



FUNDACIÓN HONDUREÑA
DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL EFECTIVO MANEJO INTEGRADO DEL TIZÓN TARDÍO EN PAPA



José Mauricio Rivera C. Ph.D. FHIA, Honduras
Judith K. Brown, Ph.D. Universidad de Arizona, EE.UU.
Stephen Weller, Ph.D. Universidad de Purdue, EE.UU.
José. C. Melgar, Ph.D. EARTH, Costa Rica.

La Lima, Cortés, Honduras. C.A.
Septiembre de 2014



FUNDACIÓN HONDUREÑA
DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL EFECTIVO MANEJO INTEGRADO DEL TIZÓN TARDÍO EN PAPA

Serie Protección Vegetal:
Conociendo y Combatiendo los Enemigos de los Cultivos

Para la realización de este documento se ha recibido el apoyo técnico-científico y financiero del Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program (IPM CRSP, ahora IPM IL) el cual es financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y ejecutado por Virginia Tech University con un consorcio de universidades norteamericanas.

La Lima, Cortés, Honduras. C.A.
Septiembre de 2014

635.219

R621

Rivera C., José Mauricio

Consideraciones técnicas para el efectivo manejo integrado del tizón tardío en papa / José Mauricio Rivera C.— 1a ed.-- La Lima, Cortés : FHIA, 2014
17 p. : il.

1. *Solanum tuberosum* 2. Enfermedades de las plantas
3. Control de enfermedades I. Judith K. Brown
- II. Stephen Weller III. José C. Melgar, IV. Tit.

635.219—dc20

Este documento ha sido editado
en el Centro de Comunicación Agrícola de la FHIA.

1,500 ejemplares impresos.

Se autoriza su reproducción, sin fines comerciales,
total o parcial siempre que se cite la fuente.

PRESENTACIÓN

Históricamente el “Tizón tardío” (causado por el microorganismo *Phytophthora infestans*) ha sido en Honduras el principal problema fitosanitario del cultivo de papa, obligando a una inversión sustancial en productos químicos para su combate y con frecuencia provocando pérdidas importantes en rendimiento. Aunque actualmente también demanda la atención y recursos de los productores la enfermedad conocida como “Papa manchada”, provocada por el complejo del insecto Psílido de la papa [*Bactericera (Paratrioza) cockerelli* y la bacteria *Candidatus liberibacter solanacearum*], el Tizón tardío sigue siendo una permanente y grave amenaza a los cultivos. Es una verdad aceptada que entre mejor conocimiento se tiene de los enemigos de los cultivos, mejor preparados estarán los productores para su combate. El caso de Tizón tardío no es distinto y por ello con este documento se pretende brindar a los productores de papa información sobre las condiciones que favorecen la ocurrencia de la enfermedad, de manera que estén capacitados para hacer uso óptimo de los fungicidas y de las otras estrategias disponibles en un esquema de “manejo integrado”.

No se pretende dar un tratamiento extensivo del tema Tizón tardío sino que, utilizando también información obtenida de la reciente literatura sobre el tema, agregar elementos que no suelen ser tomados en cuenta en la limitada literatura a la cual usualmente tienen acceso los productores. Al respecto, de particular interés es que en zonas tropicales elevadas (p.e., Honduras) ocurren diferencias en comportamiento de la enfermedad debido a que el cultivo ocurre todo el año, a diferencia de las zonas subtropicales (p.e., Norteamérica y Europa del Norte) donde no se cultiva todo el año. No se tratan las implicaciones del calentamiento global sobre la biología del patógeno y del cultivo, pero ciertamente es un aspecto para el cual los productores deberán prepararse. Es el deseo de los autores y de las instituciones involucradas que esta información sea de utilidad a los productores de papa.

Esta publicación y parte de la información en que se basa han sido posibles gracias al apoyo brindado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a través del Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program (IPM CRSP, ahora IPM IL), ejecutado por Virginia Tech University en conjunto con un consorcio de universidades norteamericanas.

José Mauricio Rivera C., Ph.D.
Departamento de Protección Vegetal, FHIA (DPV-FHIA)

CONTENIDO

I. Introducción	1
II. ¿Qué factores influyen la ocurrencia de ataques de tizón tardío?..	2
2.1. Inóculo ¿Cuáles son las fuentes y cómo se disemina?.....	2
2.2. Esporangios ¿Bajo qué condiciones son producidos, germinan e infectan?	4
2.3. Lesiones ¿Bajo qué condiciones ocurre su desarrollo?	5
2.4. Temperatura y humedad ¿Porqué es importante conocer su variación?	5
III. ¿Cómo realizar el combate efectivo de ataques de tizón tardío?	6
3.1. ¿Qué se debe hacer antes de la siembra?	6
3.2. ¿Qué se debe hacer a la siembra?.....	6
3.3 ¿Qué se debe hacer durante el desarrollo del cultivo?	7
IV. ¿Cuáles son los tipos de fungicidas para combate de tizon tardío? ..	8
V. ¿Cómo optimizar el efecto de fungicidas utilizados?	11
VI. Glosario	16
VII. Referencias	17

I. INTRODUCCIÓN

Para que una enfermedad se presente y cause daño en un cultivo se requiere que ocurran tres elementos:

1) un agente causante de la enfermedad (el patógeno),
2) un cultivo susceptible a dicho agente (el hospedero),
y 3) condiciones ambientales (humedad, temperatura, insolación, otras) favorables

al patógeno para su multiplicación, diseminación y la infección y colonización del tejido de las plantas. Esto es conocido y representado gráficamente como el “triángulo” de las enfermedades (Figura 1).

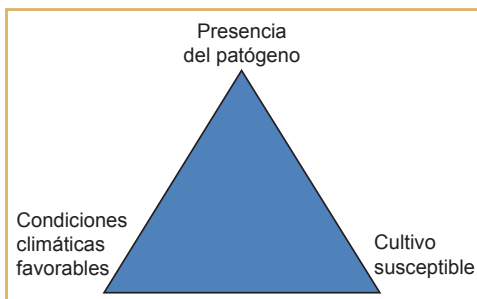


Figura 1. Triángulo de las enfermedades.

En el caso del Tizón tardío, el patógeno *Phytophthora infestans*, es un microorganismo que hasta recientemente se creyó que era un hongo y que ahora es reconocido como un organismo distinto que pertenece al reino Estramenópila. Sin embargo, al igual que cualquier otro patógeno de plantas, su multiplicación y su capacidad de provocar enfermedad también están condicionadas por factores ambientales.

En todo el texto que sigue se describe: a) como dichos factores del ambiente se interrelacionan para que *P. infestans* cause la enfermedad, y b) como interpretar el efecto de dichos factores para aplicar medidas de manejo integrado de la enfermedad, en particular en lo que concierne la utilización de químicos de acción fungicida aplicados para su combate.

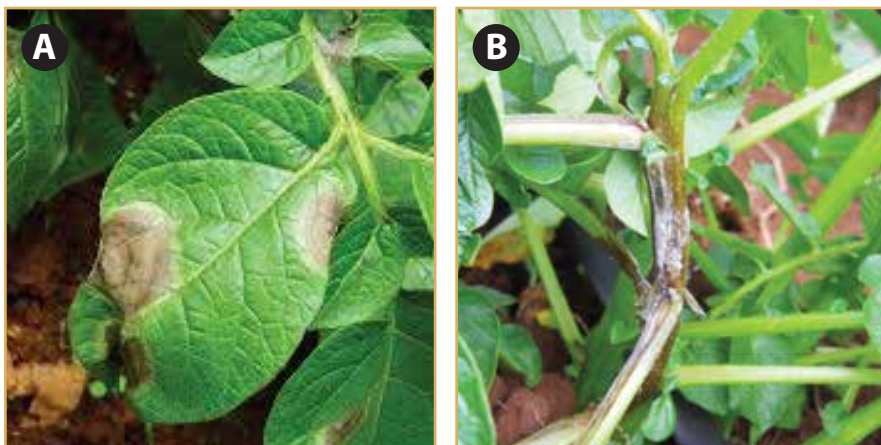


Figura 2. Típico síntoma de daño por Tizón tardío: (A) En hojas y (B) En tallos.

Información generada por el Centro Internacional de la Papa (CIP, Perú) muestra que el desconocimiento por los agricultores de los aspectos básicos de la enfermedad es la principal limitante para la apropiada utilización de las estrategias para su manejo. Idealmente, el productor debería tener una serie de competencias que se necesitan para manejar apropiadamente el Tizón tardío, a saber:

1. Identificar correctamente la enfermedad.
2. Como detectar su presencia en el campo.
3. Conocimiento de la reacción de la variedad (resistente, susceptible, tolerante).
- 4. Identificar correctamente las condiciones de clima favorables para ocurrencia de la enfermedad.**
- 5. Conocimiento básico del ciclo de vida del patógeno.**
- 6. Conocimiento de los fungicidas (modo de acción y condiciones para su aplicación optimizada).**

El productor promedio de papa en Honduras tiene algún grado de competencia en los temas de los numerales 1, 2 y 3, por lo cual en las siguientes páginas la atención se centrará en aspectos propios de los numerales **4, 5 y 6**. Sin embargo, idealmente las instituciones oficiales directamente involucradas en atender el rubro de la papa deberán brindar a los productores instrucción teórico-práctica sobre todos los temas mencionados para mejorar su competencia general en el manejo de la enfermedad.

II. ¿QUÉ FACTORES INFLUENCIAN LA OCURRENCIA DE ATAQUES DE TIZÓN TARDÍO?

2.1. Inóculo ¿Cuáles son las fuentes y cómo se disemina?

En nuestras condiciones las fuentes iniciales de *P. infestans* que infectarán a un cultivo son: 1) primordialmente inóculo persistente en el aire proveniente de la misma papa y otras solanáceas cultivadas o silvestres, dentro y en los alrededores de los campos que están presentes a través del año, y 2) adicionalmente los restos de plantas infectadas dejados en el campo de ciclos anteriores de cultivo, incluyendo tubérculos que dan lugar a plantas voluntarias y residuos foliares o leñosos de la parte aérea, en cuyos tejidos infectados por *P. infestans* este patógeno tiene la capacidad de sobrevivir. Bajo condiciones ambientales favorables, *P. infestans* produce en ellos “inóculo” primario en la forma de esporas microscópicas llamadas “esporangios”, las cuales son transportadas por el viento, salpicaduras de agua de lluvia o de riego aéreo, equipo, indumentarias e inclusive por animales, hasta aterrizar en hojas sanas iniciando un ciclo primario de infecciones que causan “manchas” (lesiones), a partir de las cuales se producen nuevos esporangios que constituirán el inóculo secundario responsable de iniciar un nuevo ciclo infeccioso secundario dentro del mismo campo donde es producido, y así sucesivamente (Figura 3).

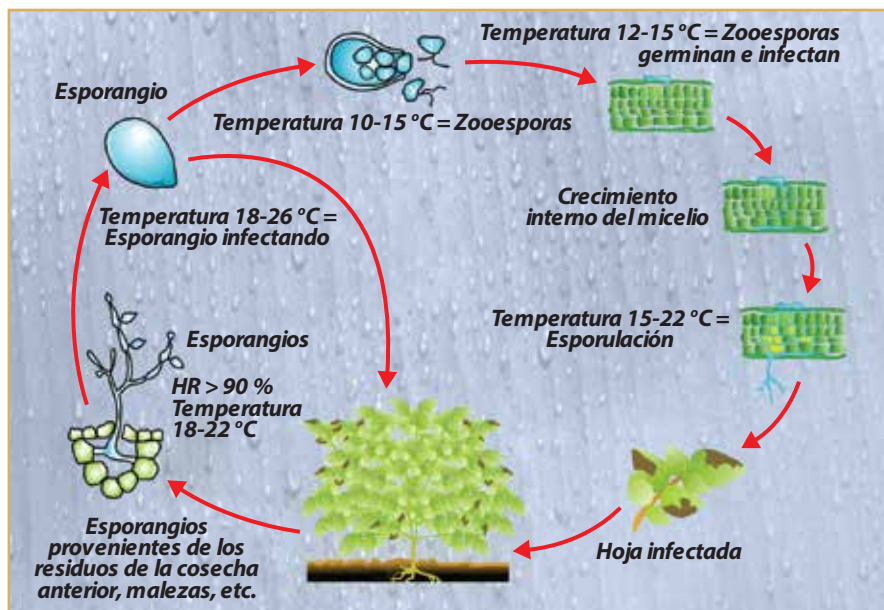


Figura 3. Ciclo de vida de *Phytophthora infestans*, causante del Tizón tardío.

Es relevante notar que, además de esporangios, *P. infestans* también puede producir otro tipo de esporas conocidas como oosporas. Los esporangios constituyen la fase reproductiva asexual del patógeno y ocurren en todas las áreas del mundo donde se cultiva papa, inclusive Honduras. En cambio, las oosporas son producto de la fase reproductiva sexual de *P. infestans* al ocurrir cruzamiento de dos distintos grupos de apareamiento del patógeno, llamados A1 y A2, por lo cual las oosporas ocurren solamente en las áreas del mundo donde poblaciones de ambos grupos están presentes. Hasta donde se sabe, en Honduras sólo existe uno de dichos grupos, el A1, lo cual tiene implicaciones desde el punto de manejo de la enfermedad como se explica a continuación.

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 patológicamente más agresivas y lo cual conduce a mayor riesgo de fallas en: i) la efectividad de los fungicidas aplicados para su combate y ii) la resistencia a la enfermedad de variedades supuestamente resistentes. Otra característica de 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 semilla. En esta guía no se discutirán los detalles de la formación de oosporas dado que en Honduras no se ha detectado la ocurrencia de la fase reproductiva sexual del patógeno.

2.2. Esporangios ¿Bajo qué condiciones son producidos, germinan e infectan?

Los esporangios de *P. infestans* son formados notoriamente en tejido infectado de ambas caras de las hojas (más en la cara inferior) y también en los tallos cuando ocurre humedad relativa superior a 90 %, o bien lluvia, neblina o rocío persistentes por un mínimo de 8-10 horas acompañadas de temperaturas bajas a moderadas (**18-26 °C**), lo cual explica porque son tan notorios cuando ocurren noches con alta humedad ambiental o también después de períodos prolongados de lluvia. En estas condiciones la masa de esporangios se hacen visibles como un “tamo” blanco-grisáceo presente hacia la orilla de las lesiones y en el tejido verde adyacente. Para que germinen los esporangios producidos en las lesiones iniciales es **absolutamente indispensable** la presencia de agua libre sobre la superficie de la planta; de otra manera, no germinan y en general no sobreviven más de 24 horas en condiciones secas. La germinación ocurre de dos maneras dependiendo de las temperaturas prevalcientes, llamadas “germinación directa” y “germinación indirecta”.

- **Germinación directa.** La germinación directa de los esporangios se presenta cuando prevalecen temperaturas medias **moderadas (18-26 °C, óptimo de 24 °C)**, ocurriendo la formación de un tubo germinativo que penetra directamente el tejido de la planta.
- **Germinación indirecta.** Cuando las temperaturas medias sostenidamente son inferiores a 18 °C (**óptimo alrededor de 13 °C**) el contenido de cada esporangio se divide en 8 a 12 esporas móviles, llamadas “zoosporas”, que son liberadas del esporangio y “nadan” brevemente en la película de agua sobre la lámina de la hoja hasta que se enquistan y germinan para penetrar directamente el tejido. El rango óptimo de temperatura para germinación de las zoosporas es **10-15 °C**, tomando 1-3 horas para completar este evento.

Factor	Favorece:
Humedad Alta (persistente)	⇒ Todo el ciclo de la enfermedad
Temperatura Diurna y Nocturna de 18 - 26 °C	⇒ Producción de esporangios
Temperatura Diurna de 15 - 22 °C	⇒ Desarrollo de lesiones
Temperatura Nocturna de 10 - 15 °C	⇒ Producción de zoosporas

Figura 4. Efecto de los factores climáticos sobre el desarrollo del Tizón tardío en papa.

2.3. Lesiones ¿Bajo qué condiciones ocurre su desarrollo?

La aparición de manchas es el síntoma indicativo de que, seguido a la penetración e infección, el patógeno ha sido exitoso en desarrollarse en el tejido y colonizarlo provocando su muerte, manifestada por la presencia del color oscuro que adquiere la hoja o el tallo. Para que la colonización ocurra el óptimo de temperatura para crecimiento de *P. infestans* es de **18 a 22 °C**, condiciones en las cuales los primeros síntomas foliares se hacen visibles en tan corto tiempo como 3-5 días, indistintamente de si provienen de germinación directa o indirecta. Al final de ese corto período de tiempo se habrá formado una nueva generación de esporangios disponibles para causar nuevas infecciones al ser diseminados por medios ya explicados anteriormente.

2.4. Temperatura y humedad ¿Porqué es importante conocer su variación?

La importancia práctica del conocimiento del efecto de la temperatura en la germinación de *P. infestans* radica en lo siguiente: arriba de **21 °C** la germinación directa del esporangio provoca un solo punto de infección y obviamente una sola lesión; en contraste, abajo de **18 °C** cada una de las 6-8 zoosporas liberadas por un esporangio son infectivas y potencialmente capaces de causar 6-8 infecciones separadas y el daño correspondiente. En estas condiciones un ciclo generacional de *P. infestans* puede ser tan breve como 3-5 días. En base a todo lo anteriormente expuesto, se puede generalizar que los ataques más severos de Tizón tardío ocurren cuando las siguientes condiciones se presentan:

1. **Temperaturas nocturnas.** Ocurrencia de temperaturas medias sostenidas de **10-15 °C** pero no inferiores a **8 °C**. Esto favorece infecciones múltiples por zoosporas.
2. **Temperaturas diurnas.** Temperaturas medias del orden de **15-22 °C** por varios días consecutivos favorecen el crecimiento del organismo en el interior del tejido, el desarrollo de las lesiones y la producción de esporangios.
3. **Humedad persistente.** Ocurrencia de períodos con humedad libre persistente sobre la hoja de seis o más horas, particularmente durante la mayor parte de la noche, favorecen la germinación y penetración del patógeno, provocando nuevas infecciones.

De aquí la necesidad de efectuar aplicaciones de control químico preventivamente y con mayor frecuencia cuando se presentan dichas condiciones. En la zona papera de La Esperanza, Intibucá, Honduras, aparentemente la ocurrencia de condiciones de temperatura y humedad más favorables se presenta en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y en menor grado febrero, pudiendo también ocurrir períodos favorables ocasionales de corta duración en julio, agosto y septiembre. **Todo lo anterior hace evidente**

la importancia que se deberá prestar en cualquier programa de combate de la enfermedad al registro de las condiciones climáticas para anticipar su posible efecto sobre *P. infestans* y sobre el desarrollo del Tizón tardío, utilizando dicha información para programar las aplicaciones y decidir la naturaleza de los productos a utilizar.

III. ¿CÓMO REALIZAR EL COMBATE EFECTIVO DE ATAQUES DE TIZÓN TARDÍO?

Han sido desarrolladas una serie de medidas cuya utilidad para el combate de Tizón tardío ha sido plenamente demostrada. Sin embargo, también ha sido demostrado que, en general, la aplicación aislada de una medida individual no es suficiente para el manejo efectivo de la enfermedad. En consecuencia, el combate debe hacerse recurriendo al concepto de manejo integrado, combinando aquellos factores que contribuyen a limitar el desarrollo de la enfermedad como son el manejo de las fuentes de inóculo, monitoreo sistemático de condiciones climáticas prevaletentes y de ocurrencia de la enfermedad (para oportuna detección), las particularidades del cultivo (p.e., la variedad, su patrón de crecimiento y reacción a la enfermedad), al igual el manejo agronómico del mismo, etc.

3.1. ¿Qué se debe hacer antes de la siembra?

- **Selección o mejoramiento de campos de cultivo.** Condiciones a considerar son que tengan buen drenaje (natural o artificial) y apropiada exposición al sol y viento para prevenir la acumulación de humedad en el follaje y suelo. Secciones del campo localizadas a la par de árboles o maleza alta que impide que el sol pegue en ellas por varias horas en la mañana son sitios a evitar pues la sombra que proyectan sobre el campo brinda condiciones favorables a la enfermedad por más tiempo que el resto del campo expuesto al sol, convirtiéndose temprano en el desarrollo del cultivo en una fuente de inóculo para todo el campo.
- **Eliminación de plantas voluntarias y malezas.** Puesto que el patógeno puede sobrevivir en restos del cultivo anterior y de otros cultivos o malezas botánicamente afines a la papa, estos se deben eliminar para bajar la carga de inóculo primario disponible para infectar el nuevo cultivo.
- **Programación de siembra.** Cuando ello sea posible, en áreas de producción estacional se debe cambiar la época de cultivo (especialmente campos donde se cultiva bajo riego) para evitar la época de mayor incidencia y severidad de la enfermedad.

3.2. ¿Qué se debe hacer a la siembra?

- **Evitar sembrar con lluvia.** La humedad producto de la lluvia favorece la infección temprana de los brotes recién germinados.

- **Modificar distanciamiento entre surcos y plantas.** Se debe considerar ampliar las distancias para mejorar la exposición del follaje al viento y sol para reducir la humedad relativa y humedad libre sobre la hoja. La orientación de surcos en dirección paralela a la de los vientos dominantes también contribuye a la ventilación. Por otro lado, ampliar las distancias favorece que el chorro fungicida de las bombas de mochila alcance el interior de la planta y haya un control más efectivo de la enfermedad.
- **Nutrición balanceada.** Se debe fertilizar en base a las necesidades indicadas por análisis de suelo. De particular interés es evitar dosis elevadas de nitrógeno pues este elemento induce exuberante crecimiento vegetativo y succulencia que favorecen el ataque de Tizón tardío.

3.3. ¿Qué se debe hacer durante el desarrollo del cultivo?

- **Sanitización.** En parcelas pequeñas al detectar hojas individuales infectadas su eliminación manual inmediata ayuda a bajar la carga de inóculo secundario generada dentro del cultivo.
- **Manejo del riego.** Debe evitarse riego aéreo dentro de lo posible pues, al igual que la lluvia, crea en el interior de la masa de hojas y la misma superficie de ellas las condiciones de humedad apropiadas para *P. infestans*. Si el riego aéreo fuera la opción disponible en la época seca, no se debe regar por las tardes pues ello favorecerá persistencia de humedad en las hojas por toda la noche. El riego por gravedad también puede favorecer la enfermedad si el drenaje de los excesos en los surcos es deficiente, pues crea un microclima favorable a la enfermedad.
- **Selección de variedades.** Si se conoce de diferencias en resistencia entre variedades comercialmente aceptadas, este componente debería incluirse en el plan de manejo. Materiales más resistentes deberían utilizarse en zonas o épocas muy favorables a la enfermedad, y variedades susceptibles se pueden utilizar cuando las condiciones son menos favorables. En ambos casos habrá que estar atento a la aparición de la enfermedad, en particular cuando los cultivos se desarrollan bajo riego aéreo, condición esta que favorece su aparición y severidad (Figura 5).
- **Control químico.** En ausencia de variedades con resistencia o tolerancia, la aplicación de fungicidas sigue siendo la medida más efectiva para el manejo de la enfermedad en nuestro medio. Involucra utilizar productos capaces de prevenir la infección o bien de demorar el desarrollo de la enfermedad si ya ocurrió infección. El texto que sigue a continuación se concentra en explicar los aspectos más importantes que se deberían de saber para asegurar la eficacia de las aplicaciones de fungicidas (Figura 5).



Figura 5. Estrategias más efectivas de control de Tizón tardío: (A) Resistencia genética y (B) Control químico.

IV. ¿CUÁLES SON LOS TIPOS DE FUNGICIDAS PARA COMBATE DE TIZÓN TARDÍO?

En general, por su modo de acción los productos utilizados caen dentro de las tres clases que se describen a continuación.

- **Productos de contacto.** Todos aquellos que ejercen su acción exclusivamente sobre la superficie de la planta, impidiendo la germinación y/o penetración del patógeno al interior del tejido, y de esta manera reduciendo el inóculo de la enfermedad. También son conocidos como protectantes, y los más comúnmente utilizados incluyen productos a base de cobre (oxicloruro, hidróxido, óxido), ditiocarbamatos (mancozeb, maneb, metiram, propineb), clorotalonilo, famoxadona y fluazinam.

La protección de estos productos se limita al follaje que está presente al momento de la aplicación y cualquier nuevo tejido formado después de la aplicación no se beneficia del efecto de dicha aplicación. Además, por el hecho de quedar sobre la superficie de la hoja están expuestos a pérdida de efectividad debido a lavado por lluvia, cuya magnitud depende del producto mismo y de la cantidad y naturaleza de la lluvia.

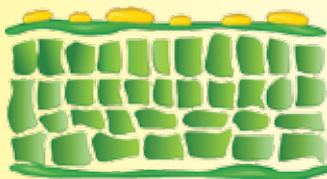
- **Productos sistémicos de acción curativa y preventiva.** Estos productos son absorbidos a través del follaje o de las raíces. Una vez absorbidos su transporte usualmente ocurre de la base de la planta hacia la parte aérea vía xilema y en algún caso vía floema. Son productos curativos que actúan contra el hongo en desarrollo mayormente dentro del tejido de la planta gracias a su condición de sistemicidad. Gracias a su movilidad internamente, tienen la habilidad de proteger follaje que pudiera haber sido formado después de la aplicación, afectando negativamente fases específicas del desarrollo del patógeno después de ocurrida la infección gracias al efecto curativo. Sin embargo, tienen la desventaja más notoria en el grupo de las difenilamidas (incluye a metalaxilo, mefenoxam, oxadaxilo, ofurace, etc.) cuyo uso constante tiene un alto riesgo de inducir en el patógeno el desarrollo de poblaciones resistentes que hacen prácticamente inefectivo el producto. Afortunadamente, dicha resistencia no es hereditaria y se puede revertir cambiando las estrategias de control químico (p.e., cambiando a otros químicos de distinto modo de acción).

El producto Alliette (a base de Fosetyl-Aluminio) es también un sistémico que a veces es utilizado para el control de Tizón tardío, cuya mayor virtud es que puede desplazarse hacia arriba vía xilema y hacia abajo vía floema. Sin embargo, su eficacia contra Tizón afectando el follaje parece ser limitada en comparación a otros sistémicos o translaminares y su uso no se ha difundido. Muestran menor riesgo de que el patógeno desarrolle resistencia contra ellos los fungicidas a base de azoxistrobina y otras estrobilurinas.

- **Productos translaminares.** Son productos que tiene la capacidad de penetrar la hoja pero, una vez adentro de ella, su movimiento ocurre básicamente a través de la lámina foliar y ligeramente en una zona alrededor de donde la gota de fungicida impactó. Al igual que los productos de contacto, hojas que aparecen después de una aplicación no se beneficiarán del efecto de dicha aplicación. Sin embargo, pueden tener efecto curativo sobre lesiones que reciben impacto directo de gotas, pudiendo extenderse dicho efecto hasta curar infecciones ocurridas 24 horas antes de la aplicación. Este grupo incluye a productos fungicidas a base de los compuestos propamocarbo, dimetomorfo, iprovalicarbo, cimoxanilo y otros. Muestran menor riesgo que las difenilamidas o que el patógeno desarrolle resistencia.

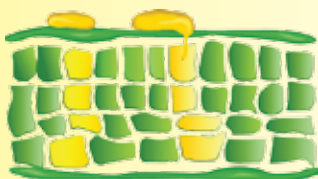


Preventivos de contacto (acción protectora)



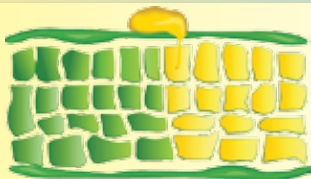
Mancozeb (Manzate, Dithane, Vondozeb, Flonex)
 Clorotalonilo (Daconil, Bravo, Clortosip)
 Metiram (Polyram DF)
 Famoxadona (Famoxate)
 Maneb (Maneb)
 Propineb (Antracol)
 * Fluazinam (Shirlam flow, Omega)
 * Fentin acetato + Maneb (Maneb-tin, Brestan super)

Curativos/Preventivos de acción translaminar (sistema localizada)



Cimoxanilo + Mancozeb (Curzate M72)
 Cimoxanilo + Famoxadona (Equation Pro)
 Cimoxanilo + Metiram (Aviso DF)
 Dimetomorph + Mancozeb (Acrobat MZ)
 Dimetomorph + Fentin hidróxido (Solide)
 Propamocarb + Mancozeb (Tattoo M)
 Propamocarb (Previcur N)
 Propamocarb + Clorotalonilo (Tattoo C)
 Iprovalicarb + Propineb (Positron Duo)

Curativos/Preventivos de acción sistémica general



Metalaxilo + Mancozeb (Ridomil MZ72)
 Mefenoxan (Ridomil Gold)
 Mefenoxan + Mancozeb (Ridomil Gold MZ)
 Fosetyl Al (Alliette 80WP)
 Fosetyl Al + Mancozeb (Rhodax)
 Oxidixilo + Propineb (Fruvit 66WP)
 Azoxistrobina y otras estrobilurinas (Amistar)

Figura 6: Lista parcial de fungicidas para el control de Tizón tardío y su modo de acción.

En general, los productos disponibles en el mercado son efectivos, aunque con grado variable de efectividad en particular debido a su modo de acción y condiciones ambientales. A pesar de su efectividad, son frecuentes las ocasiones en que, a pesar de aplicar fungicidas, ocurre daño y pérdidas debidas a la enfermedad. Gran parte de dicha falla en la efectividad es atribuible a tres causas principales: 1) mala elección de producto, 2) utilización de equipo y técnicas inadecuadas de aplicación, y 3) no tomar en cuenta el efecto de las condiciones ambientales. A diferencia de otros cultivos, con excepción del nuevo grupo de químicos derivados del ácido fosforoso (conocidos como fosfonatos, que incluye a Alliette), no ocurren actualmente en el mercado productos alternativos a los

fungicidas tradicionales (de origen inorgánico u orgánico) que hayan mostrado efectividad en el combate de Tizón tardío.

V. ¿CÓMO OPTIMIZAR EL EFECTO DE FUNGICIDAS UTILIZADOS?

En países desarrollados es frecuente que la decisión para aplicar o no aplicar fungicidas se base en algún tipo de cálculo matemático (modelo predictivo) que determina el riesgo de explosión de la enfermedad en base a dos factores ambientales determinantes del comportamiento de *P. infestans*: la temperatura (que es el más factor más comúnmente utilizado) y la humedad (usualmente como precipitación pluvial). Esto requiere acceso a registros históricos de clima y de incidencia/severidad de la enfermedad, ninguno de los cuales existen en Honduras. En estas circunstancias, las aplicaciones deberán decidirse en base al conocimiento que se tenga del clima prevaleciente y de los productos utilizados. Existe en el comercio una amplia gama de productos vendidos para combate de Tizón tardío, lo cual puede ser un problema para el productor al momento de decidir que aplicar. A continuación se describen algunos factores generales que puede utilizar para decidir.

Factores a considerar antes de iniciar las aplicaciones

- **Anticipación y oportunidad**

Devastadoramente rápidos ataques pueden ocurrir cuando las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad, situación en la cual las aplicaciones se deberán iniciar más temprano y realizarlas más frecuentemente recurriendo a acortar los intervalos.

- **Tratamiento preventivo**

En las épocas de mayor presión de enfermedad en nuestro medio el tratamiento deberá ser preventivo, iniciando las aplicaciones antes de que los síntomas aparezcan.

- **Mezclas de fungicidas**

Favorecer el uso de mezclas de fungicidas sistémicos y/o translaminares con fungicidas de contacto como mancozeb, clorotalonilo y cobre, idealmente utilizando formulaciones en que vienen pre-mezclados de fábrica o como último recurso haciendo mezclas al preparar la aplicación. Es importante asegurar la constante agitación del caldo para evitar sedimentación.

Factores a considerar durante la aplicación

- **Productos apropiados**

Los productos sistémicos muestran mayor eficiencia cuando se usan en plantas jóvenes cuyos tejidos están creciendo rápidamente. La utilización de sistémicos y translaminares debe ser obligada cuando prevalecen períodos con condiciones de clima favorables a la enfermedad y variedades susceptibles. Los productos de contacto pueden utilizarse por sí solos en períodos poco favorables, siempre

monitoreando el estado de desarrollo de la enfermedad para determinar la necesidad de aplicación de sistémicos o translaminares. Como estrategia para evitar desarrollo de resistencia a fungicidas sistémicos y translaminares por el patógeno, en épocas favorables a la enfermedad se debe incluir la aplicación de productos de contacto en mezcla con sistémicos o alternados a intervalos cortos.

- **Equipo apropiado**

La bomba de mochila de palanca es usualmente el equipo utilizado por los productores de papa en Honduras. Aunque no es el mejor equipo, su desempeño puede ser optimizado asegurando que tiene el debido mantenimiento mecánico, chequeando que las boquillas estén en buen estado, calibrando las aplicaciones para asegurar que se entrega por tarea o manzana la cantidad requerida de producto para un buen efecto, y asegurando que el operador hace el trabajo lo más cuidadosamente posible para cubrir eficientemente el área foliar de las plantas. En general, la aplicación de fungicidas con bombas de mochila motorizadas (de presión hidráulica o neumática) brinda mejor cobertura del follaje que la obtenible con bombas de palanca y consecuentemente resulta en un combate más efectivo de la enfermedad. Los productores deberían dar una seria consideración a utilizar equipo motorizado como una opción para mejorar la eficacia de las aplicaciones de fungicidas para el combate de Tizón tardío (Figura 5). Independientemente del equipo utilizado, el énfasis debería ser el lograr la mayor cobertura posible en ambas caras de las hojas en cualquier ubicación de la planta.

- **Dosificación apropiada**

La dosificación correcta del producto es importante para su efecto. El utilizar un producto en dosis más bajas de lo recomendado por el fabricante afectará la efectividad del producto, puede obligar a aplicaciones más frecuentes y, en el caso de fungicidas sistémicos, expone al desarrollo de poblaciones del patógeno resistentes al fungicida involucrado. El utilizar dosis superiores a las recomendadas resultará en un gasto innecesario.

- **Volumen apropiado y uniformidad de cobertura foliar**

Para lograr el efecto esperado de las aplicaciones se debe de utilizar volúmenes de aplicación que permitan alcanzar todas las partes de las plantas donde el patógeno ocurre y que tienen riesgo de ataque y daño, que son ambas caras de las hojas y también el tallo. Para ello se requiere utilizar volúmenes apropiados y atención a alcanzar las partes de interés en las plantas. En general, para una plantación adulta se estima apropiado para obtener buena cobertura la aplicación de volúmenes de mezcla de alrededor de 450-550 l/ha (equivalentes a 315-385 l/mz). Sin embargo, lo apropiado es que, mediante calibración en campo, cada productor determine los volúmenes que con su equipo disponible le permiten cubrir eficientemente las plantas (Figura 7).



Figura 7: Factores requeridos para óptima eficacia de las aplicación de pesticidas.

Factores a considerar una vez iniciadas las aplicaciones

- **Limitar y alternar aplicaciones de sistémicos**

Restringir el número de aplicaciones de fungicidas con alto riesgo de pérdida de efectividad (p.e., difenilamidas y otros sistémicos). Un criterio utilizado es tener disponibles al menos dos-tres fungicidas de tal tipo, cada uno de grupo químico distinto y efectuar no más de dos a tres aplicaciones con cada uno de ellos en la duración del

cultivo. Se debe alternar la aplicación de fungicida un sistémico con aplicación consecutiva de fungicidas de distinto modo de acción, sea sistémico, translaminar o de contacto. En ausencia de más información y ante la evidente variabilidad climática que existe de zona a zona y aún de campo a campo, es imposible formular una recomendación sobre cuando iniciar aplicaciones y el productor deberá decidir al respecto. Sin embargo, toda la información arriba mostrada debería ayudarle a tomar una decisión informada, misma que puede ser ampliada con los siguientes conceptos a utilizar bajo condiciones de alta y baja presión de enfermedad.

- **Aplicaciones en condiciones de alta presión de Tizón tardío**
Idealmente, iniciar las aplicaciones cuando se detectan síntomas en base a monitoreo. De otra manera, preventivamente considerar iniciarlas no más de 10 días después de ocurrir un 80 % de emergencia de plantas. Iniciar con fungicida sistémico y seguir la siguiente secuencia: de contacto a 7 o 14 días, sistémico a 7 días, contacto de 7 a 14 días, sistémico a 7 días, contacto de 7 a 14 días, y así sucesivamente de acuerdo a la duración del ciclo de la variedad. El programa de aplicación puede cerrar con dos aplicaciones sucesivas de fungicida de contacto. La variación del intervalo de 7 a 14 días entre un sistémico y un contacto dependerá de las condiciones de humedad relativa o precipitación. Si las condiciones fueran altamente favorables, el intervalo será de 7 días; si fueran poco favorables, el intervalo podría ser de hasta 14 días. En este tipo de esquema se tiene mayor dependencia de la utilización intensiva de productos sistémicos por su efecto curativo y preventivo.
- **Aplicaciones en condiciones de baja presión de Tizón tardío**
Idealmente, iniciar las aplicaciones cuando se detectan síntomas en base a monitoreo. De otra manera, preventivamente considerar iniciarlas no más de 10 días después de ocurrir 80 % de emergencia de plantas. Iniciar con fungicida de contacto y seguir la siguiente secuencia: de contacto a 7 días, sistémico a 7 días, contacto de 7 a 14 días, sistémico a 7 a 14 días, de contacto de 7 a 14 días, y así sucesivamente de acuerdo a la duración del ciclo de la variedad. El programa de aplicación puede cerrar con aplicación de fungicida de contacto. La variación del intervalo de 7 a 14 días entre un sistémico y un contacto dependerá de las condiciones de humedad relativa o precipitación. Si sus valores fueran altos, el intervalo será de 7 días; si fueran valores bajos, el intervalo podría ser de hasta 14 días. En este esquema se hace mayor utilización de fungicida de contacto por su efecto preventivo.

Interacción con la lluvia

Después de realizar una aplicación son necesarias algunas horas de clima sin lluvia para permitir que el fungicida se adhiera a la hoja y pueda ejercer su acción sobre el patógeno. En la Figura 8 se ilustra el efecto de variaciones climáticas sobre las aplicaciones de fungicida a las hojas y el cual adelante se explica con algún detalle.

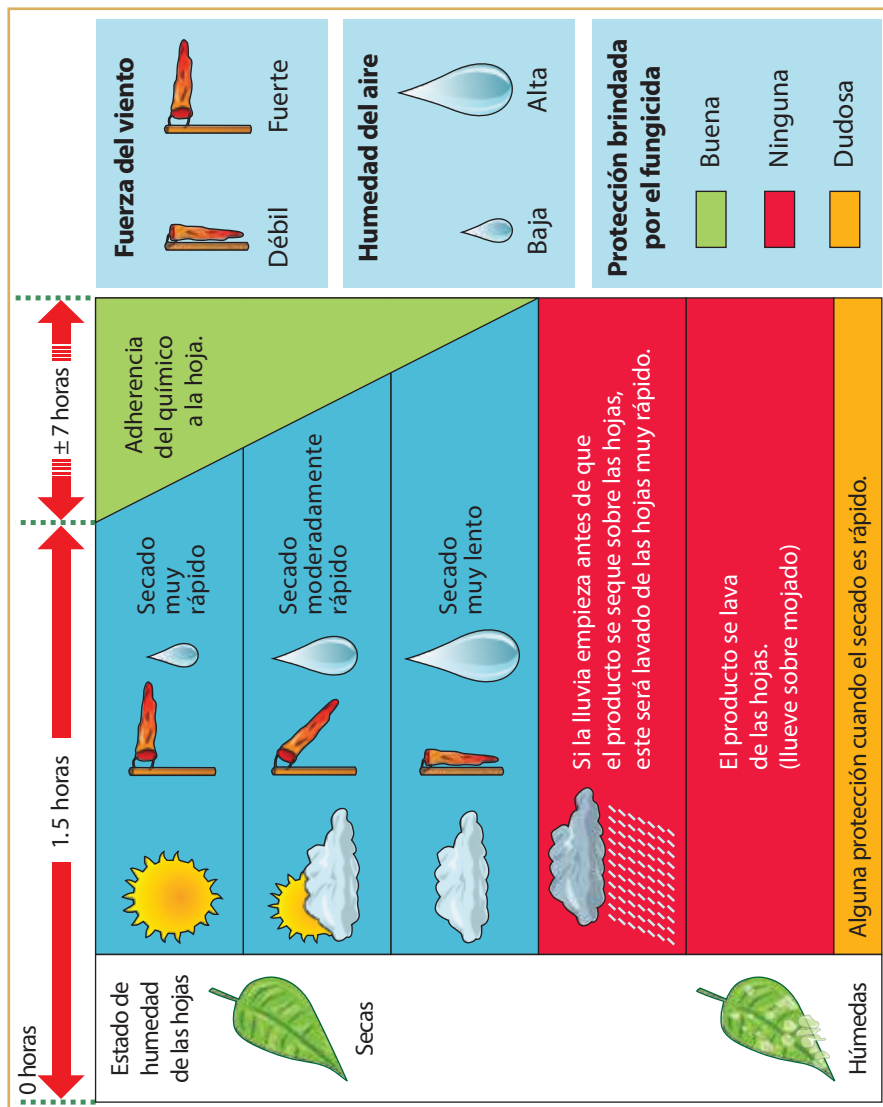


Figura 8: Efecto de las condiciones climáticas sobre la adherencia de fungicidas en las hojas. Adaptado de Potato Explorer.

- Período seco postratamiento.** Dependiendo de las condiciones de clima, un período de entre 1.5 y 7 horas después de la aplicación es suficiente para buena protección del cultivo. Bajo condiciones altamente conducentes a secado rápido (buen viento, baja humedad ambiente, sol brillante) el follaje puede estar seco en 1 hora, mientras que malas condiciones para secado (sin viento, alta humedad relativa, nublado) el secado puede tomar hasta 6-7 horas.

- **Aplicación sobre hojas húmedas.** Cuando se aplica un fungicida a hojas húmedas inmediatamente ocurre chorreado del producto por el exceso de humedad y solo puede esperarse limitada protección aunque ocurra un secado posaplicación. Si es posible, evitar este tipo de aplicación salvo urgencia por riesgo de epidemia o limitación de equipo.
- **Ocurrencia de lluvia después de aplicar a hojas secas.** Cantidades menores de 3 mm de precipitación (en períodos extendidos) no suelen provocar lavado significativo que pudiese bajar la efectividad de productos. Sin embargo, si la lluvia ocurre antes de 1.5 horas posterior a la aplicación y excede a 4 mm en corto tiempo la aplicación no tendrá efecto.

VI. GLOSARIO

Ciclo primario de infecciones: las primeras infecciones de un patógeno que ocurren en un nuevo cultivo, causadas por inóculo primario usualmente procedente de fuera del campo.

Enquistar: formar un quiste, que en *P. infestans* es la estructura estacionaria formada por las zoosporas móviles previo a penetrar la epidermis del tejido de la planta.

Esporangios: estructura reproductiva asexual típica de los microorganismos conocido como mohos acuáticos, grupo al cual pertenece *P. infestans*.

Esporas: una estructura reproductiva de microorganismos, la cual se desprende y al germinar puede dar origen a una infección.

Floema: componente vascular de las plantas cuya función es conducir la savia elaborada en las hojas hacia abajo y el resto de la planta.

Grupos de apareamiento: se designa así a grupos distintivos de un microorganismo que muestran compatibilidad entre sí para cruzarse en el proceso de reproducción sexual.

Hospedero: un ser viviente (p.e., planta) que alberga o es susceptible al ataque de un parásito y del cual este obtiene parte o todas sus necesidades nutritivas.

Humedad relativa: a una temperatura dada es la cantidad de agua en estado de vapor contenida en la atmósfera expresada como una proporción de la cantidad de agua que saturaría la atmósfera a esa misma temperatura.

Inóculo: un patógeno o sus partes (esporas, micelio, partículas de virus, etc.) que tienen la capacidad de infectar y colonizar tejido del hospedero, provocándole una enfermedad.

Inóculo primario: el inóculo responsable de provocar las primeras infecciones en un cultivo.

Inóculo secundario: inóculo generado dentro de un cultivo a partir de lesiones provocadas por inóculo primario.

Manejo integrado: moderno concepto de combate de plagas cuya premisa es combinar todas aquellas medidas disponibles (químicas, culturales, genéticas, biológicas, etc.) e información sobre los ciclos de vida de las plagas y su interacción con el medio ambiente con el propósito de combatir las en la forma más eficiente posible y al más bajo costo ambiental y económico posible.

Microorganismo: cualquier organismo cuyo tamaño es tan pequeño que sólo es visible a través del aumento de los microscopios.

Microscópico: se refiere a cualquier organismo y/o partícula de tamaño tan pequeño que sólo puede ser visibilizado a través del aumento brindado por microscopios.

Patógeno: un organismo o agente (p.e., hongo, virus, bacteria, nematodo, etc.) capaz de incitar enfermedades en una planta o en otro ser vivo.

Tamo: localismo utilizado para describir, en el caso de Tizón tardío, las masas de esporangios de apariencia aterciopela visibles en el borde de las lesiones esporulantes temprano por la mañana.

Xilema: componente vascular de las plantas cuya función es conducir la savia bruta (agua, minerales y hormonas) desde las raíces hacia la parte aérea de la planta.

Zoosporas: una espora producida asexualmente y que característicamente tiene capacidad de nadar. Al germinar puede infectar y colonizar el tejido del hospedero provocando la enfermedad.

VII. REFERENCIAS

Beukema, H.P., I.J. Turkesteen and J.M.G. Peeten. 2000. POTATO EXPLORER: Production, Seed, Varieties, Diseases, Storage, Markets. Release 1.2. NIVAA, Den Haag, The Netherlands.

Díaz, F.J., D. Perla, J.C. Melgar y J. M. Rivera C. 2008. Evaluación de aspersoras de mochila modificadas para aplicación mejorada de fungicidas para el control de Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en papa. Informe Técnico 2008-2009, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). La Lima, Honduras.

Forbes, G. A., N.J. Grunwald, E.S.G. Mizubiti, J.L. Andrade-Piedra and K.A. Garrett. 2008. Potato Late Blight in Developing Countries. Recuperado en julio 2013 de www.pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADL239.pdf.

Forbes, G.A. and R. Simon. 2007. Implications for a warmer, wetter world on the late blight pathogen: How CIP efforts can reduce risk for low-input potato farmers. SAT eJournal December 2007, Vol. 4, Issue 1. Recuperado en octubre 2012 de www.icrisat.org/journal/SpecialProject/sp4.pdf.

Gisi, U. and H. Sierotzki. 2008. Fungicide modes of action and resistance in downy mildews. *European Journal of Plant Pathology* 122: 157-167.

Hofmeester, Y. 1992. Effects of fertilization on pests and diseases. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 98 Supplement 2: 257-264.

Mizubiti, E. S.G., V. Lourenco Júnior and G.A. Forbes. 2007. Management of Late Blight with Alternative Products. Recuperado en octubre 2013 de [www.globalsciencebooks.info/JournalsSup/images/0712/PT_1\(2\)106-116.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/JournalsSup/images/0712/PT_1(2)106-116.pdf).

Pérez, W. y G. Forbes. MANEJO INTEGRADO DEL TIZON TARDIO. Hoja Divulgativa 2. Centro Internacional de la Papa (CIP). 2 pp.

Pérez, W. and G. Forbes. 2010. Technical Manual: Potato late blight. Centro Internacional de la Papa (CIP).

Schober, B. 1992. Control of late blight, *Phytophthora infestans*, in Integrated crop management. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 98 Supplement 2: 251-256.



**FUNDACIÓN HONDUREÑA
DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA**

Es una organización de carácter privado, apolítica, sin fines de lucro que contribuye al desarrollo agrícola nacional.

Su misión es la generación, validación y transferencia de tecnología, ejerciendo sus actividades principalmente en cultivos tradicionales y no tradicionales para mercado interno y externo.

Provee servicios de análisis de suelos, aguas, tejidos vegetales, residuos de plaguicidas, diagnóstico de plagas y enfermedades, asesorías, estudios de mercado, capacitación e informes de precios de productos agrícolas.

Asimismo, colabora con instituciones nacionales e internacionales en los campos de investigación y extensión agrícola a fin de fortalecer la seguridad alimentaria del país.

“Contribuyendo a reducir la pobreza con cultivos de alto valor y alta tecnología”

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

Apartado Postal 2067, San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A.

Tels: (504) 2668-2864, 2668-2470, 2668-2827

La Lima, Cortés, Honduras, C.A.

correo electrónico: fhia@fhia-hn.org

www.fhia.org.hn