

In search of safe strawberry production with eco-friendly control of *Neopestalotiopsis rosae*

En busca de una producción inocua de fresa con el control ecoamigable de
Neopestalotiopsis rosae

González Álvarez Ana Daniela¹, Cruz Jiménez Dafne², Nuñez Díaz David Antonio³, Rodríguez Lunar Jared Misael¹, Armendariz Flores Jonathan Ulises¹, Canchola Martínez María Isabel¹, Abraham Juárez Ma. del Rosario¹

¹Departamento de Alimentos, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato.

²Tecnológico Nacional de México, Campus Villahermosa

³Universidad Popular de la Chontalpa

ad.gonzalezalvarez@ugto.mx1, l20300364@villahermosa.tecnm.mx2, 062aa20@upch.mx3, jm.rodriguezlunar@ugto.mx1, ju.armendarizflores@ugto.mx1, mi.cancholamartinez@ugto.mx1, mabraham@ugto.mx1

Resumen

En el estado de Guanajuato, el ataque del hongo Pestalotia (*Neopestalotiopsis rosae*) ha tenido un gran impacto social y económico en los últimos años en el cultivo de fresa, reportándose pérdidas de hasta un 70% de mortandad en las plantas. Por lo anterior, en esta investigación se buscó una alternativa de control ecoamigable, iniciando con un muestreo de los tejidos de corona, raíz y hoja visiblemente afectadas por Pestalotia, para identificarla por impronta. Se estableció un bioensayo con 6 tratamientos en un cultivo de fresa de la variedad Camino Real, afectado por Pestalotia, ubicado en la comunidad Ex Hacienda de Márquez, Irapuato, Gto.: Tratamiento Control (sin aplicación), T1: agua ozonizada, T2: Captan, T3: *Trichomic*, T4: *Fusaramic*, T5: Promobac (*B. subtilis*), T6: Glicladium. Se hicieron 3 aplicaciones con una alternancia de 7 días entre estas y un monitoreo antes y después de las aplicaciones para evaluar la incidencia y la eficiencia de los tratamientos. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar para el establecimiento de los tratamientos en el cultivo y se analizaron los datos con una prueba T student para comparar las medias entre los tratamientos. Se hizo colecta de frutos al inicio y al final del bioensayo de cada tratamiento para su evaluación de parámetros de calidad (morfología, peso, tamaño, color, SST, pH). De los tratamientos evaluados se puede argumentar que el mejor tratamiento con respecto a los otros tratamientos evaluados es el T5 (Promobac), siendo el que tuvo mayor control sobre la enfermedad, presentando para cada etapa (1-4) que sí existe diferencia significativa en comparación con el control, teniendo efecto sobre el índice de senescencia en las plantas (20% de mortandad) y en la calidad de los frutos de fresa. Se debe seguir trabajando en su validación para que en el corto plazo pueda ser utilizado por los fresicultores de la región, demostrando que pueden ser una alternativa factible y ecoamigable como sistema de control de este fitopatógeno en los cultivos de fresa.

Palabras clave: Fresa, *Neopestalotiopsis rosae*, Pestalotia, Control ecoamigable, Calidad, Inocuidad.

Introducción

Neopestalotiopsis rosae (Pestalotia) es un hongo fitopatógeno que ha sido identificado en varias regiones del mundo, incluyendo México. En Guanajuato, se han observado infecciones en cultivos de fresa, principalmente en los municipios donde la producción de esta fruta es significativa. (García, L.M., et al., 2022). En 2018, en el municipio de Jacona, Michoacán, se inició la investigación de una enfermedad desconocida que provocaba el colapso de las plantas de fresa, mostrando un alto potencial de daño. Muchos agricultores tuvieron que replantar varias veces y en algunos casos hubo pérdidas totales de las plantaciones. Las pérdidas estimadas en la región ascendieron a 2,500 millones de pesos (SENASICA, 2022). En 2021, SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) reportó en Irapuato una producción de 35,290.92 toneladas con 551 ha cosechadas, mientras que en 2023 reportó una producción de 37,420.50 toneladas con 583 ha cosechadas.

La planta de la fresa es herbácea vivaz, perenne, con tallo cilíndrico, donde nacen hojas formando un rosentón, el tallo es rastrero y estolonífero, es decir, que en su base lleva estolones con yemas y raíces adventicias, de las cuales se desarrolla vegetativamente, su altura varía de 10 a 25 cm. Sus hojas sin palmeadas, trifoliadas con folíolos ovales, dentados y con pelos cortos, largamente peciolada, lámina trifoliada de 3 hojas elípticas, cuneadas en la base con márgenes acerradas. La flor consta de un cáliz, cinco pétalos, elípticos de 5 cm, numerosos estambres cortos amarillos.

El receptáculo de la flor se dilata y se vuelve rojo, jugoso, carnosos, también es conocido como un carpóforo, es decir, que la fresa es un pseudofruto. (Oscar, C.H., 1978).

Las plantas infectadas por *Neopestalotiopsis rosae* suelen mostrar síntomas como manchas foliares, lesiones en tallos y frutos, y en casos severos, marchitez y muerte de la planta. Estos síntomas pueden llevar a pérdidas económicas significativas para los productores. El desarrollo de este fitopatógeno es favorecido por condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas. En ciertas temporadas del año sean más propensas a la aparición de esta enfermedad, especialmente en regiones con clima templado. El manejo de *Neopestalotiopsis rosae* incluye prácticas culturales como la eliminación de restos de plantas infectadas, la rotación de cultivos, y el uso de fungicidas apropiados. También se recomienda monitorear continuamente los cultivos para detectar tempranamente la presencia del hongo. (García L.M., et al., 2022)

Esta investigación busca evaluar la capacidad de control de agua ozonizada, Captan, *Trichomic*, *Fusaromic*, Promobac (*B. subtilis*), T6: Glicladium. sobre *N. rosae* en un cultivo agroecológico de fresa variedad Camino Real para dar solución a la problemática causada por dicha plaga en el cultivo y asimismo mantener la seguridad agroalimentaria.

Metodología

El experimento se llevó a cabo en un cultivo de fresa (*Fragaria spp.*) de la comunidad "Ex Hacienda de Márquez", Irapuato, Guanajuato, en los predios de producción agrícola localizados en las coordenadas geográficas 20° 47' 33.6" N 101° 21' 18.1" W a 1750 -msn. El cual mantiene un sistema de producción agroecológico con las siguientes características: barrera física de cilantro (*Coriandrum sativum*) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*), sistema de riego rodado y cultivos alternos de maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) en su colindancia.

Se seleccionaron las plantas de fresas (*Fragaria x ananassa Duch cv. Camino Real*) infectadas por Pestalotia en distintas etapas de infestación. Estas fueron llevadas al laboratorio para el aislamiento e identificación de *Neopestalotiopsis rosae* a través de improntas para asegurar su presencia en el cultivo, además de seleccionar un nuevo hongo que pudiera ser una alternativa de control para este fitopatógeno y además endógeno de un cultivo de fresa de la región, para reproducir y aplicar como un tratamiento más a evaluar en los bioensayos, así como también para clasificar el material vegetal por porcentaje de infestación mediante disección y separación de cada órgano, y fuera más fácil la identificación en el monitoreo hecho en el cultivo de fresa evaluado.

Se realizaron bioensayos en campo y en laboratorio para apreciar el comportamiento de la Pestalotia (*Neopestalotiopsis rosae*) contra diferentes microorganismos, para lo cual se utilizaron las siguientes técnicas (Tabla 1):

Tabla 1. Técnicas aplicadas para la obtención del aislamiento de Pestalotia (*Neopestalotiopsis rosae*)

Nombre de la técnica	Descripción	Referencia
PDA casero	Se elabora a partir de papas frescas añadiendo agar, dextrosa y ácido tartárico.	NOM-111-SSA1-1994 (federación, 1995)
Cultivo de tejido	Se usa la totipotencia, la capacidad de una célula de generar un individuo idéntico a la madre, con la misma información genética y la misma función.	(Kieran, MacLoughlin, & Malone, 1997)
Cultivo por técnica de Touch.	Se emplea esta técnica ampliamente utilizada para inocular directamente en el medio para la siembra de microorganismos de interés	(Smith, 2020)
Cultivo de bacteria con método de punzada.	Inocular en repetidas cuadrillas para lograr la siembra de cada una de las bacterias.	

Cultivo de hongos (siembra gigante)	Implica cultivar hongos a gran escala, comenzando con la preparación de grandes volúmenes de PDA como medio de cultivo para inocular y propagar el micelio.	(Stamets, 2000)
Tinción de impronta para hongos	Tomamos una impresión del esporodoquio (la parte fructífera del hongo) y aplicar un tinte para resaltar las estructuras y características específicas de las esporas y otras partes del hongo.	(Ellis, 1971)
Microcultivo de hongos	Se cultiva en volúmenes pequeños para propagar cepas, estudiar el crecimiento, realizar las pruebas de susceptibilidad.	(Blakemore, 2004)

Diseño experimental

Se empleó el diseño experimental de bloques completamente aleatorizado, debido a que el cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa Duch cv. Camino Real*) se siembra en hileras a 3 bolillos con una densidad de 15x15 cm, este diseño permite agrupar las repeticiones dentro de un solo bloque. El área total fue de 18 hileras con una media de 250 plantas cada una. Se dividió 2 hileras por cada tratamiento con una hilera de barrera para tener un mayor control de pureza en estos (Figura 1).

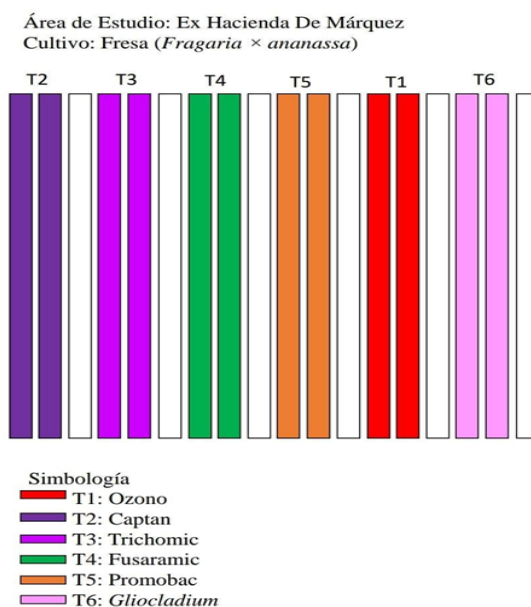


Figura 1. Localización de tratamientos en área experimental evaluada.

Descripción de tratamientos

- T1: Agua ozonizada (1.5 ppm)
- T2: Captan (2 ppm)
- T3: Trichomic (1:700)
- T4: Fusaramic (1:700)
- T5: Promobac (1:700)
- T6: Gliocladium* (1:200)
- Control (sin aplicación)

*hongo aislado del cultivo de fresa en este trabajo

Las aplicaciones de los tratamientos realizaron con una frecuencia de 7 días vía “drench”, asperjando en su totalidad a la planta infestada.

Asimismo, se evaluó por monitoreo, la incidencia de las plantas, estableciéndose 5 etapas de daño:

Tabla 2. Incidencia de *Neopestalotiopsis rosae*

Etapas	Porcentaje de incidencia
1	Senescencia total
2	61-90%
3	31-60%
4	1-30%
5	Planta sana

Determinación de parámetros de calidad a frutos de fresa producidos por plantas tratadas y no tratadas

Una vez aplicados los tratamientos se cosecharon los frutos de fresa y se les realizaron las pruebas fisicoquímicas a la semana 1 y 2 posterior a la aplicación, cada una de estas se realizó por triplicado. La determinación de las características morfológicas de las muestras de fresa se realizó de manera visual. Para la medición del peso se utilizó una balanza analítica (PIONEER PA124). La medición de tamaño se realizó empleando un vernier con el cual se midió la longitud y diámetro ecuatorial. El color se determinó con un colorímetro (Color Flex HunterLab) tomando lectura de los parámetros L, a* y b*. Para el análisis de textura, la firmeza de las muestras se midió con un texturometro modelo TA-XT2 el análisis involucró cortar las fresas con un grosor 3 mm y se empleó una velocidad de descenso de 5 mm/s y distancia de penetración del 60%. El contenido de sólidos solubles totales se midió con un refractómetro (HANNA HI96801). El pH se determinó con un potenciómetro Orin Star™ A214.

Diseño estadístico

Se realizó una prueba T student para comparar las medias de cada tratamiento con el tratamiento control.

Resultados y discusión

De las improntas de *Neopestalotiopsis rosae* (Figura 3) y del hongo potencialmente inhibidor que también se aisló del cultivo de fresa evaluado con base a los resultados obtenidos se pudo identificar con base a la estructura morfológica que se aisló a *Gliocladium ssp.* (Figura 2).

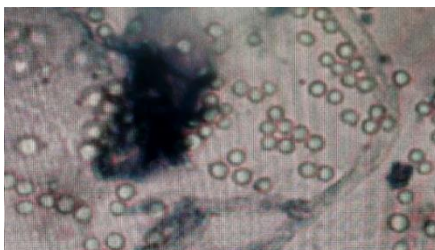


Figura 2. Estructura morfológica de *Gliocladium* spp.

Descripción de la estructura del hongo *Gliocladium* spp.

1. Conidióforos son estructuras ramificadas, se originan a partir de las hifas y se extienden verticalmente y pueden tener varias ramificaciones laterales donde se desarrolla los conidios.
2. Conidios: Son las esporas asexuales producidas por el hongo. Suelen formarse en cadenas largas en las extremidades de los conidióforos y son de forma esférica a elipsoidal y pueden variar en tamaño dependiendo de la especie.
3. Estructuras de hifas: son septadas y transparentes (hialinas). Pueden formar un micelio denso en condiciones óptimas de crecimiento.

Estructuras del hongo *Neopestalotiopsis rosae*

Se logró aislar y caracterizar a *Neopestalotiopsis rosae* (Figura 3) de un cultivo de fresa comercial en el municipio de Irapuato. Entre los caracteres morfológicos se observaron los siguientes: las hifas generalmente se encontraron inmersas en el medio y, en otras, superficiales; eran más o menos cilíndricas, tabicadas, ramificadas en ángulos casi rectos y presentaron una coloración con tonalidades carmelitas. Los conidióforos a menudo surgen solitarios o en pequeños grupos, son ramificados, rectos o flexuosos, lisos, de color carmelita, con un tamaño de 3 a 6 μm de ancho y con uno o varios conidios. Dichos conidios se forman en largas cadenas o a menudo en solitario, son obclavados, ovoides o elipsoidales, con un pico cilíndrico o cónico corto (de color pálido, de 2 a 4 μm de ancho), lisos o verruculosos, de color carmelita con aproximadamente hasta ocho septos transversales y usualmente varios longitudinales, de 18-43 x 9-16 μm .

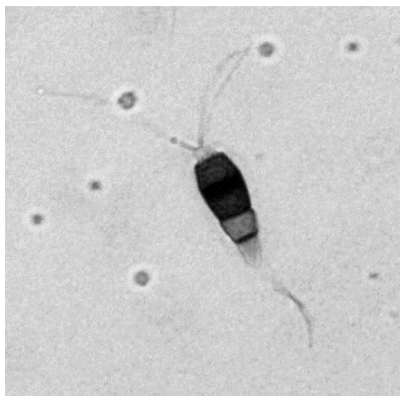


Figura 3. Estructura morfológica de *Neopestalotiopsis rosae*

Ya teniendo identificado a *Neopestalotiopsis rosae* y garantizando su presencia en el cultivo a evaluar se iniciaron las aplicaciones de los tratamientos para después de una semana de aplicación obtener los resultados de los monitoreos de la incidencia de Pestalotia reflejada en la sanidad de las plantas. Se llevaron a cabo un total de 4 monitoreos distribuidos en un periodo mensual. Obteniéndose resultados para cada etapa de incidencia de Pestalotia (1,2,3,4), no así para la etapa 5, ya que no se encontraron plantas 100% sanas durante las 4 semanas.

Se presentan los resultados de la etapa 4 y 1 que corresponden a las plantas con una incidencia de afectación por este patógeno del 1 a 30% y de un 100% (senescencia total) respectivamente, siendo nuestros indicadores para evaluar el efecto de control.

Con base a los resultados de las incidencias (Figura 4 y Figura 7), se observó que el ozono tuvo el menor efecto con respecto a los otros tratamientos, presentando el menor porcentaje de plantas más sanas (5%), por lo tanto, incrementaron los porcentajes de mortandad y daño hasta en un 25%, este resultado puede deberse a que el ozono es muy inestable, al menos para una aplicación en drench como se hizo en este trabajo, aunque cabe mencionar que no se presentó el 100% de mortandad, si no que las plantas tratadas se quedaron en etapas de infestación menores pero no en las mejores, lo que no ayuda al objetivo de control rentable para los fresicultores y sin embargo, es necesario seguir evaluando para validar estos resultados o mejorar las condiciones para buscar sea una alternativa de control que ayudará sin duda a este sector tan necesitado de una solución.

Para el tratamiento químico (Captan) considerando como indicador la etapa 4 de incidencia se presentó un control a lo largo de las cuatro semanas de evaluación y sin embargo la tendencia fue a la baja de un 60% a 18% (Figura 4), haciendo aplicaciones cada 7 días, lo que nos indica al menos en esta evaluación que no es tan efectivo para el control de pestalotia, lo que contradice lo publicado por Rebollar-Alviter et al., 2020. ya que reportan que controla en un 100% este patógeno y sin embargo, cabe mencionar que hay variables que pueden estar repercutiendo en el resultado obtenido. Para nuestro objetivo este tratamiento se incluyó como un control alterno porque no es un candidato para el uso ecoamigable, pero nos permitimos decir que más que controlar esta contaminando el ambiente y comprometiendo la inocuidad del fruto de fresa, tolerando una mortandad en un 14.39% (Figura 7).

Los resultados de la aplicación de *Trichoderma sp* considerando como indicador la etapa 4 de incidencia se presentó una tendencia a la baja de un 47% a 17% (Figura 4), haciendo aplicaciones cada 7 días, lo que nos indica al menos en esta evaluación que no es tan efectivo para el control de pestalotia, siendo este microorganismo el recomendado por algunas empresas de insumos agrícolas y sin embargo la mortandad de las plantas se toleró a lo largo de las 4 semanas evaluadas en un 10% (Figura 7). Cabe mencionar que hay variables que pueden estar repercutiendo en el resultado obtenido y que *Trichoderma* es un microorganismo ampliamente usado como control biológico contra varios fitopatógenos por lo que sigue siendo una alternativa probable para seguir evaluando para combatir a Pestalotia.

Para el tratamiento del producto *Fusamic* considerando como indicador la etapa 4 de incidencia se presentó una tendencia a la baja de un 49% a 16% (Figura 4), haciendo aplicaciones cada 7 días, lo que nos indica al menos en esta evaluación que no es tan efectivo para el control de pestalotia, incrementando la mortandad de las plantas a lo largo de las 4 semanas evaluadas hasta en un 34% y sin embargo menor que en el caso del control (Figura 7). Cabe mencionar que hay variables que pueden estar repercutiendo en el resultado obtenido.

Los resultados de la aplicación del producto Promobac (*Bacillus subtilis*) considerando como indicador la etapa 4 de incidencia se presentó una tendencia estable a la cantidad de plantas más sanas durante el mes de evaluación entre un 44% a 32% (Figura 4), siendo el menor rango de pérdida de éstas plantas en comparación con todos los demás tratamientos, haciendo aplicaciones cada 7 días, lo que nos indica que es el tratamiento más efectivo para el control de pestalotia al menos en nuestras condiciones. Además, el tener este resultado con este microorganismo que tiene un amplio uso como control biológico contra varios fitopatógenos manteniéndose una mortandad de las plantas 20% (Figura 7). Cabe mencionar que hay variables que pueden estar repercutiendo en el resultado obtenido considerándolo como una alternativa viable para seguir evaluando para combatir a Pestalotia en el cultivo de fresa.

Para el tratamiento con *Gliocladium* como indicador la etapa 4 de incidencia se presentó una tendencia a la baja de un 65% a 8% (Figura 4), haciendo aplicaciones cada 7 días, lo que nos indica al menos en esta evaluación que no es tan efectivo para el control de pestalotia, incrementando la mortandad de las plantas a lo largo de las 4 semanas evaluadas hasta en un 27% y sin embargo menor que en el caso del control, es decir, sigue siendo mejor aplicarlo a no aplicar nada al cultivo de fresa (Figura 7). Cabe mencionar que hay variables que pueden estar repercutiendo en el resultado obtenido. Cabe mencionar que este hongo es un aislamiento de novo de un cultivo de fresa en el municipio de Irapuato, lo que lo hace un control prometedor por ser endógeno geográfico, por lo que es importante considerar seguir evaluándolo.

Para el tratamiento control que fueron las plantas a las que no se les aplicó nada como indicador la etapa 4 de incidencia se presentó una tendencia a la baja de un 45% a 1% (Figura 4), incrementando la mortandad de las plantas a lo largo de las 4 semanas evaluadas hasta en un 45% siendo el valor más alto (Figura 7).

En la Figura 4 se pueden observar los resultados en porcentaje de incidencia de afectación del 1 a 30% en la etapa de incidencia 4 de *Neopestalotiopsis rosae* para cada uno de los tratamientos evaluados durante 4 semanas.

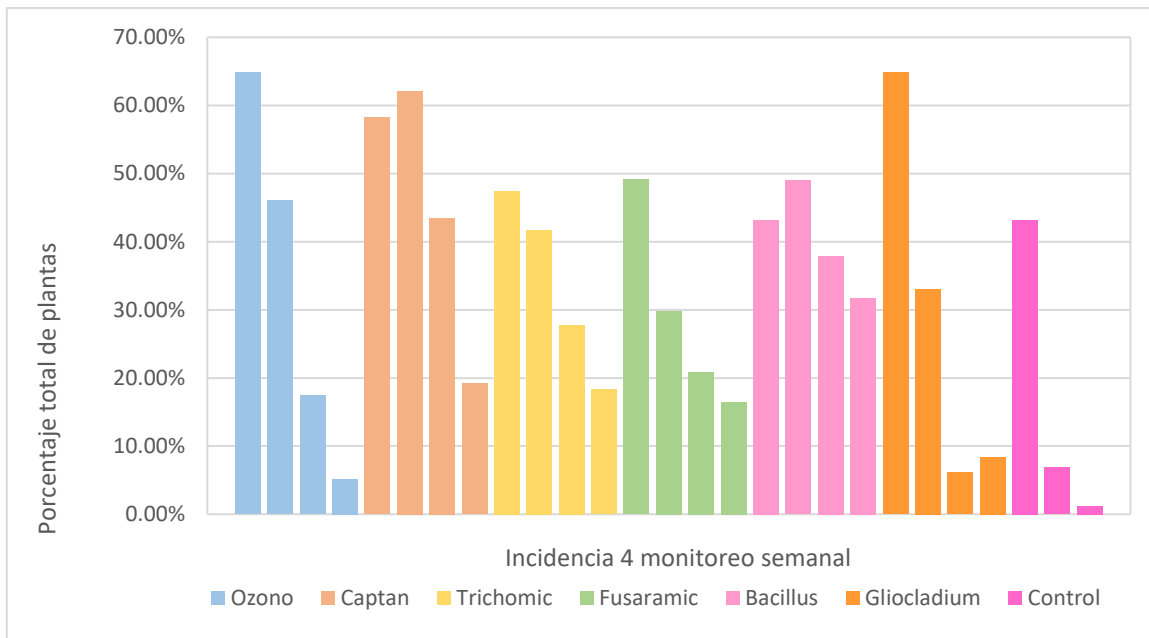


Figura 4. Porcentaje de plantas con una incidencia de afectación por *Neopestalotiopsis rosae* del 1 a 30% en la etapa 4 para cada uno de los tratamientos evaluados durante 4 semanas.

Con base a lo observado es que a continuación se presentan los resultados con base estadística del tratamiento T5 (Promobac).

Comparación del Índice de mortalidad de la planta en una etapa 4 de porcentaje de Incidencia entre el tratamiento T5 con *Bacillus* (Promobac) y el tratamiento Control.

Se realiza una prueba T student para comparar las medias entre el tratamiento con *Bacillus* y el tratamiento control donde no se aplicó ninguna solución al cultivo de planta de la fresa, se evalúa el porcentaje de índice de mortalidad de la planta en una etapa número 4, tanto para el tratamiento con *Bacillus* y ninguna aplicación en el tratamiento control, se puede observar en el resultado que si existe diferencia significativa en el resultado, ya que el valor de T calculado es 8.57 y el valor de Tablas t (0.05,5) es de 3.16 con un nivel de confianza del 95%, se confirma que el valor calculado de T es mayor a valor de tablas y que el valor de P valor es menor de 0.001, con la cual se confirma que si existe mayor cantidad de plantas más sanas en el tratamiento con *Bacillus* que en el tratamiento control donde no hay ninguna aplicación de solución.

Método

μ_1 : media de Índice *Bacillus* 4

μ_2 : media de Índice Control 4

Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Indice <i>Bacillus</i> 4	4	40.44	7.36	3.7
Indice Control 4	3	4.98	3.27	1.9

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
8.57	4	0.001

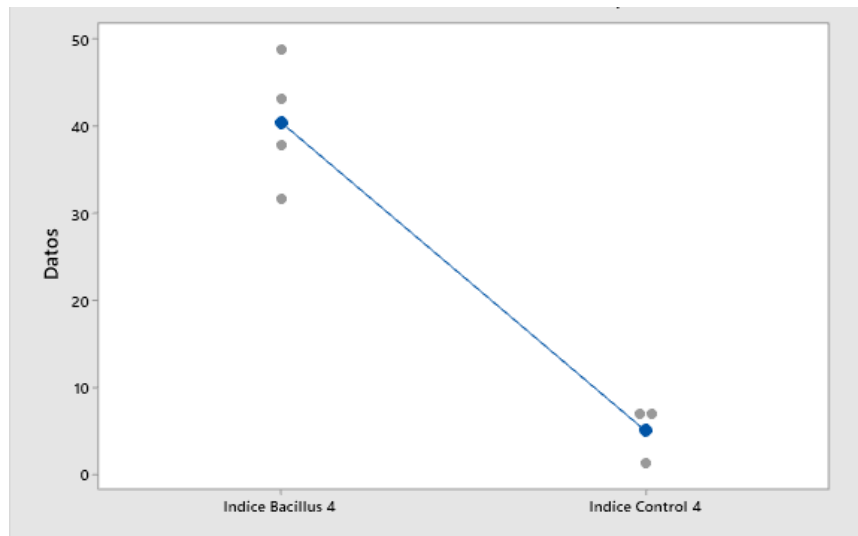


Figura 5. Valores individuales de índice Bacillus etapa 4, índice Control etapa 4.

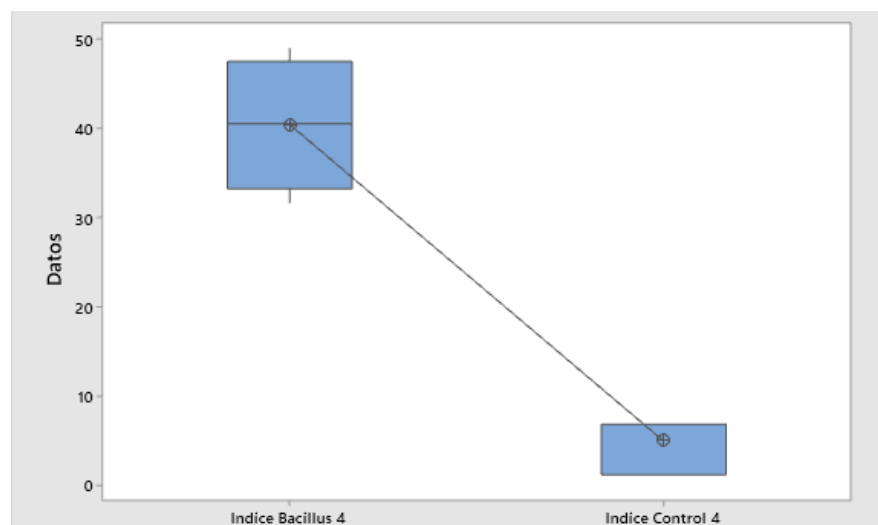


Figura 6. Valores de caja de índice *Bacillus* etapa 4, índice Control etapa 4.

En la Figura 7 se pueden observar los resultados en porcentaje de incidencia de afectación del 100% (senescencia total) en la etapa de incidencia 1 de *Neopestalotiopsis rosae* para cada uno de los tratamientos evaluados por un mes.

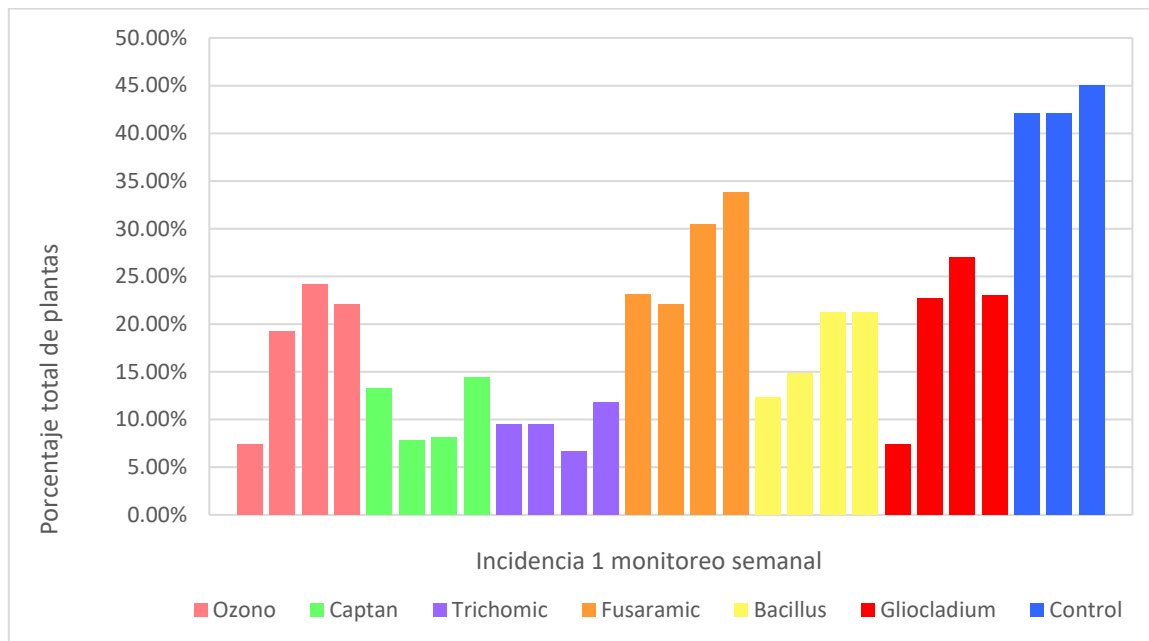


Figura 7. Porcentaje de plantas con una incidencia de afectación por *Neopestalotiopsis rosae* del 100% en la etapa 1 para cada uno de los tratamientos evaluados durante 4 semanas.

Comparación del Índice de mortalidad de la Planta en una etapa 1 de porcentaje de Incidencia entre el tratamiento con *Bacillus* (Promobac) y el tratamiento Control

Se realiza una prueba T student para comparar las medias entre el tratamiento con *Bacillus* y el tratamiento de control donde no se aplicó ninguna solución al cultivo de planta de la fresa, se evalúa el Porcentaje de índice de mortalidad de la planta en una etapa número 1, tanto para el tratamiento con *Bacillus* y ninguna aplicación en el tratamiento de control, se puede observar en el resultado de que si existe diferencia significativa en el resultado, ya que el valor de T calculado es -10.41 y el valor de Tablas t (0.05,5) es de 3.16 con un nivel de confianza del 95%, se confirma que el valor calculado de T es mayor a valor de tablas y que el valor de P valor es menor de 0.000, con la cual se confirma que si existe una mayor cantidad de plantas más sanas en el tratamiento con *Bacillus* que en el tratamiento de control donde no hay ninguna aplicación de solución.

Método

μ_1 : media de Índice *Bacillus* 1

μ_2 : media de Índice Control 1

Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Indice <i>Bacillus</i> 1	4	17.42	4.54	2.3
Indice Control 1	3	43.11	1.69	0.97

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-10.41	4	0.000

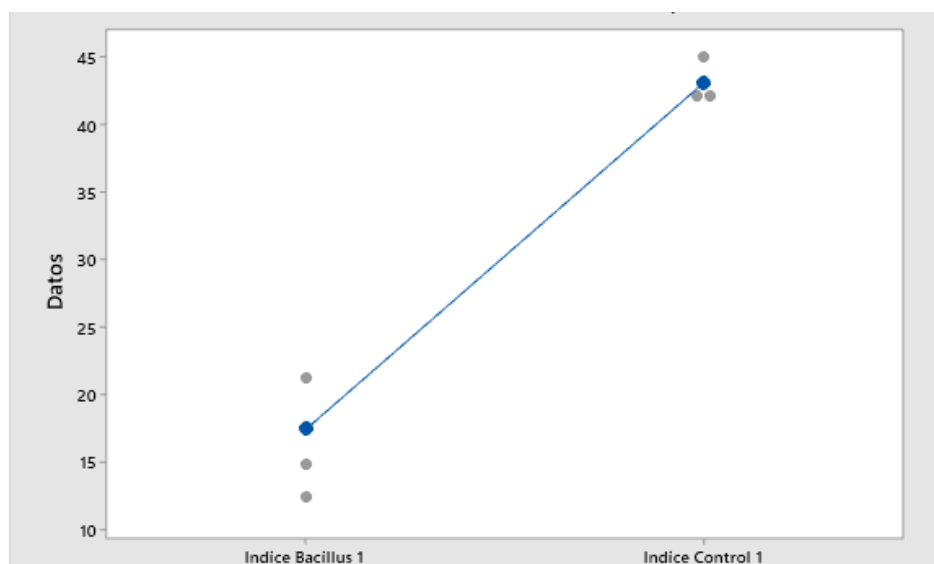


Figura 8. Valores individuales de índice Bacillus etapa 1, índice Control etapa 1.

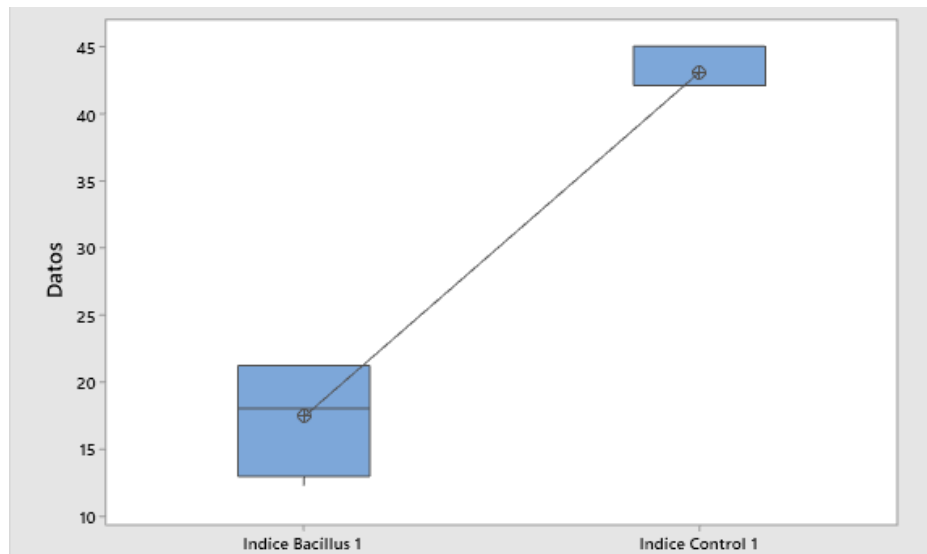


Figura 9. Valores de caja de índice Bacillus etapa 1, índice Control etapa 1.

Resultados pruebas fisicoquímicas de los frutos de fresa

Morfología

Las muestras de fresa recolectadas de los distintos tratamientos durante las dos semanas de monitoreo se caracterizan por presentar una morfología cónica o cónica alargada y uniforme (Figura 10) al igual que la muestra control (sin tratamiento). Por lo tanto, los tratamientos aplicados para combatir Pestalotia no afectan a la morfología del fruto.



Figura 10. Forma cónica uniforme en frutos de fresa.

Peso

En la Figura 11 se presentan los datos del peso de los frutos recolectados de los distintos tratamientos, se observa que estos son significativamente más bajos comparados con el peso control (16.425 g). Por otra parte, en los tratamientos T2, T5 y T6 se observó que el peso incremento en la semana 2 de la aplicación de los tratamientos, caso contrario paso con los T1, T3, T5, en los que su peso de los frutos sufrió un decremento considerable.

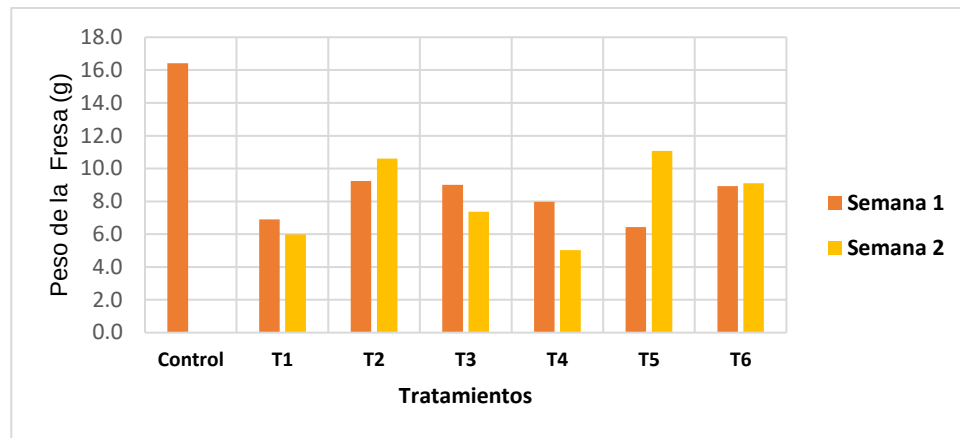


Figura 11. Peso de las fresas a la semana 1 y 2 posterior a la aplicación del tratamiento.

Tamaño

En la Tabla 3 se plasman los resultados del tamaño de las muestras recolectadas en la semana 1 y 2 posterior a la aplicación de los tratamientos. La NMX-FF-062-SCFI-2002 especifica el tamaño de la fresa en cuatro clasificaciones (A, B, C y D) de acuerdo al diámetro ecuatorial. La muestra control presenta un tamaño A (>3.2) lo que indica una calidad buena, mientras que las muestras en la semana 1, el tratamiento T1, T2, T3, T5 y T6 presenta un tamaño D debido a que se encuentran en un rango de 1.6 a 1.9 cm, este rango describe a una calidad inferior, este comportamiento también se mantiene en la semana 2. Por lo tanto, la aplicación de los tratamientos si afectan de forma considerable el tamaño del fruto.

Tabla 3. Resultados de la medición de tamaño

Tratamiento	Semana 1		Semana 2	
	Longitud cm	Diámetro ecuatorial cm	Longitud cm	Diámetro ecuatorial cm
Control	3.4	3.3	--	--
T1	2.6	1.8	2.4	1.7
T2	2.7	1.9	3.1	1.9
T3	2.7	1.9	2.6	1.6
T4	3.0	2.0	2.6	1.6
T5	2.6	1.6	2.8	1.9
T6	2.9	1.8	3.1	2.0

Firmeza

En la Figura 12, se presentan los datos obtenidos de la firmeza (N), el control presento 4.1 N, valor similar al T1 (4.15) en la semana 1, mientras que los demás tratamientos presentan valores significativamente diferentes respecto al control. Se observa que en la semana 2, el T1, T2, T5 y T6 perdieron firmeza respecto al control y a los valores de la semana 1. Por otro lado, T4 y T5 presentaron una firmeza mayor en la semana 2. Esto puede atribuirse a que los tratamientos si tienen un efecto sobre la firmeza que principalmente esta dada por el estado de maduración del fruto.

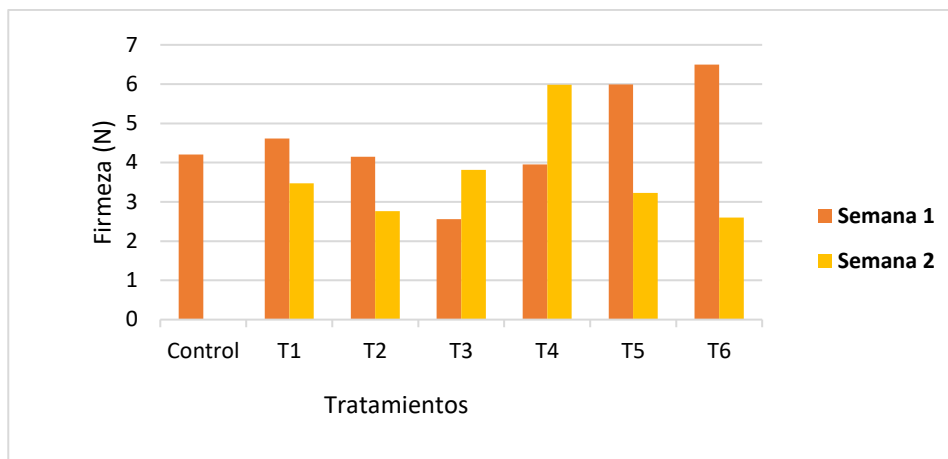


Figura 12. Firmeza de las fresas a la semana 1 y 2 posterior a la aplicación del tratamiento.

Sólidos solubles totales (°Brix)

En la Figura 13 se presentan los resultados del contenido de sólidos solubles totales expresados en °Brix. El control presentó 6.8 °Brix valores similares a los reportados por García-Espejel et al. 2017, quien reportó valores que oscilan en 6-7.9°Brix. Se observa que la aplicación de los tratamientos afectó de manera significativa el contenido de sólidos solubles, debido a que en la semana 2 hubo una reducción, excepto en T4 quien presentó un aumento.

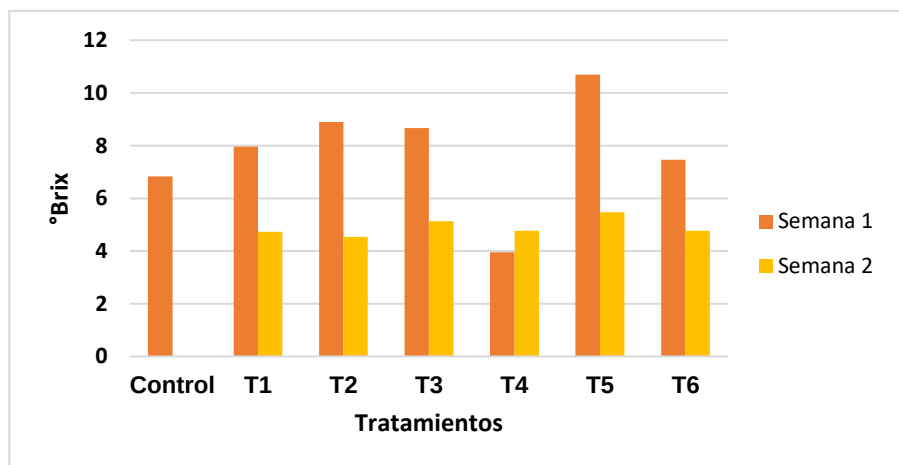


Figura 13. Sólidos Solubles Totales (°Brix) en la semana 1 y 2 posterior a la aplicación del tratamiento.

pH

Los resultados de pH se presentan en la Figura 14 en la que se observa que en la semana 1 la muestra control presentó un pH (3.3) superior al de los tratamientos, sin embargo, en la semana 2 los 6 tratamientos mostraron un incremento significativo de pH siendo el T6 quien muestra el pH mayor (3.45). Estos valores se encuentran dentro del rango reportado por García-Espejel et al. 2017 (3.78-3.96).

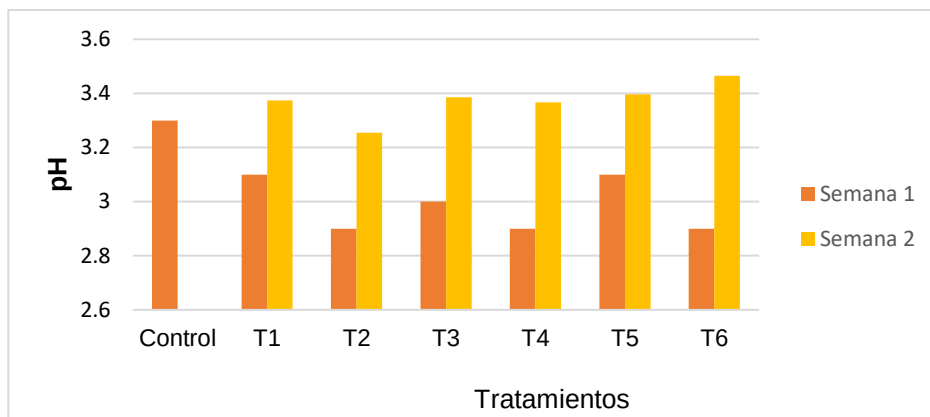


Figura 14. pH en la semana 1 y 2 posterior a la aplicación del tratamiento.

Color

De acuerdo con los datos obtenidos (Tabla 4) de ΔE de cada una de las muestras de los diferentes tratamientos se observa que el T4 presenta la mayor diferencia en cuanto a color con respecto al control esto al tener el valor más alto (50.32), mientras que el tratamiento que mostro menos diferencia fue el T1. Sin embargo, a lo largo de monitoreo se presentaron valores altos. La diferencia que existe entre el color de las muestras control con respecto a los diferentes tratamientos puede atribuirse al estado de madurez de las fresas y a que algunas presentaban manchas amarillas o cafés debido a la presencia de *Neopestalotiopsis rosae*.

Tabla 4. Resultados de color

Tratamientos	Semana 1			Semana 2		
	C	h	ΔE	C	h	ΔE
Control	34.44	34.27				
T1	16.37	1.00	16.6	18.66	1.03	37.28
T2	14.99	0.98	18.61	20.97	1.08	39.69
T3	21.63	1.14	35.93	19.00	1.05	38.33
T4	24.24	0.99	50.32	14.95	0.92	43.54
T5	9.55	0.89	31.97	22.77	1.17	38.24
T6	23.44	1.05	44.45	19.74	1.09	37.81

Conclusión

Sin duda una estrategia de control de la enfermedad causada por *Neopestalotiopsis rosae* es el control biológico utilizando microorganismos antagónicos benéficos, siendo el primer estudio realizado en un cultivo de fresa comercial a campo abierto en el municipio de Irapuato, Gto. De los 6 tratamientos evaluados se puede argumentar que el mejor tratamiento con respecto a los otros tratamientos evaluados es el T5 (Promobac), siendo el que tuvo mayor control sobre la enfermedad, presentando para cada etapa (1-4) que si existe diferencia significativa en comparación con el control, teniendo efecto sobre el índice de senescencia en las plantas y en la calidad de los frutos de fresa, se debe seguir trabajando en su validación para que en el corto plazo pueda ser utilizado por los fresicultores de la región, demostrando que pueden ser una alternativa factible y ecoamigable como sistema de control de éste fitopatógeno en los cultivos de fresa.

Agradecimientos

A la empresa BioMic por la donación de los productos biológicos (Promobac, Fusaramic y Trichomic) usados en el experimental. Empresa Ozono Carbar's por el préstamo del equipo y la capacitación para su uso, obteniendo el agua ozonizada para su uso en el experimental.

Bibliografía/Referencias

- Blakemore, R. P. (2004). *Mycology: Laboratory Manual*. Springer.
- García Espejel et al. (2017). Calidad de frutos de dos variedades de fresa mexicana y una introducida frigoconservados en alto CO₂. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.8 Núm. 4 p. 747-757
- García, L. M., Pérez, J. A., & Ramírez, F. G. (2022). Incidencia de *Neopestalotiopsis rosae* en cultivos de fresa en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40(2), 123-135. <https://doi.org/10.12345/rmf.2022.123>
- Kieran, P., MacLoughlin, P., & Malone. (1997). Intagri. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/cultivo-in-vitro-de-celulas-y-tejidos-vegetal>
- Marín, J. (2005). Introducción al diseño de experimentos. Obtenido de <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Diseno/IntroDE.pdf>
- Miller, O. K., & Miller, H. W. (2004). *Fungi: A Guide to the Mushrooms and Toadstools of New Zealand*. Te Papa Press.
- NMX-FF-062-SCFI-2002. productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresca - fresa (*Fragaria x ananassa*, Dutch) – especificaciones y método de prueba
- Oscar, C. H. (1978). *Fertilización en fresa*.
- Rebollar-Alviter A, Silva-Rojas HV, Fuentes-Aragón D, Acosta-González U, Martínez-Ruiz M, Parra-Robles BE. 2020. An emerging strawberry fungal disease associated with root rot, crown rot and leaf spot caused by *Neopestalotiopsis rosae* in Mexico. *Plant Disease*, 104(8), 2054-2059.
- SIAP (2024). Cierre de la producción agrícola. Obtenido de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- González Araiza, J. R. (2024). impedancia bio-eléctrica como técnica no-destructiva para medir la firmeza de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) y su relación con técnicas convencionales [Universidad Politécnica de Valencia y Universidad de Guanajuato Departamento de Ingeniería Rural Campus Irapuato - Salamanca y Agroalimentaria Departamento de Ingeniería Agrícola].
- Secretaría de Economía. (2005). productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresca - fresa (*Fragaria x ananassa*, Dutch) – especificaciones y método de prueba. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2002/nmx-ff-062-scfi-2002.pdf>
- Villagran Diaz, V. (2022). Morfología y Fisiología. En PDTfrutilla Program Difusion Tecnologia (pp. 17–30). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7561/NR38766.pdf?>