



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado Carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Manejo integrado de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate
(*Solanum lycopersicum*) en Ecuador”

AUTOR:

Daniel David Zamora Vargas.

TUTOR:

Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MBA.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

P. infestans es una de las enfermedades más agresivas que ataca al cultivo de tomate y muy agresivo en poco tiempo los destruye, ocasionando enormes pérdidas económicas al país, es producida por el fitopatógeno *P. infestans*, oomyceto que ha tomado gran importancia debido a sus efectos devastadores y las dificultades para lograr su erradicación. *P. infestans* es una enfermedad que puede atacar en distintas etapas del cultivo y extenderse rápidamente cuando las condiciones ambientales son las favorables. Este trabajo tiene como objetivo determinar el manejo integrado de *P. infestans* en el cultivo de tomate. La metodología utilizada es basada en referencias bibliográficas. Teniendo como resultado que el tizón tardío se encuentra en su gran desarrollo cuando las condiciones de humedad coinciden con temperaturas durante períodos prolongados, de esta manera favorece en el normal desarrollo de su ciclo de vida ósea incrementándose de manera rápida y provocando perdida por la enfermedad y la importancia del manejo integrado de plagas en la agricultura sostenible incluyendo la rotación de cultivos, el uso de variedades resistentes y fungicidas orgánicos, proporcionando el mejor control de la enfermedad, y su impacto en la reducción de la incidencia de la *P. infestans* y se recomendó la aplicación de estas prácticas agronómicas para el control efectivo y sostenible de la *P. infestans* en el cultivo de tomate en Ecuador.

Palabra Clave: Tomate, *P. infestan*, manejo, control y daños

SUMARY

P. infestans is one of the most aggressive diseases that attacks tomato crops and very aggressively destroys them in a short time, causing enormous economic losses to the country. It is produced by the phytopathogen *P. infestans*, an oomycete that has become very important due to its devastating effects and the difficulties to achieve its eradication. *P. infestans* is a disease that can attack at different stages of the crop and spread rapidly when environmental conditions are favourable. This work aims to determine the integrated management of *P. infestans* in tomato cultivation. The methodology used is based on bibliographical references. Having as a result that Late blight is in its greatest development when humidity conditions coincide with temperatures for prolonged periods, in this way it favors the normal development of its bone life cycle, increasing rapidly and causing loss due to the disease and the importance of integrated pest management in sustainable agriculture including crop rotation, the use of resistant varieties and organic fungicides, providing the best control of the disease, and its impact on reducing the incidence of *P. infestans* and se recommended the application of these agronomic practices for the effective and sustainable control of *P. infestans* in tomato cultivation in Ecuador.

Key Word: Tomato, *P. infest*, management, control and damage

INDICE

RESUMEN	II
SUMARY	III
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
MARCO METODOLOGICO	2
1.1. Definición del tema caso de estudio	2
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivo Específicos.....	3
1.5. Líneas de investigación.....	4
1.6. Fundamentación Teórica.....	4
1.6.1. Generalidades del cultivo tomate	4
1.6.1.2. Taxonomía	4
1.6.1.3. Morfología del tomate.....	5
1.6.1.4. Fases fenológicas del tomate	7
1.6.2. <i>P. infestans</i>	9
1.6.2.1. Factores que favorecen el desarrollo de <i>P. infestans</i>	9
1.6.2.2. Ciclo de vida <i>P. infestans</i>	11
1.6.2.3. Síntomas y daños de <i>P. infestans</i>	13
1.7 . Metodología de la Investigación	19
CAPITULO II	19
RESULTADOS.....	19
2.1. Desarrollo del Caso	19
2.2 Situaciones Detectadas	19

2.3 Soluciones Plantadas	20
2.4 Conclusiones	20
2.5 Recomendaciones	21
BIBLIOGRAFIA	22

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*), pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta herbácea anual, bianual, de origen centro y sudamericano. Actualmente es cosmopolita, esta planta es producida para consumo de manera fresca e industrializado. La producción de tomate a nivel mundial en la actualidad registra un incremento de la misma manera el consumo promedio. China es considerado el más importante productor y consumidor mundial, siendo Estados Unidos el mayor importador de tomate. La producción de tomate en Ecuador en el 2017 registra 101 ha sembradas, 101 ha cosechas con una producción anual de 6.3 Tm (ESPAC 2017).

Phytophthora infestans perteneciente a la clase oomiceto, puede reproducirse de forma sexual o asexual. Es considerada por ser el agente que causa el tizón tardío o mildiu, encontrándose en las principales plantas hospederas como la papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate (*L. esculentum*) y pepino dulce (*S. muricatum* Ait.). en ciertas ocasiones afecta a la berenjena (*S. melongena*), y a muchas otras especies de la familia Solanaceae ocasionando efectos devastadores en la producción y por ende en la rentabilidad de muchos cultivos (Intagri 2018).

P. infestans es una enfermedad que puede atacar en distintas etapas del cultivo y extenderse rápidamente cuando las condiciones ambientales son las favorables. Se registran reportes históricos que ha provocado grandes pérdidas en Irlanda en 1846-1857, por la gran facilidad que tiene para dispersarse a otros continentes por presentarse con mayor diversidad genética del patógeno (AgriSolver 2019).

Para obtener buenos resultados del manejo integrado *P. infestans* en el cultivo de tomate es el manejo preventivo de la enfermedad con la finalidad de disminuir o evitar las pérdidas que ocasiona para que el agricultor obtenga una mayor rentabilidad de su cultivo.

CAPITULO I

MARCO METODOLOGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

La agricultura surgió hace aproximadamente ocho mil años para satisfacer las necesidades alimenticias de las poblaciones humanas por medio de la domesticación, tanto de animales como plantas (Tauger 2019).

El presente documento trata sobre la temática correspondiente al Manejo integrado de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Ecuador.

1.2. Planteamiento del Problema

Considerándose el cultivo de tomate como una de los principales productos de consumo para el país, siendo esta una de las hortalizas de preferencias para un sin número de platos típicos de los ecuatorianos. El tomate es uno de los cultivos que mayormente es afectado por una serie de patógenos entre los que se destacan bacterias, hongos y virus entre otros. Siendo los hongos los que más problemas ocasionan pérdidas en el cultivo dentro de estos tenemos *P. infestans*, originando pérdidas hasta el 50% de su producción en años favorables para el desarrollo del hongo.

En la actualidad se ha incrementado la presencia de *P. infestans* por el control inadecuado de los fungicidas o el exceso de uso de los pesticidas, en cierto caso son productos químicos que causan deterioro al ecosistema y la salud de las personas que laboran en las actividades agrícolas y a los frutos que son consumidos.

1.3. Justificación

En la actualidad es necesario cultivar hortalizas, especialmente tomate, siendo de vital importancia para la alimentación del ser humano, hoy en día se encuentra inmersos los distintos procesos productivos para aumentar el rendimiento en el cultivo de tomate, por la demanda creciente de la población.

Las plantaciones de tomate son muy susceptibles a problemas de plagas y enfermedades, siendo el hongo *P. infestans* que mayor afectación origina en el cultivo de tomate, afectando especialmente hojas y tallos, el mismo que se dispersa rápidamente pudiendo abarcar grandes superficies cuando las condiciones climáticas son favorables, requiriéndose de vital importancia la utilización de técnicas apropiadas que prevengan el ataque de la enfermedad. Por lo tanto, se justifica la presente investigación con la finalidad de buscar alternativas de control para el manejo integrado de *P. infestans* que sea más amigable con el medio ambiente, de esta manera, mantener poblaciones en niveles por debajo de aquellos que causan daño económico.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Determinar el Manejo integrado de *P. infestans* en el cultivo de tomate.

1.4.2. Objetivo Específicos

- Describir el ciclo biológico y los principales daños *P. infestans*
- Identificar el control más adecuado para *P. infestans*

1.5. Líneas de investigación

Dominios

Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y Biotecnología.

Líneas

Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable. Biotecnología vegetal y animal.

Sublíneas

Agricultura sostenible y sustentable.

1.6. Fundamentación Teórica

1.6.1. Generalidades del cultivo tomate

1.6.1.1. Origen

Haefl (2008) menciona que el tomate es una planta originaria de Perú, Ecuador y México países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI. Al principio, el tomate se cultivaba como planta de adorno. A partir de 1990, se extendió como alimento humano y fue difundida en todo el mundo, es la hortaliza de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella el cultivo, producción y comercio. El tomate se cultiva en las zonas templadas y cálidas. Existen notables diferencias en cuanto a los sistemas y técnicas culturales empleadas por los horticultores.

1.6.1.2. Taxonomía

Según Villarroel (1997) citado por Cornejo (2009) menciona que la taxonomía del tomate riñón se encuentra clasificado de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae.

Género: *Lycopersicon*

Especie: *esculentum*

1.6.1.3. Morfología del tomate

Planta

La altura que presenta la planta de tomate depende de los diferentes cultivares, desde menos de 20 hasta 80 pulgadas o más. En mucho de los casos la planta puede ser inicialmente erecto o rastrero, desarrollándose posteriormente a uno más o menos postrado. Entre los cultivares de tomate se observan diferencias en cuanto a las características del crecimiento de la planta. El crecimiento puede variar desde uno de tipo indeterminado o ilimitado, hasta uno altamente determinado o compacto (Fornaris 2007).

Raíz

Posee un sistema radicular muy desarrollado, presenta una raíz principal que puede llegar a medir desde 80 – 100 cm de profundidad, con una gran cantidad de ramificaciones secundarias, seguida de un sin número de raíces adventicias surgidas desde la base de los tallos (FAO 2010).

El tallo

Presenta una forma angulosa, presenta recubierto en toda la superficie del tallo por pelos perfectamente visibles, muchos de los cuales, al ser de naturaleza glandular, le otorga a la planta un olor característico. En su inicio el porte de la planta es erguido, en mucho de los casos ciertos tallos por su peso son rastreros sobre el suelo. El desarrollo del tallo es variable en función de distintos cultivares (FAO 2010).

Hoja

La forma de las hojas, se presenta de forma pinnada compuesta, es muy variable y depende en gran parte de las condiciones ambientales. Su lámina, de seis a 12 pulgadas de largo, está dividida en dos a 12 pares de segmentos o folíolos de diferentes tamaños. Las hojas en su base son dentadas, y en muchos de los casos son rizadas y lisas. El pecíolo tiene un largo de 1 a 2 ½ pulgadas. En ciertas hojas y tallos jóvenes se presenta una abundancia de pubescencia (Fornaris 2007).

Flor:

La flor de tomate en su estructura es perfecta y regular, sus sépalos, pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario, mientras el cáliz y la corola presentan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos siendo de color amarillo, y que se presentan dispuestos de forma helicoidal, poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos formando los órganos reproductivos. El ovario tiene dos o más segmentos (**figura 3**), (Infoagro 2016).



Figura 1. Flor de tomate

Fuente: (Brunells 2013)

Fruto

El fruto es de tipo baya esférica u ovalada de piel lisa, brillante y comestible que puede llegar a pesar desde unos pocos miligramos y los 600 gramos dependiendo el tipo de tomate y variedades. El fruto puede cosecharse cuando presenta un color rojo, amarillo o verde, según la variedad. Separándolo de manera limpia de la planta o con parte del pecíolo como se realiza con las variedades del tipo ramillete (Floresyplantas 2009).



Figura 2. Fruto del tomate

Fuente: (Huerto 2019)

1.6.1.4. Fases fenológicas del tomate

El cultivo de tomate presenta varias etapas en el crecimiento y desarrollo, estas presentan diferencias de acuerdo a los requerimientos nutricionales, agua, luz y con el manejo del cultivo, se puede lograr mejorar aspectos como la productividad, sanidad y calidad del fruto. Se diferencian dos fases de desarrollo del cultivo: una vegetativa y otra reproductiva. El tiempo del ciclo del cultivo se ve reflejado de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona, en la cual se establece el cultivo, el suelo, el manejo agronómico que se dé a la planta, el número de racimos que se van a dejar por planta y la variedad utilizada del cultivo, entre otros (CCB 2015).

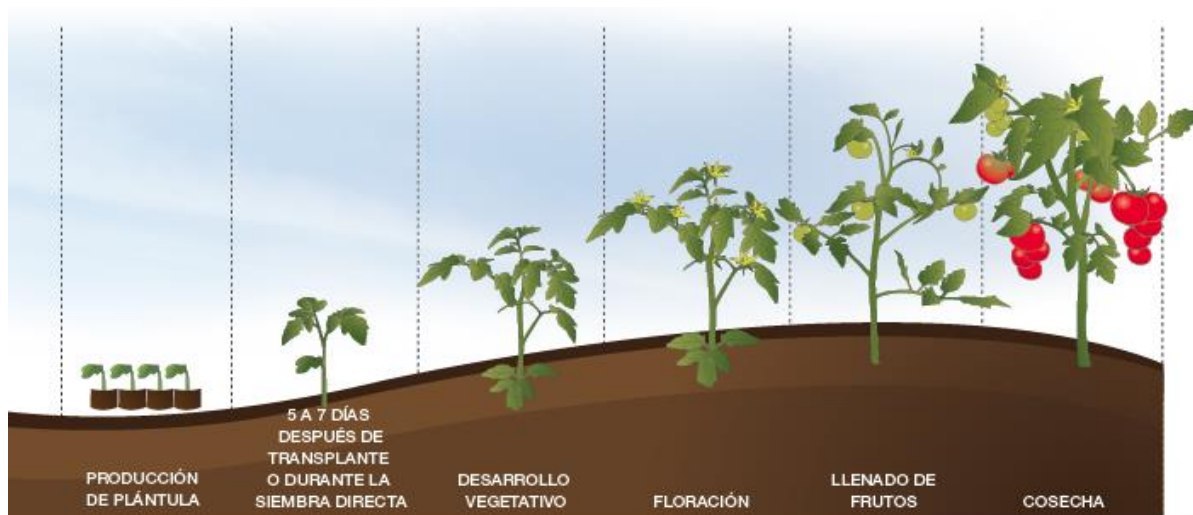


Figura 3. Etapa fenológica del cultivo de tomate

Fuente: (PortalFruticola 2018)

Fase inicial

La fase inicial comienza con la germinación de la semilla y su característica principal es que ocurre un rápido aumento de materia seca porque la plántula invierte toda su energía en desarrollar nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis (BlogAgricultura s.f).

Fase vegetativa

El desarrollo vegetativo del cultivo de tomate inicia con la siembra de las semillas o etapa de semillero, seguido por la germinación, la formación de 3 a 4 hojas verdaderas y el trasplante al sitio definitivo, en mucho de los casos se extiende de 30 a 45 días después del trasplante, cuando se da comienzo a la floración. También presenta un aumento de materia seca más gradual. Durante esta etapa la planta requiere mayor cantidad de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento. Cuando ocurre la floración termina esta etapa (DANE 2014).

Fase reproductiva

La fase reproductiva comienza a partir del inicio de la floración, pasando luego por la formación y llenado del fruto hasta llegar a la madurez, cuando ya están listos para la primera cosecha; presentando en esta etapa tiene una

duración aproximada de 180 días. En total de este ciclo reproductiva del cultivo demanda un tiempo de siete meses, contados a partir del trasplante hasta lograr el último corte (Corpoica 2013).

1.6.2. *P. infestans*

P. infestans es un hongo parasito que causa la enfermedad conocida como el tizón tardío es originario de América del Sur y fue responsable de la gran hambruna irlandesa de la década de 1840. que afecta con gran importancia a la familia de las Solanáceas, en especial a la papa y al tomate. Puede atacar en distintas etapas del cultivo y extenderse rápidamente cuando las condiciones ambientales son favorables. Este organismo tiene una importancia histórica pues provocó la Gran Hambruna en Irlanda en 1846-1857, donde más de un millón de personas perdieron la vida y otro millón y medio se vieron obligadas a migrar a otros países para sobrevivir. *P. infestans* se ha dispersado a otros continentes desde su sitio de origen: México, donde se encuentra la mayor diversidad genética del patógeno (AgriSolver 2019).

1.6.2.1. Factores que favorecen el desarrollo de *P. infestans*

Cuando la enfermedad presenta condiciones favorables, se manifestará y presentará un rápido crecimiento exponencial, cumpliendo con los componentes del triángulo deseables esto se presenta cuando el cultivo se encuentra en la etapa de pleno llenado de fruto, en la cual, simultáneamente, realiza crecimiento vegetativo y floración, factores determinantes para que la enfermedad, también se pudo detectar que después de cada pico de lluvia hubo un incremento de la enfermedad, independientemente de las introducciones (Cardona *et al.* 2016)

La enfermedad es común en lugares donde las temperaturas entre 15° y 22° C y humedad relativa alta (mayor de 80%). El patógeno se transmite con mayor facilidad en semillas de tomate y puede sobrevivir en condiciones de micelio en otras plantas cultivadas o malezas de la familia de las solanáceas, también se encuentra residuos de cosecha que permanecen en el suelo. Cuando la severidad de la enfermedad es alta en las hojas o tallos, las esporas del hongo se diseminan con mayor facilidad por el viento, las herramientas o por el salpique del agua de riego (FAO 2015).

Puede aparecer en las hojas, tallos y frutos. Cuando se presenta en las hojas aparece una mancha acuosa de color café oscuro. Con mucha humedad se puede observar el hongo en forma de vello grisáceo en el envés de las hojas. En el tallo la mancha se observa hundida y si hay humedad se pueden observar el micelio. En los frutos tiernos primero la mancha es difusa de color café suave, luego la mancha se hunde adquiriendo un color café oscuro y el fruto muere. Las condiciones favorables de temperatura para su desarrollo las obtiene a los 20°C, además el agua es un mecanismo de transporte de las esporas, por lo tanto, en época lluviosa y con campos mal drenados se favorece la enfermedad. El salpique del suelo por la lluvia es otro factor para que la enfermedad aparezca y los frutos tiernos que aún no poseen cera son fácilmente atacados (CHEMONIC 2008).

Es importante conocer el efecto de la temperatura en la germinación de *P. infestans* radica arriba de 21 °C la germinación directa del esporangio provoca un solo punto de infección ósea una sola lesión; mientras que abajo de 18 °C provoca de 6-8 zoosporas siendo infectivas y potencialmente siendo capaces de provocar 6-8 infecciones. En estas condiciones un ciclo de *P. infestans* puede ser tan breve como 3-5 días. Cuando las condiciones son adecuadas los ataques son más severos de Tizón tardío. Esto favorece infecciones múltiples por zoosporas. Temperaturas diurnas, temperaturas medias del orden de 15-22 °C por varios días consecutivos favorecen el crecimiento del organismo en el interior del tejido. Humedad persistente, durante la mayor parte de la noche, favorecen la germinación y penetración del patógeno, provocando infecciones (Rivera 2014)

P. infestan se presenta en las raíces, tubérculos y bulbos infectados o en el suelo en distintos estadios: a modo de oosporas, esporangios, clamidosporas o de micelio. Las zoosporas se desarrollan a partir de las estructuras hibernantes que infectan el hospedador. Estas esporas presentan flagelos, que ayuda con facilidad su desplazamiento por el agua. La infección puede iniciar de la raíz al pie, o también se puede determinar una infección directa del pie. Las exudaciones que emiten las raíces de tomate provocan la germinación y atraen a las zoosporas. El patógeno crece en el tallo y en la superficie de la planta y se forman nuevos esporangióforos. La infección secundaria se produce bien por germinación de los esporangios, bien por zoosporas producidas por los esporangios. Cuando

las horas aéreas presentan humedad se produce la germinación esporangios (Koppert 2023).

1.6.2.2. Ciclo de vida *P. infestans*

P. infestans se desarrolla con facilidad cuando presenta una temperatura del suelo entre 15 y 23°C y cuando la humedad es elevada, ya sea por un exceso de precipitaciones o por un riego inadecuado. Las Oosporas sexuales en periodo de dormancia el crecimiento, desarrollo y actividad física se suspenden temporalmente, el Micelios, es un conjunto de hifas que forman la parte vegetativa de un hongo, Esporangios es unas estructuras especiales que germinan directamente o bien producen zoosporas y Clamidosporas, es un tipo de espora de paredes gruesas de varias clases de hongos (Certis Belchim 2023).

La pudrición de las raíces que causadas por *Phytophthora* se puede presentar desde varios puntos. En el invierno se presenta en forma de esporas de resistencia con paredes gruesas o como micelios vegetativos infectando raíces y restos vegetales. En primavera las esporas germinan y pueden penetrar directamente en las células epidérmicas de las raicillas o a través de heridas. Cuando en el suelo la humedad es elevada, las esporas móviles permiten la diseminación y multiplicación del inóculo. El patógeno se desarrolla en el tallo y en la superficie de la planta, formando esporangióforos y esporangios, generalmente, producirán infecciones secundarias debido a la germinación de los esporangios o por las zoosporas producidas. Para que se produzca la germinación en las partes aéreas de la planta, se precisan hojas húmedas (CertisBelchim 2023).

Reproducción asexual

Los esporangios germinan indirectamente en agua libre y con bajas temperaturas produciendo entre 8 - 12 zoosporas uninucleadas y biflageladas. Las zoosporas se forman dentro del esporangio 13 y son expulsadas cuando se rompe la pared esporangial a nivel de su papila, esto favorece a las zoosporas nadar libremente. Las zoosporas tienen dos flagelos distintos: uno de los flagelos es largo y en forma de látigo, en tanto que el otro es más corto y ornamentado, con dos filas laterales de pelos en el extremo. Las zoosporas se enquistan sobre superficies sólidas, de esta manera se detienen, adquiriendo una forma

redondeada y formando una pared celular. Cuando mantiene humedad, puede crecer un tubo germinativo y penetrarse a la hoja por las estomas, o formar el apresorio, de tal manera que la hifa de penetración entra directamente a través de la cutícula. Una vez ingresado en la planta, el micelio se desarrolla intercelularmente formando haustorios dentro de las células, se muestra en la **Figura 4** (Pérez y Forbes 2008)

Reproducción sexual

Los gametangios constituyen dos hifas separadas, por lo que *P. infestans* es heterotálico. De esta forma ambos tipos de apareamiento A1 y A2, deben estar presentes para que ocurra la reproducción sexual. La fusión de estos gametos ocurre cuando el oogonio atraviesa el anteridio y produce la plasmogamia. Esto dirige a la fertilización y al desarrollo de una oospora con paredes celulares gruesas. La oospora es resistente y puede sobrevivir en los rastrojos. Bajo condiciones óptimas, la oospora origina un tubo germinativo que forma un esporangio apical, el cual permite liberar zoosporas o crear nuevamente un tubo germinativo, los cuales sirven como inóculo primario, esto se muestra **Figura 4** (Pérez y Forbes 2008).

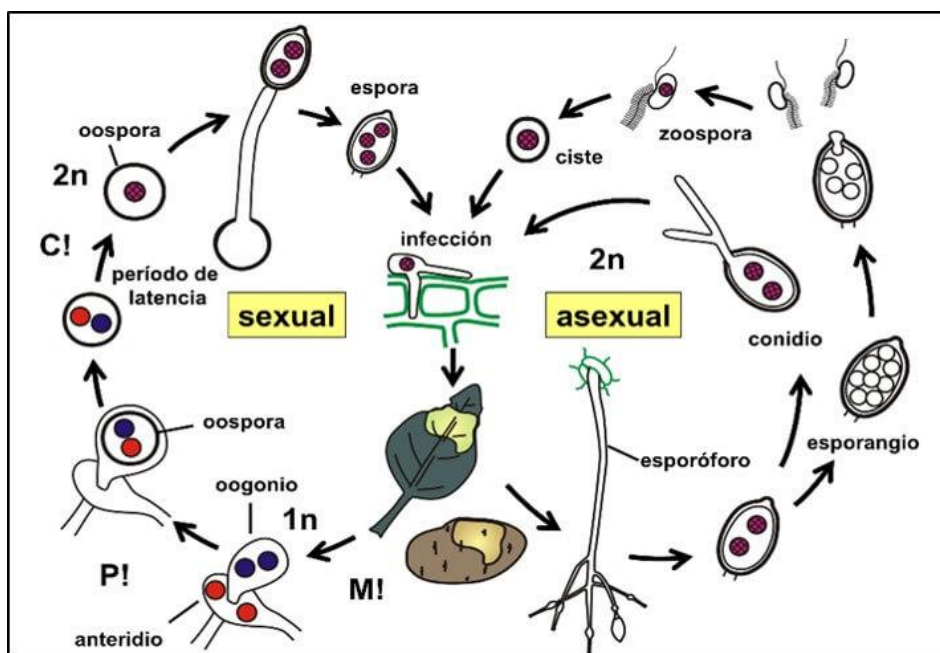


Figura 4. Ciclo de vida *P. infestans*

Fuente: (Intagri 2018)

La relevancia de la ocurrencia de oosporas es que se generan poblaciones de *P. infestans* que tienen mayor variación genética que las que ocurren con esporangios, poblaciones que son patogénicamente más agresivas y lo cual conduciendo a un mayor riesgo de fallas tanto en la efectividad de los fungicidas aplicados para su combate y la resistencia a la enfermedad de variedades supuestamente resistentes. La presencia de oosporas es la ocurrencia de ataque directo a los tubérculos que no ocurría con la variante A1, un aspecto que tiene implicaciones para tubérculos almacenados para consumo y para semillas. (Rivera *et al.* 2014).

1.6.2.3. Síntomas y daños de *P. infestans*

Los síntomas que se presenta inicialmente en las hojas son pequeñas manchas de color verde claro a verde, dependen mucho de la temperatura, la humedad, la intensidad de la luz y la variedad de su hospedante. En muchos de los casos esto se inicia por los bordes de las hojas y se extiende por las nervaduras, las manchas avanzan convirtiéndose en lesiones necróticas grandes de color castaño a negro, que pueden causar la muerte de los folíolos y diseminarse por los pecíolos hacia el tallo, en mucho de los casos causando la muerte. Los síntomas se presentan en el envés de las hojas, constituido por micelio, esporangióforos y esporangios de *P. infestans*. En mucho de los casos las lesiones son negras o castaño oscuras. En, los pecíolos, también se presenta los mismos síntomas que avanzan hasta producir la defoliación total de la planta esto se muestra en la **figura 5** (SENASA 2015).



Figura 5. Síntomas de *P. infestans*

Fuente: (Koppert 2023).

Los Síntomas del tizón tardío causado por *P. infestans* en las hojas son manchas de forma irregular y de color marrón claro a oscuro, tienen una apariencia húmeda, en mucho de los casos rodeadas de color amarillo. Los primeros síntomas se presentan en los bordes y puntas de las hojas y cuando hay presencia de humedad se forman unas vellosidades blanquecinas en el envés de la hoja. Las lesiones se expanden rápido, cambiando a color marrón oscuro, con necrosis y provocan la muerte del tejido infectado. Cuando la planta presenta la enfermedad presenta un olor a descomposición del tejido foliar, tallos y peciolo. Las lesiones en el tallo son necróticas, de una longitud de 5-10 cm, que se tornan de color marrón a negro. Cuando la enfermedad está avanzada se doblan con facilidad con el paso de las personas, equipos agrícolas e incluso con vientos fuertes (Intagri 2018).

En los tallos las lesiones, inician en el punto de inserción de las ramas o en la base de los peciolo de las hojas, luego se expande tomando el parénquima cortical. Los frutos pueden manifestar manchas pardas jaspeadas y abollonadas en la superficie del contorno, siendo más oscuras en el centro y más claras en la periferia con una evolución rápida, iniciadas a partir del cáliz. Cuando el ataque está avanzado los frutos pueden cubrirse de micelio blanco. El hongo presenta como hospedante alternativo la papa y a otras especies de la familia Solanáceas como la berenjena. *P. infestans* pueden permanecer en el suelo, en el rastrojo y en tubérculos de papas contaminadas, los cuales cuando germinan dan lugar a brotes contaminados. El hongo se propaga por medio del agua. Las zoosporas cuando hallan una cierta cantidad de agua sobre la superficie de vegetal inician nuevas infecciones al ingresar por las aberturas estomáticas (FAO 2013).

1.6.2.4. Manejo Integrado de plagas *P. infestans*

El manejo integrado es el empleo de diferentes técnicas de control de la enfermedad. Se realiza con la finalidad de reducir pérdidas en el cultivo, de esta manera el agricultor logre una mayor rentabilidad, así mismo se logra disminuir la aplicación de agroquímicos y evitar la contaminación ambiental y daños a la salud

humana. Es necesario tener en consideración que las distintas estrategias de control no se excluyen entre sí. Los primordiales componentes del manejo del tizón tardío lo integran los controles genético, químico, cultural y biológico (Pérez y Forbes 2008)

Manejo del tizón tardío, causado por *P. infestans*, representa un gran desafío, especialmente entre los pequeños agricultores de los países tropicales. Los intentos de controlar el tizón tardío se aplican casi en su totalidad mediante el uso de fungicidas en variedades con niveles de resistencia de bajos a moderados (Haverkort 2008).

La mayoría de los agricultores, a causa de la enfermedad ha generado grandes pérdidas y en algunos casos la pérdida total de la cosecha. Por ejemplo, se estima que aproximadamente entre el 30 y el 60 % de la cosecha se pierde anualmente debido al tizón tardío en Kenia (Nyankangaet 2004).

El manejo integrado de plagas ha ayudado a los agricultores a reducir drásticamente la necesidad del uso de químico, al mismo tiempo que aumenta la producción (FAO 2008).

De acuerdo al manejo integrado de plagas, la aplicación de fungicidas ha sido el único manejo confiable para el tizón tardío. Las estrategias de manejo de enfermedades dependen principalmente de prácticas sanitarias y aplicaciones oportunas de fungicidas basadas en condiciones climáticas favorables, porque los sistemas de apoyo a la toma de decisiones suelen faltar en muchos países en desarrollo (Fry y Godwin 1997; Ojiewoet 2010).

Por ejemplo, en Kenia, el mayor uso de pesticidas durante la producción de tomate es para manejo de tizón tardío, con hasta 40 aplicaciones por ciclo de cultivo (Waiganjo 2006).

Esto se logró mediante el uso de fungicidas de fenilamida, como ridomil. La primera pulverización con ridomil MZ 63,5% WP a razón de 2 kg ha⁻¹ y seguido de 2-3 pulverizaciones de ditano M-45 a razón de 3 kg ha⁻¹ se encontró que eran efectivos en el manejo del tizón tardío (Bekele y Yaynu 1996).

Según Mesfin y GebreMedhin (2007), tres aspersiones con ridomil dieron el área bajo la curva de presión de la enfermedad (AUDPC) más baja y el rendimiento más alto. El tratamiento rociado con mancozeb en la emergencia y luego seguido con un intervalo de 15 días dio el segundo rendimiento más alto, mientras que un rociado de ridomil en la aparición de los síntomas dio el tercer rendimiento más alto y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con ridomil y mancozeb.

Control preventivo

Este control depende de la barrera que se ponga entre el patógeno y la planta huésped o de la parte susceptible de la planta, siendo esta barrera de naturaleza química, física o espacial, estas estrategias específicas empleadas asumen que los patógenos están presentes y que la infección ocurrió si no se emplean medidas protectoras (Antonio 2021).

Prevenir la enfermedad se logra eliminando toda posible fuente del hongo causante de la enfermedad, se inicia usando semillas sanas, evitando usar semillas que provengan de áreas infectadas con *P. infestan*, eliminando los desechos de la cosecha anterior, realizar rotación de cultivos para disminuir la infestación provocada por el hongo (Acuña 2008).

Control cultural

Para mantener un buen manejo del cultivo se debe realizar lo siguiente: elegir un terreno que se mantenga con buen drenaje el suelo, rotación de cultivos; evitar rotar en el siguiente ciclo con papa y viceversa x son hospedantes eficientes del hongo, mantener un control adecuado de las malezas en el cultivo en especial antes del trasplante en especial malezas del género *Solanum*, orientar los surcos de forma paralela a la dirección del viento para promover la ventilación del cultivo, evitar densidades altas de cultivo, en lo posible evitar el riego por aspersión, pues favorece la dispersión del inóculo, de preferencia se debe hacer los riegos por la mañana y no en la noche de esta manera se evita el exceso de humedad en el cultivo pues se evaporará a lo largo del día y se debe eliminar todos los frutos y restos de las plantas infectadas que queden entre los surcos

también evitando que las hojas y los tallos estén en contacto con el suelo (AgriSolver 2019)

Variedades resistentes

La utilización de variedades resistentes, es una opción componente debería incluirse en el plan de manejo, con materiales más resistentes deberían utilizarse en zonas o épocas muy favorables a la enfermedad, ya que las variedades susceptibles son menos favorables para el desarrollo del patógeno. En ambos casos habrá que estar atento a la aparición de la enfermedad, en particular cuando los cultivos se desarrollan bajo riego aéreo, esto favorece su aparición y severidad (Rivera *et al.* 2014).

Control genético

Consiste en la utilización de algunas variedades que impiden el desarrollo de la enfermedad, debido a las características intrínsecas, debido a que se puede encontrar resistencia a *P. infestan*. Se puede decir que son variedades inmunes, donde son aquellas que no se enferman, donde no existe especies del patógeno que pueden infectar, sin embargo cuando la variedad es sembrada con mucha frecuencia, la variedad deja de ser inmune, mientras que las variedades resistentes se muestra su enfermedad, pero no avanza rápido y su rendimiento no se ve afectado y mientras que las variedades susceptibles es aquella que se enferma y si las condiciones son favorables para la enfermedad puede morir y por tanto su rendimiento se verá afectado (Pérez y Forber 2008)

Control químico

De acuerdo a la medida de incidencia que presenta este organismo para desarrollar resistencia a los agroquímicos, el plan de control químico debe incluir la rotación de productos de contacto y translaminares o sistémicos. Se deben hacer desde la etapa inicial del cultivo. En la época seca (y si no hay presencia de frentes fríos), se deberán hacer aplicaciones semanales de fungicidas, comenzando una vez que todas las plantas hayan emergido (15 a 20 días después de la siembra) (Toledo 2019).

Una estrategia preventiva eficaz incluiría la aplicación combinada de los productos Revus y Taegro, de Syngenta. Revus es un fungicida a base de 250 g/l (23,40% p/p) Mandipropamid altamente eficaz contra hongos oomicetos que producen enfermedades foliares como el mildiu. En tomate debe aplicarse en dosis de 0,4 – 0,6 l/ha durante el estado vegetativo BBCH 9-81 (emergencia hasta 10% de los frutos tiene color típico de madurez). El número de aplicaciones máximas en un intervalo de 7 a 10 días es de tres (Syngenta 2023).

Por otro lado, Taegro es un biofungicida preventivo de amplio espectro de origen natural a base de *Bacillus amyloliquefaciens* cepa FZB24 (13% WP), que estimula los mecanismos de defensa naturales de la planta. Presenta tres modos de acción: mediante producción de metabolitos antimicrobianos, compitiendo por el espacio en superficies vegetales y activando la inducción de defensas de las plantas. La dosis de aplicación en tomate es de 0,185 – 0,37 kg/ha con un volumen de agua de 180 – 1000 (l/ha). Se permiten 10 aplicaciones en un intervalo de 7 días, y el momento de aplicación será durante el estado vegetativo BBCH 10-89. (Syngenta 2023).

Control biológico

Investigaciones realizadas in vitro sobre control biológico a base de microorganismos *Trichoderma* ha demostrado eficiencia de *P. infestans* con un gran porcentaje de 83 a 87. Resultando efectivo en el control de la enfermedad (Bustamante 2015).

Estudios demuestran que muchas *Pseudomonas* spp. han sido identificadas como agentes de biocontrol, con cepas capaces de proteger las plantas de una amplia variedad de patógenos bacterianos, fúngicos y oomicetos. poseen amplios arsenales de compuestos antifúngicos, antibióticos, toxinas y otros metabolitos secundarios, donde se muestra una fuerte actividad antagonista contra *P. infestans* y buen potencial de biocontrol contra el tizón tardío. El uso de bacterias ofrece ventajas significativas sobre el control de *P. infestans* (Cruz *et al.* 2020).

1.7. Metodología de la Investigación

Para la investigación del presente trabajo bibliográfico, se consideró la revisión de literatura de artículos científicos, textos, revistas, periódicos, ponencias, congresos, entre otros.

La información obtenida fue analizada y resumida a fin de obtener información relevante sobre el control integrado de *P. infestans*.

CAPITULO II

RESULTADOS

2.1. Desarrollo del Caso

En este proyecto se lo elaboró mediante el análisis, síntesis y resumen de la recopilación bibliográfica sobre El manejo integrado *P. infestan* en el cultivo de tomate.

2.2 Situaciones Detectadas

La enfermedad conocida como Tizón tardío causada por *P. infestan*, que afectan a las plantas alimenticias de la familia solanácea, como el tomate, siendo sus principales síntomas y daños causados a nivel radicular, tejido foliar, tallos, peciolos y frutos, pudiendo ser afectada en las diferentes etapas del cultivo, con una gran capacidad de supervivencia y facilidad para reproducirse, en especial cuando presenta condiciones favorables.

El hongo patógeno *P. infestans* es común en lugares donde la temperatura oscila entre 15 y 22 °C y humedad relativa mayor del 80 %, cuando la severidad de la enfermedad es alta. El ciclo de vida de *P. infesta* depende mucho de la temperatura y la humedad siendo la clave para el desarrollo de la enfermedad.

P. infestans al ser un fitopatógeno que no solo afecta cultivo de tomate sino

también otros cultivos de importancia económica y debido a su potencial para causar enfermedad debe ser prevenido y tratado, si bien muchos de los controles químicos han logrado mitigar los efectos del mismo, también generan un gran impacto ambiental, contaminación y niveles elevados de toxicidad, que se pueden manejar mediante la aplicación de otras alternativas de control como: Cultural, biológico y variedades resistentes.

2.3 Soluciones Plantadas

Es importante realizar un monitoreo constante del cultivo en especial si existe la sospecha del patógeno, para tomar medidas preventivas y controlar la enfermedad. Es de gran importancia el uso de controladores biológicos para evitar efectos secundarios ocasionados por los fungicidas químicos que han provocado consecuencias fatales en los cultivos como: resistencia a la enfermedad, contaminación del medio ambiente y provocando daños en la salud humana y animal. Se puede llevar a cabo un manejo integrado que favorece la estabilidad de los cultivos. Por otra parte, las herramientas tecnológicas existentes pueden ser una excelente alternativa para llevar a cabo procesos preventivos, sobre las plantas.

2.4 Conclusiones

- El tizón tardío se encuentra en su gran desarrollo cuando las condiciones de humedad coinciden con temperaturas durante períodos prolongados, de esta manera favorece en el normal desarrollo de su ciclo de vida ósea incrementándose de manera rápida y provocando pérdida al cultivo por la enfermedad.
- Un adecuado manejo de *P. infestan*, está en realizar las tareas de prevención y control en el momento oportuno, de acuerdo a las condiciones

agroecológicas de la zona.

- El control más eficaz para *P infestans*, es el uso de productos químicos, cabe resaltar que no es amigable con el medio ambiente y ocasiona daños a la salud humana y el medio ambiente.
- Se debe continuar innovando las estrategias de manejo integrado de plagas las cuales deben ser sustentable dentro del proceso productivo del tomate.

2.5 Recomendaciones

- Realizar monitoreos constantes cuando se cumplen las condiciones favorables para la enfermedad.
- Evitar plantar el cultivo tomates en la misma área durante varios años consecutivos, ósea promover la rotación con otras especies, la selección de variedades resistentes y el uso de fungicidas orgánicos, proporcionando el mejor control de la enfermedad y pueden ayudar a reducir el riesgo de infección en los cultivos, y por ende el aumentó la productividad del cultivo de tomate.
- El uso de variedades resistentes ayudará a reducir el uso de productos químicos, ya que el tomate es el producto que mayormente se consume de manera fresca o industrializada.

BIBLIOGRAFIA

- Acuña, I. 2008. Manejo Integrado de tizon tardio y estrategias de control químico. Informativo del Instituto de Investigación Agropecuaria. Disponible en <https://tizon.inia.cl/assets/boletines/62-manejo%20integrado%20del%20tizon%20tardio%20y%20estrategias%20de%20control%20quimico.pdf>
- Antonio. 2021. Tizon Tardio En Tomate Y Su Control. Presentación del tizón tardío del tomate producidas por *Phytophthora infestans*. Disponible en <https://es.scribd.com/document/541199646/Tizon-Tardio-En-Tomate-Y-Su-Control#>
- AgriSolver. 2019. Tizón tardío en tomate: Manejo Integrado de *Phytophthora infestans*. Disponible en <https://www.agrisolver.com/blog/tizon-tardio-en-tomate-manejo-integrado-de-phytophthora-infestans>.
- Brunells, N. 2013. El cultivo del tomate: Crecimiento y floración. Disponible en <https://www.agrorganics.com/es/blog/el-cultivo-del-tomate-crecimiento-y-floracion/>.
- BlogAgricultura. S.f. Fases de desarrollo o etapas fenológicas del cultivo del tomate. Disponible en <https://blogagricultura.com/etapas-fenologicas-tomate/>.

Bustamante, A. 2015. Control biológico de tizon tardío *Phytophthora infestans* de papa a travez de consorcio microbiano formadores por hongos nativos de Trichodermas. Maestria Universidad Politecnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7692/1/UPS-CT004553.pdf>

Camara de Comercio de Bogotá. (2015). Manual Tomate. Bogotá.

Cardona, P; Castaño, J; Ceballos,N. 2016. Epidemiología del tizón tardío [Phytophthora infestans (Mont.) de Bary] en quince introducciones de tomate silvestre. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(1): 45-54

Certis Belchim. 2023. Phytophthora: aprende a prevenir y controlar esta enfermedad. Disponible en <https://certisbelchim.es/phytophthora-aprende-a-prevenir-y-controlar-esta-enfermedad-2/>

CHEMONIC.2008. Manual del cultivo de tomate. Programa De Diversificacion Hortícola Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola. Disponible en <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517t.pdf>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero. Boletín técnico 21. Recuperado en diciembre 23 de 2014 de <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/50546/50546.pdf>

Cruz,J; Hernandez, V; Consuelo, L y Fuentes,L. 2020. Alternativas de control biorracionales sobre Phytophthora infestans, fi topatógeno causante de la gota en papa. Disonible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v19n36/1794-2470-nova-19-36-31.pdf>

Cruz, J; Hernández, V; Sánchez, L y Fuentes L. 2020. Alternativas de control biorracionales sobre *Phytophthora infestans*, fitopatógeno causante de la gota en papa. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v19n36/1794-2470-nova-19-36-31.pdf>

DANE. 2014. El cultivo del tomate de mesa bajo invernadero, tecnología que ofrece mayor producción, calidad e inocuidad del producto. Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_dic_2014.pdf

Intagri. 2018. "*Phytophthora infestans*", un Patógeno Devastador para las Hortalizas. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/phytophthora-infestans-un-hongo-devastador-para-las-hortalizas>.

Infoagro Systems S.L. 2016. El cultivo de tomate: Parte I. (en línea). Madrid, España. s.p. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp

INEC (Instituto nacional de Estadística y Censo). 2017. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Disponible en https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principal_es_Resultados_ESPAC_2017.pdf.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de tomate. Buenos Aires-Argentina. Disponible en <https://www.fao.org/3/i1746s/i1746s.pdf>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2015. Manejo integrado de enfermedades.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2013. El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. Disponible en <https://www.fao.org/3/i3359s/i3359s.pdf>

Fry, W.E., Grunwald, N.J., Cooke, D.E.L., Mcleod, A., Forbes, G.A. and Cao, K. 2009. Population genetics and population diversity of *Phytophthora infestans*. pp. 139 - 164. In: Lamour, K. and Kamoun, S. (eds.). *Oomycete genetics and genomics: diversity, interactions, and research tools*, Wiley-Blackwell.

Floresyplantas. 2009. Planta del tomate. Disponible en <https://www.floresyplantas.net/planta-del-tomate/>.

Fornaris, G. 2007. Características de la planta. Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate. La Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico. Disponible en <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/TOMATE-Character%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2007.pdf>

Haverkort, A. J., Boonekamp, Hutten, P.M.R., Jacobsen E., Lotz, L.A.P., Kessel, G.J.T., Visser, G.F.E. and Van der Vossen, A.G. 2008. Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification. *Potato Research*, 51(11): 47 - 57.

Pérez, W y Forbes G. 2008. Manual Técnico el tizón tardío de la papa. ISBN 978-92-9060-343-6. Lima- Perú. Disponible en <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/004271.pdf>

PortalFruticola. 2018. Poda y deshoje en el cultivo de tomate bajo malla antiáfido. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/08/03/poda-y-deshoje-en-el-cultivo-de-tomate-bajo-malla-antiafido/>.

Koppert. 2023. Tizón tardío. Ciclo de vida y aspecto del tizón tardío. Disponible en <https://www.koppert.ec/retos/control-de-las-enfermedades/tizon-tardio/>.

Rivera, J; Brown, J; Weller, S y Melgar, J. 2014. Consideraciones técnicas para el efectivo manejo integrado del tizón tardío en papa. Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/Departamento_de_Proteccion_Vegetal/consideraciones_tecnicas_para_manejo_de_tizon_tardio_en_papa.pdf.

SENASA. 2015. *Phytophthora infestans*. Disponible en <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/phytophthora-infestans>.

Syngenta. 2023. La importancia del control preventivo del mildiu del tomate. Disponible en <https://blog.syngenta.es/la-importancia-del-control-preventivo-del-mildiu-del-tomate/>

Toledo, M. 2019. Manejo de la enfermedad “tizón tardío” (*Phytophthora infestans*) de la papa. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B4175e/B4175e.pdf>

Waiganjo, M.M., Wabule, N.M., Nyongesa, D., Kibaki, J.M., Onyango, I., Wepukhulu, S.B. and Muthoka, N.M. 2006. Tomato production in Kirinyaga district, Kenya; a baseline survey report. Kenya agricultural research institute, Kenya. London W1T 3JH, UK.