

UNIVERSIDAD ESTATAL DE SONORA
UNIDAD ACADEMICA SAN LUIS RIO COLORADO
MAESTRIA EN SISTEMAS DE PRODUCCION BIOSUSTENTABLES



**CONTROL DE PECA NEGRA (*Streptomyces spp.*) EN RAIZ DEL
CULTIVO DE RABANO (*Raphanus sativus* L.) EN EL VALLE DE
MEXICALI**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCION
BIOSUSTENTABLE**

PRESENTA:

RAMSSES ARTURO RODRIGUEZ ALVAREZ

DIRECTOR:

Dr. NOE ORTIZ URIBE

San Luis Rio Colorado, Sonora, Diciembre 2020

UNIVERSIDAD ESTATAL DE SONORA
FORMATO F5

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS
PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAESTRO,
OPCIÓN TESIS

Los miembros del Comité de Tesis del alumno **RODRIGUEZ ALVAREZ RAMSES ARTURO** recomendamos que el documento titulado:

CONTROL DE PECA NEGRA (*Streptomyces spp.*) EN RAIZ DEL CULTIVO
DE RABANO (*Raphanus sativus* L.) EN EL VALLE DE MEXICALI

Sea aceptado como Requisito Parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN SISTEMAS DE PRODUCCION BIOSUSTENTABLES**

COMITÉ DE TESIS



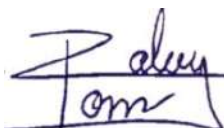
Dr. Noé Ortiz Uribe

Nombre y firma
Director



Dra. Rufina Hernández Martínez

Nombre y firma
Co-director



Dr. Ricardo Salomón Torres

Nombre y firma
Sinodal

INDICE

I	INTRODUCCION.....	9
II	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
III	OBJETIVO GENERAL.....	14
	3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
IV	JUSTIFICACION	15
V	MARCO TEORICO.....	17
	5.1 RABANO (<i>Raphanus sativum</i>).....	17
	5.2 CLASIFICACIÓN TAXONOMICA	17
	5.3 FERTILIZACION	18
	5.4 VARIEDADES	19
	5.5 ESPECIFICACIONES DEL RABANO PARA EL MERCADO DE E.U..	19
	5.6 ENFERMEDADES CAUSADAS POR MICROORGANISMOS COMUNES EN EL CULTIVO DE RABANO	20
	<i>Alternaria brassicae</i>	20
	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>conglutinans</i> , <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i>	21
	Peronospora parasítica	22
	<i>Streptomyces scabies</i>	24

5.7	AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO CONTRA ENFERMEDADES DE SUELO, ENFOCADOS PARA LA SUPRESIÓN DE <i>Streptomyces spp.</i>	28
	Trichoderma harzianum.....	28
	Bacillus subtilis cepa QST 713	30
	Streptomyces spp 1x10⁷ al 60%.....	31
	Bacillus subtilis, Azotobacter spp., Pseudomonas spp.	32
	Extracto de Gobernadora, Larrea tridentata (Moç. & Seseé ex DC.) Coville (1893)	34
	Humus de lombriz	36
	COMBINACIÓN DE ELEMENTOS (ACEITES VEGETALES, TERPENOS, ACIDOS GRASOS, Bacillus subtilis 1x10⁸UFC)	38
5.8	PRODUCTOS BIORACIONALES DE SÍNTESIS CONTRA ENFERMEDADES DE SUELO. ENFOCADOS PARA SUPRESIÓN DE <i>Streptomyces spp.</i>	40
	“Curamidato de Cobre” al 25%	40
	Ácido peracético	41
VI	HIPÓTESIS	43
VII	METODOLOGÍA	44
7.1	Caracterización del área experimental y toma de muestras de suelo	44
	Muestra para experimento del 2019.....	44

Muestra para experimento del 2020.....	44
7.2 Muestra de tejido para envío a laboratorio.....	44
7.3 METODOS DE CONTROL UTILIZADOS	46
7.4 Semilla y siembra	48
7.5 Distribución del Experimento	49
7.6 Nutrición.....	51
7.7 Riego.....	52
7.8 Mediciones de Laboratorio	57
Lectura de hoja con Spadmeter	58
Hoja más larga en mm	58
Área foliar en cm².....	58
Cantidad de hojas	59
Peso por cm² hoja.....	59
Grados brix de raíz.....	60
Altura de raíz eje.....	60
Ancho de raíz ecuador.....	60
Peso por cm³ (volumen/peso).....	60
Cantidad de pecas.....	60
Peso seco de planta.....	61
VIII RESULTADOS.....	62

8.1	Resultados obtenidos del primer experimento en el año 2019	62
	Pecas por planta por tratamiento	62
	Raíz (altura de bulbo en mm)	63
	Raíz (ancho ecuatorial de bulbo en mm).....	64
	Volumen de Raíz.....	64
	Hoja más larga.....	66
	Área foliar en cm ²	66
	Cantidad de hojas	67
	Peso seco	69
	Peso por cm ³ de raíz	71
	Nivel de clorofila.....	73
8.2	Resultados obtenidos del segunda repetición del experimento en el año 2020	73
	Pecas por planta por tratamiento	74
	Peso del bulbo.....	77
	Altura de bulbo	77
	Ancho ecuatorial del bulbo de la raíz.....	78
	Densidad de la raíz de rábano.....	81
IX	DISCUSION.....	82
X	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
XI	REFERENCIAS.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Promedio de unidades por hectárea para fertilización cultivo de rábano.</i>	19
Tabla 2 <i>Materiales evaluados para control de la peca del rábano en los dos ciclos de experimentación.</i>	46
Tabla 3 <i>Fertilizantes utilizados para suplir los nutrientes del rábano en ambos ciclos.</i>	52
Tabla 4 <i>Bitácora de riegos, nutrición y aplicación de tratamientos; para la temporada del año 2019. Con fecha de cosecha: 2 de abril del 2019.</i>	53
Tabla 5 <i>Bitácora de riegos, nutrición y aplicación de tratamientos; para la temporada del año 2020. Fecha de cosecha: 04 abril 2020.</i>	54
Tabla 6 <i>Cantidad de peca por tamaño y por tratamiento, en rábanos cosechados durante el experimento de 2019.</i>	62
Tabla 7 <i>Respuesta de la altura de bulbo de rábano a tratamientos para control de la peca durante el ciclo 2019.</i>	63
Tabla 8 <i>Respuesta del ancho del bulbo a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019.</i>	64
Tabla 9 <i>Respuesta de la variable de longitud de la hoja más larga (mm) en respuesta a tratamientos para el control de la peca del rábano, en el experimento del ciclo 2019.</i>	66
Tabla 10 <i>Respuesta del área foliar en cm²a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019.</i>	67
Tabla 11 <i>Respuesta del número de hojas a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019.</i>	67

Tabla 12 <i>Respuesta del peso seco de planta a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019.</i>	69
Tabla 13 <i>Respuesta de la densidad de raíz a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019.</i>	71
Tabla 14 <i>Respuesta del número de pecas en el bulbo, a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2020.</i>	74
Tabla 15 <i>Altura del bulbo afectada por tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2020.</i>	77
Tabla 16 <i>Diámetro ecuatorial del bulbo, afectado por tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2020.</i>	78
Tabla 17 <i>Densidad del bulbo expresada como gramos por cm³, afectada por tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2020.</i>	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Hoja de rábano afectada por Alternaria brassicae</i>	21
Figura 2 <i>Plantas de rábano infectadas con Fusarium</i>	22
Figura 3 <i>Lesiones de downy mildew (Perenospora parasítica) en rábano</i>	23
Figura 4 <i>Lesiones de downymildew (Perenospora parasítica) en rábano en el Valle de Mexicali</i>	23
Figura 5 <i>Daño causado por Streptomyces spp., en la raíz del Rábano</i>	25
Figura 6 <i>Espora espiral típica con forma de sacacorchos</i>	26
Figura 7 <i>Ciclo de Streptomyces scabies en cultivo de papa</i>	28
Figura 8 <i>Larrea tridentata</i> (Gobernadora), planta endémica del desierto Sonorense..	35
Figura 9 <i>Microorganismos aislados de muestras de raíz de rábano con manchas costrosas puestas en medio de cultivo donde aparece Streptomyces spp.</i>	46
Figura 10 <i>Distribución del experimento para el año 2019</i>	50
Figura 11 <i>Distribución para Segundo año del experimento</i>	50
Figura 12 <i>Se muestra a la izquierda la base utilizada para sostener el teléfono celular para las toma de imágenes. Al centro y a la izquierda se observa la captura de pantalla</i>	59
Figura 13 <i>Respuesta de parámetros del bulbo del rábano, las comparativas entre peso de raíz, altura del bulbo longitudinalmente, ancho del bulbo ecuatorial (horizontal) y volumen de la raíz en mililitros, por tratamiento, en el año 2019</i>	65
Figura 14 <i>Comparación de hoja más larga por planta, total de área foliar en cm² y cantidad de hojas</i>	68

Figura 15 <i>Peso seco del total de la planta(área foliar y radicular) del rábano con respecto a la presencia de peca, por tratamiento para el año 2019.</i>	70
Figura 16 <i>Densidad de bulbo de raíz de rábano con respecto a la presencia de peca, por tratamiento para el año 2019.</i>	72
Figura 17 <i>Nivel de clorofila de la hoja verdadera más grande de cada planta rábano(medida por Spad meter) con respecto a la aparición de peca en la raíz de la misma planta, por tratamiento para el año 2019.</i>	73
Figura 18 <i>Número de presencia de peca por raíz de rábano obtenida para cada tratamiento, clasificada de acuerdo a su tamaño para el año 2020.</i>	76
Figura 19 <i>Cuatro parámetros de medición para el bulbo de la raíz del rábano, donde se muestra las comparativas entre peso de raíz, altura del bulbo longitudinalmente, ancho del bulbo ecuatorial (horizontal) y volumen de la raíz en mililitros, por tratamiento, para el año 2020.</i>	79
Figura 20 <i>Comparación de tres parámetros de medición para el área foliar del rábano por tratamiento, donde se evaluó la medida de la hoja más larga por planta, total de área foliar en cm² (incluyendo peciolo, limbo y cotiledones) y cantidad de hojas (hojas verdaderas y cotiledones), para el año 2020.</i>	80

I INTRODUCCION

El cultivo de rábano no llega a ser uno de los principales cultivos hortícolas de gran producción en México, pero si un cultivo de importancia en zonas específicas del país, entre las que se encuentra Baja California.

Últimamente México logro posicionarse en el lugar nueve como productor de hortalizas en el mundo, al alcanzar una producción de 14.1 millones de toneladas en el año agrícola 2015, de una amplia variedad de especies con este alimento que se desarrolla a lo largo y ancho del territorio nacional. Esta cifra fue 6% superior a lo alcanzado en el año anterior (SIAP, 2016). En el año 2017, México exportó 37 mil 571 toneladas de rábano y su principal destino fue Estados Unidos.

La venta al extranjero del cultivo, generó divisas al país por 14.8 millones de dólares. Entre 2012 y 2017, el volumen exportado de la hortaliza se incrementó 29.3%. Entre los principales países a donde se exporta esta hortaliza se encuentran: Estados Unidos, Canadá, Guyana, Japón, Panamá y Emiratos Árabes (SIAP, 2017).

El rábano o rabanito de piel roja o rosada lo genera una planta (*Raphanus sativus* L.) de raíz axonomorfa (crecimiento vertical hacia abajo), el cual es comestible, de textura crujiente y de sabor ligeramente picante. Pertenece a la familia Cruciferae. La importancia de esta familia se debe a su contenido de minerales como el potasio e yodo, los cuales están presentes en mayor cantidad que en otras hortalizas (SIAP, 2017).

En los últimos años en la región del Valle de Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Sonora, se han presentado condiciones favorables para que se incrementen los problemas fitosanitarios originados por la sobreexplotación de los suelos. Las enfermedades en los suelos aumentan cuando ciertas circunstancias no son las apropiadas, tales como: drenaje inadecuado, pobre estructura del suelo, bajos niveles de material orgánica, baja fertilidad y compactación. Otra causa del

incremento de las enfermedades es el monocultivo. El monocultivo origina dinámicas de costos de producción de las siembras agrícolas, llámese: insumos, semillas, implementos, dotaciones de agua y costos de la misma o mano de obra; que orillan a los productores a apegarse a un esquema donde muchas veces no tienen rentabilidad en otros cultivos, o donde un cambio le genera costos adicionales en equipamiento. Las alternativas a esta problemática que permiten mantener o inclusive mejorar la productividad de un cultivo son las prácticas de manejo, una herramienta muy importante para evitar que los problemas fitosanitarios sucedan (Abawi & Widmer, 2000).

El cultivo de rábano en el Valle de Mexicali ha desarrollado en los últimos años un problema que se manifiesta en el área de la raíz, el cual se muestra como pecas pequeñas, que van de color negro a café, y que en la mayoría de las ocasiones son de diámetros entre 1 y 3mm, aunque pueden presentarse de mayor tamaño en casos severos, lo que resta valor visual al producto final, ocasionando que cada vez sea más común ver áreas de cultivo sin cosechar por ese motivo.

Varias empresas dedicadas a los cultivos hortícolas han realizado esporádicamente análisis de laboratorio para identificar el causal de dicho problema, pero los resultados no han sido concluyentes. A pesar de los diferentes resultados de laboratorios, y de distintas opiniones de los técnicos de la región, se ha propuesto al actinomiceto *Streptomyces scabies* como principal sospechoso, por el tipo de características que presenta, mismos que son similares a la enfermedad que se genera en el cultivo de papa.

En el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), las enfermedades que se manifiestan como costras en los tubérculos, son causadas por un actinomiceto conocido como *Streptomyces scabies*, esta enfermedad se caracteriza por lesiones superficiales o profundas. Aunque los rendimientos totales por hectárea no se ven disminuidos, el valor de los tubérculos afectados se reduce e incluso se pierde la calidad para poder ser comercializados. En el caso de papa, los niveles de almidón

de los tubérculos se disminuye al presentarse dicha enfermedad (Takeuchi, et al., 1996).

Los actinomicetos son microorganismos que representan una alta proporción de la biomasa microbiana del suelo, además de tener una gran variedad de cepas, de las cuales tienen la capacidad de producir antibióticos y enzimas extracelulares; de estas últimas se han llegado a extraer o sintetizar antibióticos, compuestos utilizados en agricultura (plaguicidas) y promotores de crecimiento vegetal, entre otros (Beaulieu, 2001).

Streptomyces scabies también afecta a otros cultivos hortícolas de raíz, tales como: Betabel, zanahoria, rábano, etc., siendo el rábano uno de los cultivos que más es afectado por este problema en la región del valle de Mexicali, ya que disminuye su calidad y se pueden llegar a tener pérdidas de hasta un 20% de la producción, por producto que no reúne los requisitos de calidad. Este valor es un dato no oficial en el que coinciden la mayoría de los técnicos, empresas y proveedores de semilla, ya que las empresas prefieren reservarse esta información por asuntos de competencia.

Se han probado diferentes métodos para disminuir la presencia del patógeno en los cultivos hortícolas, como son la incorporación de abonos verdes, la rotación de cultivos, enmiendas orgánicas, controles químicos, fumigación del suelo, cultivos resistentes, inclusive otras cepas de *Streptomyces* spp., han teniendo resultados aceptables en algunos casos (Liu et al., 1995).

Entre los enemigos naturales de *S. scabies*, pudiese estar *Trichoderma* spp. Ya que es un hongo que crece en la rizósfera de la planta originando una fuerte competencia con los microorganismos patógenos. *Trichoderma* spp, ya sea añadida al suelo o aplicado como tratamiento de semillas, crece fácilmente junto con el sistema de la raíz en desarrollo de la planta tratada, esta práctica pudiera ayudar con los problemas causados por *Streptomyces scabies*, si se aplica temprano (Howell, 2003).

Otro microorganismo conocido para el control de dicha enfermedad es *Bacillus subtilis* que ha mostrado un efecto favorable para el control *Streptomyces scabies* (Doubou, et al., 1998).

La empresa COSMAR PRODUCE S. de R.L. de C.V., buscando mejorar las técnicas utilizadas para obtener un producto libre de daño, ha puesto su interés en encontrar métodos bio-sustentables que involucren microorganismos, extractos naturales, sintéticos o enmiendas que pudieran generar resultados favorables. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de la utilización de distintos métodos para el control del problema de la peca en rábano.

II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de rábano en los valles de Mexicali y San Luis está destinado a la exportación, dado que el clima y el suelo de la región le permiten alcanzar una excelente calidad. En los últimos años se ha venido presentando un problema, el cual se manifiesta como pecas de color oscuro en la parte exterior de la raíz, reduciendo la calidad de la producción, y afectando sus posibilidades de comercialización en el mercado de exportación. El problema se manifiesta como manchas sobre la epidermis del rábano, que van de color marrón a casi negro, con tamaños de entre uno y cuatro milímetros, lo que les confiere un aspecto desagradable para el consumidor final. Las áreas agrícolas afectadas por la peca del rábano se han venido incrementando cada temporada. Esto ha originado pérdidas, las cuales, en algunos casos, se estiman hasta en un 20% de la producción.

En la zona no se ha determinado con certeza cuál es el agente causal, ya que varias especies de hongos dañan de manera similar a la planta, tal es el caso de *Streptomyces scabies*, *Aphanomyces raphani*, *Alternaria* spp., *Perenospora parasítica*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*. La principal medida de control es la rotación de terrenos, lo que en ocasiones implica el rentar o adquirir nuevas tierras, lo que incrementa los costos de producción. Los productores a menudo utilizan distintos métodos de control de los cuales no se tiene certeza de su eficacia para el cultivo de rábano en la zona, ya que no se tiene identificado el agente causal de la enfermedad. Las áreas afectadas crecen cada ciclo, por lo que es necesario encontrar alternativas para contrarrestar el problema.

III OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad de supresión de la peca del rábano, a través de la aplicación de varios productos con características bio-sustentables, así como determinar la causa de su aparición.

3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar cuál es el agente causal de la peca del rábano.
- Evaluar productos comerciales de distinto modo de acción, para buscar una alternativa amigable para el control de la peca del rábano.

IV JUSTIFICACIÓN

El valle de Mexicali comprende 156,769 hectáreas, durante el ciclo 2017-2018. En el estado se producen una gran variedad de cultivos encabezando la lista de mayor superficie: trigo, alfalfa y algodón. Entre los cultivos más redituables se encuentran las hortalizas, en la que el rábano, en cuanto a superficie sembrada se localiza a la par de cultivos como el apio, cebolla de bola, espinaca y tomatillo, así como por encima de otros como el betabel, puerro, col rizada y perejil por mencionar algunos, con una superficie aproximada de 302 hectáreas (SEDAGRO, 2018). Socioeconómicamente el cultivo de rábano es una hortaliza de importancia para la región, ya que debido a las normas de calidad se cosecha estrictamente a mano, por lo que es una importante fuente de empleo, para cosechar una hectárea se requiere de 100 a 150 jornadas laborales; aunque en realidad es una cosecha que se paga a destajo y esto se realiza por docenas de mazos, formados de 10 a 12 piezas con un amarre de liga elástica que los une por los peciolos, y los sueldos diarios llegan a superar el salario mínimo de 185.56 pesos m.n. (Conasami, 2019). Además de generar una derrama económica en toda la cadena de producción, desde la venta de semillas, fertilizantes, combustibles, maquinaria, mano de obra, transporte, hasta llegar a los mercados en el extranjero. El cultivo del rábano en la región es mayormente producido para exportación a Estados Unidos y Canadá, lo cual es fuente de ingreso de divisas para nuestro país. La importancia de disminuir pérdidas como en cualquier negocio es de gran importancia, ya que a medida que pasa el tiempo y afectado por el cambio climático se han venido presentando problemas de plagas y enfermedades que anteriormente no eran comunes en la zona. Entre ellos se podría considerar como relativamente nuevos: la chinche bagrada (*Bagrada hilaris*), la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) y la peca negra, por mencionar algunos.

En el presente trabajo se aborda el problema de la “peca negra” El cual llega a generar pérdidas en los cultivos de rábano de hasta un 20% de la producción anual según expertos del tema en la región.

En los últimos años se ha tratado de combatir este problema buscando variedades menos susceptibles, agroquímicos, productos bioracionales, distintos tipos de manejo del cultivo, labores culturales, selección de terrenos, fechas apropiadas, etc. También es importante mencionar el manejo de la humedad del suelo. Cuando no se encuentran signos específico del agente causal del problema, el manejo de la humedad parece ser el mejor método de control. Por esta razón en este trabajo de investigación se propone la búsqueda de técnicas de control para dicha enfermedad, principalmente por medio de tratamientos con productos amigables con el medio ambiente.

V MARCO TEORICO

5.1 RABANO (*Raphanus sativum*)

El rábano existe en México como poblaciones silvestres en el centro, así como en las partes altas de Chiapas en el sureste del país. Es una planta excelente como cultivo de cobertura, ayuda a suprimir mejor las malezas que otros cultivos de cobertura, asimismo, al ser una planta de la familia de las Brassicaceae puede reducir las cantidades de algunos tipos de nematodos en el suelo (Nishio, 2017). Esta especie puede formar híbridos con *Raphanus raphanistrum*, una maleza común. Hay taxónomos que consideran que son de la misma especie.

5.2 CLASIFICACIÓN TAXONOMICA

Reino: Plantae.

Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares).

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas).

División: Magnoliophyta (plantas con flor).

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas).

Familia: Brassicaceae.

Género: *Raphanus*.

Especie: *R. sativus* L.

(Al-Shehbaz, 2020)

El rábano es una planta domesticada muy antigua, originaria del Oriente. Posiblemente se deriva de *Raphanus marítima*, de las costas del Mediterráneo.

Se encuentra en varias partes del mundo, sobre todo en climas subtropicales. En México se encuentra distribuida principalmente en los estados de Baja California, Chiapas, Colima, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro y Veracruz. En E.U.A. se concentra en los estados de la costa occidental (Perdomo, 2009).

El rábano es una hierba anual o bianual, erecta, ramificada, que va de 0.5 a 1.20 m de altura. Con tallo liso y glabro o algo hispido, ampliamente ramificado. Hojas finamente pubescentes con bordes irregularmente dentados. Flores con pétalos de 11 a 20 mm de largo, toda la flor de 2 a 2.2 cm de diámetro, violáceas a rosadas a blancas, con nervaduras conspicuas de color más oscuro, luego de la fecundación los pétalos pierden su color tornándose casi blancos. Las semillas son globosas, opacas, rojizas a ocráceas a café rojizas, finamente reticuladas, de aproximadamente 3 a 3.5 mm de diámetro. Su propagación se produce principalmente por semilla (Perdomo, 2009). La raíz es carnosa, pivotante, profunda, el color de la superficie de la raíz en el rábano se deriva de la producción de antocianinas que son pigmentos de color rojo (Nishio, 2017). Tiene propiedades medicinales, se usa como auxiliar en el tratamiento de la tos (Perdomo, 2009).

5.3 FERTILIZACION

De acuerdo a datos tomados del historial de nutrición de la temporada 2016 – 2017, mediante riego por aspersión en la zona del Valle de Mexicali, la fertilización utilizada fue la siguiente:

Pre siembra 200kg 15-15-15.

Fertirriego 60kg nitrato de calcio por riego.

60 kg de 10-10-5 cuando es necesario.

30kg sulfato de magnesio por riego cuando es necesario.

30kg sulfato de potasio por riego cuando es necesario.

En banda 100kg nitrato de calcio granulado cuando es necesario.

Tabla 1. Promedio de unidades por hectárea para fertilización cultivo de rábano.

total de nutrientes utilizados mediante distintos tipos de enmiendas por hectárea					
N	P	K	S	Ca	Mg
80	50	35	19	50	0.6

Este aporte nutricional se ha ido ajustando mediante la observación y con base en los rendimientos, solo con pequeños cambios acorde a las temporadas, obteniéndose rábanos de calidad de exportación.

5.4 VARIEDADES

- Variedad daikon de Japón: tiene una raíz redonda grande, con más de 30 cm de longitud y de color blanco.
- Los rábanos cultivados en Asia, tienen raíces de forma cilíndrica con 10 cm de diámetro y 40 cm de longitud.
- El rábano pequeño europeo, tiene una pequeña raíz redonda de 2 a 3 cm de diámetro, que puede ser de distintos colores como blanco, rojo o algunas otras variantes (Nishio, 2017).

5.5 ESPECIFICACIONES DEL RABANO PARA EL MERCADO DE E.U.A.

Generalmente se produce en la zona el rábano o rabanito rojo, el cual presenta una raíz esférica, sin ramificaciones, ni raíces adventicias prominentes, de

color rojo intenso y sin manchas o daños de ningún tipo. La raíz debe tener un diámetro de 21 a 35 mm, y de 50 a 65 mm de largo, ya que la raíz tiende a ser un poco alargada. Los parámetros ideales para el follaje son de 10.16 a 12.7mm de largo, y de un color verde oscuro, sin daños bióticos o abióticos (Muranaka Farm, 2020).

5.6 ENFERMEDADES CAUSADAS POR MICROORGANISMOS COMUNES EN EL CULTIVO DE RABANO

***Alternaria* spp.**

Alternaria es un hongo fitopatógeno. El inóculo transmitido por semillas puede estar tanto en la superficie de la semilla como en los tejidos internos. Se pueden encontrar dos especies en rábano: *Alternaria brassicae* y *A. brassicicola*. *A. brassicae* puede sobrevivir unos pocos meses a temperaturas de almacenamiento de semillas mayor que 20°C, mientras que *A. brassicicola* puede sobrevivir durante 12 años cuando hay infección interna de la semilla. Las plántulas producidas a partir de semillas infectadas pueden tener pequeñas manchas necróticas. Se requieren al menos 12 horas con un 90% de humedad, para la esporulación en los tejidos vegetales. La producción de esporas es de 18–24°C para *A. brassicae* y 20–30°C para *A. brassicicola*. Los conidios se liberan durante períodos de caída de humedad. Ambas especies de *Alternaria* requieren agua libre para la infección. Se requiere un mínimo de 6–8 horas de humedad de la hoja para infección (Koike, 2007).

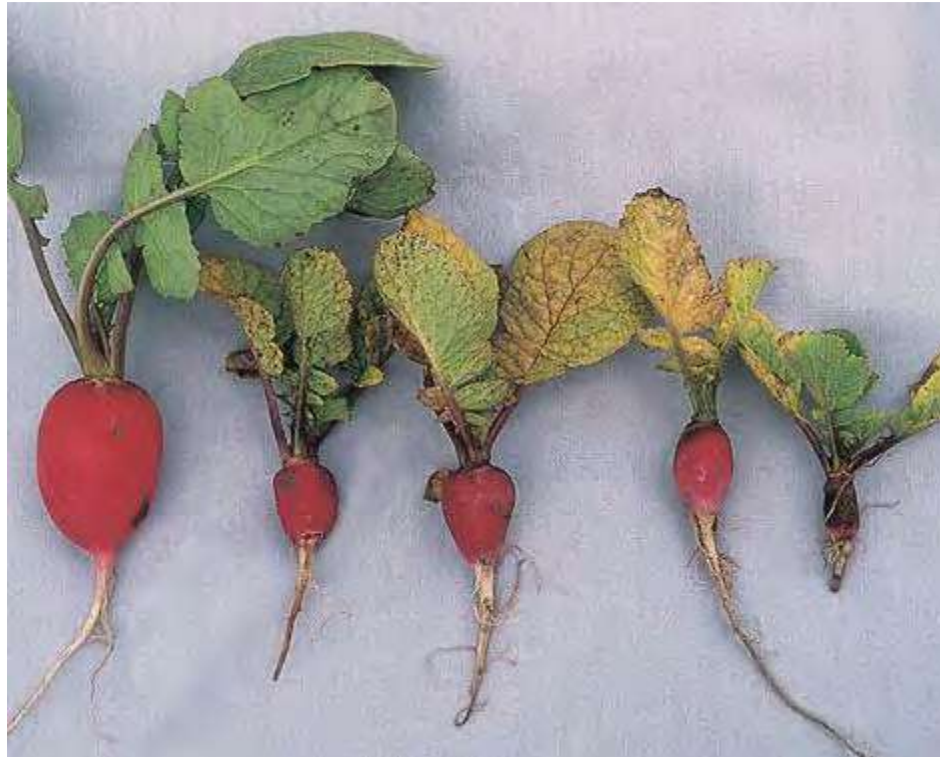
Figura 1. Hoja de rábano afectada por *Alternaria brassicae* (Koike, 2007)



Fusarium oxysporum f. sp. conglutinans, F. oxysporum f. sp. raphani

Fusarium es un hongo transmitido por el suelo y produce clamidosporas que le permiten sobrevivir durante muchos años. También puede ser transmitido por semillas. La infección ocurre a través del sistema radicular y el patógeno penetra posteriormente los tejidos vasculares, donde crece y esporula (Koike, 2007).

Figura 2. Plantas de rábano infectadas con *Fusarium* (Koike, 2007).



Peronospora parasítica

Es causada por el Oomiceto *Peronospora parasítica*, recientemente, han cambiado el nombre de este organismo a *Hyaloperonospora parasítica*. Los esporangióforos emergen a través de los estomas, son dicotómicamente ramificados, y terminan con puntas delgadas. Los esporangios son hialinos, elípticos y miden 10-20 x 20–22 μm . Las oosporas sexuales son globulares, de paredes gruesas, y miden 26–43 μm . Algunos aislamientos de *P. parasítica* y las razas forman pocas o ninguna espora. El patógeno puede ser transmitido por semillas. El frío (10–15°C), y las condiciones húmedas, favorecen la esporulación, la germinación de esporangios y la infección. La expansión de la lesión es más rápida a 20°C, y bajo esta temperatura,

el ciclo asexual se puede completar solo en 3 o 4 días, los esporangios se dispersan a través del viento y salpicaduras de agua (Koike, 2007).

Figura 3. Lesiones de downy mildew (*Peronospora parasítica*) en rábano(Koike, 2007).



Figura 4. Lesiones de downy mildew (*Peronospora parasítica*) en rábano en el Valle de Mexicali.



Streptomyces scabies

Este problema mejor conocido como roña de la papa, afecta a raíces de una gran variedad de plantas, pero sus daños se manifiestan especialmente en los tubérculos. Ocasionalmente afecta también las raíces carnosas de cultivos como la zanahoria, el rábano, la remolacha, etc. (Lambert & Loria, 1989; Naqvi, 2004).

Los daños en el cultivo de papa consisten en necrosis superficiales que se originan en los tubérculos inmaduros y que se expanden a medida que estos crecen. El daño se manifiesta como manchas necróticas superficiales más o menos redondeadas, que a veces vienen a ocupar gran parte de su superficie. Las lesiones tienen un aspecto acolchado pero su morfología puede ser muy variada (Flores Gonzalez, 2008).

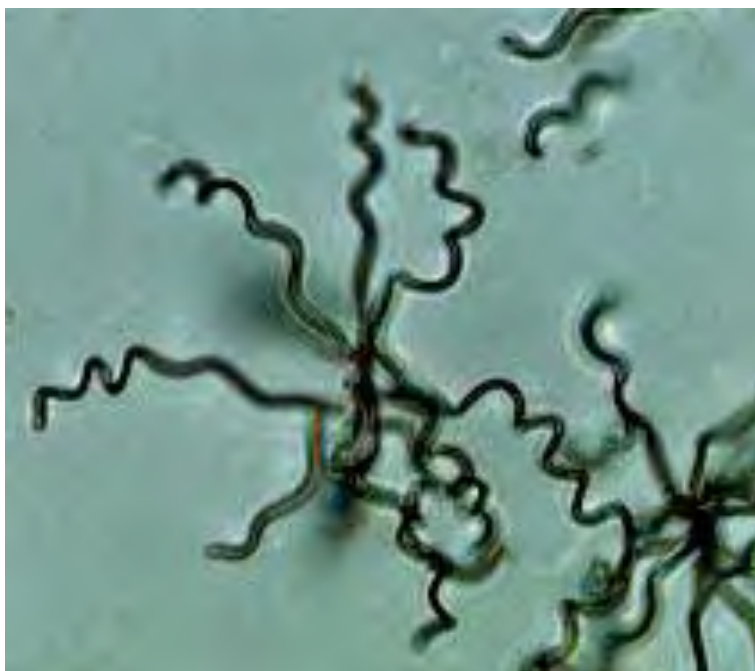
Figura 5. Daño causado por *Streptomyces* spp.



se manifiesta como pecas de color obscuro en la raíz del Rábano.
Foto tomada en la colonia Silva en el Valle de Mexicali.

Streptomyces spp., son bacterias gram-positivas, aerobias, que se encuentran dentro del orden Actinomycetales, suborden Streptomycineae y familia Streptomycetaceae. La mayoría de las bacterias patógenas tienen forma de baston, pero *Streptomyces* posee una morfología filamentososa parecida a la de los hongos, sus filamentos vegetativos son más delgados lo que las hace diferenciarse. El micelio puede fragmentarse asexualmente y producir esporas. Son acarióticos, la pared celular posee características bioquímicas que se asemejan más a las bacterias que a los hongos. Muchas especies de *Streptomyces* actúan como saprófitas, no atacando a plantas vivas, están presentes naturalmente en el suelo participando en la degradación de la materia orgánica; solo un pequeño porcentaje de sus especies provocan enfermedades en los vegetales; la sarna común puede ser producida principalmente por *S. scabies* (Loria et al., 1997).

Figura 6. Espora espiral típica con forma de sacacorchos



Cadenas de sarna *Streptomyces* de hifas aéreas que surgen del micelio sustrato. La colonia creció en agar agua durante 7 días a 28 ° C (Loria et al., 1997).

El patógeno penetra a los tejidos principalmente a través de las lenticelas jóvenes, pero también puede ingresar por los estomas, heridas o directamente cuando la cutícula es fina. La enfermedad se desarrolla durante 6 a 8 semanas, período en el que el tubérculo se encuentra creciendo. Es posible que pueda seguir desarrollándose aún después de la senescencia del cultivo. Las lenticelas maduras, adquieren resistencia, probablemente debido a la barrera formada por los depósitos de suberina, las partes del tubérculo que se encuentran protegidas por periderma no son susceptibles. El período más susceptible a la infección se da en los 20 días posteriores a la iniciación del tubérculo, siendo este primer período fundamental para el desarrollo de la enfermedad. El micelio crece principalmente de forma intercelular, penetrando a las células a través de la laminilla media. Solo puede encontrarse

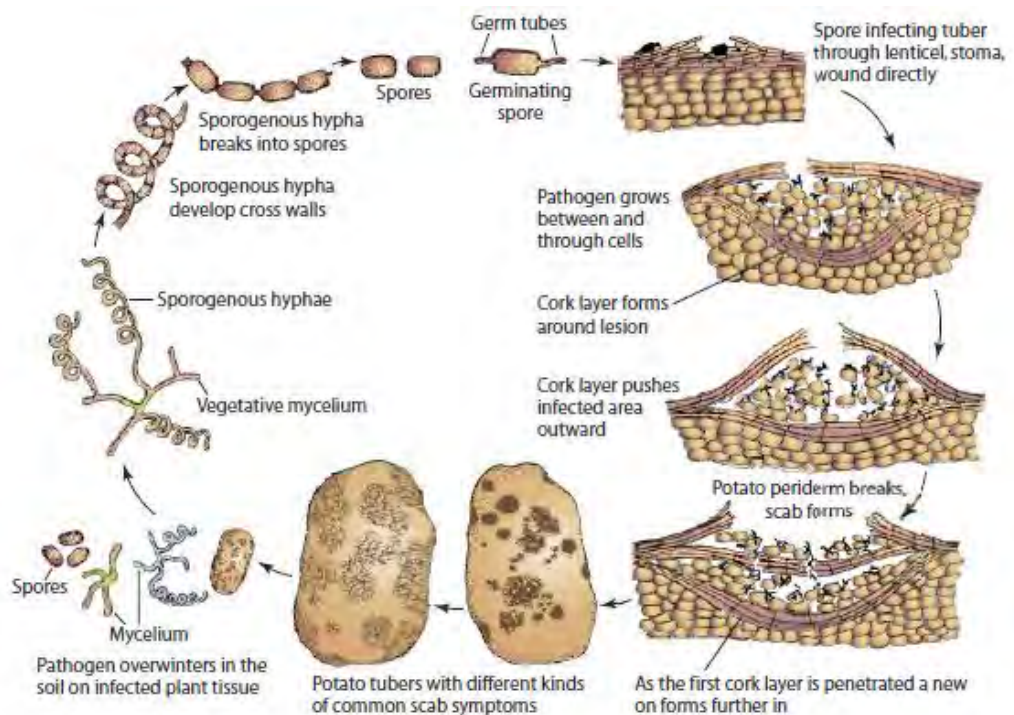
micelio intracelular en las regiones maduras de la periferia de las lesiones, pudiendo esporular en gran cantidad dentro de las células.

El crecimiento del patógeno se da entre unas cuantas capas de células en cultivo de papa de hasta 7mm (Babcock, 1993); las cuales mueren, y el microorganismo se desarrolla como saprófito a costa de las células muertas. Al mismo tiempo éste secreta una sustancia que estimula a las células vivas en torno a la lesión a que se dividan rápidamente y promuevan la formación de capas de células de corcho que lo aíslan.

En 1890, Thaxter identificó el agente causal de la costra común y lo llamó sarna de Oospora. Las cepas produjeron un pigmento marrón soluble (melanina) y esporas grises con cadenas en espiral. El cultivo no se mantuvo, y la especie pasó a llamarse *Actinomyces scabies* y luego sarna de Waksman y Henrici. Debido a la designación errónea del tipo cepa que se utilizó en un gran estudio taxonómico llamado Proyecto Internacional *Streptomyces* (ISP), la especie se consideró inválida y figuraba como especies *incertae sedis* ("cepa tipo no existente"). El nombre *S. sarna* fue revivida recientemente, y las cepas de nuevo tipo fueron identificadas con base en investigaciones realizadas en Europa y Estados Unidos. La descripción actual de la especie es consistente con la de Thaxter en que se caracteriza por la producción de melanina y esporas grises en cadenas espirales (Loria et al., 1997)

Figura 7

Ciclo de Streptomyces scabies en cultivo de papa (Agrios, 2005).



5.7 AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO CONTRA ENFERMEDADES DE SUELO, ENFOCADOS PARA LA SUPRESIÓN DE *Streptomyces spp.*

Trichoderma harzianum

El género *Trichoderma* abarca un gran grupo de cepas de hongos asexuales que son heterogéneas en estructura y comportamiento de su genoma. En este gran grupo *Trichoderma harzianum* se ha caracterizado por ser un micoparásito de patógenos de las plantas, así como por su habilidad de colonizar, lo cual favorece el antagonismo hacia los patógenos. Asimismo, se le han encontrado propiedades antibióticas (Sharma, 2009), producción de enzimas hidrolíticas como las b-(1,3),

glucanasas, proteasas y quitinasas. La interacción entre *Trichoderma harzianum* y su huésped se caracteriza por el crecimiento quimiotrópico de las hifas, que se enrollan a su alrededor o por estructuras en forma de gancho, que penetran el micelio del huésped degradando su pared celular (Gomez, 1997), por la producción de sideróforos, procesos de oxidación, quelatación y reducción. También por la producción de metabolitos secundarios volátiles y no volátiles (Cano, 2011). El éxito de las cepas de *Trichoderma harzianum* como Agente de Control Biológico (BCA), se debe a su alta capacidad reproductiva y su capacidad para sobrevivir bajo condiciones muy desfavorables. Es notable la capacidad que tiene para modificar la rizosfera, agresividad contra los hongos fitopatógenos, y la eficiencia en la promoción de crecimiento de plantas y mecanismos de defensa. Además tiene la capacidad de controlar Ascomycetos, Deuteromicetos y Basidiomicetos, los cuales son principalmente transmitidos por el suelo, pero también por el aire. *T. harzianum* es más eficiente en suelos ácidos que en suelos alcalinos (Benítez et al., 2004).

El biocontrol es el resultado final de diferentes mecanismos que actúan sinérgicamente para el control de la enfermedad. La competencia por los nutrientes y el espacio dan como resultado la capacidad de los BCA de *Trichoderma* spp. para producir y resistir los metabolitos que impiden la germinación de las esporas (fungistasis), mata las células (antibiosis) o modifica la rizosfera, y al acidificar el suelo, los patógenos no pueden crecer. El biocontrol también puede resultar de una interacción directa, entre el patógeno en sí mismo, como en el micoparasitismo, lo que implica el contacto físico y la síntesis de enzimas hidrolíticas. Los compuestos tóxicos y/o antibióticos actúan sinérgicamente con las enzimas. Los BCA de *Trichoderma* pueden incluso ejercer efectos positivos sobre las plantas con un aumento del vigor, crecimiento (bio-fertilización) y la estimulación de los mecanismos de defensa de las plantas (Benítez et al., 2004).

La antibiosis ocurre durante interacciones que involucran sustancias de bajo peso molecular, compuestos difusibles o antibióticos producidos por cepas de

Trichoderma spp., que inhiben el crecimiento de otros microorganismos. La mayoría de las cepas de *Trichoderma* producen sustancias volátiles y no volátiles (Cano, 2011). También producen metabolitos tóxicos que impiden la colonización por microorganismos antagonizados. Entre estos metabolitos han sido descritos: la producción de ácido harzianico, alameticinas, tricolina, peptaiboles, antibióticos, 6-pentil- α -pirona, masoilactona, viridina, gliovirina, glisopreninas, ácido heptelídico y otros. En algunos casos, la producción de antibióticos se correlaciona con su capacidad de biocontrol (Benítez et al., 2004).

Experiencias en la región muestran la alta efectividad de *Trichoderma*, e incluso se han obtenido aislados de *T. harzianum* y *T. asperellum*, con características únicas, como el *T. asperellum* BP60. Este aislado mostró crecimiento por encima de 50 °C, y producción de quitinasas y sideróforos; inhibió la infección de *Setophoma terrestres* (raíces rosas o pinkroot), una enfermedad muy importante del cebollín (*Allium fistulosum*) en la región. La cepa BP60, se produjo durante un tiempo para el autoconsumo de la empresa Onion King, en San Luis Rio Colorado, Son. (Montoya et al., 2016).

***Bacillus subtilis* cepa QST 713**

En la rizósfera, la interacción entre las bacterias y las raíces de las plantas puede ser beneficiosa, donde la micro flora sirve de protección a la planta del ataque de patógenos. Las bacterias del género *Bacillus* constituyen un grupo importante en el suelo, este género de bacterias Gram positivas, posee diversos mecanismos para asegurar su sobrevivencia ante condiciones físicas desfavorables. Bajo estas condiciones *Bacillus* spp., inicia una serie de respuestas; si estas respuestas fallan para poder mantenerse en estado vegetativo se induce la esporulación. La habilidad de las especies de *Bacillus* de formar endosporas altamente resistentes les da una ventaja competitiva muy importante en un ambiente como el suelo. *Bacillus* spp.

También puede crecer en un amplio rango de temperaturas, para esto cuentan con genes de shock térmico inducibles que incluyen proteínas chaperonas y proteasas. Esta capacidad de ser metabólicamente muy diversos les permite tener una colonización exitosa en el ambiente rizosférico (Calvo, 2010), así como la capacidad de moverse, mostrar velocidades de crecimiento altas, producir enzimas hidrolíticas extracelulares y una variedad de antibióticos.

Bacillus subtilis presenta un control temporal al terminar el crecimiento exponencial, lo que le permite llevar a cabo una serie de cambios tanto estructurales como metabólicos que culminan con la formación de esporas (Fernández, 2005).

En 1986 se descubre control de *Bacillus subtilis* sobre *Rhizoctonia solani*, mediante la producción de bacilisina y fengymicina A y B, que se componen de un resto lipídico C15-C18 y un péptido a partir de ocho aminoácidos. La bacilísina inhibe las levaduras y las bacterias. Y la fengymicina inhibe los hongos filamentosos (Strange, 2003).

***Streptomyces* spp 1×10^7 al 60%**

En los suelos existe una gran cantidad de microorganismos por cada cm^3 de suelo, y existe una gran variedad de cepas de un mismo tipo de microorganismo. Para el caso de *Streptomyces scabies* se han investigado diversos tipos de cepas de *Streptomyces* no patogénicas que han tenido resultados favorables como BCA y que pueden suprimir el efecto de la costra, en las raíces de los cultivos que afecta (Agrios, 2005).

En la actualidad, ningún pesticida controla con éxito la costra de la papa (*Streptomyces scabies*). Como alternativa a las prácticas de control de

enfermedades, se ha evaluado el uso de *Streptomyces* spp. no patogénicos para control biológico (Filion, 2010).

La inoculación de cepas de *Streptomyces* spp. no patogénicos antagonistas, en suelos infestados de *Streptomyces* patogénico, han resultado en un control biológico importante. Se ha demostrado que la antibiosis, o la producción de antibióticos por un antagonista, desempeñan un papel importante en el control biológico del problema. La competencia de recursos, es uno de los mecanismos de interacción mediante los cuales se efectúa un biocontrol exitoso. Es probable que estos sistemas utilicen más de un mecanismo de interacción para lograr muy buenos niveles de control, ya que en el suelo existe una gran diversidad de actinomicetos, los cuales producen distintos antibióticos y metabolitos secundarios (Schottel et al., 2001).

***Azotobacter* spp., *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas* spp.**

5.7.1.1 *Azotobacter* spp.

Las especies de *Azotobacter* pertenecen al grupo de las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas, que tienen el papel de proporcionar nitrógeno como nutriente y la producción de hormonas de crecimiento (Proboningrum, 2019). Es una bacteria del suelo Gram-negativa estrictamente aeróbica, que es capaz de crecimiento diazotrófico en condiciones de ambiente totalmente aeróbico (Moshiri et al., 1995).

5.7.1.2 *Bacillus subtilis*

Puede producir compuestos anti fúngicos que inhiben la enfermedad. La combinación de BCA podría inhibir mejor que un solo aislado. *Bacillus* es capaz de

inhibir patógenos a través de la producción de compuestos antibióticos, metabolitos secundarios y sideróforos. Los sideróforos juegan un papel en la supresión de la enfermedad debido a la disponibilidad de Fe^{3+} que se limita para el patógeno, inhibiéndolo. La inhibición también es causada por la actividad bacteriana mediante la secreción de enzimas quitinasas que desempeñan un papel en la descomposición del sustrato de quitina en las paredes de las células. *Bacillus* sp. es capaz de inducir resistencia sistémica a través del aumento de compuestos fenólicos, fitoalexina, peróxido y ácido salicílico.

La colonización de BCA en la raíz, juega un papel en la resistencia de la planta a través del engrosamiento de la pared celular, que inhibe la penetración en el tejido vegetal por parte del patógeno (Proboningrum, 2019).

5.7.1.3 *Pseudomonas* spp.

Son bacterias aerobias gram negativas, están adaptadas para crecer en la rizosfera. Poseen rasgos que las hacen muy adecuadas como biocontrol, además de sus agentes promotores del crecimiento pueden producir una amplio espectro de metabolitos bioactivos (antibióticos, sideróforos, volátiles y sustancias promotoras del crecimiento) y competir agresivamente con otros microorganismos y adaptarse al medio ambiente.

La principal debilidad de las *Pseudomonas* como BCA es su incapacidad para producir esporas (como lo hacen muchas *Bacillus* spp.), lo cual complica su formulación para fines comerciales (Weller, 2007).

Algunas bacterias como *Pseudomonas* son agresivas colonizadoras de raíces y promueven el crecimiento de las plantas. *Pseudomonas fluorescens* produce varios antibióticos, estos incluyen fenazina, ácido 1-carbolílico, fenazina-1-

carboxamida (PCA), ácido antranílico, diacetilfloroglucinol, piroluteorina, pirrolnitrina y viscosinamida (Strange, 2003). Algunas cepas de *Pseudomonas* también son capaces de controlar numerosas enfermedades de las plantas, incluyendo *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* en tomate, hay estudios realizados donde se ha comprobado que cepas de *Pseudomonas* sp. LBUM 223 pueden suprimir el crecimiento *Streptomyces scabies in vitro* (Filion, 2010).

Mediante la inoculación de semillas de plantas, trozos de semillas o raíces con bacterias para mejorar el crecimiento de las plantas, *Pseudomonas spp.* mejoró el crecimiento de papa, remolacha azucarera y rábano. La promoción del crecimiento después de la inoculación también se demostró en estudios donde aparentemente resultaron de la supresión de "patógenos menores" (Weller, 2007).

Investigaciones sobre el uso un bio-fungicida binario, a partir de la mezcla de microorganismos (*F. oxysporum* no patogénico y *P. flourescens*) mostraron efectividad para el control de *F. oxysporum f. sp. lycopersici* (Snyder y Hansen), la principal enfermedad que causa problemas en el cultivo de tomate, mostrando un control eficiente tanto *in vitro*, como en invernadero (Rios, 2016).

Extracto de Gobernadora, Larrea tridentata (Moç. & Seseé ex DC.) Coville (1893)

La Gobernadora, *Larrea tridentata* (Moç. & Seseé ex DC.), es un arbusto perenne que crece dominante en el desierto de Sonora del norte hacia Arizona central (EE. UU.), además crece en Chihuahua, Sonora, Mojave y desiertos del suroeste de E.U.A. y México (Sponseller et al., 2012). Se dice que puede llegar a vivir más de 100 años. Sus hojas contienen una espesa resina que se comporta como un antitranspirante. Los metabolitos secundarios de la resina (entre los que destacan fenoles, lignanos y flavonoides), son defensas bioquímicas que le ayudan a

protegerse de ataques de animales herbívoros, hongos y otros microorganismos, ya que no se conocen plagas, enfermedades o animales que ataquen dicha planta (Saldívar et al., 2003).

Figura 8. *Larrea tridentata* (Gobernadora).



Planta endémica del desierto Sonorense. Fotografía tomada en Cerro prieto, Mexicali, B.C.

La resina de *L. tridentata* está formada por constituyentes fitoquímicos, que destacan por su mayor contenido en base al peso seco del follaje esta se compone de lignanos fenólicos, seguidos por las saponinas, flavonoides, aminoácidos y minerales. El compuesto más importante que se encuentra en la resina de las células cercanas a las capas epidermales superior e inferior de las hojas y tallos, es el ácido nordihidroguaiarético (NDGA). Este es uno de los antioxidantes mejor conocidos y químicamente se le ha descrito como beta, gamadimetil-alfa, delta-bis (3,4-dihidroxifenil) butano. Se ha determinado que este ácido tiene propiedades como antioxidante, antiinflamatorio, citotóxica, antimicrobial e inhibidor de enzimas. El propósito del NDGA y su derivativo o-quinona es evidentemente un repelente de herbívoros.

Muchas sustancias fenólicas son bactericidas porque reaccionan químicamente con los sistemas sensitivos de las enzimas y las vuelve catalíticamente inactivas. Debido al efecto inhibidor en numerosos sistemas enzimáticos, *L. tridentata* y el NDGA tienen un amplio espectro de actividad como agentes antisépticos. La resina de gobernadora ha probado tener efectos bactericidas y bacteriostáticos a bajas dosis (Saldívar et al., 2003).

El extracto alcohólico de gobernadora tiene propiedades antifúngicas, así como actividades contra especies probadas de *Fusarium*. Asimismo, el extracto etanólico mostró una buena actividad antimicrobiana contra el crecimiento de levaduras y algunos mohos y bacterias (Arteaga & Andrade-cetto, 2005).

Humus de lombriz

Mediante el uso de la lombricultura, es posible convertir casi cualquier tipo de desecho orgánico en un producto final denominado genéricamente como humus de lombriz, el cual es utilizado en la agricultura. Esta técnica consiste en la elaboración de abono orgánico a través de la utilización de varias especies de lombrices, de las cuales la más conocida y usada es la “lombriz roja” o “californiana” (*Eisenia foetida*). También existen otras especies que son utilizadas con fines comerciales. Los abonos orgánicos, mejoran tanto las propiedades químicas del suelo, como las propiedades físicas y biológicas (Durán, 2009).

Las lombrices de tierra varían en su capacidad para utilizar los materiales ingeridos como fuentes de carbono o energía y su sistema digestivo mutualista conduce a eficiencias de asimilación que van del 1 al 60% (Singh et al., 2015).

El humus en el suelo es un producto natural en el medio ambiente, producto de la actividad biológica. Cuando un residuo orgánico es incorporado al suelo y las condiciones son favorables, los organismos del suelo inmediatamente comienzan a utilizarlo como una fuente de energía y carbón. Los polisacáridos, ligninas y proteínas son degradados primeramente en partículas orgánicas más pequeñas, las cuales son utilizadas por los microorganismos para sintetizar sustancias celulares y otros productos metabólicos, que son posteriormente degradados en sustancias inorgánicas como CO₂, H₂O y NH₃ para someterse a reacciones enzimáticas y crear nuevos polímeros resistentes a la descomposición (Martin, 1970).

La dinámica del humus y el almacenamiento de carbono en los suelos, adquirieron importancia mundial debido a su posible contribución al aumento del CO₂ atmosférico y al efecto invernadero. Los suelos son fuente y demanda de CO₂ atmosférico (Piccolo, 1996). Varios microorganismos, principalmente los actinomicetos y hongos, son capaces de degradar la materia húmica, entre ellos se pueden encontrar: *Penicillium lilacinum*, *P. citrinum*, *Absidia glauca* y *Aspergillus versicolor*. Se ha encontrado que *Penicillium chrysosporium* es efectivo para causar cambios en el rango de peso molecular, y también puede promover la producción de humus. Otro microorganismo que lleva a cabo la producción de ácidos húmicos es *Streptomyces viridosporus* (Insam, 1996).

Algunos estudios han documentado que los representantes de las Acidobacterias, Firmicutes, Proteobacterias y bacterias del grupo no clasificadas están estrechamente asociadas con el intestino de la lombriz de tierra, además de que *E. foetida* puede contener una abundancia relativamente alta de degradadores de quitina (16,7%) (sustancia presente en la pared celular de los hongos) (Singh et al., 2015).

COMBINACION DE ELEMENTOS (ACEITES VEGETALES, TERPENOS, ACIDOS GRASOS, *Bacillus subtilis* 1x10⁸UFC)

5.7.1.4 Aceite de *Lippia graveolens* y aceite de ajo

El aceite esencial de *Lippia graveolens* es una mezcla de varios componentes, principalmente los monoterpenoides fenólicos, timol, carvacol y su precursor p-cimeno. La edad de la planta se ha relacionado con la cantidad de aceites esenciales, siendo las plantas más jóvenes, más ricas en aceite esencial. Las actividades antimicrobianas y antioxidantes de estos compuestos se han documentado en diversos estudios (Arana, 2010).

La actividad antimicrobiana de *Allium* se debe a compuestos de azufre volátiles derivados de S-alil-L-cisteínasulfóxido, un aminoácido no proteico formado en el vegetal por la acción de una enzima, cisteína sulfóxidoliasa. Alliin (S-alil-L-cisteína sulfóxido), el principal S-alquencil-L-cisteína sulfóxido en ajo, se degrada en alicina (alil 2-propeniosulfonato). Este tiosulfonato es el principal agente antimicrobiano del ajo (Kim et al., 2004).

5.7.1.5 Extracto de *Mimosa tenuiflora* y extracto de *Larrea tridentata*

Se han investigado metabolitos y compuestos activos de la corteza de *Mimosa tenuiflora*, la cual presenta abundancia de taninos, saponinas, alcaloides, glucosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, lupeol, fitosteroles, lípidos, cristales de oxalato de calcio y almidón. Los extractos acuosos y alcohólicos obtenidos de la corteza seca de la corteza de *M. tenuiflora* son particularmente ricos en taninos y saponinas esteroides. La actividad biológica de estos extractos se define como fuerte actividad

antimicrobiana, la cual *in vitro* se ha observado que actúa frente a una amplia gama de microorganismos (Valencia-gómez et al., 2016).

Larrea tridentata contiene compuestos muy importantes como el ácido nordihidroguaiarético (NDGA), el cual es un ácido que tiene propiedades como antioxidante, antiinflamatorio, citotóxica, antimicrobial e inhibidor de enzimas; además de ser un repelente de herbívoros. También el efecto bactericida, nematocida y antiviral (Saldívar et al., 2003).

5.7.1.6 Ácidos grasos (Lecitina de soya)

La lecitina de soya es usada como agente anti deriva al momento de las aplicaciones foliares (Randall Worthley, 2004), además de servir como tensoactivo de origen orgánico (Fernández et al., 2019).

5.7.1.7 Estabilizador (Chitosan) 0.50%

El quitosano es un polímero biodegradable, derivado desacetilado de la quitina y es un polímero catiónico, que tiene propiedades bacteriostáticas (Valencia-gómez et al., 2016). Este demostró ser efectivo para controlar varias enfermedades fúngicas. La protección conferida a las plantas por el quitosano depende de la activación de los mecanismos de defensa de las plantas y la propiedad fungicida del quitosano. El quitosano muestra actividad bacteriostática hacia Gram-negativos, y generalmente no tiene efecto tóxico sobre microorganismos productores de quitosanasas. Los organismos quitosanólitos se beneficiarían de la presencia de quitosano en su entorno como fuentes de carbono y de nitrógeno (Beaus et al., 2003).

5.7.1.8 Esporas de *Bacillus spp* (1x10⁸ufc/ml)

Tienen la capacidad de producir compuestos anti fúngicos que inhiben el crecimiento de las enfermedades, por lo tanto pueden reprimir el desarrollo de patógenos, mediante compuestos antibióticos, metabolitos secundarios y sideróforos (Proboningrum, 2019).

5.8 PRODUCTOS BIORACIONALES DE SINTESIS CONTRA ENFERMEDADES DE SUELO. ENFOCADOS PARA SUPRESION DE *Streptomyces spp*.

“Curamidato de Cobre” al 25%

El cobre es uno de los elementos que se ha utilizado desde hace muchos años para el control de enfermedades de los cultivos, el ejemplo más común es el caldo de Bordeaux o caldo bordelés, que consiste en una mezcla de sulfato de cobre y cal hidratada, el cual se conoce desde 1885 y hoy en día se sigue utilizando. El cobre se puede conseguir en muchas diferentes presentaciones, como oxiclورو de cobre, hidróxido de cobre, óxidos de cobre, carbonatos de cobre, etc. (Agrios, 2005).

El cobre se disuelve en una pequeña proporción y los iones Cu²⁺ son absorbidos por contacto por los microorganismos que intentan establecerse en las plantas en la etapa de germinación de las esporas. Entonces el Cu²⁺ sustituye a otros metales esenciales para la vida de los patógenos produciendo su muerte.

En los suelos húmedos con poco oxígeno, Cu^{2+} se reduce fácilmente a la forma cuprosa, Cu^+ , que es inestable. Como nutriente vegetal, el cobre parece funcionar principalmente como cofactor de una variedad de enzimas oxidativas. Los elementos micronutrientes como el cobre son un excelente ejemplo de los peligros del exceso, ya que se vuelven tóxicos con pequeñas cantidades de concentración. Niveles críticos de toxicidad, definidos como concentración de tejido, se reflejan en una reducción del 10% en materia seca de la planta. El exceso inhibe el crecimiento de las raíces, no porque las raíces sean más sensibles que los brotes, sino porque las raíces son el primer órgano en acumular el nutriente. Esto es particularmente cierto tanto para el cobre como para el zinc. La toxicidad del cobre es una preocupación creciente en los viñedos y huertos debido su uso prolongado contenido en los fungicidas y en la contaminación urbana e industrial (Hopkin & Hüner, 2008).

El efecto bioestático de cobre dificulta el crecimiento bacteriano en la superficie tratada, provocando cambios en las estructuras de proteínas para hongos y bacterias que conducen a la interrupción de la función de las proteínas. Este efecto es agresivo especialmente en medios húmedos (El-rahman, 2018).

Ácido peracético

Greenspan y Margulies, patentaron el ácido peracético en 1950, para tratamiento de frutas y verduras para reducir el deterioro por bacterias y hongos. Se ha utilizado para fines que van desde la desinfestación de nematodos en bulbos, hasta la prevención de otras enfermedades hortícolas mediante la desinfección de las macetas, equipos de riego para suelos y limpieza. Además, su uso como fungicida - bactericida. También es utilizado para tratar tejidos de plantas, semillas cultivadas en el campo o en invernaderos, frutas y medios de cultivo y contenedores. Los sistemas mixtos de perácidos o peracéticos están hechos con ácido peracético

(PAA), peróxido de hidrógeno y ácido acético. Esta mezcla prácticamente no se ve afectada por los cambios en la temperatura y la actividad del biocida, ni de materia orgánica. Después desintegración química, se transforma en oxígeno y ácido acético, que finalmente se descompone en anhídrido carbónico y agua.

La EPA autoriza el uso de PAA para frutas y verduras y agua de lavado. Además, además de que el PAA es un oxidante y desinfectante más eficiente que el cloro o el dióxido de cloro. Se descubrió que tratar lechuga con una disolución de H_2O_2 al 12% reduce la población de *Escherichia coli* O157:H7 y de *Listeria monocytogenes* de 4 a 3 registros. Beuchat y col. encontraron que lechuga iceberg tratada con cloro ($100 \mu\text{g L}^{-1}$) y ácido peracético ($80 \mu\text{g L}^{-1}$) mostraron una reducción significativa en población de *L. monocytogenes* (Alvaro et al., 2009).

En algunos casos se puede utilizar una solución de peróxido de hidrógeno que incluye además un ácido acético y ácido fosfórico, se inyecta la solución al sistema para controlar el crecimiento microbiano en el riego además de la erradicación de insectos mediante la aplicación de una solución de peróxido de hidrógeno al medio ambiente (Larose, 1998)

VI HIPOTESIS

Los productos biológicos ejercerán un suficiente control de la peca del rábano, el cual permitirá al cultivo desarrollarse sin afectaciones mayores en la calidad y rendimiento.

Los productos químicos utilizados permitirán un control adecuado de la peca del rábano.

VII METODOLOGIA

7.1 Caracterización del área Experimental y toma de muestras de suelo

Muestra para experimento del 2019

El experimento se realizó tomando como base varias muestras de suelo de un campo con historial del problema, las cuales fueron recolectadas de un predio localizado en la colonia Silva, en las coordenadas 32°23'29.14" N 115°01'37.62" O, ubicado en el valle de Mexicali, Baja California, México. El muestreo se realizó el día viernes 9 de noviembre del 2018, en una parcela (ubicada a 11.4 MSNM según datos de la estación meteorológica ubicada en ejido Nuevo León), el cual se sembró con fecha del 3 de octubre del 2018, a una profundidad de suelo de 0-30 cm. (SEFOA, 2020).

Muestra para experimento del 2020

Para la repetición del experimento, se recolectaron muestras de suelo de dos predios afectados el día 2 de febrero del 2020. La primera mitad se tomó del mismo lote que el año anterior 32°23'29.14" N 115°01'37.62" W. La segunda mitad se tomó de un terreno cercano con reciente aparición del problema, con la intención de asegurar el inóculo de la enfermedad el cual está ubicado en 32°23'38.5" N 115°00'37.3" W. Aproximadamente a un kilómetro al Este de la muestra anterior. Cabe mencionar que en ambos casos se tomaron muestras de 0-30 cm, donde aún se podían observar restos de raíces de rábano con daños causados por *Streptomyces* sp.

7.2 Muestra de tejido para envío a laboratorio

Se tomaron muestras de tejido de cultivo de rábano (*Rapahaus sativus L.*) con síntomas en forma de pecas de café obscuro a negras, que van de 0 a 3mm en su mayoría, pudiendo haber algunas de mayor tamaño. Las plantas que se eligieron para su análisis se tomaron de un predio donde se encontraba el cultivo lo suficientemente afectado por el problema, al punto de no poder reunir la calidad para ser cosechado con fines de exportación. Dichas muestras constaban de aproximadamente 25 plantas las cuales en su mayoría presentaban daño en la base del bulbo. Teniendo de 3 a 10 pecas aproximadamente por raíz, las plantas fueron enviadas completas con área foliar y radicular, además se colocaron en un recipiente aislante cubiertas de suelo contaminado con humedad, para tratar de evitar que se vean afectadas. Las muestras, fueron enviadas para ser sometidas a análisis de hongos y bacterias por el laboratorio de fitopatología del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

Figura 9

Microorganismos aislados de muestras de raíz de rábano con manchas costrosas puestas en medio de cultivo donde aparece *Streptomyces* spp.



7.3 METODOS DE CONTROL UTILIZADOS

Se seleccionó una variada gama de productos para control de enfermedades, en su mayoría fueron métodos utilizados en la región para tratar de controlar la peca del rábano, en otros casos son productos que de acuerdo a información bibliográfica pueden ser beneficiosos para conseguir raíces sanas.

Tabla 2 Materiales evaluados para control de la peca del rábano en los dos ciclos de experimentación.

INGREDIENTE ACTIVO	PLAGAS OBJETIVO	DOSIS
<i>Trichoderma harzianum</i> Cepa T-22 (KRL-AG2) 1×10^7	<i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Cylindrocladium</i> , <i>Thielaviopsis</i> ,	0.454gr-0.908gr/ha

unidades formadoras de colonias (10 UFC/g) T-22, PHC®	<i>Verticillium</i> y <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .	
<i>Bacillus subtilis</i> cepa QST713 al 1.34% equivalente a 13.68g/L, 1X10 ⁹ UFC/gr. SERENADE SOIL, BAYER CROPS SCIENCE®	<i>Streptomyces acidiscabies</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Phoma terrestres</i> , <i>Phytophthora infestans</i> .	2L-7.5L/ha
Curamidato de cobre :Bis [2-[[1-(3,4-diclorofenil)-2,5-dioxo-3-pirrolidinil]tio-kS]acetato-kO] de cobre al 25% con un contenido de cobre como elemento del 8.70% equivalente 26.6 g de cobre metálico/L a 21 grados C. BAKTEN PLUS, AQC®	<i>Xantomonas vesicatoria</i> , <i>Pectobacterium carotovorum</i> .	3L/ha (recomendación sugerida para aplicación al suelo)
<i>Streptomyces spp.</i> (con un contenido no menor a 1.0x10 ⁷ UFC/ml 60%, Materia orgánica nutricional 3.0%, estimuladores nutricionales 0.8%, Inertes 36.2%. CASTEL, ATLTUS BIOPHARM®	<i>Fusarium spp.</i> , <i>Rhizoctonia spp.</i> , <i>Pythophthora spp.</i>	2L-3L/ha en 200L de agua
<i>Bacillus spp</i> (1x10 ⁷ ufc/ml) 60.00% <i>Azotobacter spp</i> (1x10 ⁵ ufc/ml) 5.00% <i>Pseudomonas spp</i> (1x10 ⁵ ufc/ml) 10.00% Extractos de origen vegetal. BEST ULTRA F, GREEN CORP®	Inductor de resistencia contra enfermedades foliares: Cenicillas polvorientas, royas, carbonos, antracnosis y <i>Botrytis</i>	1L-2L/ha con intervalo de 7-10 días para hortalizas
Extracto en agua de <i>Larrea tridentata</i> al 10%	<i>Fusarium spp.</i>	50L/ha
Humus de lombriz		20 ton/ha
Aceites vegetales (Aceite de <i>Lippia graveolens</i> y aceite de ajo) 5.00% Terpenos (Extracto de <i>Mimosa tenuiflora</i> y Extracto de <i>Larrea tridentata</i>) 1.00% Ácidos grasos (Lecitina de soya) 2.00% Estabilizador	<i>Xanthomonas</i> , <i>Clavibacter</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Ralstoniasolanacearum</i>	1L-1.5L

(Chitosan) 0.50%		
Emulsificantes y acidificantes orgánicos 25.00% Esporas de <i>Bacillus</i> spp (1x10 ⁸ ufc/ml)		
28.00% Acondicionadores y diluyentes 38.50%.		
BIOBACTER O, GREEN CORP®		
Ácido peracético 14.0 - 17.0%	<i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> , <i>Listeria</i> <i>Monocytogenes</i> .	Hasta 80 ppm para lavado y desinfección de frutas y verduras.
Peróxido de hidrógeno 21.0 - 23.0%		
Ácido acético 14.0 - 23.0%.		Hasta 3ppm para tratamiento de aguas
MICROCLEAN, KOPPERT®		

7.4 Semilla y siembra

El experimento *in vivo* se realizó en macetas elaboradas a partir de “bidones” (envases de plástico de alta densidad HDPE) reciclados que se utilizan para contener fertilizante o mejorador de suelo, con capacidad de 20 L, con unos 26 cm de largo x 22 cm de ancho; con una área superficial o cultivable de 0.057m², con aproximadamente 30 cm de profundidad, suficiente para el desarrollo de la raíz del rábano hasta la cosecha (AYUB, 2014).

Los envases se abrieron por la parte inferior, para tratar de conservar la mayor capacidad, colocándolo con la nueva abertura hacia arriba, quedando el tapón y agarradera hacia abajo, para utilizarlo como maceta. Posterior a la elaboración de macetas, se continuó con el llenado con tierra infectada (con historial de problema en cultivo de rábano).

Se elaboró una plantilla de cartón reciclado cortada a la medida del contorno de las macetas, medida y etiquetada con marcador permanente color negro, para ubicar los puntos para colocar la semilla y para dar una distribución uniforme a la siembra; Se dejó una separación de 2.5” entre líneas y 1.5” lineal, se realizaron

perforaciones en cada marca de la plantilla de cartón; A un lápiz se le añadió una marca por la parte trasera para poder realizar orificios en la tierra uniformemente a una profundidad $\frac{3}{4}$ " a través de la plantilla, quedando un total de 15 orificios por maceta, para así colocar una semilla por orificio, por lo que se depositaron 15 semillas por maceta.

Se utilizó semilla de rábano (*Raphanus sativus L.*) para uso comercial, de la cual se muestran los datos de registro a continuación:

Variedad: Crunchy King (Hibrido) *Raphanus sativus*

Marca: Sakata seeds America inc.

Porcentaje de germinación: 98%.

Fecha de prueba de germinación: 2/05/2018

Tratada con thiram.

Conteo por libra: 44,742 semillas.

Pureza: 99.99%

Lote: 527066-04-02

Ítem: 1701076-23-130

7.5 Distribución del Experimento

Para el experimento se eligió el diseño en bloques completamente al azar, quedando su distribución como se aprecia en las figuras 10 y 11:

Figura 10. Distribución del experimento para el año 2019.



Con 30 cm de separación entre macetas en todas direcciones, sobre una base del terreno uniforme. T) TESTIGO, T1R) *Trichoderma harzianum*, T2R) *Bacillus subtilis* cepa QST 713, T3R) Curamidato de Cobre al 25%, T4R) *Streptomyces spp*1x10⁷ al 60%, T5R) *Bacillus subtilis*, *Bacillus liqueniforme*, *Lactobacillus*, *Pseudomona*, T6R) Extracto de Gobernadora.

Figura 11. Distribución para Segundo año del experimento



Con 30 cm de separación entre macetas en todas direcciones, sobre una base del terreno uniforme. T) TESTIGO, T1R) *Bacillus subtilis*, T2R) Extracto de Gobernadora, T3R) *Streptomyces spp*1x10⁷ al 60%, T4R) Humus de Lombriz, T5R) Acido peracetico, T6R) Aceites vegetales, Terpenos, Acidos grasos, Bs.

Se llevó a cabo un manejo similar a las siembras comerciales de la zona, en cuanto a la distribución de las plantas entre sí, manejo de humedad y nutrición. Únicamente suspendiendo cualquier aplicación de productos para el control de

nematodos, bacterias y hongos, a excepción del tratamiento con Thiram, el cual se le da a la semilla como parte de las normas de importación y manejo (SENASICA, 2020).

7.6 Nutrición

Se utilizó fertilizante granulado 15-15-15 como pre siembra, aplicando 0.00114 kg por unidad para alcanzar una dosis de 200 kg/ha, el cual fue distribuido uniformemente. Este se pesó previamente con bascula conocida comúnmente como “gramera” (con capacidad de 1g– 5kg marca Truper), posteriormente se disolvió en para incorporarlo utilizando agua de riego.

Después de emergida la planta, al momento de la aparición de las primeras dos hojas verdaderas, se aplicó nitrato de calcio, colocando la cantidad de fertilizante total para alcanzar una dosis de 100 kg/ha, para aplicarlo a las 35 unidades que conformaron el experimento, que luego se disolvió en 70L de agua para aplicar 2L de la mezcla por maceta.

Para finalizar la nutrición de cultivo se aplicó en el agua de riego, fertilizante liquido 10-10-5 al momento donde la raíz alcanzó 0.5 cm de diámetro ecuatorial. Dicho fertilizante se dosificó con jeringa y deposito en una taza graduada de 1L, posteriormente se aforó a 1L de agua de riego de la región, luego se procedió a tirar 0.9 L y aforar nuevamente a 1L, así hasta dejar la cantidad de 0.000456 L de fertilizante 10-10-5 que corresponde a una dosis de 80L/ha.

Tabla 3

Fertilizantes utilizados para suplir los nutrientes del rábano en ambos ciclos.

Etapas	Fertilizante	Dosis/ha	Dosis/unidad 0.057m²
Pre siembra	15-15-15 Yara mila® N-total 15.0% N-Nítrico 6.5% N-Amoniacal 8.5% PO 15.0% K ² O ² 15.0% S ² 5.0%	200kg/ha	0.00114kg
Vegetativo	Nitrato de Calcio Granulado Yara Liva® N 15.5% CaO 26.5%	100kg/ha	0.00057kg
Vegetativo- Formación de Bulbo	10-10-5	80L/ha	0.000456

7.7 Riego

Para el experimento se utilizó agua proveniente de la red de distribución del distrito de riego 014. La cual abastece a la gran parte de los predios de la región del valle de Mexicali (ya que el resto se riega con agua de pozo). Para mantener el experimento en mismas condiciones en cuanto a calidad de agua se refiere.

Se utilizó una regadera de jardín para regar las macetas, simulando riego por aspersión y tratando de no afectar la posición de las semillas. Para cada ocasión se aplicó agua hasta alcanzar capacidad de campo. Esto para mantener condiciones de humedad y tratar de promover la aparición de la peca.

Tabla 4. Bitácora de riegos, nutrición y aplicación de tratamientos; para la temporada del año 2019.
Con fecha de cosecha: 2 de abril del 2019

	10/02/2019	12/02/2019	17/02/2019	05/03/19	12/03/2019	14/03/2019	22/03/2019	28/03/19
T1 (Trichoderma harzianum)	15-15-15 0.00114kg + 1L agua + T1 0.0038 gr	1L agua	3L agua + T1 0.0038 gr Emergió planta	2L agua + Nitrato de Calcio 0.00057 kg	2mm lluvia	2L agua + 10-10-5 0.00045 6L	4L agua	4L agua
T2 (Bacillus subtilis)	15-15-15 0.00114kg + 1L agua + T2 0.000027L	1L agua	3L agua + T2 0.000027 L Emergió planta	2L agua + Nitrato de Calcio 0.00057 kg	2mm lluvia	2L agua + 10-10-5 0.00045 6L	4L agua	4L agua
T3 (Streptomyces spp.)	15-15-15 0.00114kg + 1L agua + T3 0.0000142 5L	1L agua + T3 0.00001 425L	3L agua + T3 0.000014 25L Emergió planta	2L agua + Nitrato de Calcio 0.00057 kg	2mm lluvia	2L agua + 10-10-5 0.00045 6L	4L agua	4L agua
T4 (Curamidato de Cobre)	15-15-15 0.00114kg + 1L agua	1L agua	3L agua Emergió planta	2L agua + T4 0.00001 71L + Nitrato de Calcio 0.00057 kg	2mm lluvia	2L agua + 10-10-5 0.00045 6L + T4 0.00001 71L	4L agua + T4 0.00001 71L	4L agua
T5 (Extracto de Gobernadora)	15-15-15 0.00114kg + 1L agua + T5 0.000456L	1L agua	3L agua + T5 0.000456 L Emergió	2L agua + Nitrato de Calcio 0.00057 kg	2mm lluvia	2L agua + 10-10-5 0.00045 6L	4L agua	4L agua

TESTIGO	15-15-15 0.00114kg + 1L agua	1L agua	planta 3L agua Emergió planta	2L agua + Nitrato de Calcio 0.00057 kg	2mm lluvia	2L agua + 10-10-5 0.00045 6L	4L agua	4L agua
----------------	---------------------------------------	---------	--	--	---------------	--	---------	------------

Tabla 5

Bitácora de riegos, nutrición y aplicación de tratamientos; para la temporada del año 2020. Fecha de cosecha: 04 abril 2020, Registros de lluvia (SEFOA, 2020).

	16/02/20 20	17/02/20 020	23/02/20 20	29/02/20 020	9 al 13 /03/20 20	18 al 20/03/20 020	22/03/20 20	01/03/20 020
T1 (Bacillus subtilis)	15-15-15 0.00114kg + 2L agua + T1 0.000027 L	1L agua	2L agua + T1 0.000027 L Emergió planta	2L Agua + Nitrato de Calcio 0.0005 7kg	9/3/20 20 0.4mm lluvia 10/3/20 020 8.3mm lluvia 11/3/20 020 0.2mm lluvia 12/3/20 020 3.9mm lluvia 13/3/20 020 0.1mm lluvia	18/3/20 20 1.1mm lluvia 19/3/20 20 0.4mm lluvia 20/3/20 20 0.1mm	2L agua + 10-10-5 0.000456 L + T1 0.000027 L	2L agua
T2 (extracto de Gobernadora)	15-15-15 0.00114kg g + 2L agua + T2 0.000456 L	1L agua	2L agua + T2 0.000456 L Emergió planta	2L Agua + Nitrato de Calcio 0.0005 7kg	9/3/20 20 0.4mm lluvia 10/3/20 020 8.3mm lluvia 11/3/20	18/3/20 20 1.1mm lluvia 19/3/20 20 0.4mm lluvia 20/3/20	2L agua + 10-10-5 0.000456 L + T2 0.000456 L	2L agua

						020	20		
						0.2mm	0.1mm		
						lluvia			
						12/3/2			
						020			
						3.9mm			
						lluvia			
						13/3/2			
						020			
						0.1mm			
						lluvia			
T3	15-15-15	1L	2L agua	2L	9/3/20	18/3/20	2L agua	2L	
(Streptomyce	0.00114k	agua	+	Agua	20	20	+	agua	
sspp.)	g		T3	+	0.4mm	1.1mm	10-10-5		
	+		0.000014	Nitrato	lluvia	lluvia	0.000456		
	1L agua		25L	de	10/3/2	19/3/20	L +		
	+			Calcio	020	20	T3		
	T3		Emergió	0.0005	8.3mm	0.4mm	0.000014		
	0.000014		planta	7kg	lluvia	lluvia	25L		
	25L				11/3/2	20/3/20			
					020	20			
					0.2mm	0.1mm			
					lluvia				
					12/3/2				
					020				
					3.9mm				
					lluvia				
					13/3/2				
					020				
					0.1mm				
					lluvia				
T4	15-15-15	1L	2L agua	2L	9/3/20	18/3/20	2L agua	2L	
(Humus de	0.00114k	agua		Agua	20	20	+	agua	
Lombriz)	g		Emergió	+	0.4mm	1.1mm	10-10-5		
	+		planta	Nitrato	lluvia	lluvia	0.000456		
	1L agua			de	10/3/2	19/3/20	L		
	+			Calcio	020	20			
	T4			0.0005	8.3mm	0.4mm			
	0.115kg			7kg	lluvia	lluvia			
					11/3/2	20/3/20			
					020	20			
					0.2mm	0.1mm			
					lluvia				
					12/3/2				
					020				
					3.9mm				
					lluvia				

						13/3/2			
						020			
						0.1mm			
						lluvia			
T5	15-15-15	1L	2L agua	2L	9/3/20	18/3/20	2L agua	2L	
(Ácido	0.00114k	agua	+	Agua	20	20	+	agua	
Peracético,	g		T5	+	0.4mm	1.1mm	10-10-5		
peróxido de	+		0.00049k	Nitrato	lluvia	lluvia	0.000456		
hidrógeno)	1L agua		g	de	10/3/2	19/3/20	L		
	+		(pH bajo	Calcio	020	20	+		
	T5		de 8.67 a	0.0005	8.3mm	0.4mm	T5		
	0.00049k		7.62 en	7kg	lluvia	lluvia	0.00049k		
	g		el agua)		11/3/2	20/3/20	g		
	(pH bajo				020	20	(pH bajo		
	de 8.86 a				0.2mm	0.1mm	de 8.67 a		
	6.16 en		Emergió		lluvia		7.62 en		
	el agua		planta		12/3/2		el agua)		
					020				
					3.9mm				
					lluvia				
					13/3/2				
					020				
					0.1mm				
					lluvia				
T6	15-15-15	1L	1L agua	2L	9/3/20	18/3/20	2L agua	2L	
(Aceites	0.00114k	agua	+	Agua	20	20	+	agua	
Vegetales,	g		T6	+	0.4mm	1.1mm	10-10-5		
Terpenos, Ac	+		0.001L	Nitrato	lluvia	lluvia	0.000456		
Grasos,	1L agua			de	10/3/2	19/3/20	L		
Bacillus	+		Emergió	Calcio	020	20	+		
subtilis)	T6		planta	0.0005	8.3mm	0.4mm	T6		
	0.001L			7kg	lluvia	lluvia	0.001L		
					11/3/2	20/3/20			
					020	20			
					0.2mm	0.1mm			
					lluvia				
					12/3/2				
					020				
					3.9mm				
					lluvia				
					13/3/2				
					020				
					0.1mm				
					lluvia				
TESTIGO	15-15-15	1L	2L agua	2L	9/3/20	18/3/20	2L agua	2L	
	0.00114k	agua		Agua	20	20	+	agua	
	g		Emergió	+	0.4mm	1.1mm	10-10-5		

+ 1L agua	planta	Nitrato de Calcio 0.0005 7kg	lluvia 10/3/2 020 8.3mm lluvia 11/3/2 020 0.2mm lluvia 12/3/2 020 3.9mm lluvia 13/3/2 020 0.1mm lluvia	lluvia 19/3/20 20 0.4mm lluvia 20/3/20 20 0.1mm	0.000456 L
--------------	--------	--	--	--	---------------

Una vez alcanzando el tamaño apropiado para cosecha (2-2.5 cm de diámetro y 11.4-12.7cm de alto de área foliar) se llevó a cabo la recolección, tomando plantas en competencia completa, del centro de la maceta (unidad) para tratar de evitar el efecto de orilla.

Se recolectaron las muestras sacando completamente cada planta y colocándolas en bolsas de cierre hermético (ziploc de 16.5 cm x 14.9 cm), marcadas previamente con el número de tratamiento y repetición con marcador permanente. Estas a su vez se colocaron dentro de hielera marca rubbermaid con capacidad de 32.176L, para su conservación.

Se realizó la recolección por la mañana, aproximadamente las 7:00 a.m. para evitar deshidratación de muestras.

7.8 Mediciones de Laboratorio

Lectura de hoja con Spadmeter

Se dio lectura de clorofila a la hoja más larga ya que esta misma fue objeto de posteriores mediciones, para establecer un patrón de selección de la hoja a analizar. Para la medición se utilizó un medidor de clorofila Spad meter 502 plus (Spectrum technologies, inc.) del cual se obtuvo contenido de clorofila, que puede oscilar entre 9.9 a 199.9 unidades. Para realizar esta operación se presionó la hoja con las pinzas que tiene en un extremo el Spad donde se ubica el sensor del aparato, se tomó la lectura la hoja de cada muestra a la misma profundidad y altura para poder tener una comparación de datos aceptable.

Hoja más larga en mm

Se midió la hoja más larga de cada planta a evaluar con un vernier desde el ápice hasta la base del peciolo.

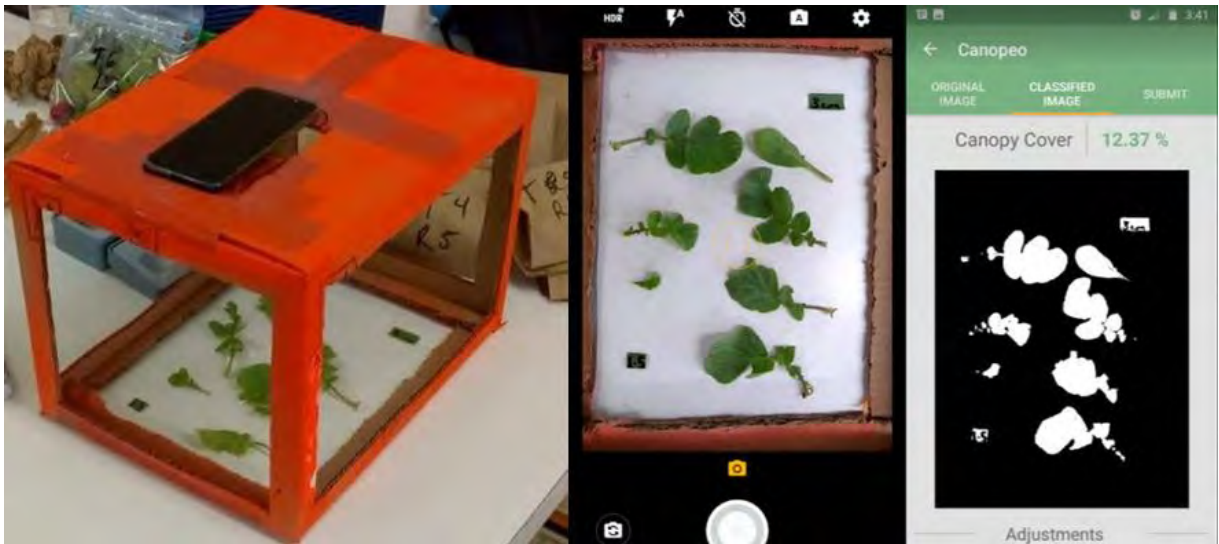
Área foliar en cm²

Se acondicionó una caja de cartón reciclado cortando las paredes y dejando solo los marcos, a excepción de la tapa, a esta última se le realizó un corte para poder colocar un teléfono celular (Moto g 6 play) con cámara.

Para medir el porcentaje de área foliar, se utilizó la aplicación de un teléfono celular llamada Canopeo V 2.0, con un sistema operativo Android, la cual permite tomar fotografías y medir el porcentaje de color verde en las imágenes. Al tomar la captura de imagen, el color verde aparece como blanco y el resto de color negro, y a su vez calcula el porcentaje del área que abarca.

Se colocó la caja sobre una mesa blanca de laboratorio y a su vez un teléfono sobre ella en una área marcada, para evitar movimientos de las tomas. Se calculó la superficie a fotografiar para poder convertir el porcentaje a centímetros cuadrados.

Figura 12. Se muestra a la izquierda la base utilizada para sostener el teléfono celular para las toma de imágenes. Al centro y a la izquierda se observa la captura de pantalla con la aplicación de celular utilizada (canopeo).



Cantidad de hojas

Se contabilizó el total de hojas incluyendo cotiledones de cada planta

Peso por cm² hoja

Se utilizó la misma hoja a la cual se le tomó la lectura de clorofila, se perforó con un sacabocados con diámetro de 9mm, evitando cortar las nervaduras principales; se obtuvo un disco que posteriormente se pesó en una balanza analítica modelo Ohaus E10640 Explorer.

Grados brix de raíz

Se cortó la raíz en varios cubos de aproximadamente 1cm y se colocaron en un exprimidor de limones hecho de aluminio donde se extrajo la savia, la cual se colocó en un refractómetro analógico para medir cantidad de grados brix.

Altura de raíz eje

Se midió con vernier la altura del bulbo de la raíz de manera vertical o por el eje.

Ancho de raíz ecuador

Se midió con vernier el ancho de raíz por el ecuador u horizontalmente

Peso por cm³ (volumen/peso)

Se midió volumen de raíz por sumersión, introduciéndola en un vaso de precipitados con 100ml de agua destilada.

Se pesó la raíz en báscula analítica. Se dividió el volumen entre el peso de la misma muestra para obtener el peso por cm³.

Cantidad de pecas

Peca chica <1mm.

Peca mediana 1-2mm.

Peca grande >2mm.

Se midió con vernier cada peca para catalogarla de acuerdo a su tamaño, además de la cantidad de las mismas.

Peso seco de planta

Se colocó la planta completa después del total de las mediciones en bolsas pequeñas de papel reciclado y se cerraron con un doblez y se etiquetaron con marcador permanente. Se introdujeron a un horno marca Feliza Horno FE-291 y se dejaron por 72 horas a 70°C. Posteriormente se sacaron y se pesaron en balanza analítica cada una de las muestras.

VIII RESULTADOS

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante la prueba de ANOVA, los valores que se muestran en las tablas a continuación son la comparación entre las medias de los tratamientos, además se compararon los valores de la prueba de Tukey. Ambos con un nivel de significancia de 0.05.

8.1 Resultados obtenidos del primer experimento en el año 2019

Los parámetros Lectura de Spad meter, peso de área foliar y grados brix, no presentaron diferencias significativas por lo tanto no se incluyeron. Haciendo una excepción para los datos de peca mediana y peca grande los cuales tampoco mostraron diferencia estadística, pero se tomaron en cuenta ya que representan un dato importante para la empresa.

Pecas por planta por tratamiento

Tabla 6

Cantidad de peca por tamaño y por tratamiento, en rábanos cosechados durante el experimento de 2019. Cada valor representa la media de 5 repeticiones. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tamaño de peca	<1mm		1mm-2mm		>2mm	
	Tukey	Media	Tukey	Media	Tukey	Media
TESTIGO	B	0	A	0.25	A	0.4
Streptomyces spp1x10 ⁷ al 60%	B	0.333	A	0.4	A	0.5
Bacillus subtilis strain QST 713	B	0.5	A	0.2	A	0.4
Extracto de Gobernadora	B	0.6	A	0.25	A	0
Curamidato de Cobre al 25%	AB	0.75	A	0.6	A	0
Bacillus subtilis, Bacillus liqueniforme, Lactobacillus, Pseudomonas	AB	1.25	A	0.8	A	0
Trichoderma harzianum	A	4.333	A	1	A	0

Se compararon la cantidad de pecas por tratamiento, incluyendo, los tres tamaños de peca, en los cuales se clasificó para su evaluación (chica, median y grande).

En la tabla 6, se muestran los resultados de la prueba de ANOVA, presenta significancia, colocando a *Trichoderma harzianum* con mayor cantidad de peca pequeña, mientras que *Streptomyces spp.*, *Bacillus subtilis* y el extracto de gobernadora fueron los mejores tratamientos para el tamaño de pequeño de peca. Además, se observó que el testigo mostró menor cantidad de peca que los tratamientos.

En los resultados obtenidos para la variable de peca mediana y peca grande, no presentaron diferencia significativa ya que los márgenes entre cantidades fueron estrechos.

Raíz (altura de bulbo en mm)

Tabla 7. Respuesta de la altura de bulbo de rábano a tratamientos para control de la peca durante el ciclo 2019. Cada valor representa la media de 5 repeticiones. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tratamiento	Agrupación	Media
Curamidato de Cobre al 25%	A	41.38
<i>Streptomyces spp</i> 1x10 ⁷ al 60%	AB	40.17
<i>Trichoderma harzianum</i>	AB	37.23
TESTIGO	AB	36.84
Extracto de Gobernadora	B	34.95
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus liqueniforme</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	B	34.3
<i>Bacillus subtilis</i> strain QST 713	B	33.47

El alto de la raíz, se incrementó por efecto del curamidato, aunque sin ser significativamente diferente del testigo, o los tratamientos de *Streptomyces* o *Trichoderma*.

Raíz (ancho ecuatorial de bulbo en mm)

El ancho del bulbo (tabla 8) se incrementó en todos los tratamientos, excepto para el testigo; la única diferencia significativa se presentó con el tratamiento de *Streptomyces*, que, aunque fue similar con los otros tratamientos, fue diferente significativamente con el testigo.

Tabla 8

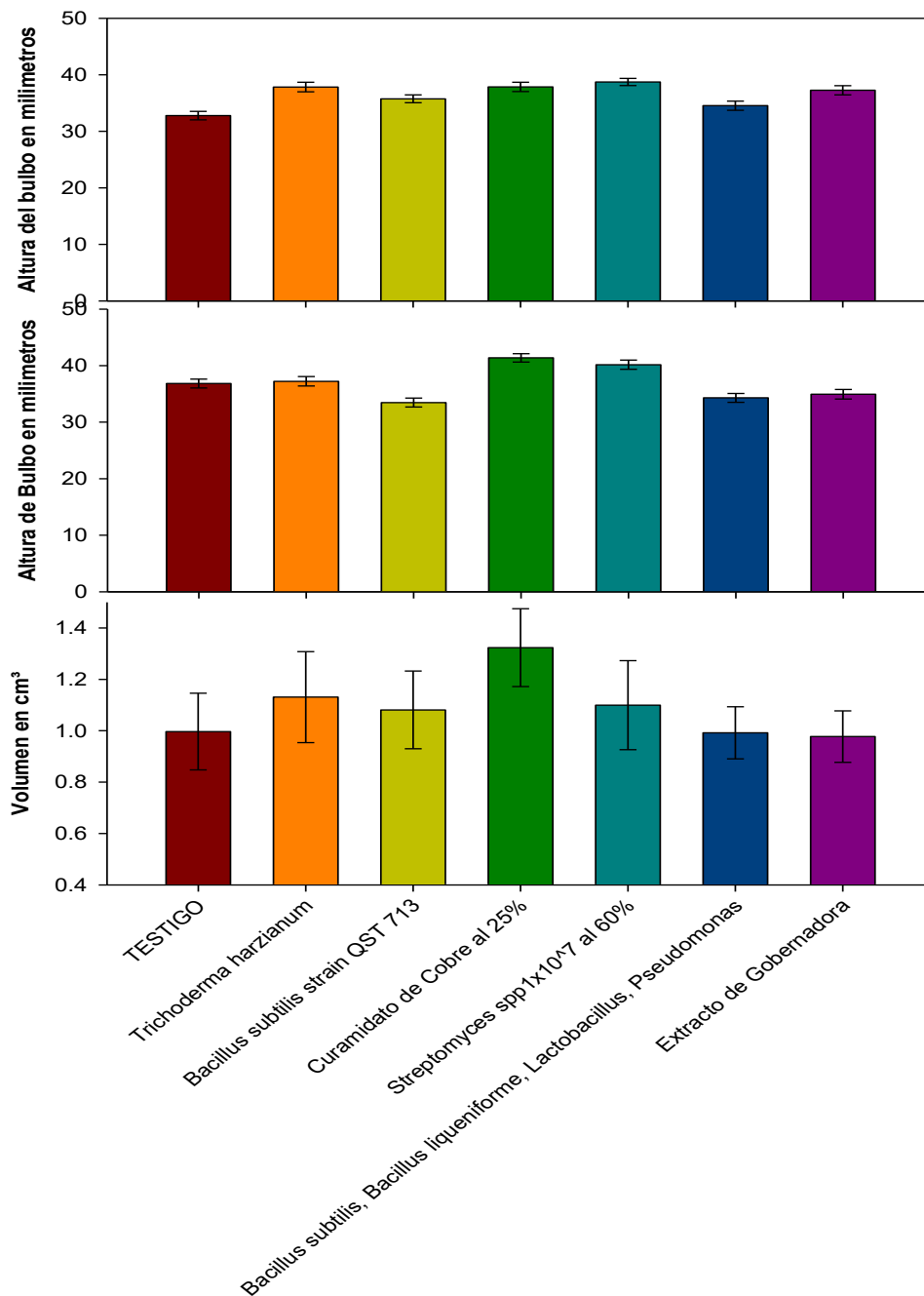
Respuesta del ancho del bulbo a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tratamiento	Orden	Media
<i>Streptomyces</i> spp1x10 ⁷ al 60%	A	38.72
Curamidato de Cobre al 25%	AB	37.86
<i>Trichoderma harzianum</i>	AB	37.83
Extracto de Gobernadora	AB	37.26
<i>Bacillus subtilis</i> strain QST 713	AB	35.75
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus liqueniforme</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	AB	34.54
TESTIGO	B	32.78

Volumen de Raíz

El mayor volumen de bulbo de la raíz (Figura 13.), se presentó para el tratamiento de extracto de gobernadora, por otra parte el tratamiento de *Streptomyces spp* presentó menor volumen, quedando el testigo en antepenúltimo.

Figura 13. Respuesta de parámetros del bulbo del rábano, las comparativas entre peso de raíz, altura del bulbo longitudinalmente, ancho del bulbo ecuatorial (horizontal) y volumen de la raíz en mililitros, por tratamiento, en el año 2019.



Hoja más larga

El tratamiento de *Streptomyces spp.* presentó hoja de mayor tamaño, (Tabla 9), con *Trichoderma harzianum* en segundo lugar, siendo estadísticamente similares al extracto de gobernadora. Las hojas de menor longitud las mostró el testigo.

Tabla 9. Respuesta de la variable de longitud de la hoja más larga (mm) en respuesta a tratamientos para el control de la peca del rábano, en el experimento del ciclo 2019. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tratamiento	Tukey	Media
<i>Streptomyces spp</i> 1x10 ⁷ al 60%	A	115.47
<i>Trichoderma harzianum</i>	AB	113.3
Extracto de gobernadora	BC	109
<i>Bacillus subtilis</i> strain QST 713	BCD	102.43
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus liqueniforme</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	CD	100.95
Curamidato de cobre al 25%	CD	100.07
TESTIGO	D	97.04

Área foliar en cm²

La mayor área foliar (Tabla 10), fue observada en el tratamiento de *Trichoderma harzianum*, obteniendo el mayor tamaño de superficie, aunque estadísticamente fue similar a todos los tratamientos, excepto el testigo, el cual mostró la menor superficie.

Tabla 10. Respuesta del área foliar en cm²a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tratamientos	Tukey	Media
<i>Trichoderma harzianum</i>	A	141.49
Extracto de gobernadora	AB	127.65
<i>Bacillus subtilis</i> strain QST 713	AB	121.68
<i>Streptomyces</i> spp1x10 ⁷ al 60%	AB	116.1
Curamidato de cobre al 25%	AB	113.97
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus liqueniforme</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	AB	112.35
TESTIGO	B	89.32

Cantidad de hojas

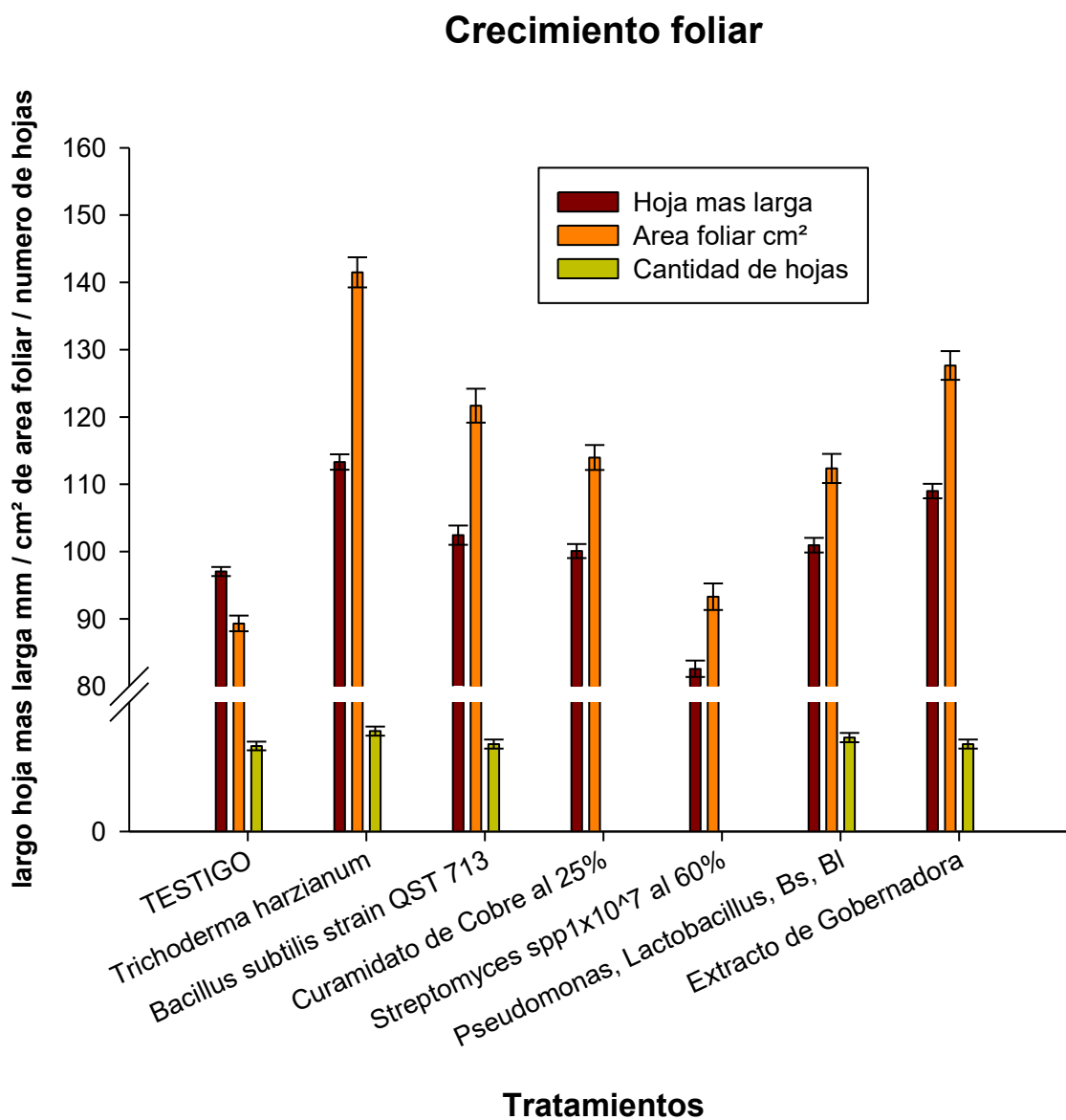
La variable de cantidad de hojas fue afectada positivamente por el tratamiento de *Trichoderma harzianum* (Tabla 11), presentando significativamente una mayor cantidad de hojas comprada con el resto de los tratamientos.

Tabla 11

Respuesta del número de hojas a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tratamientos	Tukey	Media
<i>Trichoderma harzianum</i>	A	7.75
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus liqueniforme</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	AB	7.25
<i>Streptomyces</i> spp1x10 ⁷ al 60%	AB	7.25
Curamidato de cobre al 25%	AB	7
Extracto de gobernadora	AB	6.75
<i>Bacillus subtilis</i> strain QST 713	AB	6.75
TESTIGO	B	6.6

Figura 14. Comparación de hoja más larga por planta, total de área foliar en cm² y cantidad de hojas.



Comparación de tres parámetros de medición para el área foliar del rábano por tratamiento, donde se evaluó la medida de la hoja más larga por planta, total de área foliar en cm² (incluyendo peciolo, limbo y cotiledones) y cantidad de hojas (hojas verdaderas y cotiledones), para el año 2019.

Peso seco

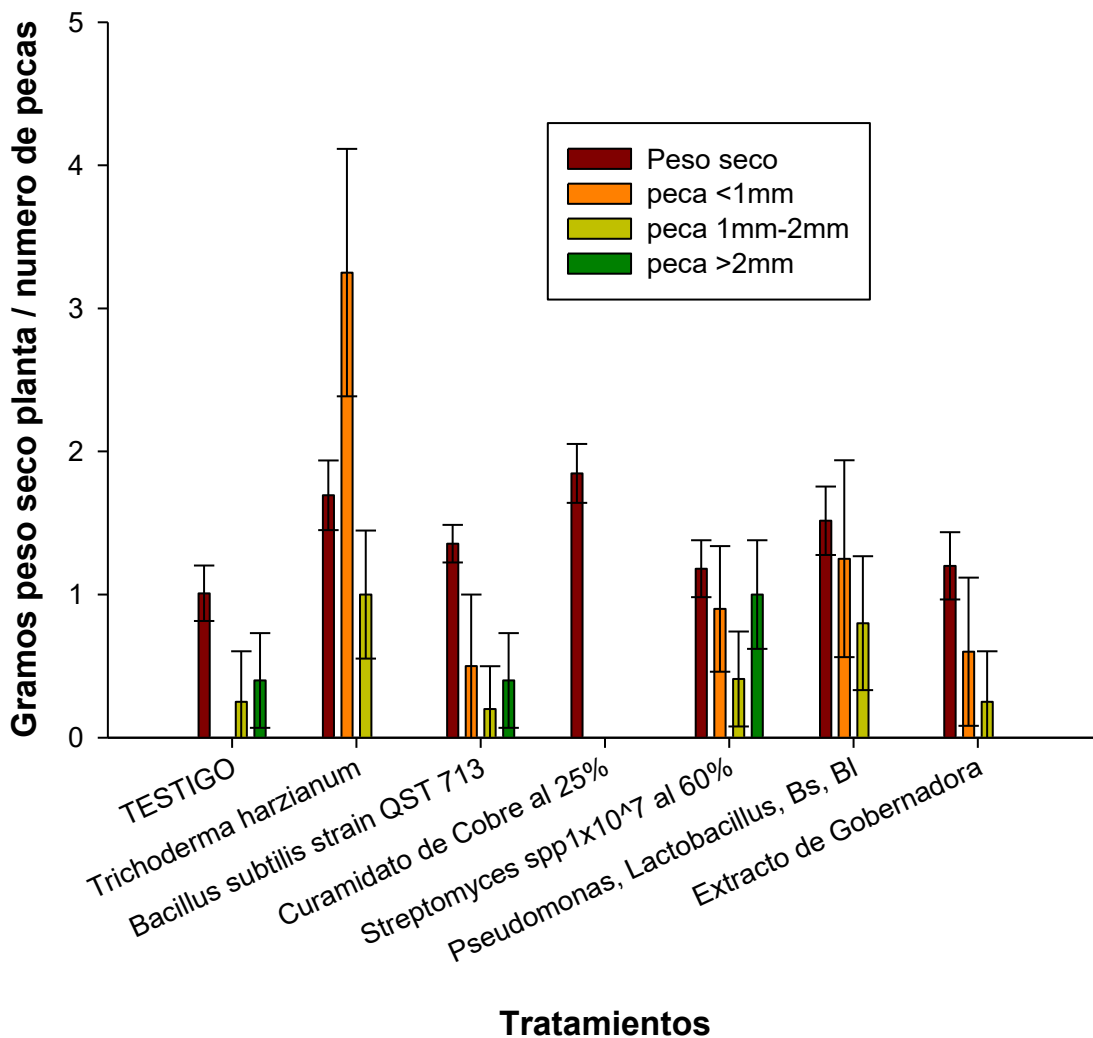
El peso seco fue influenciado por los tratamientos (Tabla 12), el curamidato de cobre fue el que indujo los mayores pesos secos de planta, manifestándose superior estadísticamente al extracto de gobernadora y al testigo, pero similar al resto de los tratamientos.

Tabla 12. Respuesta del peso seco de planta a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tratamientos	Tukey	Media
Curamidato de cobre al 25%	A	9.707
<i>Bacillus subtilis</i> strain QST 713	A	9.667
<i>Trichoderma harzianum</i>	AB	9.554
<i>Streptomyces</i> spp1x10 ⁷ al 60%	AB	9.383
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus liqueniforme</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	AB	9.376
Extracto de gobernadora	BC	9.061
TESTIGO	C	8.869

Figura 15. Peso seco del total de la planta (área foliar y radicular) del rábano con respecto a la presencia de peca, por tratamiento para el año 2019.

Efecto de la peca en peso seco de la planta de rabano



Peso por cm³ de raíz

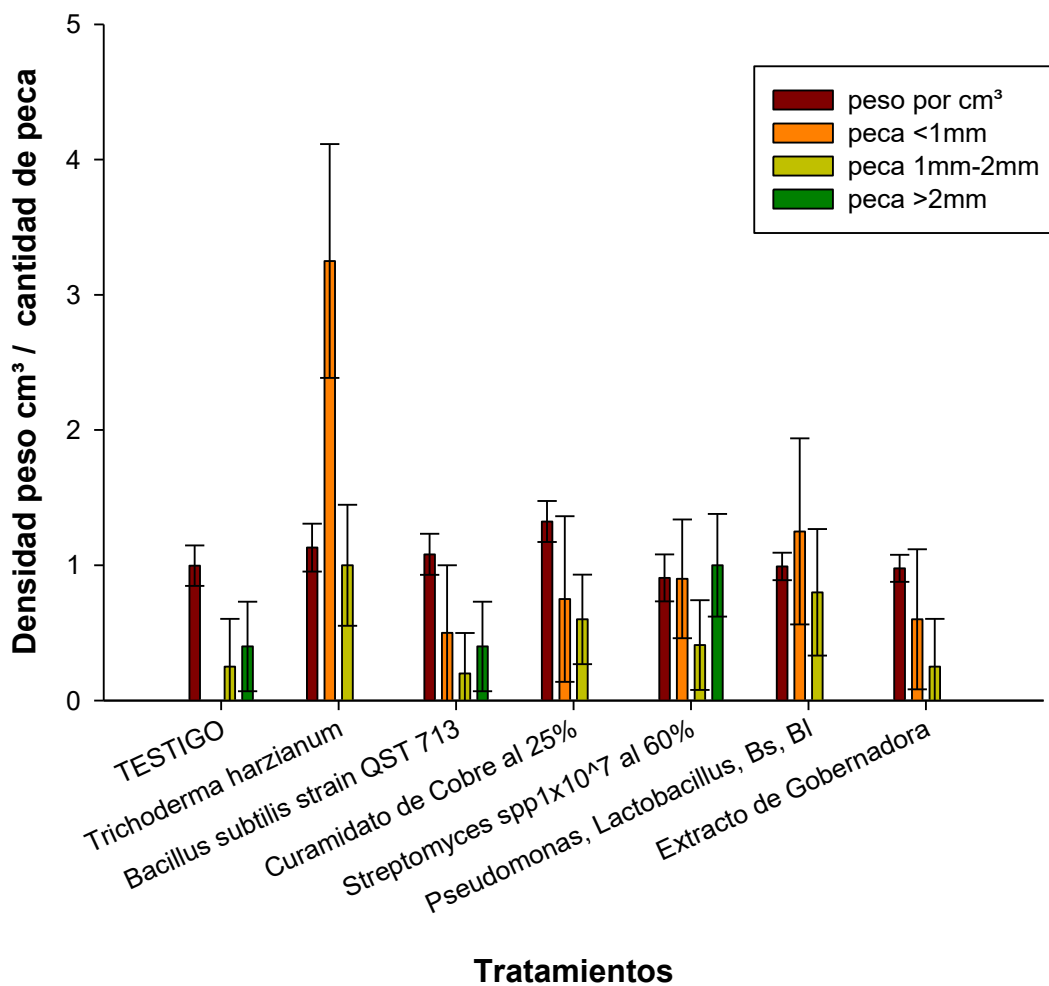
La densidad de raíz, expresada como: gramos por cm³ de volumen (Tabla 13.), fue influenciada por los tratamientos, siendo los tratamiento de curamidato de cobre el que indujo significativamente rábanos más pesados, con valores similares a los obtenidos con la aplicación de *Trichoderma harzianum*, pero superiores al resto de los tratamientos.

Tabla 13. Respuesta de la densidad de raíz a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2019. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tratamientos	Tukey	Media
Curamidato de cobre al 25%	A	1.3234
<i>Trichoderma harzianum</i>	AB	1.1309
<i>Streptomyces</i> spp1x10 ⁷ al 60%	B	1.0994
<i>Bacillus subtilis</i> strain QST 713	B	1.0809
TESTIGO	B	0.9967
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus liqueniforme</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	B	0.9917
Extracto de gobernadora	B	0.9772

Figura 16. Densidad de bulbo de raíz de rábano con respecto a la presencia de peca, por tratamiento para el año 2019.

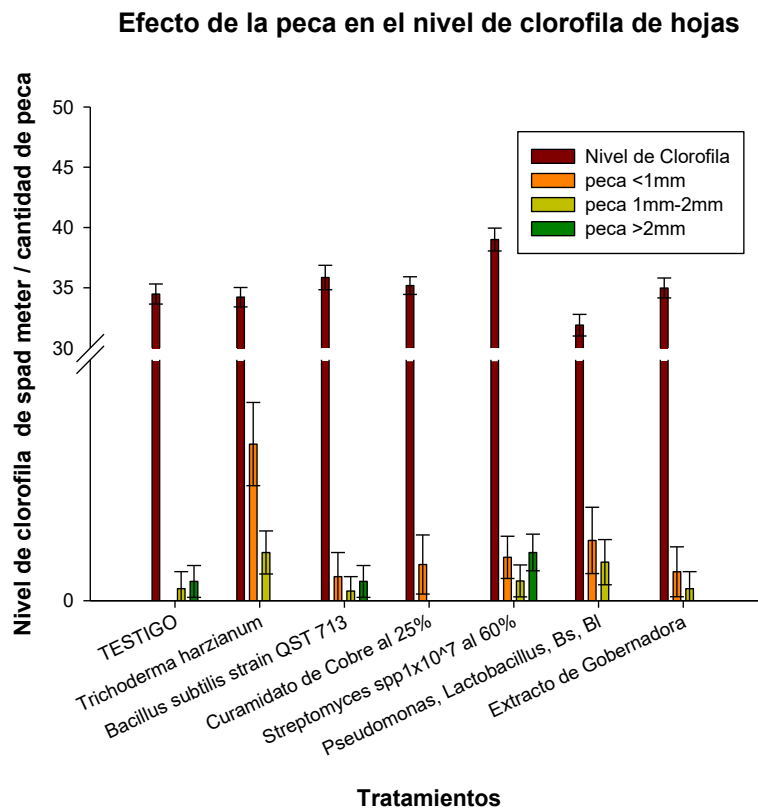
Efecto de peca en densidad del bulbo



Nivel de clorofila

El índice de clorofila en las hojas no mostro diferencia significativa, pero se aprecia un nivel superior en las medias para el tratamiento con 39 unidades para el tratamiento con *Streptomyces spp.* seguido de *Bacillus subtilis* con 35.85 del nivel de clorofila.

Figura 17. Nivel de clorofila de la hoja verdadera más grande de cada planta rábano (medida por Spad meter) con respecto a la aparición de peca en la raíz de la misma planta, por tratamiento para el año 2019



8.2 Resultados obtenidos del segunda repetición del experimento en el año 2020

Los parámetros de lectura de Spad meter, hoja más larga, peso de raíz, grados brix, así como el área foliar, no presentaron diferencias significativas por lo tanto no se incluyeron. Haciendo una excepción para los datos de peso seco, peca mediana y peca grande, ya que representan un dato importante para la empresa.

Pecas por planta por tratamiento

Tabla 14. Respuesta del número de pecas en el bulbo, a tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2020. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tamaño de peca	<1mm		1mm-2mm	
	Tukey	Media	Tukey	Media
TESTIGO	A	8	A	0.33
Acidoperacetico	B	0.5	A	0
COMBINACION aceites vegetales, Terpenos, Ac. Grasos, <i>Bacillus</i>	B	0.4	A	0.5
Humus de lombriz	B	0	A	0.5
<i>Streptomyces</i> spp1x10 ⁷ al 60%	B	0	A	0.5
<i>Bacillus subtilis</i>	B	0	A	0.2
Extracto de gobernadora	B	0	A	0

Para peca chica se obtuvo un resultado altamente significativo y un nivel de confianza del 95%, se pudo observar que el extracto de gobernadora, *Bacillus subtilis*, *Streptomyces spp.* y el humus de lombriz, mostraron igualdad estadística con el menor número de pecas por planta.

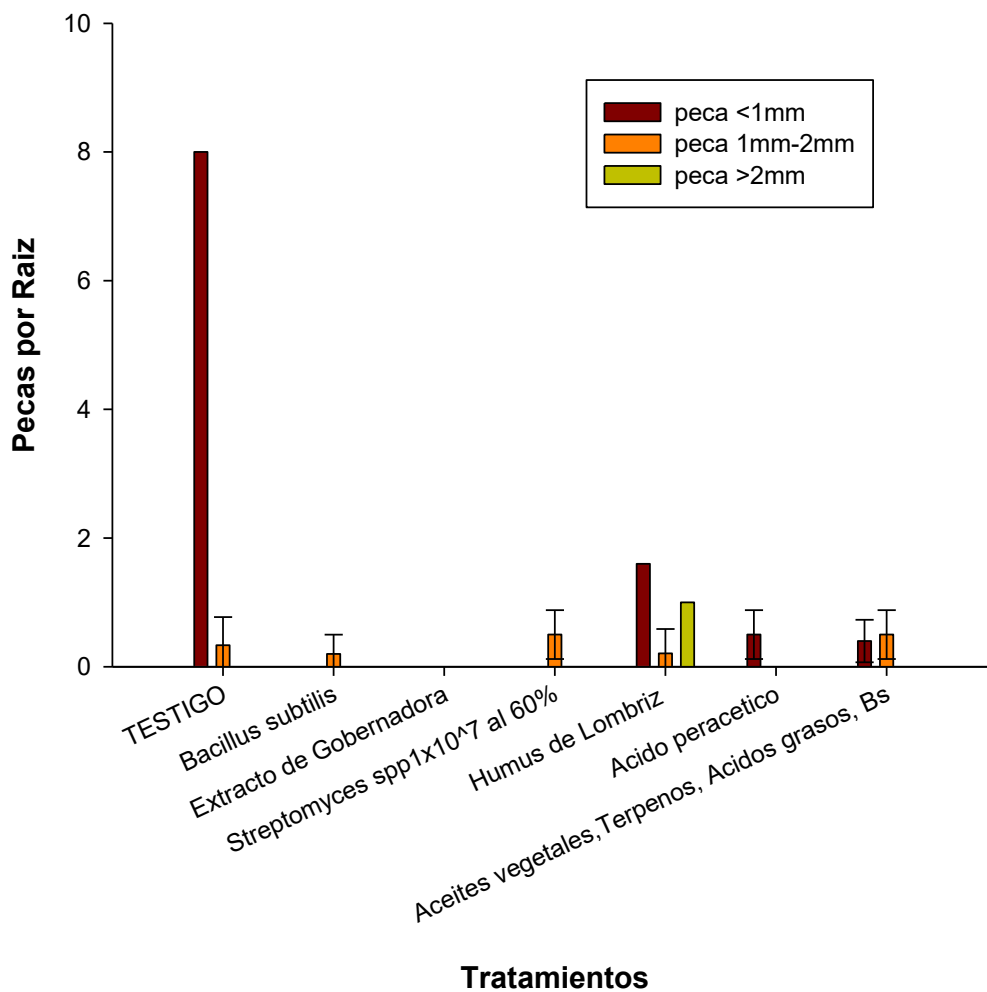
En el caso de peca mediana de 1mm– 2mm el extracto de gobernadora y ácido peracetico mostraron menor cantidad de peca con respecto a los demás

tratamientos, con un nivel de confianza del 95%, por otra parte los datos no mostraron diferencia significativa.

En peca grande mayor de 2mm se observó que los tratamientos de ácido peracético y *Streptomyces spp*, obtuvieron menor cantidad de pecas, seguido de la combinación de aceites vegetales, terpenos, ácidos grasos, Bs. y *Bacillus subtilis* solo, quedando el testigo con la mayor cantidad de pecas mayores a 2mm.

Figura 18. Número de presencia de peca por raíz de rábano obtenida para cada tratamiento, clasificada de acuerdo a su tamaño para el año 2020.

Comparacion por tamaño de peca por Raiz segundo año



Peso del bulbo

El peso de la raíz arrojó datos con igualdad estadística, por lo tanto, no mostro nivel de significancia importante. Para este caso los datos obtenidos de *Bacillus subtilis* con 17 gramos y *Streptomyces spp* con 15.75 gramos, quedaron colocados en primer y segundo lugar respectivamente, siendo un **8.24%** superior al testigo de acuerdo con sus medias.

Altura de bulbo

La información analizada para la medición de la altura de los bulbos (tabla 14), mostró al Extracto de Gobernadora con un nivel de medida estadísticamente mayor, quedando *Bacillus subtilis* y *Streptomyces spp.*, en segunda y tercer posición respectivamente.

Tabla 15. *Altura del bulbo afectada por tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2020. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.*

Tratamientos	Agrupación	Media
Extracto de gobernadora	A	30.8
<i>Bacillus subtilis</i>	A	30.7
<i>Streptomyces spp</i> 1x10 ⁷ al 60%	A	29.6
COMBINACION aceites vegetales, Terpenos, Ac. Grasos, <i>Bacillus</i>	A	28.96
Acido peracético	A	28.45
Humus de lombriz	Ab	27.32
TESTIGO	B	23.1

Ancho ecuatorial del bulbo de la raíz

Tabla 16

Diámetro ecuatorial del bulbo, afectado por tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2020. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tratamientos	Agrupación	Media
<i>Bacillus subtilis</i>	A	32.75
<i>Streptomyces spp</i> 1x10 ⁷ al 60%	A	30.7
Extracto de gobernadora	A	30.2
Acido peracético	A	29.45
Humus de lombriz	A	29.32
COMBINACION aceites vegetales, Terpenos, Ac. Grasos, <i>Bacillus</i>	A	28.37
TESTIGO	B	23.38

*La información obtenida para ancho de bulbo, mostró ser altamente significativo, colocando a *Bacillus subtilis*, *Streptomyces spp* y extracto de Gobernadora en las tres primeras posiciones, aunque similar estadísticamente al reto de los tratamientos, pero superior al testigo.*

Figura 19. Cuatro parámetros de medición para el bulbo de la raíz del rábano, donde se muestra las comparativas entre peso de raíz, altura del bulbo longitudinalmente, ancho del bulbo ecuatorial (horizontal) y volumen de la raíz en mililitros, por tratamiento, para el año 2020.

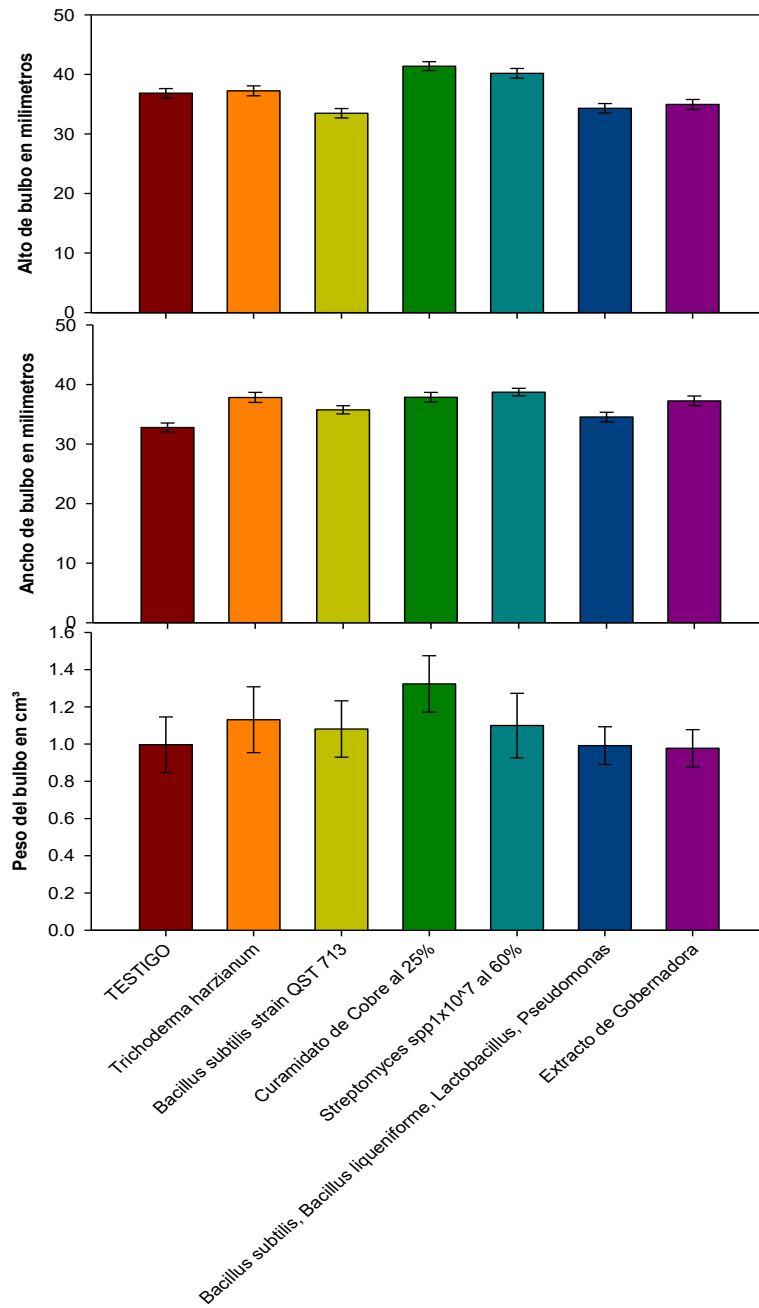
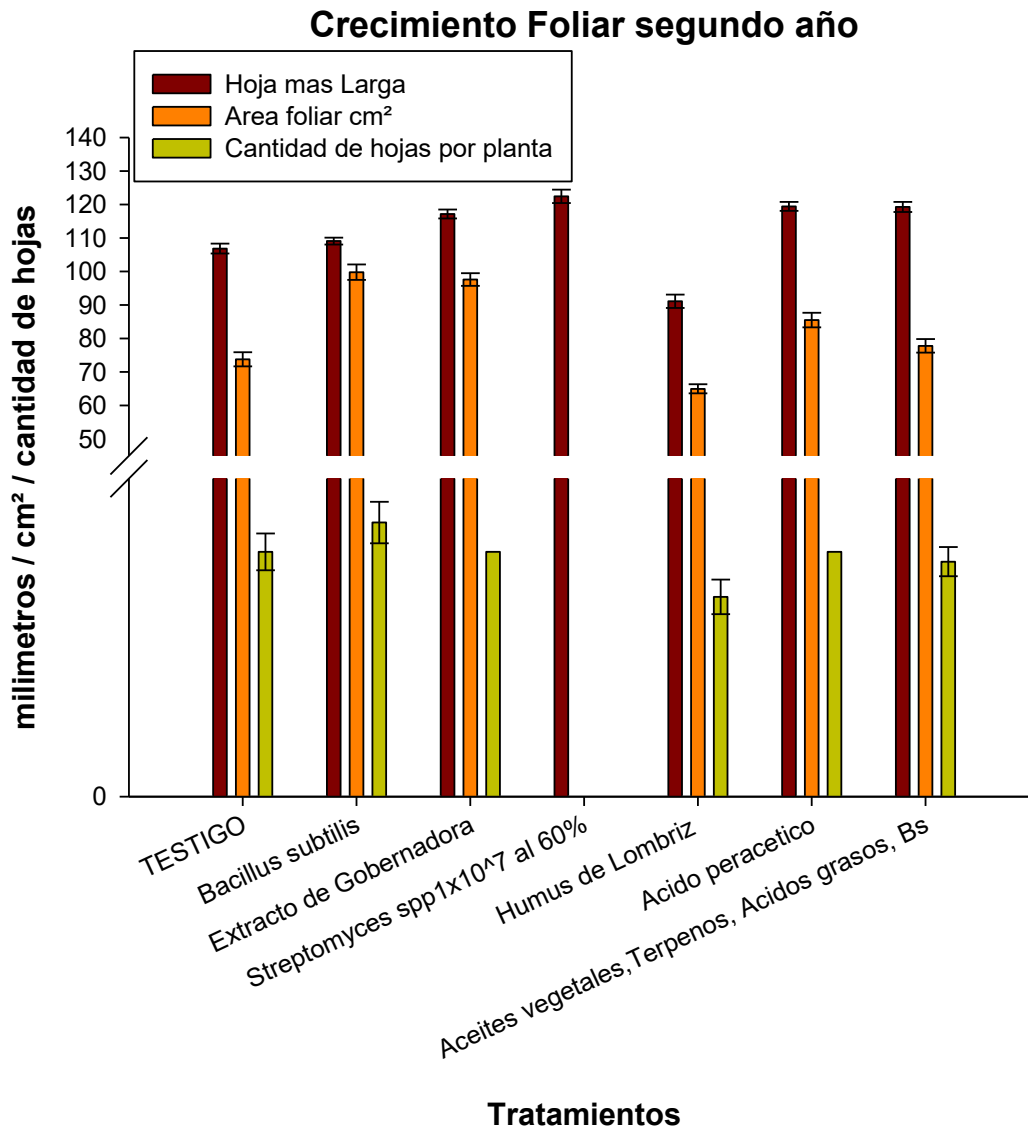


Figura 20. Comparación de tres parámetros de medición para el área foliar del rábano por tratamiento, donde se evaluó la medida de la hoja más larga por planta, total de área foliar en cm² (incluyendo peciolo, limbo y cotiledones) y cantidad de hojas (hojas verdaderas y cotiledones), para el año 2020.



Densidad de la raíz de rábano

Los datos obtenidos del peso por centímetro cúbico de la raíz del rábano en el ciclo 2020 (tabla 17.), muestran que los tratamientos de extracto de gobernadora y el aporte de humus de lombriz indujeron la mayor densidad, aunque, siendo el extracto de gobernadora estadísticamente superior al resto de los tratamientos.

Tabla 17. Densidad del bulbo expresada como gramos por cm³, afectada por tratamientos para el control de la peca del rábano, durante ciclo 2020. Las medias que muestran la misma letra no difieren significativamente a un nivel de 0.05.

Tratamientos	Agrupación	Media
Extracto de gobernadora	A	3.15
Humus de lombriz	AB	2.646
<i>Bacillus subtilis</i>	B	2.552
COMBINACION aceites vegetales, Terpenos, Ac. Grasos, <i>Bacillus</i>	B	2.315
<i>Streptomyces spp</i> 1x10 ⁷ al 60%	B	2.24
Acido peracético	B	2.062
TESTIGO	B	2.055

IX DISCUSION

En este estudio se analizó el comportamiento de distintos materiales para la supresión del daño causado por el actinomiceto *Streptomyces scabies*, y se evaluó además tomando lecturas del comportamiento del cultivo con relación a la cantidad de daño por el patógeno.

Para la cantidad de peca, se compararon los resultados obtenidos y se logró observar que las unidades experimentales tratadas con *Bacillus subtilis* tuvieron buenos resultados. puede deberse a la producción antibióticos los cuales predominantemente son péptidos dirigidos al control de patógenos (Nagórska et al, 2007).

Bacillus subtilis también se mostró como mejor tratamiento. En cuanto a peso seco de las muestras además de mantenerse constante como el segundo mejor resultado, para nivel de clorofila durante los dos años del experimento, este efecto puede deberse a la producción de fitohormonas para el desarrollo del cultivo (Wang et al., 2019), además de la capacidad de permitir a la planta de rábano crecer de mejor forma en condiciones de alta salinidad, ya que al igual que otras bacterias como *Pseudomonas flourescens* pertenecen a un grupo de bacterias llamadas Plant-growth-promoting bacteria (PGPB), las cuales trabajan en conjunto con la planta permitiéndole un mejor desarrollo (Mohamed & Gomaa, 2012).

Streptomyces spp no patogénico también indujo un mejor desempeño de la planta y esto se puede interpretar como la interacción de *Streptomyces* no patogénico mediante antibióticos específicos generados como medio de control, además de generar competencia evitando que *Streptomyces scabies* colonice la raíz (Schottel et al., 2001).

Otro tratamiento que mostro resultados interesantes es el extracto *Larrea tridentata* ya que redujo la presencia de infección. Esta respuesta puede deberse a las propiedades fúngicas y antibacterianas (Saldívar et al., 2003), atribuidas a la producción de lignatos y flavonoides por parte de la planta, tales como el ácido nordihidroguaiarético.

Con respecto al desarrollo de la raíz, distintos tratamientos mostraron resultados favorables; entre ellos se encuentra *Streptomyces spp.* no patogénico, que obtuvo mayores tamaños de raíz en los dos experimentos. Diversos autores reportan que esta PGPR produce fitohormonas, además de la protección contra patógenos secundarios (Schottel et al., 2001), lo que puede explicar su desempeño en el desarrollo del bulbo.

El tratamiento en que se utilizó cobre, también mostro buen desarrollo de raíz, así como una mayor densidad de bulbo, esto pudiendo deberse a que brinda protección a la planta contra algunos hongos y bacterias, siendo su función como nutriente a bajas dosis (Hopkin & Hüner, 2008).

Otro tratamiento que obtuvo mayores tamaños y uniformidad de fruto fue el extracto de *Larrea tridentata*. Debido a la reducción de patógenos en el suelo (Saldívar et al., 2003), dejando libre el camino para que la raíz de rábano pueda crecer de mejor manera. Aunque también es posible la uniformidad de la raíz se puede deber al efecto alelopático de los compuestos del extracto, manifestándose como la represión del crecimiento alargado del hipocotilo del rábano.

El desarrollo foliar fue mayormente favorecido por la aplicación de *Trichoderma harzianum*, ya que es sabido de su sinergia con la raíz y la producción de fitohormonas (Benítez et al., 2004), además de la protección contra patógenos del suelo como *fusarium sp* y *Streptomyces scabies* (Wang et al., 2019)., entre otros, que le permite a la planta desarrollarse de mejor.

Se concluye que los tratamientos con mejor desempeño fueron *Streptomyces spp* no patogénico y *Bacillus subtilis*. En segundo lugar, se encuentran extracto de gobernadora y *Trichoderma harzianum*

En cuanto a control de peca *Bacillus subtilis* y *Larrea tridentata* mostraron mejores resultados seguidos de los materiales que se probaron solo un año y dieron buenos resultados como son: ácido peracético, la combinación de extractos vegetales + Bs. y humus de lombriz, de los cuales estos últimos sería interesante dar seguimiento para posterior comparación.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula acerca de que los productos biológicos ejercen un control que permite al cultivo de rábano desarrollarse sin afectaciones mayores en la calidad y rendimiento.

También se acepta la hipótesis nula acerca de que los productos químicos utilizados permitirán un control adecuado de la peca del rábano.

X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo del experimento se pudieron obtener datos importantes para el control del problema de la peca en el cultivo de rábano, usando productos amigables con el medio ambiente, además se evaluaron materiales de distinto modo de acción..

En trabajos posteriores en búsqueda de mejorar el control para la peca en el cultivo del rábano, se debería evaluar los productos con los mejores resultados, replicando el experimento a distintas dosis e incrementadas escalonadamente, para identificar la más eficaz, ya que en los tratamientos con mayores cantidades de ingrediente activo se mostraron resultados relevantes, esto independientemente del modo de acción. En todo momento tomar en cuenta intervalos a cosecha, relación costo-beneficio y utilizando los materiales que son de origen natural para evitar fitotoxicidad o algún tipo de contaminación al cultivo y al medio ambiente.

XI REFERENCIAS

- Abawi, G. S., & Widmer, T. L. (2000). Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 37–47. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00070-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00070-6)
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. (G. N. Agrios, Ed.) (5th ed.). Elsevier Academic Press. Retrieved from www.books.elsevier.com
- Al-Shehbaz, I. A. (2020). ITIS Standard Report Page Raphanus. Retrieved from https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=23288#null
- Alvaro, J., Moreno, S., Dianez, F., Santos, M., Carrasco, G., & Urrestarazu, M. (2009). Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables. *Journal of Food Engineering*, 95(1), 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.05.003>
- Arana, A. (2010). Antimicrobial and antioxidant activities of Mexican oregano essential oils (*Lippia graveolens* H . B . K .) with different composition when microencapsulated in β -cyclodextrin, 50(Kintzios 2002), 585–590. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2010.02837.x>
- Arteaga, S., & Andrade-cetto, A. (2005). *Larrea tridentata* (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid, 98, 231–239. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.02.002>
- AYUB, C. M. (2014). Effect of Nitrogen Levels and Spacing on Growth and Yield of Radish (*Raphanus* Effect of Nitrogen Levels and Spacing on Growth and Yield of Radish (*Raphanus sativus* L .), (May), 1–4.
- Babcock, M. J. (1993). Production and regulation of potato scab inducing phytotoxins by *Streptomyces scabies*. *Journal of General Microbiology*. Retrieved from

<https://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/micro/139/7/mic-139-7-1579.pdf?expires=1597965946&id=id&accname=guest&checksum=F203567CE8FD3D885712BF552F454D>

Beaulieu, C. (2001). Actinomycetes, promising tools to control plant diseases and to promote plant growth. *Phytoprotection*, 82(3), 85–102. <https://doi.org/10.7202/706219ar>

Beaus, J., Clermont, N., & Beaulieu, C. (2003). Effect of *Streptomyces melanosporofaciens* strain EF-76 and of chitosan on common scab of potato, 463–468.

Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C., & Codón, A. C. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, 7(4), 249–260. <https://doi.org/1139-6709>

Calvo, P. (2010). CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE CEPAS de *Bacillus* spp . AISLADAS DE LA RIZÓSFERA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Bacillus* spp . STRAINS FROM POTATO (*Solanum tuberosum*) RHIZOSPHERE, 9(1).

Cano, M. A. (2011). *INTERACCIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN PLANTAS: Micorrizas , Trichoderma spp . y Pseudomonas A REVIEW OF INTERACTION OF BENEFICIAL MICROORGANISMS IN PLANTS: Mycorrhizae , Trichoderma spp . and Pseudomonas spp . INTERACCIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS.*

Conasami. (2019). Fija Consejo de Representantes de la Conasami en 123.22 pesos el salario mínimo general para 2020. Retrieved from <https://www.gob.mx/conasami/prensa/fija-consejo-de-representantes-de-la-conasami-en-123-22-pesos-el-salario-minimo-general-para-2020?idiom=es>

Doumbou, C. L., Akimov, V., & Beaulieu, C. (1998). Selection and characterization of microorganisms utilizing thaxtomin A, a phytotoxin produced by *Streptomyces*

scabies. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(11), 4313–4316.

Durán, L. (2009). CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) EN CINCO SUSTRATOS ORGÁNICOS. *Agronomía Costarricense*, 33, 275–281. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/436/43613279011.pdf>

El-rahman, A. B. D. (2018). EVALUATION OF SOME FUNGICIDES EFFECTIVENESS IN CONTROL OF BLACKLEG AND COMMON SCAB OF POTATO, 96(4), 1307–1324.

Fernández, J. J. E. de los M. (2005). *Instituto de Biotecnología UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Caracterización del proceso de crecimiento de*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Fernández, M. A., Barberia, L., Gámez, E., & Deyá, C. (2019). Organomontmorillonite with biogenic compounds to be applied in antifungal coatings. *Applied Clay Science*, (May), 105369. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2019.105369>

Filion, M. (2010). The ability of *Pseudomonas* sp. LBUM223 to produce phenazine-1-carboxylic acid affects the growth of *Streptomyces scabies*, the expression of thaxtomin biosynthesis genes and the biological control potential against common scab of potato. *FEMS MICROBIOLOGY ECOLOGY*. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00992.x>

Flores Gonzalez, R. (2008). Laboratorio de Producción y Sanidad Vegetal de Sevilla.

G. Hopkin, W., & H. P. Hüner, N. (2008). *Introducción to plant physiology* (4th ed.). London, Ontario: John Wiley & Sons, Inc.

Gomez, I. (1997). Genetic diversity and vegetative compatibility among *Trichoderma harzianum* isolates. *Mol Gen Genet*, 127–135. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s004380050554>

Howell, C. R. (2003). Mechanisms Employed by *Trichoderma* Species in the

Biological Control of Plant Diseases : *USDA/ARS Southern Plains Agricultural Research Center*, 87(1), 7. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.1.4>

Insam, H. (1996). Microorganisms and Humus in Soils. *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems Edited*, 265–292. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-044481516-3/50007-4>

J. P. Martin, K. H. (1970). Microbial activity in relation to soil humus formation. *Soil Science*, 111.

Kim, J. A. Y. W., Kim, Y. S., & Kyung, K. Y. U. H. (2004). Inhibitory Activity of Essential Oils of Garlic and Onion against Bacteria and Yeasts, 67(3), 499–504. <https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.3.499>

Koike, S. T. (2007). *Vegetable Diseases*. Manson Publishing Ltd.

Lambert, D. H., & Loria, R. (1989). *Streptomyces scabies*, 39, 387–392.

Liu, D., Anderson, N. A., & Kinkel, L. L. (1995). Biological Control of Potato Scab in the Field with Antagonistic *Streptomyces scabies*. *Phytopathology*. <https://doi.org/10.1094/Phyto-85-827>

Loria, R., Bukhalid, R. A., Fry, B. A., & King, R. R. (1997). Plant Pathogenicity in the Genus STREPTOMYCES, 81(8).

Mohamed, H. I., & Gomaa, E. Z. (2012). Effect of plant growth promoting *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* on growth and pigment composition of radish plants (*Raphanus sativus*) under NaCl stress. *Photosynthetica*, 50(2), 263–272. <https://doi.org/10.1007/s11099-012-0032-8>

Moshiri, F., Crouse, B. R., Johnson, M. K., & Maier, R. J. (1995). The “ Nitrogenase-Protective ” FeSII Protein of *Azotobacter vinelandii*: Overexpression, Characterization, and Crystallization. *Biochemistry*, 12973–12982. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/bi00040a007>

- MuranakaFarm. (2020). Muranaka Farm - Specs. Retrieved from <http://www.muranakafarm.com/specs/radish.php>
- Nagórska, K., Bikowski, M., & Obuchowski, M. (2007). Multicellular behaviour and production of a wide variety of toxic substances support usage of *Bacillus subtilis* as a powerful biocontrol agent, *54*(3), 495–508.
- Naqvi, S. A. M. H. (2004). *Diseases of Fruits and Vegetables*. (S. A. M. H. Naqvi, Ed.) (2004th ed., Vol. I). Springer Science + Business Media, Inc.
- Nishio, T. (2017). Economic and Academic Importance of Radish. *Compendium of Plant Genomes*, 1–10. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-59253-4>
- Perdomo Roldán Francisco, M. P. J. (2009). *Raphanus sativus* - ficha informativa. Retrieved from <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/brassicaceae/raphanus-sativus/fichas/ficha.htm>
- Piccolo, A. (1996). Humus and Soil Conservation. *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-044481516-3/50006-2](https://doi.org/10.1016/B978-044481516-3/50006-2)
- Proboningrum, A. (2019). Effectivity and compatibility of *Azotobacter* and *Bacillus* for biological control agents of fusarium wilt on banana seedlings. *Earth and Environmental Science*, *250*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/250/1/012003>
- Randall Worthley, D. B. (2004). LECITHIN-CONTAINING DRIFT REDUCTION COMPOSITION FOR USE IN SPRAYING AGRICULTURALACREAGE. Retrieved from <https://patentimages.storage.googleapis.com/32/ee/77/97b144d878dd94/US6797673.pdf>
- Rene N. Larose. (1998). METHOD FOR CONTROL OF HORTICULTURE DISEASES, AND DECONTAMINATION OF PLANT TISSUE. Retrieved from <https://patentimages.storage.googleapis.com/71/fc/50/3e1fdb2bdc7ee7/US5723>

406.pdf

Saldívar, L., Hugo, R., Lira-saldívar, R. H., Biopolímeros, G. De, Investigación, C. De, Aplicada, Q., ... Cp, M. (2003). Estado Actual del Conocimiento Sobre las Propiedades Biocidas de la Gobernadora [*Larrea tridentata* (D . C .) Coville]. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21, 214–222. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221217.pdf>

Schottel, J. L., Shimizu, K., & Kinkel, L. L. (2001). Relationships of in Vitro Pathogen Inhibition and Soil Colonization to Potato Scab Biocontrol by Antagonistic *Streptomyces* spp . *Biological Control*, 112, 102–112. <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0893>

SEDAGRO. (2018). “Programa de Georeferenciación de cultivos.” Retrieved from http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/pdf/baners/RESULTADOS PGRECVM-2018.pdf

SEFOA. (2020). SIMARBC. Retrieved from www.sefoa.gob.mx/simarbc

SENASICA. (2020). SENASICA requisitos fitosanitarios para la importacion. Retrieved from <https://sistemasssl.senasica.gob.mx/mcrfi/ConsultaCatalogos.xhtml>

Sharma, K. (2009). Morphological , Biochemical and Molecular Characterization of *Trichoderma harzianum* Isolates for their Efficacy as Biocontrol Agents. *J. Phytopathology*, 56, 157. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01451.x>

SIAP. (2016). No Title. Retrieved from <https://www.gob.mx/siap/articulos/somos-noveno-productor-de-hortalizas-a-nivel-mundial>

SIAP. (2017). Rábano Volumen. *Boletín de Exprotaciones*, 2017. Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/323409/Mayo__r_bano__2018.pdf

Singh, A., Singh, D. P., Tiwari, R., Kumar, K., Vir, R., Singh, S., ... Nain, L. (2015).

- Taxonomic and functional annotation of gut bacterial communities of *Eisenia foetida* and *Perionyx excavatus*. *Microbiological Research*, 175, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.03.003>
- Sponseller, R. A., Hall, S. J., Huber, D. P., Grimm, N. B., Kaye, J. P., Clark, C. M., & Collins, S. L. (2012). Variation in monsoon precipitation drives spatial and temporal patterns of *Larrea tridentata* growth in the Sonoran Desert. *Functional Ecology*, 750–758. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.01979.x>
- Strange, R. N. (2003). *Introduccion to Plant Pathology*. wiley.
- Takeuchi, T., Sawada, H., Tanaka, F., & Matsuda, I. (1996). Phylogenetic Analysis of *Streptomyces* spp . Causing Potato Scab s rRNA Sequences Based on 1, (iii), 476–479.
- Valencia-gómez, L. E., Martel-estrada, S. A., Vargas-requena, C., Rivera-armenta, J. L., Alba-baena, N., Rodríguez-gonzález, C., & Olivas-armendáriz, I. (2016). Chitosan/Mimosa tenuiflora films as potential cellular patch for skin regeneration. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 1217–1225. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.09.083>
- Wang, Z., Li, Y., Zhuang, L., Yu, Y., Liu, J., Zhang, L., ... Wang, Q. (2019). A Rhizosphere-Derived Consortium of *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* Suppresses Common Scab of Potato and Increases Yield. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 17, 645–653. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2019.05.003>
- Weller, D. M. (2007). *Pseudomonas* Biocontrol Agents of Soilborne Pathogens : Looking Back Over 30 Years. *Phytopathology*, (53). <https://doi.org/10.1094/PHTO-97-2-0250>
- Rios Cortéz Diana V. 2016. FORMULACIÓN DE UN FUNGICIDA BIOLÓGICO CONTRA EL PATÓGENO *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* A BASE DE *Fusarium oxysporum* NO PATOGÉNICO Y *Pseudomonas fluorescens*". Tesis de

maestría. UES