones microbiológicas entre el sistema radicular y el suelo.

Se evaluó la presencia de microorganismos patógenos, incluyendo *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* y *Phytophthora cinnamomi*. Asimismo, se buscó detectar microorganismos benéficos que contribuyen a la salud del suelo y del cultivo, como *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Streptomyces spp.*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum*.

El análisis de las muestras se enfocó en identificar microorganismos patógenos y benéficos presentes en el suelo y en las raíces del cultivo de aguacate. Para ello, se emplearon técnicas moleculares, como la amplificación de ADN mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), lo que permitió detectar y confirmar la presencia de secuencias de ADN específicas, previamente reconocidas como relevantes para el capital biológico de cultivos de alto valor comercial.

El proceso de análisis incluyó los siguientes pasos:

Extracción de ADN: se aisló el material genético de las muestras recolectadas utilizando protocolos estandarizados para asegurar su calidad y pureza.

Amplificación específica: se utilizaron cebadores diseñados para identificar las cadenas de ADN objetivo, permitiendo la detección específica de los microorganismos de interés. (Figura 14)

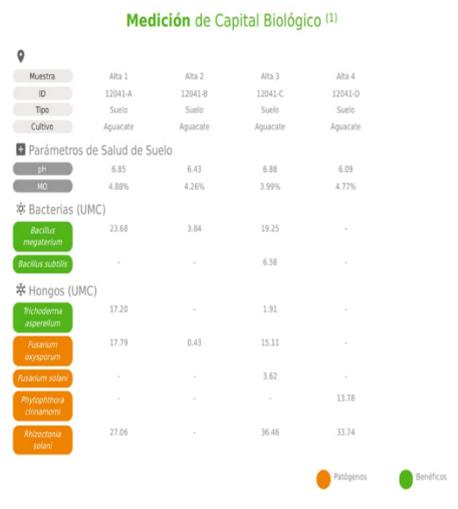


FIGURA 14 Medición de capital biológico

Confrontación y validación: los resultados obtenidos fueron comparados entre los laboratorios participantes (CMDA y el laboratorio en León) para corroborar la presencia de los microorganismos identificados.



FIGURA 15 Confrontación en laboratorio

Con base en los resultados obtenidos de los análisis realizados en los laboratorios, se evaluó la eficiencia relativa de los microorganismos benéficos en su capacidad de antagonismo frente a los patógenos identificados. Esta evaluación permite identificar los organismos del capital biológico fueron más efectivos en la supresión de los patógenos más agresivos. (Figura 15)

A partir de esta información, se diseña un protocolo de valuación de capital biológico inicial de inoculación empleando los microorganismos específicos que demostraron mayor eficiencia en el control de patógenos (Figura 16). Las dosis de inoculación fueron desarrolladas considerando las necesidades particulares del cultivo y las condiciones del suelo, con el objetivo de:

1. Reducir la carga de patógenos en la rizosfera.
2. Promover un equilibrio microbiológico favorable en el suelo.
3. Mejorar la salud general del cultivo mediante el fortalecimiento del sistema radicular.

Este enfoque integral busca no solo mitigar los efectos negativos de los patógenos, sino también optimizar las condiciones para el desarrollo sostenible del cultivo.



FIGURA 16 Valuación de capital biológico

El monitoreo mensual permite observar y documentar las incidencias de los patógenos y microorganismos benéficos presentes en la huerta durante el periodo de estudio. Este seguimiento detallado ofrece al productor una visión dinámica de los cambios microbiológicos tanto en el suelo como en el sistema radicular del cultivo, especialmente en respuesta a la inoculación de capital biológico (Figura 17), donde se le muestra;

- Presencia y evolución de microorganismos patógenos: identificación de aquellos que disminuyeron o persistieron durante el periodo de inoculación.
- Proliferación de microorganismos benéficos: detección de especies introducidas o autóctonas que incrementaron su población como resultado del tratamiento.
- Cambios en el equilibrio microbiológico: tendencias hacia la reducción de patógenos y el fortalecimiento de microorganismos benéficos, indicando el progreso hacia un balance ecológico en el suelo.

Con el monitoreo es evaluar el equilibrio microbiológico sostenible en el suelo, donde los microorganismos benéficos puedan controlar eficazmente a los patógenos, creando un ambiente favorable para el desarrollo saludable del cultivo. Este enfoque resulta clave dentro del plan de rentabilización, ya que busca maximizar la productividad del sistema agrícola mediante la reducción de enfermedades radiculares y la optimización del manejo biológico del cultivo.

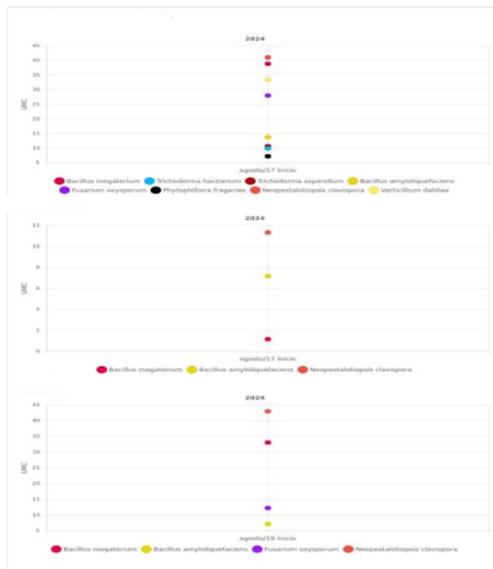


FIGURA 17 Indicadores en parcelas de patógenos y benéfico

VII. CONCLUSIONES

Se concluye que los microorganismos patógenos *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Phytophthora cinnamomi* fueron controlados de manera más efectiva por los capitales biológicos *Bacillus megaterium*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum*, los cuales demostraron ser más agresivos y eficaces en el control durante las inoculaciones realizadas.

Se descartó a *Rhizoctonia solani* como patógeno de relevancia, ya que, al tratarse de árboles mayores de diez años en promedio, su agresividad sobre el sistema radicular de los árboles no representa un problema significativo en el cultivo de aguacate.

Se optimizó la rentabilización con rapidez y eficiencia lo que es clave en este método, que ya que, al ser análisis más rápidos en el proceso de identificación en laboratorio y muestreos efectivos, combinados con el uso de capitales biológicos adaptados al manejo del productor y al cultivo específico de cada zona, aceleran su efectividad y adaptación. Esto permite alcanzar de manera más rápida el punto de equilibrio deseado para el cultivo y no generar tanta pérdida de producción o árboles en este caso.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alvarado, J. O. (2022). Uso de Trichoderma sp. para el desarrollo y crecimiento de tres especies forestales en el cantón Tena, provincia de Napo.
- Ajcalón Samines, R. (2021). Evaluación del efecto de dos dosis de lixiviado de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) en el desarrollo vegetativo del cultivo de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass.
- Ahuizote. (2017, marzo 6). La importancia del aguacate para México y para Michoacán. Ahuizote. <https://ahuizote.com>
- Benítez, J., Sánchez, A., Bolaños, C., Bernal, L., Ochoa-Martínez, C. L., Vélez, C., & Sandoval, A. (2021). Cambios fisicoquímicos del aguacate Hass durante el almacenamiento frío y la maduración acelerada. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 19(2), 41–56.
- Bustos Tapia, J. A. (2016). Manejo del Patosistema *Streptomyces scabies* Thaxter en rabanito *Raphanus sativus* L. con *Bacillus subtilis* bajo condiciones de invernadero.
- García Vega, J. de J. (2014). *Importancia del aguacate en la actividad económica de México, 1996-2013* [Reporte elaborado para la Asociación de Productores y Empacadores de Aguacate de México (APEAM), A.C.]. Refuerzo Empresarial, S. de R.L.
- González-León Y, Ortega-Bernal J, Anducho-Reyes MA, et al. *Bacillus subtilis* y *Trichoderma*: Características generales y su aplicación en la agricultura. *TIP Rev Esp Cienc Quim Biol*. 2022
- Guerrero-Gutiérrez, D., Valera-Montero, L. L., Castañeda-Cabrera, C., Perales-Segovia, C., & Silos-Espino, H. (2021). EFECTO DE EXTRACTOS VEGETALES COMERCIALES Y NO COMERCIALES SOBRE TRIPS DEL AGUACATE (*Scirtothrips perseae* Nakahara). *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 8, 1-1.
- González-Dávila, L., Lara-Vázquez, F., Ramírez-Dávila, J. F., & Figueroa-Figueroa, D. K. (2022). ANALISIS ESPACIAL DEL DAÑO POR ARAÑA ROJA (*Oligonychus punicae*) EN AGUACATE; ESTADO DE MÉXICO, UTILIZANDO EL METODO DEL SADIE.
- Jarquín Nieto, I. (2018). Antagonismo de *Trichoderma harzianum* RIFAI y *Trichoderma viride* PERS en plantas de aguacate inoculadas con *Phytophthora cinnamomi* RANDES (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Chapingo).
- Lázaro-Castellanos, C., González-Hernández, H., Lomeli-Flores, J. R., Myartseva, S. N., Ortega-Arenas, L. D., & Ochoa-Ascencio, S. (2012). Enemigos naturales de escamas armadas (Hemiptera: Diaspididae) en aguacate Hass en Michoacán, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(1), 6-13.

- Martínez, B., Infante, D., & Peteira, B. (2015). Taxonomía polifásica y variabilidad en el género *Trichoderma*. *Revista de Protección Vegetal*, 30(Número Especial), 11-22.
- Núñez, José Luis Martínez, et al. Variedades, plagas y enfermedades del aguacate (*Persea americana* L.). *Revista Biológico-Agropecuaria Tuxpan* 11.2 (2023).
- Olmedo González, V. L. (2023). Retardantes de maduración en manejo de postcosecha de aguacate (*Persea americana* L.) [Tesis de licenciatura, Ingeniero Agrícola]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez Gil, J. G. (2013). *Incidencia, diagnóstico, comportamiento y alternativas de manejo de la marchitez del aguacate con énfasis en Phytophthora cinnamomi Rands* (Doctoral dissertation).
- Ramírez Orona, E., León Canal, A., Macías García, A. L., Vizcarra Zúñiga, S., & Santamaría Gómez, J. M. (2024). *Barrenador de ramas del aguacate (Copturus aguacatae)*. Agencia de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (ASICA).
- Salazar-García, S., Ibarra-Estrada, M. E., & González-Valdivia, J. (2018). Fenología del aguacate 'Méendez' en el sur de Jalisco, México. *Agrociencia*, 52(7), 991-1003.
- Salgado-García, S., Palma-López, D. J., Lagunes-Espinoza, L. del C., & Castelán-Estrada, M. (2006). Manual para muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis (2nd ed.). Colegio de Postgraduados.
- Schlatter, D., Fubuh, A., Xiao, K., Hernández, D., Hobbie, S., & Kinkel, L. (2009). Las enmiendas de recursos influyen en la densidad y los fenotipos competitivos de *Streptomyces* en el suelo. *Ecología microbiana*, 57, 413-420.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). Planeación agrícola 2017-2030. Gobierno de México
- SENASICA. (2017). *México: Primer productor mundial de aguacate*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/senasica/articulos/mexico-primer-productor-mundial-de-aguacate?idiom=es>
- SENASICA, Dirección General de Sanidad Vegetal, Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. (2020). *Fusarium spp. (Hypocreales: Nectriaceae). Podredumbre de raíces*. Bayer Crop Science.

- SIAP. (2023). *Escenario mensual de productos agroalimentarios: Aguacate*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/870878/Aguacate_Octubre.pdf
- Sicta. (2018). *Pudrición de la raíz, Rhizoctonia solani*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).
- Watt, (2015). *Fusarium spp. (Hypocreales: Nectriaceae): Podredumbre de raíces*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).
- Zhu, H.-x., Hu, L.-f., Hu, H.-y., Zhou, F., Wu, L.-l., Wang, S.-w., et al. (2023). Identificación de un nuevo *Streptomyces* sp. que muestra un efecto de promoción del crecimiento y biocontrol contra *Rhizoctonia* spp. en trigo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 58(4), 234-245.