



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**Trabajo de Graduación**

Dinámica temporal del tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) e impacto ambiental de las prácticas de manejo

**AUTOR**

Ing. Edwin Antonio Hernández Siles

**ASESOR**

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Managua, Nicaragua

Agosto, 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Dinámica temporal del tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) e impacto ambiental de las prácticas de manejo

**AUTOR**

Ing. Edwin Antonio Hernández Siles

**ASESOR**

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Managua, Nicaragua

Agosto, 2018

## Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito parcial para optar al título profesional de:

Maestro en Ciencias en Sanidad Vegetal

---

### Miembros del Tribunal Examinador

---

Presidente

---

Secretario

---

Vocal

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación del estudio	4
3.1.1. Selección de los productores participantes en el estudio	4
3.1.2. Intensidad del tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ) de la papa	5
3.1.3. Impacto ambiental del uso de plaguicidas en el cultivo de papa	8
3.2. Variables evaluadas	11
3.3. Análisis de datos	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1. Intensidad de tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ) en El Mojón, Jinotega	14
4.1.1. Severidad en la zona El Mojón	14
4.2. Intensidad de tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ) en Mirafior, Estelí	20
4.2.1. Severidad en la zona de Mirafior	20
4.3. Impacto ambiental del uso de plaguicidas en el cultivo de papa	28
V. CONCLUSIONES	36
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. LITERATURA CITADA	38
VIII. ANEXOS	41

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo realizado a Dios, el todopoderoso y forjador de la vida; quien es la fuente de todo conocimiento, sabiduría y me regaló la oportunidad de este estudio de post grado y la fortaleza para culminar con éxito.

A mi humilde madre, Gregoria Herrera Herrera quien siempre ha estado a mi lado y me impregna de valor y esperanza con su apoyo y sabios consejos.

A mi querida esposa Lisseth Margarita Marengo Monjarrez por acompañarme y brindarme su apoyo cada día en el emprendimiento de mis estudios y a mis cuatro adorados hijos que son la bendición más hermosa que Dios me ha regalado.

Finalmente dedico el fruto del logro de este gran esfuerzo realizado a la memoria de quien en vida fuera mi hermano Max Noé Valdivia Herrera.

Ing. Edwin Antonio Hernández Siles

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento primeramente a Dios por darme el maravilloso don de la vida, la fortaleza, el entendimiento y la oportunidad de culminar mi trabajo de tesis.

Quiero expresar mi agradecimiento a todos los docentes de la Universidad Nacional Agraria que con su grandiosa labor me compartieron sus conocimientos durante el periodo de estudio.

Mi más sincero y especial agradecimiento al Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz, quien fue mi tutor y me brindó su apoyo incondicional durante mis estudios y durante el desarrollo de esta tesis; de quien puedo destacar su humildad, paciencia, generosidad, profesionalismo y mucho deseo de compartir sus conocimientos.

A mi institución de trabajo, Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA) que me brindó la oportunidad de la beca para optar a este estudio de post grado.

A todos mis hermanos quienes siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional sin importar las circunstancias.

A todos mis compañeros de estudio quienes me brindaron su apoyo y con quienes compartí muy bonitos e inolvidables momentos.

Ing. Edwin Antonio Hernández Siles

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1.	Descripción y codificación de las fincas en la zona de Miraflores (Estelí) y El Mojón (Jinotega).	5
2.	Clave de campo para evaluar tizón tardío de la papa (Henfling, 1987).	6
3.	Parámetros y su sistema de calificación usados para calcular el valor del CIA de ingredientes activos.	9
4.	Valores de TIA registrados por producto según clase de uso en las fincas de las zonas de Miraflores (Estelí) y El Mojón (Jinotega) 2015.	31

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.	Diagrama de área estándar para la evaluación de severidad de tizón tardío en plantas de papa (CIP, 2010).	7
2.	Distribución de las estaciones fijas en una parcela de papa para la evaluación de la severidad de tizón tardío. En la Estación 1 se muestra la manera en que se tomaron cinco plantas en uno (a) y otro de los dos surcos centrales (b).	8
3.	Curvas de progreso de tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ) en diferentes fincas de El Mojón, Jinotega. Las fincas MJ-01 hasta el MJ-04 utilizaron semilla certificada, mientras que en las fincas MJ-05 hasta el MJ-08 utilizaron semilla no certificada o de segunda.	16
4.	Severidad promedio de tizón tardío ( <i>P. infestans</i> ) en cada una de las fincas en El Mojón, Jinotega.	17
5.	Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de tizón tardío para cada una de las fincas en la zona de El Mojón, Jinotega.	18
6.	Relación entre los valores de severidad final de tizón tardío y el número de aplicaciones de fungicidas en las diferentes fincas en la zona de El Mojón, Jinotega.	20
7.	Curvas de progreso de tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ) en diferentes fincas en la zona de Mirafior, Estelí.	22
8.	Severidad promedio de tizón tardío ( <i>P. infestans</i> ) en cada una de las fincas en la zona de Mirafior, Estelí.	23
9.	Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de tizón tardío para cada una de las fincas en la zona de Mirafior, Estelí.	24
10.	Relación entre los valores de severidad final de tizón tardío y el número de aplicaciones de fungicidas en las diferentes fincas de la zona de Mirafior, Estelí.	26



11.	Distribución de valores de TIAT generada según clase de uso del producto en la zona el Mojón, Jinotega 2015.	32
12.	Distribución de TIAT generada según clase de uso del producto en la zona el Mirafior, Estelí 2015.	33

## INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Mapa satelital de la Reserva Natural Miraflor en Estelí (A) y de la zona El Mojón en Jinotega (B) y las comunidades donde se llevaron a cabo el trabajo de investigación.	41
2.	Encuesta semi-estructurada para recolectar la información que servirá para el cálculo del cociente de impacto ambiental (CIA) y de la tasa de impacto ambiental (TIA).	42
3.	Formato para el registro de aplicaciones de agroquímicos durante el ciclo del cultivo de papa que servirá para el cálculo del CIA y de la TIA en las dos zonas productoras de papa seleccionadas en el estudio.	43
4.	Formato para la recolección de la información relacionada al progreso temporal del tizón tardío de la papa en la zona de Miraflor, Estelí y El Mojón, Jinotega.	44

## RESUMEN

El tizón tardío, causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es el principal problema biótico para la producción de papa a nivel mundial, cuyo manejo está basado principalmente en el uso de productos químicos. En Nicaragua, existe poca información sobre el impacto ambiental que conlleva el manejo químico de tizón tardío. Por lo tanto, el presente estudio se realizó a fin de generar información sobre la dinámica temporal del tizón tardío en el cultivo de papa y sobre el impacto ambiental de las prácticas de manejo en la zona de Mirafior, Estelí y el Mojón, Jinotega. Se seleccionaron 16 diferentes fincas, ocho por cada zona. La intensidad de la enfermedad se estimó en términos de severidad por planta expresada en porcentaje. Con dichos valores se construyeron las curvas de progreso de la enfermedad en el tiempo para cada uno de los programas de manejo y el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) y el ABCPE relativo. Para estimar el impacto ambiental se calculó el cociente de impacto ambiental (CIA) y la tasa de impacto ambiental. En ambas zonas el progreso de la enfermedad fue variable con poca relación con el tipo de variedad y categoría de semilla utilizada y estuvo más vinculada a las prácticas de manejo en las áreas de cultivo. No se observaron diferencias significativas con respecto al ABCPE relativo entre zonas. Con respecto al impacto ambiental generado en las 16 fincas, se detectaron valores relativamente altos que oscilaron entre 319.33 hasta 1033.9 unidades.

Palabras claves: *Phytophthora infestans*, severidad, ABCPE, cociente de impacto ambiental

## ABSTRACT

Late blight, caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, is the main biotic problem for potato production worldwide and its management is based mainly on the use of chemical products. In Nicaragua, there is little information on the environmental impact of the late blight chemical management. Therefore, the present study was carried out in order to generate information on the temporal dynamics of late blight in potato cultivation and on the environmental impact of management practices in two northern regions of Nicaragua Mirafior, Estelí and El Mojón, Jinotega. Sixteen different potato's farms were selected, eight for each region. The intensity of the disease was estimated in terms of severity per plant expressed as a percentage. With these values, the disease progression curves were constructed over time for each of the management programs and the area under the disease progress curve (AUDPC) and the relative AUDPC were calculated. To estimate the environmental impact, the environmental impact quotient (EIQ) and the field use EIQ were calculated. In both areas, the disease progress was variable having little relation to the potato variety and seed category used and was more linked to management practices in the crop areas. No significant differences were observed with respect to the relative AUDPC between zones. With respect to the environmental impact generated in the 16 potato's farms, relatively high values were detected that ranged between 319.33 and 1033.9 units.

**Key words:** *Phytophthora infestans*, severity, AUDPC, environmental impact quotient

## I. INTRODUCCIÓN

El tizón tardío de la papa causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es una de las enfermedades más devastadoras de la papa a nivel mundial (Pérez y Forbes 2008), es la más seria de las enfermedades fungosas de la papa, afecta las hojas, los tallos y los tubérculos y puede devastar un campo de papa en pocos días (Henfling, 1987). Su agresividad afecta negativamente la rentabilidad del cultivo al depender en gran parte de la aplicación de fungicidas y del uso de variedades con resistencia de campo (Johnson *et al.*, 1997).

En Nicaragua se cultiva entre 800 a 1,200 hectáreas de papa, donde se obtiene una producción de 35 a 40% de la demanda nacional (INTA, 2004). Las zonas paperas se ubican principalmente en el norte del país, en los departamentos de Estelí, Matagalpa y Jinotega en donde *P. infestans* es considerado una enfermedad endémica, responsable de causar grandes pérdidas en el cultivo de la papa, cuyo manejo está basado principalmente en el uso de productos químicos.

Se conoce que los productores de papa en Nicaragua, utilizan diferentes ingredientes activos de plaguicidas y aplican considerables cantidades de estos productos para el manejo de *P. infestans*.

Es importante mencionar que en Nicaragua el manejo convencional de las plagas continúa siendo ampliamente utilizado tanto por pequeños como por grandes productores de diferentes cultivos. A pesar de que desde hace muchos años se viene promoviendo la implementación del Manejo Integrado de Plagas (MIP), y en años recientes, la agricultura orgánica, todavía son muy pocos los productores que se han interesado por el uso de estas tecnologías alternativas al manejo convencional. Adicional a esto, se carece de información que indique cuál es el impacto ambiental del uso de estas tres tecnologías antes mencionadas, es decir, la convencional, el MIP y la agricultura orgánica.

Los plaguicidas están entre los químicos tóxicos de mayor preocupación y mayormente usados. Sin embargo, el riesgo de los plaguicidas no puede ser fijado adecuadamente o ser

cuantificado simplemente por la cantidad de plaguicida usado o el número de aplicaciones porque cada plaguicida tiene diferente potencialidad, destino, modo y mecanismo de acción característico, ya sea en la planta como en el suelo (Bues *et al.*, 2004; Levitan, 2000). Las investigaciones realizadas para medir el impacto de plaguicidas sobre los ecosistemas han demostrado que estos productos influyen en la diversidad de especies, en la cadena alimenticia, flujo de energía, ciclos de nutrientes, genética de los organismos y en general en la estabilidad del sistema (Granados y Pérez, 1995).

Actualmente existen diferentes herramientas o mecanismos para evaluación de los efectos adversos secundarios de los plaguicidas, uno de los métodos más utilizados es la medición del cociente de impacto ambiental (CIA) propuesto por Kovach *et al.*, (1992), el cual involucra la suma de los riesgos que representa un plaguicida para trabajadores agrícolas, consumidores y biota no humana (Guigón-López y González-González, 2007). Este puede ser usado eficientemente para comparar diferentes estrategias o programas de manejo de plagas y enfermedades de un cultivo (Muhammetoglu y Uslu, 2007) a partir del cual se puede calcular la tasa de impacto ambiental (TIA). La magnitud del CIA es el riesgo potencial de un plaguicida determinado mientras que la magnitud de la TIA es el riesgo asociado con el uso de ese plaguicida (Gallivan, *et al.*, 2001).

En Nicaragua, existe poca información sobre el impacto ambiental que conlleva el manejo de tizón tardío. El presente trabajo se realizó con el fin de generar información sobre la dinámica temporal del tizón tardío bajo las condiciones locales y manejo tradicional; así como la determinación de la tasa de impacto ambiental (TIA) derivada del uso de plaguicidas en el manejo de las diferentes plagas que afectan el cultivo de papa en el norte de Nicaragua. Esto permitirá contribuir en el conocimiento sobre la epidemiología de este patógeno y datos cuantitativos que permitan la visualización de la carga ambiental que genera la utilización de plaguicidas por los productores de papa en Nicaragua, de tal manera que en el futuro esto conduzca a reflexionar y buscar soluciones más eficientes y amigables con el hombre y el ambiente.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Generar información sobre la dinámica temporal del tizón tardío en el cultivo de papa y sobre el impacto ambiental de las prácticas de manejo en la zona de Mirafior, Estelí y el Mojón, Jinotega.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la intensidad de tizón tardío en la zona de Mirafior, Estelí durante el ciclo de primera 2015.
- Determinar la intensidad de tizón tardío en la zona El Mojón, Jinotega durante el ciclo de primera 2015.
- Estimar la tasa de impacto ambiental en las zonas paperas de Mirafior, Estelí y el Mojón, Jinotega durante el ciclo de primera mayo-agosto 2015.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del estudio

La investigación se llevó a cabo en áreas de cultivo de papa establecidas en la época de primera que corresponde al período de mayo-agosto 2015, en las zonas paperas de Mirafior (13°14'") en el departamento de Estelí y El Mojón (13°13'") en el departamento de Jinotega, ubicados en la región del norte de Nicaragua, con altitudes que oscilan entre 1280 a 1378 metros sobre el nivel del mar (msnm).

En este estudio se usó técnicas de investigación cuantitativa no experimental. Por un lado, se hizo uso de encuestas para recolectar información relacionada a prácticas agronómicas y uso de plaguicidas para el manejo de plagas en el cultivo de papa. Por otro lado, se realizó muestreos para evaluar el progreso temporal de la enfermedad conocida como tizón tardío que afecta al cultivo de papa en parcelas ya establecidas por los productores. La recolección de los dos tipos de información se realizó de manera simultánea conforme avanzó la fenología del cultivo de papa.

##### 3.1.1. Selección de los productores participantes en el estudio

Para la selección de los productores que participaron en el proceso investigativo se utilizó un método no probabilístico con muestreo intencional (Sampieri *et al.*, 2010). Por lo tanto, se utilizó como criterio de selección que los productores hubieran sembrado en la misma fecha. Se seleccionaron 8 productores en la zona de Mirafior, Estelí y 8 productores en la zona del Mojón, Jinotega, para un total de 16 productores e igual cantidad de parcelas sembradas con el cultivo de papa (Cuadro 1). La ubicación exacta y coordenadas de las localidades donde se ubicaron las fincas de los productores incluidas en el estudio se encuentran en el Anexo 1.



Cuadro 1. Descripción y codificación de las fincas en la zona de Mirafior (Estelí) y El Mojón (Jinotega).

Zona	Finca	Variedad	Semilla	RFPi <sup>1</sup>	Código PM
El Mojón (Jinotega)	Laberinto	Banba	Certificada	5	MJ-01
	Buena suerte	Granola	Certificada	7	MJ-02
	Horcones	Banba	Certificada	5	MJ-03
	Buenos Aires	Granola	Certificada	7	MJ-04
	El Espejo	Granola	Segunda	7	MJ-05
	La Falda	Granola	Segunda	7	MJ-06
	Picacho	Granola	Segunda	7	MJ-07
	El Cerro	Granola	Segunda	7	MJ-08
Mirafior (Estelí)	El Milagro	Ronaldo	Certificada	6	MF-01
	Valeria	Sylvana	Certificada	5	MF-02
	Plan Helado	Memphis	Certificada	6	MF-03
	La Esperanza	Sylvana	Certificada	5	MF-04
	El Porvenir	Picasso	Certificada	5	MF-05
	La Guayabita	Ronaldo	Certificada	6	MF-06
	Rosita	Monte Carlo	Segunda	6	MF-07
	El Tayacán	Faluka	Segunda	4	MF-08

<sup>1</sup>RFPi = Resistencia foliar a *Phytophthora infestans*. Se utilizó la escala europea de 1 a 9, en la cual 1 equivale a susceptible y 9 equivale a resistente. En este caso 4 equivale a bastante susceptible; 5 – susceptible; 6 – medianamente resistente y 7 – bastante resistente (Hansen *et al.*, 2005).

### 3.1.2. Intensidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa

Para la evaluación del comportamiento de tizón tardío de la papa se determinó la intensidad de la enfermedad en términos de severidad a nivel de planta, utilizando como apoyo la clave de campo de Henfling (1987) que se presenta en el Cuadro 2 y el diagrama de área estándar utilizado en el Centro Internacional de la Papa (CIP, 2010) que se presenta en la Figura 1.

La evaluación de severidad de tizón tardío, se realizó determinando visualmente la cantidad de tejido foliar afectado por *Phytophthora infestans* expresado en porcentaje entre 0 y 100%, siendo 0 correspondiente a una planta sana y 100 a una planta con máximo nivel de severidad. Para la recolección de datos se utilizó un diseño de muestreo por conglomerados bietápico (diseño jerárquico). En la primera etapa del diseño se seleccionaron las fincas (sitios de producción), en las cuales se incluyeron criterios como productor, variedad y tipo de semilla utilizada. En la segunda etapa, en la parcela de papa de cada finca se seleccionaron al azar cinco conglomerados (estaciones fijas de muestreo) de 10 plantas cada uno, para un total de

50 plantas evaluadas por cada fecha y finca durante el periodo de estudio (Figura 2). Las evaluaciones se realizaron periódicamente a intervalos de siete días, utilizando el formato que se encuentra en el Anexo 4. En las estaciones fijas de muestreo se realizó el registro de la severidad de tizón tardío a intervalos de siete días con la ayuda de la clave de campo de Henfling (1987) y el diagrama de área estándar (DAE) propuesto por el Centro Internacional de la Papa (CIP, 2010).

Cuadro 2. Clave de campo para evaluar tizón tardío de la papa (Henfling, 1987).

Escala CIP	Tizón %		Síntomas*
	Media	Limites	
1	0		No se observa síntomas
2	2.5	Trazas < 5	Tizón tardío presente, máximo 10 lesiones por planta.
3	10	5. < 15	Las plantas parecen sanas, pero las lesiones son fácilmente observadas de cerca. Máxima área afectada por lesiones o destruidas corresponde a no más de 20 folíolos.
4	25	15. < 35	Tizón tardío fácilmente visto en la mayoría de las plantas. Alrededor del 25% del follaje está cubierto por lesiones o destruido.
5	50	35. < 65	La parcela luce verde, pero todas las plantas están afectadas, las hojas inferiores muertas. Alrededor del 50 % del área foliar está destruida.
6	75	65. < 85	La parcela luce verde con manchas pardas. Alrededor del 75% de cada planta está afectada, Las hojas de la mitad inferior de las plantas están destruidas.
7	90	85. < 95	La parcela no está predominantemente verde ni parda. Solo las hojas superiores están verdes. Muchos tallos tienen lesiones extensas.
8	97.5	95. < 100	La parcela se ve parda, unas cuantas hojas superiores aun presentan algunas áreas verdes, La mayoría de los tallos están lesionados o muertos.
9	100		Todas las hojas y tallos están muertos.

\*La descripción de síntomas se basa en plantas con 4 tallos y 10 a 12 hojas por tallo.

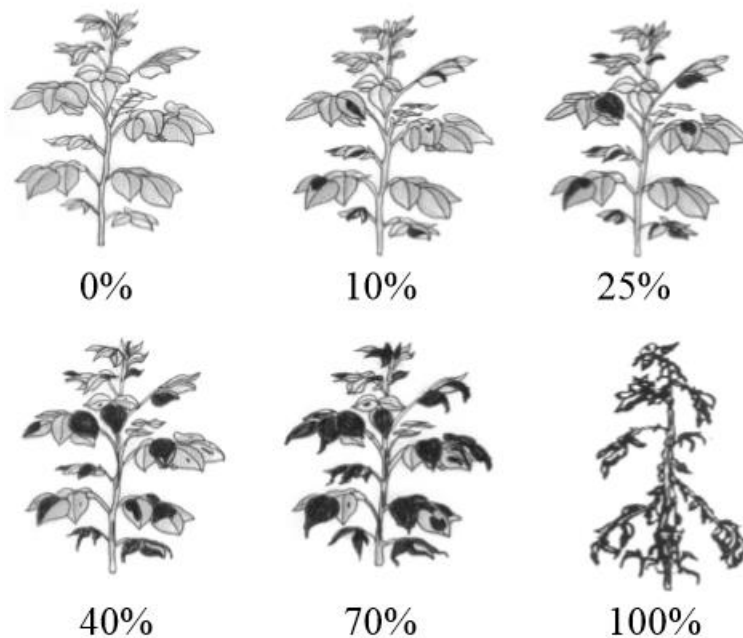


Figura 1. Diagrama de área estándar para la evaluación de severidad de tizón tardío en plantas de papa (CIP, 2010).

Los valores de severidad se utilizaron como base para calcular el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de acuerdo a la fórmula de Shaner y Finney (1977):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde,

ABCPE = área bajo la curva de progreso de la enfermedad (tizón tardío)

$y$  = porcentaje de follaje afectado en cada lectura

$t$  = tiempo de cada lectura

$n$  = número de lecturas

También se calculó el ABCPE relativo (Fry, 1978), utilizando las medias de la ABCPE, la cual se utilizó para comparar el progreso de las epidemias de tizón tardío entre zonas (Miraflor y El Mojón). El ABCPE relativo resultó de dividir el ABCPE entre la duración de las epidemias,  $(t_n - t_1) \times 100$ , y se expresó en una escala de 0 a 100.

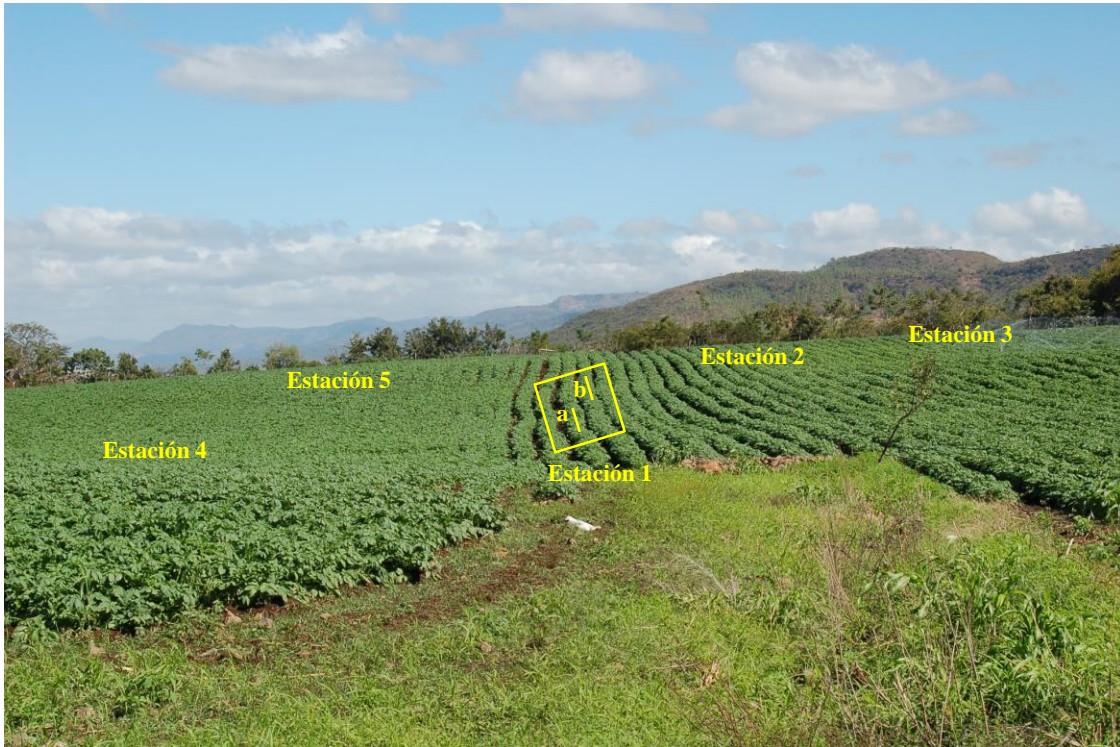


Figura 2. Distribución de las estaciones fijas en una parcela de papa para la evaluación de la severidad de tizón tardío. En la Estación 1 se muestra la manera en que se tomaron cinco plantas en uno (a) y otro de los dos surcos centrales (b).

### 3.1.3. Impacto ambiental del uso de plaguicidas en el cultivo de papa

Para estimar la potencial contaminación y peligros asociados al uso plaguicidas en el manejo de plagas en el cultivo de papa en las dos zonas en estudio, se utilizó el método empleado por Kovach *et al.*, (1992), el cual consiste en la aplicación del cociente de impacto ambiental (CIA), el cual es un indicador que fue desarrollado considerando diferentes parámetros de riesgos de los plaguicidas (Cuadro 3) es una herramienta de uso específico para comparar los paquetes o programas de aplicaciones de plaguicidas en fincas o unidades de producción.

El cociente de impacto ambiental es un valor numérico que se calcula por cada ingrediente activo mediante la fórmula propuesta por Kovach *et al.*, (1992) este permite conocer la magnitud de riesgo potencial de cada plaguicida pero que a su vez permite derivar la estimación del riesgo asociado con el uso del plaguicida, lo que se le denomina tasa de impacto ambiental (TIA).

Cuadro 3. Parámetros y su sistema de calificación usados para calcular el valor del CIA de ingredientes activos.

Parámetro	Símbolo	Calificación del parámetro		
		1	3	5
Toxicidad crónica	C	Poco o nada	Posible	Definido
Toxicidad dermal aguda (DL <sub>50</sub> ratas)	DT	>2000 mg/kg	200-2000 mg/kg	0-200 mg/kg
Toxicidad aves (CL <sub>50</sub> 8 días)	D	>1000 ppm	100-1000 ppm	1-100 ppm
Toxicidad abejas	Z	Relativamente no tóxico	Moderadamente tóxico	Altamente tóxico
Toxicidad artrópodos benéficos	B	Bajo impacto	Impacto moderado	Impacto severo
Toxicidad peces (CL <sub>50</sub> 96 horas)	F	>10 ppm	1-10 ppm	<1 ppm
Persistencia en la planta	P	1-2 semanas herbicidas pre-emergentes	2-4 semanas herbicidas post-emergentes	>4 semanas
Persistencia en el residuo del suelo (T <sub>1/2</sub> )	S	<30 días	30-100 días	>100 días
Modo de acción	SY	No sistémico; todos los herbicidas	Sistémico	
Potencial de lixiviación	L	Poco	Medio	Alto
Potencial de escurrimiento superficial	R	Poco	medio	Alto

Fuente: Kovach *et al.*, (1992).

Para llevar a cabo esta parte del estudio, se utilizó dos instrumentos para la obtención de la información necesaria: una encuesta semi-estructurada (Anexo 2) que se aplicó a los productores involucrados en el estudio para recopilar información general y una bitácora en la cual se llevó el registro detallado de la aplicación de plaguicidas (fungicidas, bactericidas, insecticidas y acaricidas) durante todo el ciclo de cultivo de la papa (Anexo 3). Tanto la encuesta como la bitácora de registro de plaguicidas se aplicaron a 8 productores de la zona de Mirafior, Estelí y a 8 productores en la zona del Mojón, Jinotega de acuerdo a los criterios que se establecieron en la sección 3.2.2.

En el formato que se incluye en el Anexo 3 fue necesario que los productores brindaran información relacionada al nombre del producto comercial utilizado, dosis y fecha y método de aplicación etc.

### **Cálculo del cociente de impacto ambiental (CIA)**

Según Kovach *et al.*, (1992), el cálculo del cociente de impacto ambiental (CIA) para los diferentes plaguicidas se obtiene de una ecuación que conjuga tres componentes principales de los sistemas de producción agrícolas: el trabajador, el consumidor y la biota no humana. La ecuación utilizada para llevar a cabo el cálculo es:

$$CIA = \{C [(DT \times 5) + (DT \times P)] + [(C \times ((S + P)/2 \times SY) + (L)] \\ + [(F \times R) + (D \times ((S + P / 2 \times 3) + (Z \times P \times 3) + B \times P \times 3)]\} / 3$$

Donde,

DT = Toxicidad dérmica del plaguicida	S = Vida media en el suelo
C = Toxicidad crónica	Z = Toxicidad en abejas
SY = Sistemicidad	B = Toxicidad en insectos benéficos y
L = Lixiviación potencial	P = vida media en la superficie vegetal
R = Pérdida superficial potencial	
D = Toxicidad en aves	

Cabe señalar que, para la mayoría de plaguicidas, los valores del cociente de impacto ambiental se obtuvieron de las tablas de Kovach *et al.*, 1992 y de la tabla de valores de CIA para diferentes plaguicidas generada por la Universidad de Cornell. En los casos que no se encontró el CIA en estas tablas se calculó con la fórmula que está disponible en la página web <https://nysipm.cornell.edu/eiq>.

Cuando no se encontró el principio activo disponible en la lista de Cornell, se investigó el perfil toxicológico del ingrediente activo para implementar la fórmula propuesta por Kovach *et al.*, (1992), y para las moléculas que no se logró completar la información toxicológica se investigó a qué familia de plaguicidas pertenecía el producto, y luego se filtraron los plaguicidas con la misma clasificación toxicológica de la OMS que el plaguicida investigado para encontrar el valor del CIA.

### **a) Tasa de impacto ambiental (TIA)**

Una vez obtenidos los cocientes de impacto ambiental (CIA) para cada uno de los ingredientes activos, se determinó la tasa de impacto ambiental (TIA) aplicando la siguiente fórmula:

$$TIA = CIA \times i.a. \times Dosis \times Frecuencia$$

Donde,

i.a. = ingrediente activo del producto formulado

Dosis = cantidad de producto comercial aplicado en campo

Frecuencia = número de aplicaciones

Inicialmente se realizó cálculo de la tasa de impacto ambiental (TIA) por cada plaguicida expresada por área de superficie, utilizando como unidad de medida de área de superficie manzana (mz), posteriormente estos datos se proyectaron a hectárea (ha).

Luego los valores de la TIA final de cada plaguicida fueron sumados dando como resultado la “Tasa de Impacto Ambiental Total” (a partir de ahora denominada TIAT) de cada finca o sistema de producción (tecnología). La TIAT se utilizó para comparar las diferentes fincas con respecto a las aplicaciones de plaguicidas y de esta manera determinar cuál era la finca que generaba menos contaminación.

## **3.2. Variables evaluadas**

### **a) Severidad del tizón tardío**

Se midió en porcentaje (%) a intervalos de siete días con la ayuda de la clave de campo de Henfling (1987) y el diagrama de área estándar (DAE) propuesto por el Centro Internacional de la Papa (CIP, 2010).

### **b) Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)**

Los valores en porcentaje de severidad se utilizaron para estimar el ABCPE y se expresó como %-días.

### **c) Cociente de impacto ambiental (CIA)**

Se utilizaron once parámetros (Cuadro 3) para calcular ocho indicadores de impacto ambiental mediante el uso de ecuaciones algebraicas que combinan las clasificaciones numéricas con los pesos relativos asignados a cada uno de estos efectos: efecto para aplicadores, recolectores, consumidores, aguas subterráneas, peces, abejas y artrópodos beneficiosos. Estos puntajes se agregaron luego para expresar el impacto ambiental en cada uno de los tres compartimentos principales: agricultor, consumidor y medio ambiente. El puntaje del CIA final compuesto es el promedio de los tres puntajes y se calcula para cada ingrediente activo de un determinado plaguicida. El puntaje máximo posible del CIA es 210, mientras que el puntaje mínimo es 6.7.

### **d) Tasa de impacto ambiental (TIA)**

Se midió en unidades numéricas utilizando para esto el sistema de numeración decimal. Cuanto más alto es el valor de la TIA, mayor es el impacto negativo que tiene un determinado plaguicida en el campo.

### **e) Tasa de impacto ambiental total (TIAT)**

Se midió en unidades numéricas utilizando para esto el sistema de numeración decimal. Cuanto más alto es el valor de la TIAT, mayor es el impacto negativo que tiene un determinado programa de manejo de plagas en el campo.

## **3.3. Análisis de datos**

Para estimar los valores de severidad y ABCPE se realizó un análisis de varianza con estructura anidada (diseño jerárquico), en el cual las fechas de recolección (Factor B) de los datos se anidaron dentro de las diferentes fincas de los productores (Factor A). El factor principal “A” estuvo constituido por 8 elementos (fincas de productores), el factor “B” anidado dentro del factor A consistió de 11 fechas de evaluación del tizón tardío. Dentro de cada combinación del factor A y B se ubicaron 5 conglomerados (estaciones fijas de muestreo). Para llevar a cabo el análisis se consideró al efecto “finca de productores” y “fechas de evaluación” como efectos fijos y las estaciones fijas de muestreo (conglomerados)



fueron utilizados como residuos. El modelo estadístico para el diseño jerárquico utilizado fue el siguiente (Quinn y Keough, 2009):

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_j + \beta_{j(i)} + \varepsilon_{(ij)k}$$

Donde,  $Y_{ijk}$  es la  $k$ -ésima estación fija de muestreo de la  $j$ -ésima fecha de evaluación dentro de la  $i$ -ésima finca;  $\mu$  = media general de la variable de respuesta (severidad, ABCPE);  $\tau_j$  = efecto de la  $i$ -ésima finca (diferencia entre cada media de las diferentes fincas y la media general);  $\beta_{j(i)}$  = variable fija (fechas de evaluación) que mide la varianza en los valores promedios de la variable de respuesta a través de todos los niveles posibles del factor B que podrían haber sido usados dentro de cada nivel del factor A;  $\varepsilon_{(ij)k}$  = residuo o error experimental asociado con la  $k$ -ésima estación fija (conglomerado) dentro del  $j$ -ésimo nivel del factor B (fecha de evaluación) dentro del  $i$ -ésimo nivel del factor A (finca).

Para la comparación de epidemias de tizón tardío mediante el ABCPE relativo entre las zonas de estudio, es decir, El Mojón y Mirafior, se procedió a realizar una prueba de T para muestras independientes. En este caso, se tomaron los valores promedios de ABPCE de cada una de las fincas de los productores (ocho por cada zona) y se compararon todas contra todas para obtener un único valor de ABCPE relativo para cada zona y de esta forma poder hacer la comparación.

Con los datos obtenidos del CIA, de la TIA y TIAT se realizaron comparaciones numéricas del impacto ambiental entre grupos de plaguicidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas) dentro de cada una de las zonas y luego se hizo comparaciones entre las dos zonas (Mirafior y El Mojón). Entre más alto es el valor del CIA y de la TIA, mayor es el impacto ambiental de un determinado plaguicida o grupos de plaguicidas utilizados en cada una las fincas evaluadas. Para el análisis estadístico se hizo uso del programa Infostat (2008) y el programa Excel de Microsoft Office 2013.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Intensidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en El Mojón, Jinotega

La intensidad de la afectación foliar de tizón tardío en el cultivo de papa, se estimó en términos de severidad expresada en porcentajes. Dicha evaluación se realizó considerando la sintomatología de la enfermedad que presentaba en la planta. Estos valores de severidad se utilizaron para construir las curvas de progreso de la enfermedad en el tiempo para cada una de las fincas de productores que fueron evaluadas. Los valores promedios de severidad también se utilizaron para estimar el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) y el ABCPE relativo.

#### 4.1.1. Severidad en la zona El Mojón

De acuerdo a las curvas de progreso de tizón tardío, en la zona el Mojón los primeros síntomas tizón tardío iniciaron a los 15 días después de la emergencia (DDE) en la finca El Picacho donde se utilizó la variedad Granola no certificada, es decir, una semilla que el productor guardó de la cosecha anterior, por lo que esa semilla se categoriza como de segunda (finca MJ-07). En *Phytophthora infestans* se han reportado períodos de incubación y de latencia cortos. Por ejemplo, Maziero *et al.*, (2009) indican que el linaje clonal US-1 presenta un período de incubación de 69.3 horas y un período de latencia (aparición de síntomas) de 93.3 horas a 22°C.

En las fincas codificadas como MJ-05, MJ-02, MJ-08 y MJ-06 la enfermedad se detectó a los 22, 29 y 36 DDE. No obstante, fue hasta los 43 DDE que se registró infección de la enfermedad de forma generalizada y con diferentes niveles de intensidad en todas las fincas (Figura 3). A partir de este momento, las fincas donde se observó mayor afectación por la enfermedad fueron las MJ-02, MJ-03, MJ-07 y MJ-08.

La severidad final más alta al terminar el período de evaluación (71 DDE) se registró en la finca MJ-02 con 49%, en MJ-03 con 32%, seguidas de las fincas MJ-07 con 23% y MJ-08

con 24%. El menor valor de severidad final se registró en la finca MJ-06 con 11% (Figura 3).

Por un lado, las fincas MJ-01 hasta el MJ-04 utilizaron semilla certificada, sin embargo, dos de ellas (MJ-02 y MJ-03) registraron los promedios finales de severidad más altos. Por otro lado, en las fincas donde se utilizó semilla no certificada (MJ-05 hasta MJ-08), una de ellas, el MJ-06, tuvo la menor severidad. Coincidentemente, las fincas MJ-02 (finca Buena Suerte semilla certificada Granola) y el MJ-06 (finca La Falda semilla no certificada Granola) tenían parcelas de papa en la vecindad, como señala Henfling (1987) estas áreas de papa vecinas al cultivo constituyen una fuente de infección, a partir de donde son diseminadas las esporas por el viento; sin embargo los resultados fueron contrastantes dado que una finca (MJ-02) registró los porcentajes más altos de severidad, mientras que la MJ-06 registró los más bajos.

En condiciones favorables al tizón tardío, un cultivo sin protección puede ser destruido en una semana o menos (Fry, 2008) por lo que un aspecto que podría haber influenciado de forma directa en la intensidad de la enfermedad fue la poca e inoportuna atención que se realizó al cultivo durante el ciclo, en cuanto al control de malezas y falta de aplicaciones preventivas y de control.

A esto se le adiciona que en la finca Buena Suerte (MJ-02) el área donde se estableció este cultivo, tenía apenas tres meses de rotación, cuyo cultivo precedente fue papa; mientras que en la finca La Falda el cultivo el terreno tenía un año de rotación y cultivo precedente fue frijol. Por lo tanto, la cantidad de inóculo inicial de *P. infestans* en el sitio de siembra podría explicar la diferencia en los niveles de severidad. Esta información está fundamentada en las encuestas que se realizaron a los productores.

En la zona El Mojón se encontró períodos de rotación de cultivo relativamente cortos, donde el más alto fue de tres años, registrándose en apenas una de las fincas, rotación dos años registrado en una finca, un año registrado en cuatro fincas, y finalmente un período de dos meses que se registró en una finca.

Esto en cierta manera indica la carencia de áreas de siembra para la rotación, lo que predispone a las plantaciones del cultivo de papa a mayor presión de plagas y enfermedades obligando de esta manera a los productores a realizar más aplicaciones preventivas para el manejo de plagas y enfermedades. Además, Henfling (1987) señala que el patógeno puede persistir en algunas plantas silvestres, así como en tubérculos de cosechas anteriores que hayan quedado en el campo, los que a la vez se pueden convertir en fuente primaria de infección. Por lo tanto, la rotación de cultivo es un factor de gran importancia para el manejo del inóculo primario de *P. infestans*. Rivera (2014) menciona que los restos de plantas infectadas dejados en el campo de ciclos anteriores de cultivo, incluyendo tubérculos dan lugar a plantas voluntarias y residuos foliares o leñosos de la parte aérea, en cuyos tejidos infectados por *P. infestans* la capacidad de sobrevivir.

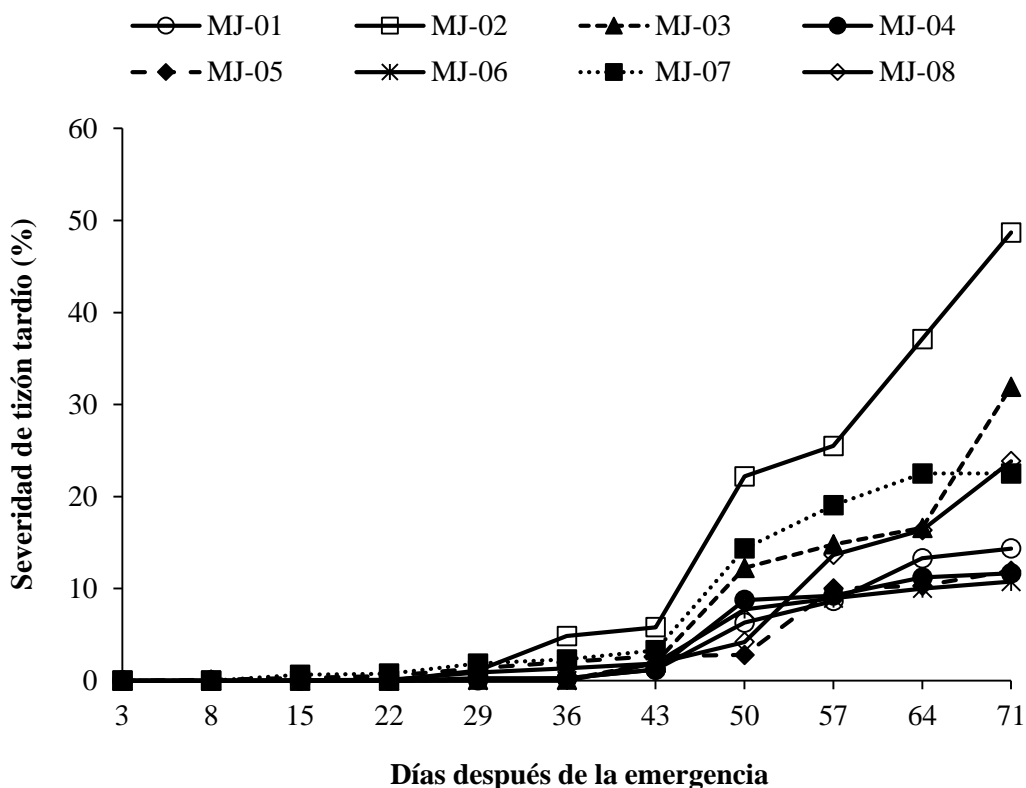


Figura 3. Curvas de progreso de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en diferentes fincas de El Mojón, Jinotega. Las fincas MJ-01 hasta el MJ-04 utilizaron semilla certificada, mientras que en las fincas MJ-05 hasta el MJ-08 utilizaron semilla no certificada o de segunda.

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre fincas ( $p = 0.1958$ ;  $\alpha = 0.05$ ) con respecto a la severidad de tizón tardío. Sin embargo, el análisis indica que la varianza entre las fechas de evaluación dentro de al menos una finca es distinta de cero ( $p = 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). La menor severidad de tizón tardío se registró en la finca de manejo MJ-06 con una media de severidad de 3% que utilizó la variedad Granola, semilla no certificada o de segunda, que corresponde a la finca La Falda, en contraste con la finca MJ-02 (Buena Suerte) que registró la mayor severidad con una media de 13% en donde se utilizó la variedad Granola con categoría certificada (Figura 4).

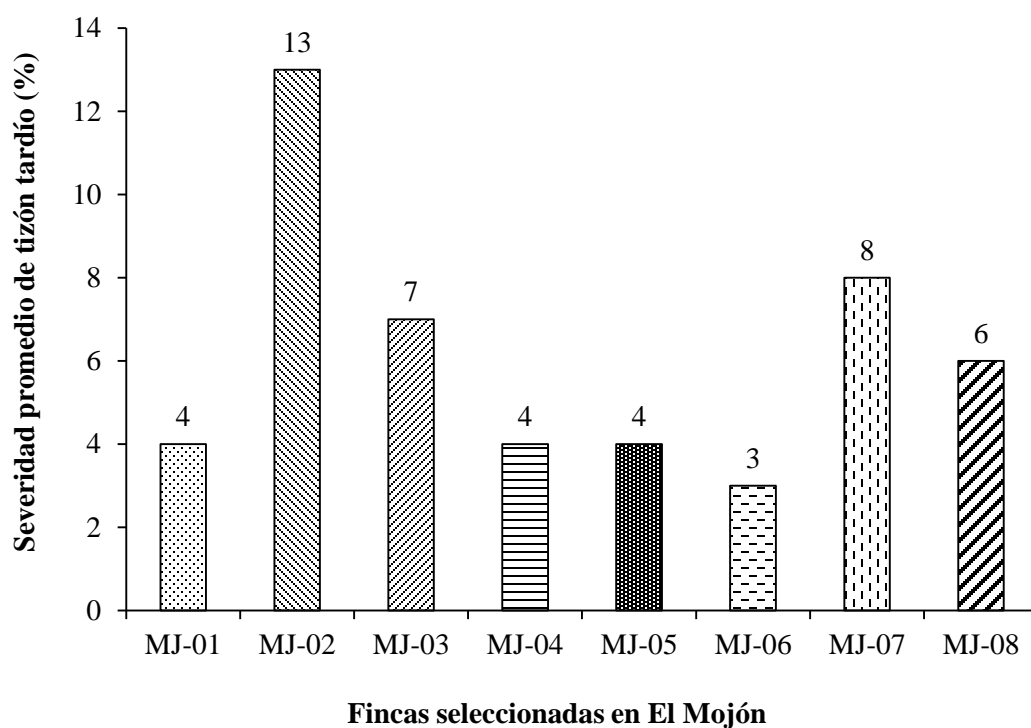


Figura 4. Severidad promedio de tizón tardío (*P. infestans*) en cada una de las fincas en El Mojón, Jinotega.

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre fincas ( $p = 0.2442$ ;  $\alpha = 0.05$ ) con respecto al ABCPE. Sin embargo, el análisis indica que la varianza entre las fechas de evaluación dentro de al menos una finca es distinta de cero ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). Los valores promedios más bajos del ABCPE se registró en la finca MJ-06 con un valor de 24 %-días, en

el cual se utilizó la variedad Granola, semilla no certificada o de segunda y que corresponde a la finca La Falda, en contraste con la finca MJ-02 que registró el valor más alto de ABCPE (85 %-días) en donde se utilizó la variedad Granola con categoría certificada (Figura 5). Como se ha comentado anteriormente hubo algunos aspectos relevantes que podrían haber influenciado en el comportamiento de la enfermedad tales como la negligente atención al cultivo y el periodo de rotación de cultivo que fue muy corto (tres meses).

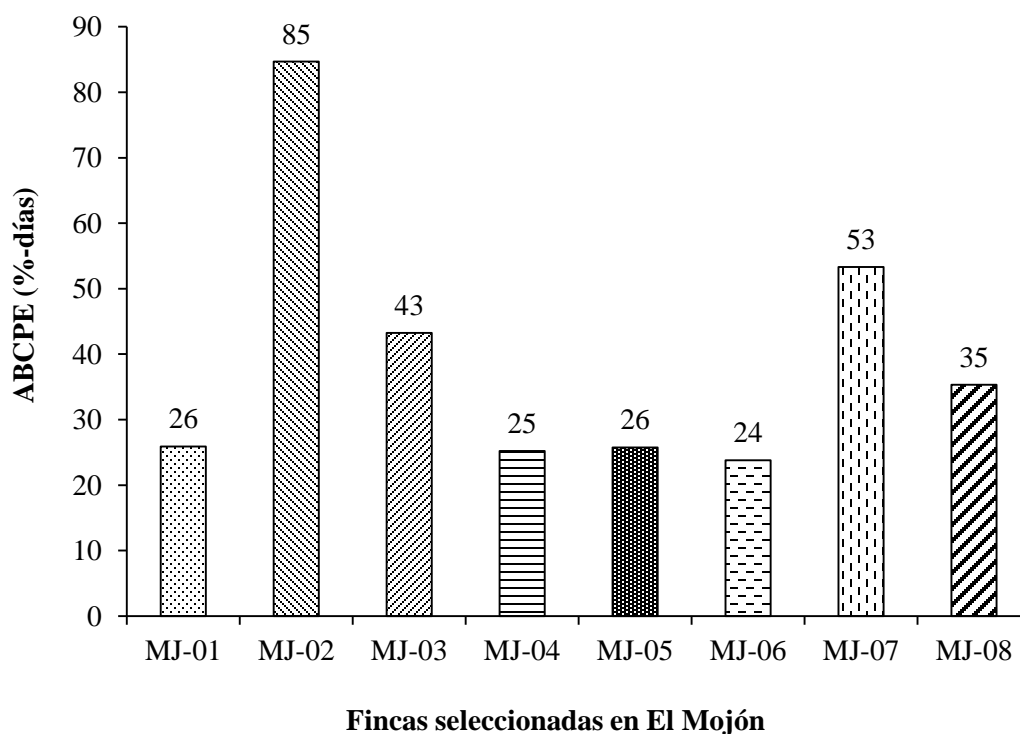


Figura 5. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de tizón tardío para cada una de las fincas en la zona de El Mojón, Jinotega.

En la zona de El Mojón, Jinotega se utilizaron solamente dos variedades de papa, Banba y Granola en ocho fincas que incluían semilla certificada y no certificada con uso de fungicidas sintéticos. Una minoría de agricultores considera la sanidad cuando selecciona tubérculos para semilla (Reynoso, 1989), la semilla certificada se produce bajo la supervisión de un servicio de certificación (Cortez y Hurtado, 2002), se conoce que la semilla certificada presenta mejores estándares de calidad y sanidad por lo que se esperaba que en las cuatro fincas que usaron semilla certificada, aun cuando la variedad fuera susceptible a *P. infestans*,

los porcentajes de severidad fueran más bajos en comparación con las otras cuatro donde se usó semilla no certificada. Sin embargo, se observó que el comportamiento de tizón tardío fue en términos generales similar en las ocho fincas evaluadas. En países europeos se reporta que la variedad Granola se ubica en la categoría 7 (escala de 1 a 9), lo cual califica a esta variedad como bastante resistente a la infección foliar de *P. infestans*, mientras que la variedad Banba está en la categoría 5 (bastante susceptible) (Hansen *et al.*, 2005; NPCF, 2011), sin embargo, bajo las condiciones de Nicaragua y otros países tropicales la variedad Granola presenta susceptibilidad a tizón tardío (Blandón-Díaz *et al.*, 2012; de Putter *et al.*, 2014). Es importante anotar que el nivel en que se expresa la resistencia depende de factores ambientales, como la intensidad de la luz, la temperatura o factores nutricionales (Fry, 2008).

Un aspecto que puede ayudar a explicar el comportamiento casi similar la severidad de tizón tardío entre las diferentes fincas de la zona de El Mojón, Jinotega, es el número de aplicaciones de fungicidas que realizaron durante el ciclo del cultivo. Aunque no se encontró una correlación estadística significativa entre la severidad y el número de aplicaciones de fungicidas, si se pudo observar que en las fincas donde hubo mayor número de aplicaciones, la severidad fue menor. Un ejemplo claro de este tipo de tendencia fue el observado entre la finca MJ-02 y MJ-06 (Figura 6). En la finca MJ-02 se realizaron ocho aplicaciones de fungicidas, mientras que en la MJ-06 se realizaron 12 aplicaciones, es decir, 1.5 veces más que en el otro programa, esto hizo que la severidad final fuera 4.45 veces mayor en la finca MJ-02 (49%) que en el MJ-06 (11%) (Figura 6).

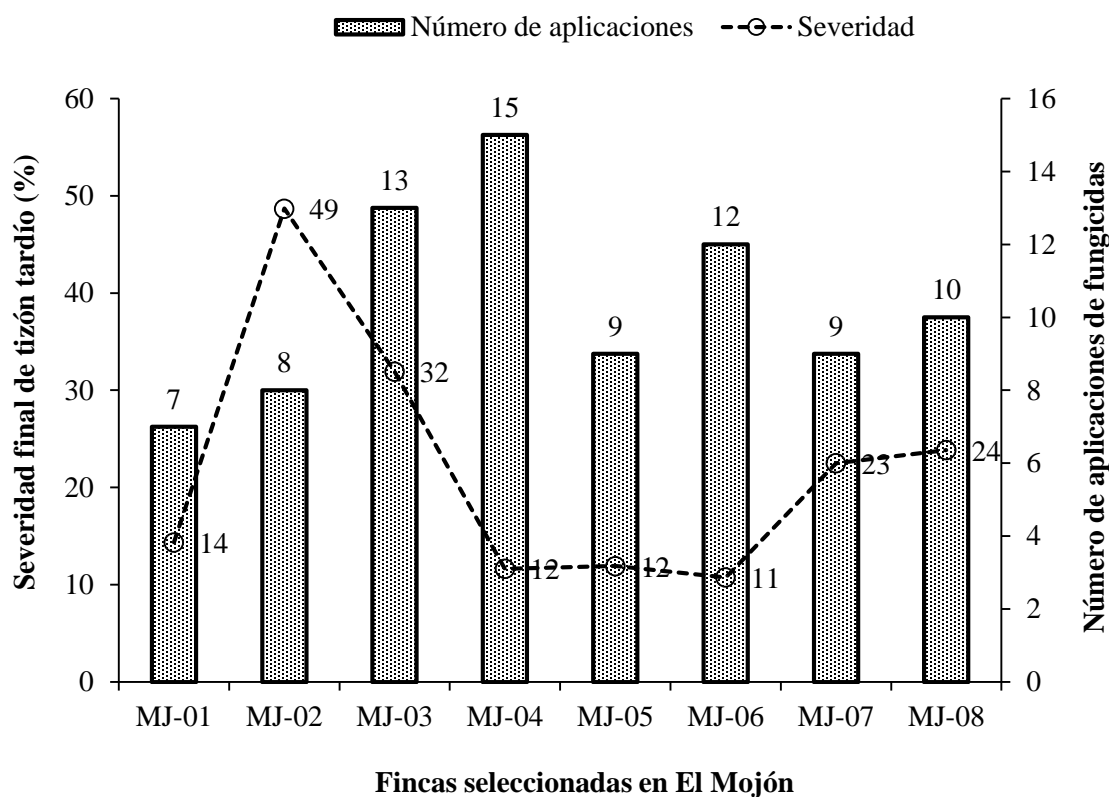


Figura 6. Relación entre los valores de severidad final de tizón tardío y el número de aplicaciones de fungicidas en las diferentes fincas en la zona de El Mojón, Jinotega.

#### 4.2. Intensidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en Miraflores, Estelí

##### 4.2.1. Severidad en la zona de Miraflores

En la zona de Miraflores, según las curvas de progreso de tizón tardío, los primeros focos de infección iniciaron a los 19 días después de la emergencia (DDE), registrándose afectación en tres de las ocho fincas (MF-03, MF-05 y MF-08).

Posteriormente, a partir de los 30 DDE se incrementó la severidad de forma brusca en las fincas MF-03 (finca Plan Helado semilla certificada Memphis) y MF-08 (finca El Tayacán semilla no certificada Faluka) siendo estas las que al final del período de evaluación (73 DDE) registraron los mayores porcentajes de severidad final con un 50% y 61% respectivamente.



La finca MF-06 (La Guayabita variedad Ronaldo categoría certificada) se mantuvo sin infección hasta los 59 DDE cuando se registró el 1% de severidad. Esta finca fue la que obtuvo el menor valor de severidad final (2%). Las fincas MF-04 y el MF-07 resultaron con un 3% de severidad (Figura 7).

La alta severidad de tizón tardío en las fincas MF-03 y MF-08, en gran parte se explica debido a que coincidentemente con lo ocurrido en El Mojón, los productores de estas fincas realizaron poca e inoportuna atención al cultivo en cuanto al control de malezas y las aplicaciones químicas dirigidas a la prevención y control de la enfermedad, por otra parte, la variedad Memphis y Faluka son caracterizadas como ligeramente susceptible y susceptible al ataque foliar de tizón tardío.

A esto se le adiciona que en la finca Plan Helado el área donde se estableció este cultivo, no hubo rotación de cultivo, pues apenas hacia dos meses que se había sembrado papa en el área; mientras que en la finca El Tayacán tenía seis meses de rotación y el cultivo anterior fue maíz y frijol.

Los periodos cortos de rotación de cultivo son un referente de la potencial existencia de cierta cantidad de inóculo inicial de *P. infestans* en el sitio de siembra, lo que podría explicar la diferencia en los niveles de severidad. Esta información está fundamentada en las encuestas que se realizaron a los productores.

En esta zona el periodo de rotación de cultivo más largo fue de tres años y se registró en apenas una de las fincas. Asimismo, se registró un período de rotación de dos años en una finca, de un año en cuatro fincas y finalmente se constataron períodos de rotación de cultivo por un lapso de tiempo mayor o igual a seis meses en dos fincas.

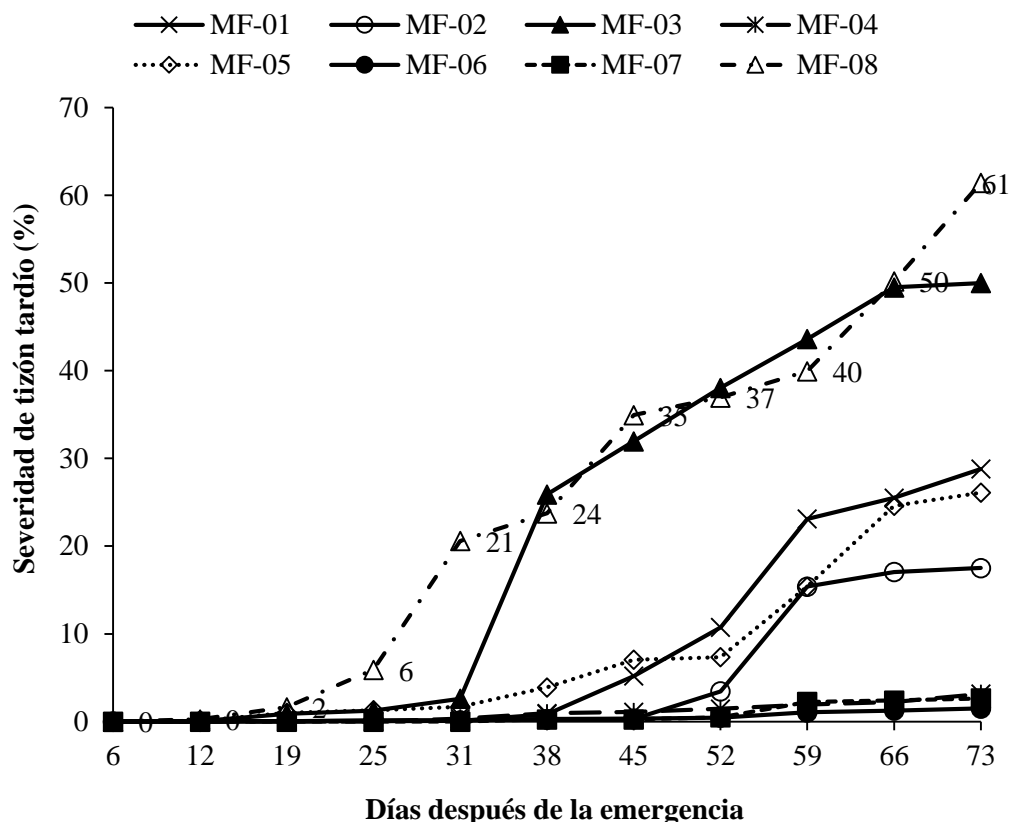


Figura 7. Curvas de progreso de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en diferentes fincas en la zona de Mirafior, Estelí.

Las fincas MF-01 hasta el MF-06 utilizaron semilla certificada, mientras que las fincas MF-07 y el MF-08 utilizaron semilla no certificada o de segunda. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre fincas ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y entre las fechas de evaluación ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) de la severidad de tizón tardío. La menor severidad de tizón tardío se registró en la finca MF-06 con una media de severidad de 0.47% en donde utilizó la variedad Ronaldo, categoría certificada y la mayor severidad se registró en la finca MF-08 con una media de severidad de 25.09% que utilizó la variedad Faluka con semilla de segunda, seguido de la finca MF-03 con 22.2% donde se utilizó la variedad Memphis la cual es medianamente resistente (Figura 8). Es importante señalar que de acuerdo a la escala europea (1 a 9) de resistencia foliar a *P. infestans* la variedad Ronaldo se ubica en la categoría 6, es decir, medianamente resistente, mientras que la variedad Faluka es ubicada en la categoría 4, lo cual indica que es bastante susceptible a la infección foliar de *P. infestans*. En resumen las medias de severidad más altas en esta zona, se registraron en dos fincas, una de ellas (MF-

08) con semilla de segunda y variedad susceptible y la otra (MF-03) con variedad certificada medianamente resistente según (Hansen *et al.*, 2005).

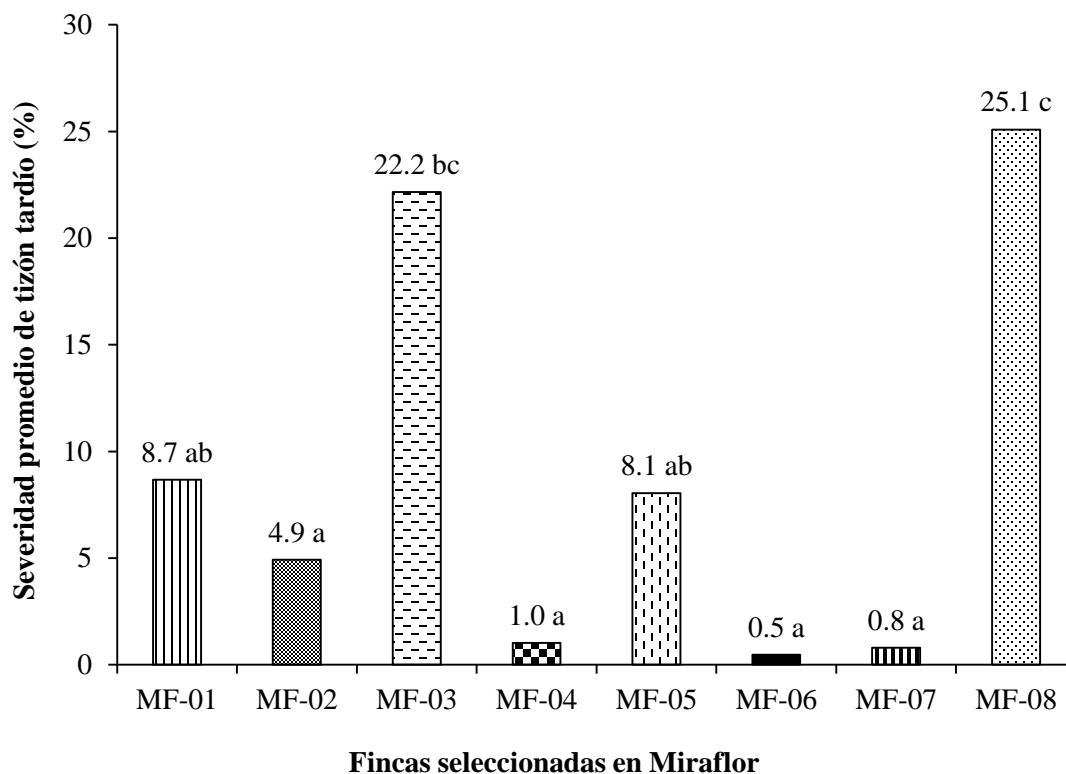


Figura 8. Severidad promedio de tizón tardío (*P. infestans*) en cada una de las fincas en la zona de Miraflores, Estelí.

Con respecto al área bajo la curva de progreso (ABCPE) de tizón tardío, el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre fincas ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y entre fechas de evaluación de la enfermedad ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). El menor valor de ABCPE se registró en la finca MF-06 (3.2 %-días) que utilizó la variedad Ronaldo, categoría certificada, en contraste con la finca MF-08 que registró el valor mayor de ABCPE (169.8 %-días) en donde se utilizó la variedad Faluka categoría no certificada (Figura 9).

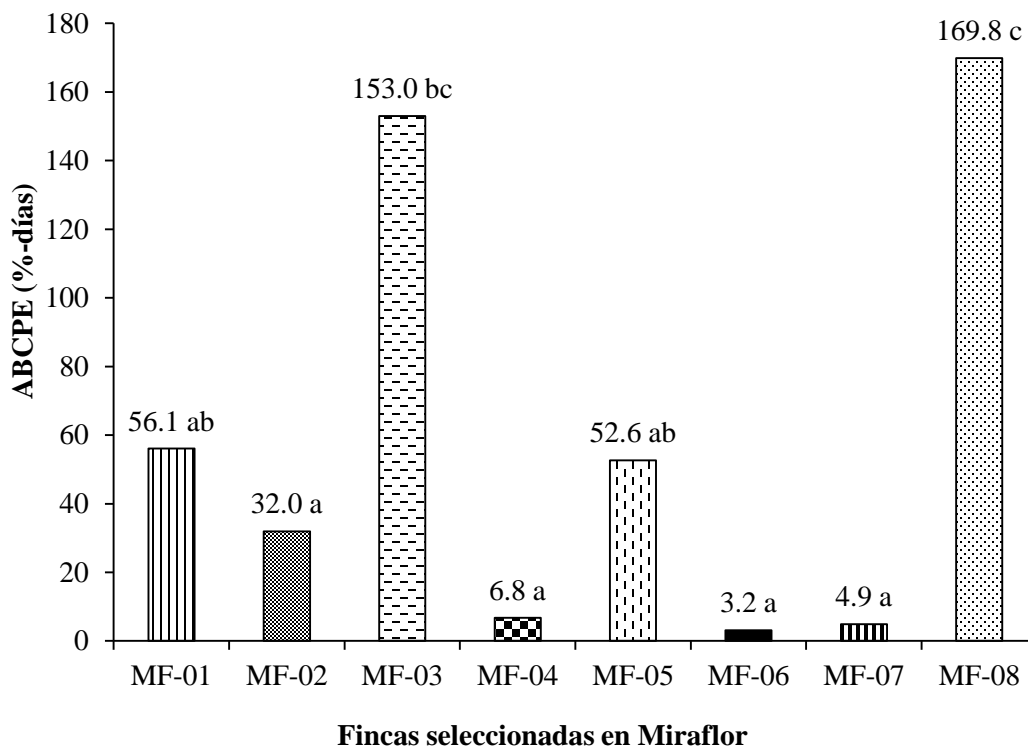


Figura 9. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de tizón tardío para cada una de las fincas en la zona de Miraflores, Estelí.

A diferencia de la zona de El Mojón donde los ocho programas de manejo solo utilizaron dos variedades de papa (Granola y Banba), en la zona de Miraflores, Estelí se utilizaron seis variedades de papa distribuidas en las ocho fincas. Según la escala europea de resistencia foliar a *P. infestans*, estas seis variedades presentaban tres diferentes niveles de resistencia a tizón tardío. Por ejemplo, a variedad Faluka con una categoría de 4 es considerada bastante susceptible a tizón tardío, las variedades Sylvana y Picasso tenían categoría 5 (susceptible) y las variedades Ronaldo, Memphis y Monte Carlo están ubicadas en la categoría 6 (moderadamente resistente).

El comportamiento de estas variedades dentro de cada finca, en algunos casos fueron a veces erráticos ya que algunas variedades, como la Ronaldo, en el programa MF-01 (finca El Milagro) obtuvo valores altos de severidad y ABCPE (8.7% y 56.1 %-días respectivamente) en comparación con el programa MF-06 (finca La Guayabita) donde los valores de severidad (0.5%) y de ABCPE (3.2 %-días) de esta misma variedad fueron bastante bajos, e incluso

fueron los más bajos dentro de las ocho fincas analizadas. Sin embargo, aun a pesar de esta discrepancia en cuanto a la diferencia de los niveles de enfermedad observados en estas fincas, se puede considerar que la variedad Ronaldo demostró que tiene algún grado de resistencia a infección foliar de *P. infestans*.

En la finca MF-07 (Rosita), la variedad Monte Carlo mostró niveles aceptables de resistencia a *P. infestans* al tener un promedio de severidad de 0.8% y un ABCPE promedio de 4.9 %-días. Además, en la finca MF-03, la variedad Memphis (categoría 6 de resistencia) se esperaba que hubiera tenido un comportamiento similar a las variedades Ronaldo y Monte Carlo, sin embargo, se comportó de forma casi similar a la variedad Faluka (Finca MF-08) al obtener valores altos de severidad promedio (22.2%) y de ABCPE promedio (153.0 %-días).

Es importante mencionar que en la finca MF-03, el cultivo precedente fue papa según lo expresado por el productor en la encuesta, lo que sugiere que en ese cultivo precedente hubo presencia de tizón tardío y por lo tanto pudo haber quedado cierta cantidad de inóculo que contribuyó al desarrollo de la infección primaria, la cual a su vez produjo inóculo secundario que ayudó a que la enfermedad se propagara más rápidamente en la variedad Memphis; en este sentido es importante eliminar toda fuente de inóculo para retardar lo más posible el inicio de la enfermedad (Fry, 2008).

En las fincas en estudio en la zona de Miraflor, Estelí, también se estableció una relación entre los niveles de severidad final y el número de aplicaciones de fungicidas. Se esperaba que en las fincas donde había variedades con un nivel más alto de resistencia a *P. infestans* (MF-01, MF-03, MF-06 y MF-07) el número de aplicaciones de fungicidas fuera menor en comparación con las otras donde había variedades con niveles más bajo de resistencia. Sin embargo, se encontró información muy contrastante aun en aquellas fincas donde se utilizaba la misma variedad con una misma categoría de resistencia. Por ejemplo, en las fincas MF-01 y MF-06 se utilizó la misma variedad (Ronaldo), la cual tiene categoría 6 de resistencia, no obstante, hubo diferencias grandes en cuanto a niveles de severidad final y número de aplicaciones. En la finca MF-01 se realizaron 12 aplicaciones de fungicidas y se obtuvo una

severidad final de 29%, mientras que en la MF-06 se realizaron 16 aplicaciones y se obtuvo un 2% de severidad final. En la finca MF-07 con la variedad Monte Carlo (categoría 6 de resistencia) se obtuvo un 3% de severidad final con 14 aplicaciones de fungicidas, similar la finca MF-06 que realizó 16 (Figura 10).

En el campo se observó que cada productor tiene sus propias consideraciones referentes a las enfermedades del cultivo, es decir el nivel de riesgo que asume cada uno de ellos es variable, pero por otra parte también está la condicionante económica para la compra de plaguicidas, lo que se refleja en las decisiones de cuando, cuanto y que tipo de producto aplica.

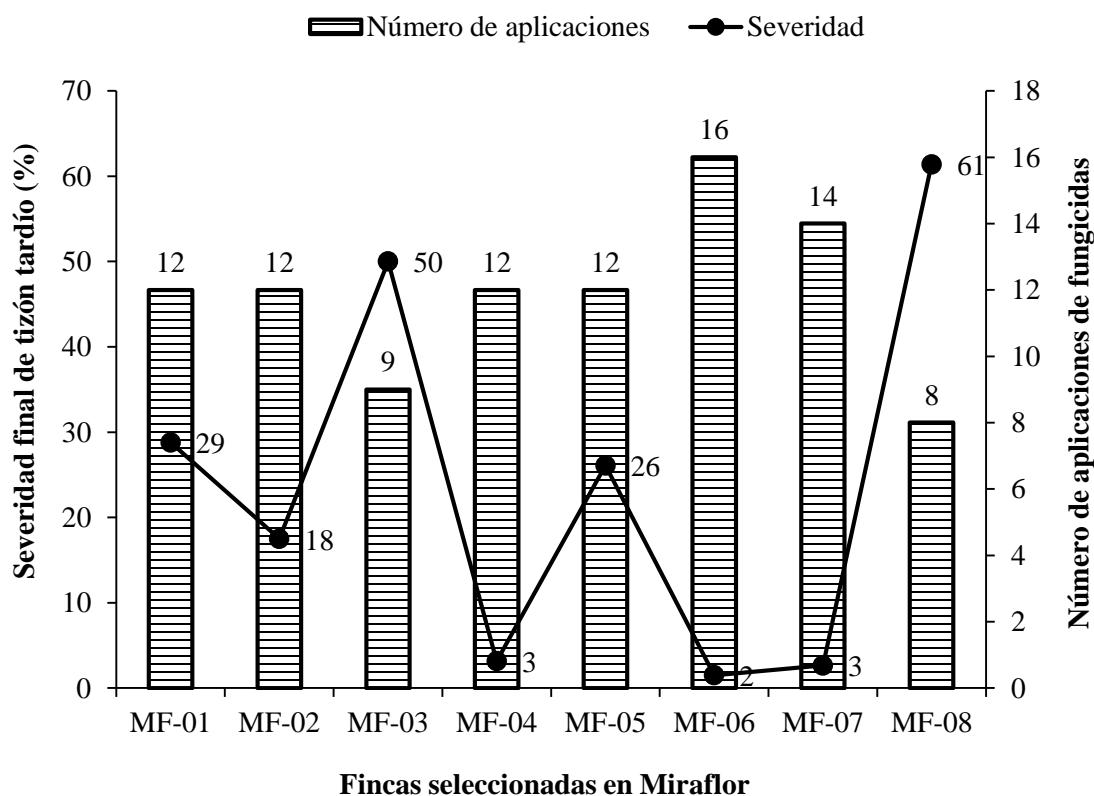


Figura 10. Relación entre los valores de severidad final de tizón tardío y el número de aplicaciones de fungicidas en las diferentes fincas de la zona de Miraflores, Estelí.

En el programa MF-04 con la variedad Sylvana (categoría 5 de resistencia) se obtuvo un 3% de severidad final con 12 aplicaciones de fungicidas. Asimismo, en la finca MF-03 con la

variedad Memphis (categoría 6 de resistencia) se realizó el menor número de aplicaciones (nueve), sin embargo, el nivel de severidad final de la enfermedad fue alto (50%) (Figura 10). En el caso de la finca MF-07 fue el segundo en registrar la mayor cantidad de aplicaciones; sin embargo, en su mayoría estas fueron a base de productos protectores como es el caso del ingrediente activo Mancozeb.

Como ya se ha expuesto anteriormente entre las posibles causas que han originado el comportamiento de tizón tardío en cuanto a severidad y ABCPE entre las diferentes fincas tanto en la zona de El Mojón, Jinotega, como en la zona de Mirafior, Estelí, están: i) cierta negligencia o descuido en la atención al cultivo en cuanto al control de malezas y las aplicaciones químicas dirigidas a la prevención y control de la enfermedad en momento oportuno; aspecto que se refleja no solo en el número de aplicaciones de fungicidas durante el ciclo del cultivo; si no también el momento que estas se realizaron; ii) además en las fincas donde el cultivo precedente fue papa, esto pudo contribuir con la fuente de inóculo inicial para que se desarrollaran epidemias de tizón tardío con diferentes grados de magnitud; iii); por otra parte el nivel de resistencia de las variedades de papa incluidas en las diferentes fincas en las dos zonas evaluadas (Goodwin *et al.*, 1995); iiiii) otro aspecto importante, pero que no fue considerado en el presente estudio como lo sugiere Arora *et al.*, (2014) es el de las condiciones ambientales (temperatura, precipitación y humedad relativa) para el desarrollo de las epidemias de tizón tardío.

En la literatura existen reportes contrastantes con respecto a la estabilidad de resistencia que muestran ciertas variedades de papa cuando son sembradas en distintas regiones geográficas e incluso a nivel continental. Por ejemplo, la variedad Atzimba en México se considera que tiene un nivel intermedio de resistencia a *P. infestans*, mientras que en Costa Rica esta misma variedad es altamente susceptible al patógeno. Asimismo, la variedad Alpha en México es altamente susceptible a tizón tardío, mientras que en Estados Unidos (estado de Nueva York) esta variedad es moderadamente resistente a la enfermedad (Forbes *et al.*, 2005).

Además de la inestabilidad de la resistencia de las variedades de papa a la infección foliar por *P. infestans*, también se podría agregar otro factor a tener en cuenta cuando se trabaja

con el patosistema *Solanum tuberosum* – *Phytophthora infestans* y es el de la estructura poblacional del patógeno. Se ha reportado que cuanto más variable es la población del patógeno más fácilmente se puede adaptar a variedades parcialmente resistentes afectando de esta manera la estabilidad de resistencia de campo y el rango de resistencia de la variedad (Flier *et al.*, 2003; Hansen *et al.*, 2005).

Cuando se realizó el cálculo del ABCPE relativo (Fry, 1978), con las medias de ABCPE de ambas zonas, la prueba T para muestras independientes no se encontró diferencias significativas ( $p = 0.4670$ ); aunque en la zona de Miraflores fue donde se registró las medias más altas del ABCPE relativo con 8.18, lo que en cierta manera refleja que en esta zona hubo mayor acumulación de la enfermedad a través del tiempo.

Por otra parte, haciendo revisión de los registros de aplicaciones químicas de cada zona, se comprueba que en Miraflores el paquete de plaguicidas fue un poco más fuerte, en donde se realizaron 8 a 16 aplicaciones; mientras que en El Mojón se realizaron entre 7 a 15 aplicaciones durante el ciclo; sin embargo, la intensidad de tizón tardío fue mayor en esta zona. Esto en cierta manera deja en evidencia que la variedad Granola utilizada en seis de los ocho programas seleccionados en El Mojón, refleja un cierto nivel de resistencia a la enfermedad, lo que concuerda con la clasificación planteada por Hansen *et al.*, (2005) quien ubica a esta variedad en la escala 7 de resistencia (bastante resistente). De igual manera como hemos discutido anteriormente, se registraron casos especiales en ambas zonas, con el manejo del cultivo, factor que incidió de forma contundente en el impacto de la enfermedad.

### **4.3. Impacto ambiental del uso de plaguicidas en el cultivo de papa**

En las 16 fincas que se identificaron en ambas zonas para este estudio, el manejo del área de cultivo de papa fue convencional casi en su totalidad, cuyo manejo de plagas lo realizan con aplicaciones mixtas de plaguicidas, que incluyen productos para control de plagas insectiles, patógenos y fertilizantes foliares en algunos casos. En cuanto al manejo y control de patógenos, en algunos casos los productores realizan aplicaciones combinadas de productos protectantes y sistémicos.



Como ya fue descrito en la metodología una vez que se obtuvo los cocientes de impacto ambiental (CIA) para cada uno de los ingredientes activos, se determinó la tasa de impacto ambiental (TIA) multiplicando el CIA por el porcentaje del ingrediente activo, luego por la dosis y finalmente por el número de aplicaciones realizadas. Finalmente, los valores de TIA por cada plaguicida fueron sumados dando como resultado la “Tasa de Impacto Ambiental Total” (denominada TIAT) de cada finca o unidad de producción en el cultivo de papa.

Con respecto al impacto ambiental debido al uso de plaguicidas para el manejo de plagas en cada una de las fincas en ambas zonas de estudio (Mojón y Miraflores) en el cultivo de papa, se detectaron valores de tasa de impacto ambiental total (TIAT) relativamente altos que oscilaron entre 319.33 hasta 1,033.9 unidades. Esto si se compara con lo descrito por Guigón-López *et al.*, (2007) quienes reportaron en cultivo de chile TIAs que oscilaron entre 147 y 818 unidades, en donde se consideró TIAs con alta presión ambiental en aquellos programas que registraron valores mayores a 550 unidades. Barona-Martínez (2009) reportó en cultivo de papa TIATs que oscilaron entre 90 y 1017 unidades.

En el 31.2% de las fincas registraron valores de TIAT <500, en el 62.5% se registró TIAT que se oscilaron entre 550 y 800 y en el 6.25% registraron TIAT >800 unidades. El ingrediente activo abamectina (insecticida - acaricida) fue utilizado en el 100% de las fincas, seguido de mancozeb y clorotalonil que se utilizaron en el 87.5 % de las fincas en estudio.

Al realizar comparación de las tasas de impacto ambiental generadas por cada plaguicida de manera individual, se detectó que el ingrediente activo mancozeb es el que reporta los indicadores más altos de TIA, llegando a alcanzar hasta el 52% del total de unidades de TIAT en una de las fincas y de manera general considerando datos de ambas zonas, este ingrediente representó el 30.92% de la TIAT, seguido de clorotalonil con 26.84%. Por otra parte, los productos aplicados al suelo como Counter, Furadan y Lorsban representaron el 10.6% del total de la TIAT. Estos productos fueron utilizados en ocho de las fincas (cuatro en Miraflores y cuatro en El Mojón).

Es importante destacar que en este estudio el ingrediente activo mancozeb tuvo alta participación en la tasa de impacto ambiental total; resultados similares fueron encontrados por Guigón-López *et al.*, (2007) en estudio realizado en el cultivo de Chile. Estos resultados en gran manera obedecen a que este ingrediente activo viene contenido en altos porcentajes (hasta un 64% de ingrediente activo) en la mayoría de fungicidas con fórmulas mixtas para el control de oomicetes. Por otra parte, en las formulaciones que este producto viene solo el ingrediente activo viene contenido hasta en un 80%; además que la cantidad de producto comercial recomendado por área de superficie en las etiquetas es alto (1-4 kg ha<sup>-1</sup>).

En el caso de clorotalonil la alta TIA está relacionada a la alta frecuencia con que se utiliza este producto y el alto contenido de ingrediente activo (72%) que viene contenido en las formulaciones.

Kovach *et al.*, (1992) realizó comparaciones de tres estrategias utilizadas para el manejo y control de manzana roja en New York, estas fueron: manejo tradicional, manejo integrado de plagas y manejo orgánico. Los resultados fueron sorprendentes debido a que el manejo tradicional generó una TIAT de 938 unidades, el integrado 167 unidades y el orgánico 1,799 unidades. En esta última estrategia el azufre reportó una TIA de 1,720 unidades. Esto da una idea de la importancia del conocimiento del riesgo o impacto ambiental que representa el uso de cada plaguicida en el campo en una estrategia de manejo de plagas.

Al revisar las TIATs generadas por cada finca en el manejo de plagas en el cultivo de papa, encontramos que en la zona El Mojón, Jinotega la finca MJ-01 registro la mayor cantidad de unidades 761.33 unidades, mientras que la TIAT más baja se registró en la finca MJ-07 con 319.33. En la zona de Mirafior, Estelí la TIAT mas alta se registró en la finca MF-02 con 1,033.33 unidades y la más baja se presentó en la finca MF-08 con 392.70 unidades. La sumatoria total de unidades por zona fue mayor en la zona de Mirafior donde alcanzó las 5,365.27 unidades, mientras que en El Mojón registro 4,021.62 unidades (Cuadro 04).

En el caso de la finca MJ-01 ubicada en El Mojón, el mayor aporte de TIA ocurrió con los productos Mancozeb, Clorotalonil y Phorate este último aplicado al suelo con valores de

177.77, 121.24 y 104.00 unidades respectivamente. En Miraflores, el mayor aporte de TIA para la finca MF-02 ocurrió por el uso de Clorotalonil, Mancozeb y Thiocyclan con valores de 474.18, 331.78 y 70.91 unidades respectivamente.

Cuadro 4. Valores de TIA registrados por producto según clase de uso en las fincas de las zonas de Miraflores (Estelí) y El Mojón (Jinotega) 2015.

Producto por clase de uso	Tasa de Impacto Ambiental Total generada por cada finca								TIA total por producto x zona
	MF-01	MF-02	MF-03	MF-04	MF-05	MF-06	MF-07	MF-08	
Insecticida	56.55	89.5	170.81	96.52	128.78	40.88	128.63	123.6	835.27
Fungicida	596.88	924.45	465.72	458.64	598.04	489.87	569.37	263.6	4366.57
Herbicida	15.09	19.98	22.82	22.25	21.33	29.74	26.72	5.5	163.43
<b>TIAT</b>									
<b>Miraflores</b>	668.52	1033.93	659.35	577.41	748.15	560.49	724.72	392.7	5365.27
	MJ01	MJ02	MJ03	MJ04	MJ05	MJ06	MJ07	MJ08	
Insecticida	289.8	138.9	17.4	141.8	41.7	10.7	185.47	265.6	1091.43
Fungicida	439.63	273.88	592.19	380.67	251.56	531.2	100.5	87.94	2657.57
Herbicida	31.9	13.61	45.52	32.23	41.44	44.28	33.34	30.3	272.62
<b>TIAT</b>									
<b>Mojón</b>	761.33	426.39	655.11	554.72	334.7	586.32	319.33	383.88	4021.62

De manera particular en la zona El Mojón se utilizó un total de 34 ingredientes activos distribuidos en 37 diferentes productos comerciales. El ingrediente activo más comúnmente utilizado para el control de artrópodos en esta zona fueron Abamectina y Cipermetrina utilizados en ocho (100%) y siete (87.5%) fincas respectivamente, en caso de control de patógenos Mandipropamid y Clorotalonil fueron utilizados en siete (87.5%) y seis (75%) fincas respectivamente.

Al realizar resumen de todos los valores de tasa de impacto ambiental generados por cada uno de las fincas en la zona El Mojón se determinó que los productos utilizados para el manejo de patógenos, en general, representaron el 66.08% del total de la TIAT, seguido de insecticidas con 27.14% y de último los herbicidas con el 6.78%. (Figura 11). Es notoria la incidencia que tienen en el rubro de la papa los patógenos como tizón tardío y enfermedades bacterianas.

En esta zona solamente una finca incluyó control biológico, que consistió en uso de *Trichoderma* sp; el cual fue aplicado al suelo una sola vez; tres programas utilizaron productos dirigidos al manejo de bacterias, mientras que otros dos incorporaron en sus programas productos a base de cobre, los que también fueron aplicados una sola vez en el ciclo.

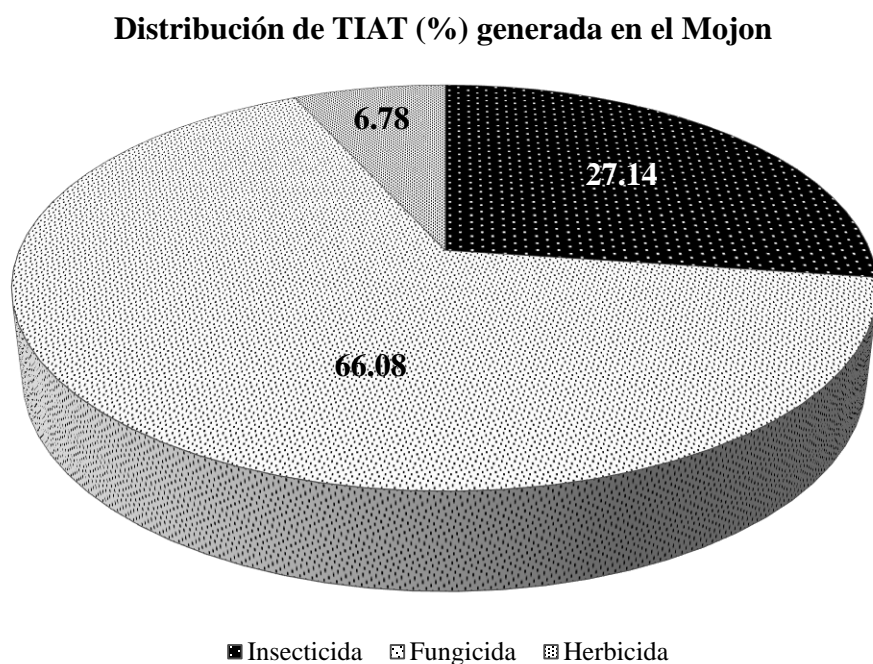


Figura 11. Distribución de valores de TIAT generada según clase de uso del producto en la zona el Mojon, Jinotega 2015.

De acuerdo a los registros de aplicaciones de plaguicidas en las estrategias implementadas por los productores en la zona Mirafior, se identificó la utilización de 51 ingredientes activos distribuidos en 50 productos comerciales. El ingrediente activo más comúnmente utilizado en esta zona fue abamectina (insecticida – acaricida) aplicado en ocho (100%) fincas, en el caso de fungicidas fueron clorotalonil y dimethomorph utilizados en ocho (100%) y siete (87.5%) fincas respectivamente.

Al realizar resumen de todos los valores de tasa de impacto ambiental generados por cada una de las fincas en la zona Mirafior, se determinó que los productos utilizados para el manejo

de patógenos (hongos y bacterias) generaron el 81.37% del total de la TIAT, seguido de insecticidas con 15.57% y de último los herbicidas con el 3.04% (Figura 12). Al igual que en la zona El Mojón el mayor esfuerzo en la fitoprotección estuvo dirigida al manejo de enfermedades fungosas y bacterianas.

**Distribución de TIAT (%) generada en Mirafior, Estelí**

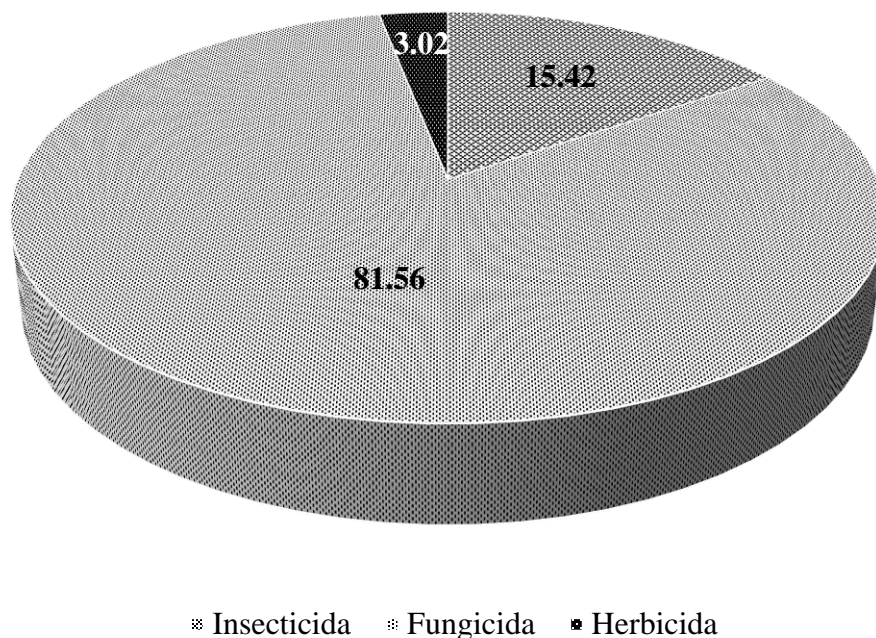


Figura 12. Distribución de TIAT generada según clase de uso del producto en la zona el Mirafior, Estelí 2015.

Al realizar los análisis de regresión lineal con datos de ambas zonas, los resultados indicaron que la TIAT no dependió del número de aplicaciones realizadas en los diferentes programas de manejo ( $R^2 = 0.36$ ). Es importante señalar que los productores de papa en cada fecha de aplicación utilizan más de un ingrediente activo combinando comúnmente insecticidas con productos para el control de patógenos. La cantidad de aplicaciones químicas totales durante el ciclo por cada programa de manejo oscilaron entre 10 a 16 para el Mojón y 9 a 19 para el caso de Mirafior; esto incluye aplicaciones durante los periodos de pre-siembra, siembra, desarrollo vegetativo y pre-cosecha.

Al hacer análisis de regresión lineal con la cantidad total de ingrediente activo utilizados para control de patógenos y datos de la TIAT del total de los programas de las dos zonas de estudio se determinó que no existe una relación alta entre ambos.

De manera general en ambas zonas los productores realizaron entre 10 a 19 aplicaciones totales durante el ciclo y de manera particular entre 9 a 15 aplicaciones fueron utilizados productos para el manejo de fitopatógenos; esto en gran manera es un indicativo de la alta presión que representa *P. infestans* junto a algunas enfermedades bacterianas. En un estudio llevado a cabo por Carrasco *et al.*, (1997) señalan que *P. infestans* es una enfermedad causante de severas pérdidas en el cultivo de papa, llegando hasta un 100% si no se aplica ninguna medida de manejo, lo que en cierta manera explica las altas tasas de impacto ambiental registradas en el presente estudio.

Como se ha dicho anteriormente en todas las fincas que participaron en este estudio se implementaron sistemas de manejo convencional de plagas; sin embargo, en estudios realizados por Gavillan *et al.*, (2001) hacen referencia a que el uso de un manejo integrado de plagas y enfermedades, disminuye el impacto ambiental en comparación a un manejo convencional de cualquier cultivo. Basados en estos fundamentos y algunas deficiencias observadas en cuanto a la atención oportuna del cultivo y prácticas esenciales como la rotación de cultivo, se puede inferir que existe una necesidad imperante de que los productores incorporen otras prácticas y métodos para el manejo de plagas y enfermedades.

Por otra parte, como ha planteado Kovach *et al.*, (1992), el estudio sugiere que hay decisiones que toma el productor con respecto a los productos que selecciona, número de aplicaciones del producto y la estrategia general que implementa en el manejo de plagas en su finca, inciden de forma directa en el incremento del riesgo de impacto ambiental. Uno de los casos particulares que se registró en este estudio fue con el uso de los ingredientes activos como Mancozeb y Clorotalonil que reportaron los indicadores más altos de TIA llegando a representar el 30.92% y 26.84% del total de la TIAT respectivamente.

Es importante señalar que ambos productos son protectores y considerados como productos no muy tóxicos estar categorizado con etiqueta verde en la clasificación de la Organización

Mundial de Salud (OMS); sin embargo, son los que presentan la combinación más alta de porcentaje de ingrediente activo (ia) y el cociente de impacto ambiental (CIA), registrando valores de 80% ai y 25.72 CIA para Mancozeb y 72% ai y 37.42 de CIA para Clorotalonil. Esto permite visualizar un poco más la realidad de campo a como señala Guigón-López *et al.*, (2007.) en el sentido de que la evaluación del impacto ambiental busca identificar y pronosticar el impacto de las acciones del control de plagas en el ambiente biogeofísico y en el bienestar de la población.

## V. CONCLUSIONES

- La intensidad de tizón tardío en la zona de Mirafior, registró medias que alcanzaron hasta el 25.1% severidad y 169.8 %-días de ABCPE en el programa MF-08, valores epidemiológicos que son considerados relativamente bajos.
- La intensidad de tizón tardío en la zona de El Mojón registró medias de severidad que alcanzaron hasta 13% y 85 %-días de ABCPE en el programa MJ-02, valores epidemiológicos que son considerados relativamente bajos.
- Con respecto al impacto ambiental debido al uso de plaguicidas para el manejo de plagas en cada una de las fincas en ambas zonas de estudio (Mojón y Mirafior) en el cultivo de papa, se detectaron valores de tasa de impacto ambiental total (TIAT) relativamente altos que oscilaron entre 319.33 hasta 1,033.9 unidades, registrando las tasas de impacto ambiental total más altas en aquellas fincas que usaron los ingredientes activos mancozeb y clorotalonil.



## VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere la implementación de manejo integrado del cultivo así como la minimización en el uso de productos cuya formulación comercial contenga únicamente el ingrediente activo mancozeb, al igual que el ingrediente activo clorotalonil, a fin de reducir la intensidad de tizón tardío y por consiguiente el impacto ambiental negativo.

## VII. LITERATURA CITADA

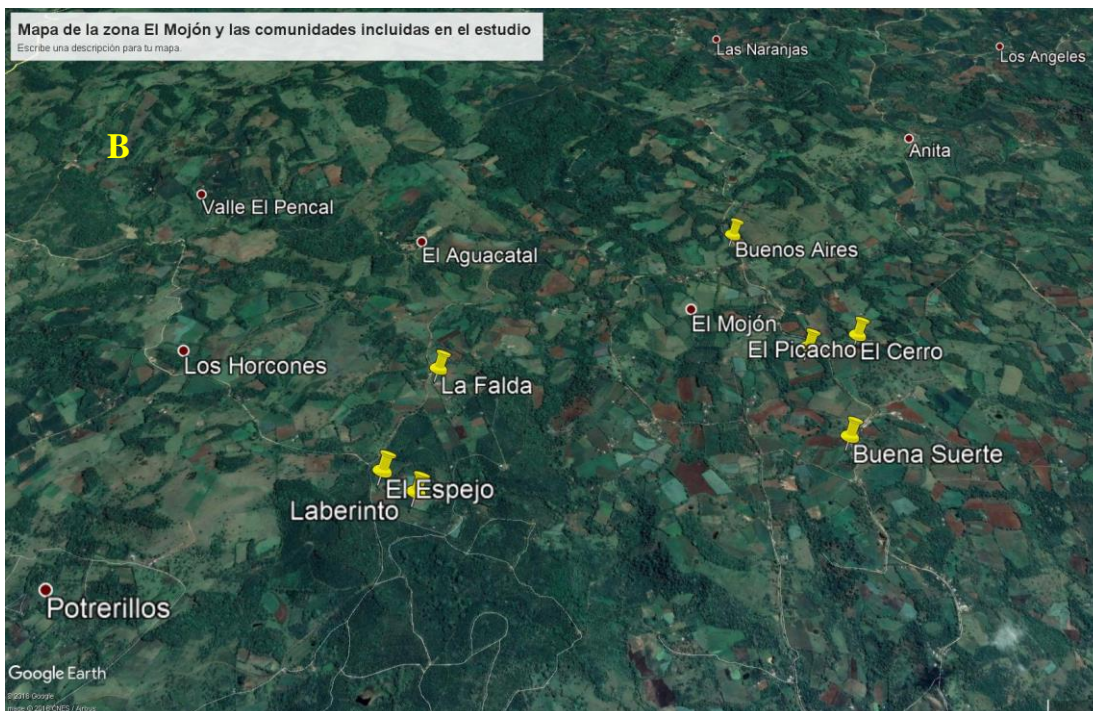
- Arora, R.K., Sharma, S., and Singh, B.P. 2014. Late blight disease of potato and its management. *Potato Journal* 41:16-40.
- Blandón-Díaz, J. U., Widmark, A.-K., Hannukkala, A., Andersson, B., Högberg, N., and Yuen, J. E. 2012. Phenotypic variation within a clonal lineage of *Phytophthora infestans* infecting both tomato and potato in Nicaragua. *Phytopathology* 102:323-330.
- Bues, R., Bussièeres, P., Dadomo, M., Dumas, Y., Garcia-Pomar, M.I., Lyannaz, J.P. 2004. Assessing the environmental impacts of pesticides used on processing tomato crops. *Agriculture Ecosystem & Environment* 102:155-162.
- Carrasco, E., Estrada, N., Gabriel, J., Alfaro, G., Larondelle, Y., García, W., & Quiroga, O. 1997. Seis cultivares potenciales de papa con resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 9:106-122.
- Cortez, M., y Hurtado, G. 2002. Guía Técnica Cultivo de la Papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) San Salvador, El Salvador. 34 p.
- De Putter, H., Gunadi, N., Wustman, R., and Schepers, Huub. 2014. Economics and agronomics of Atlantic and Granola potato cultivation in the dry season of 2013 in West Java. *vegIMPACT Internal Report 10*. Wageningen UR, The Netherlands. 43 p.
- Flier WG, van den Bosch GBM, Turkensteen LJ, 2003. Stability of partial resistance in potato cultivars exposed to aggressive strains of *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology* 52:326-337.
- Forbes, G., Pérez, W., y Andrade Piedra, J. 2014. Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima, Perú. p. 39
- Forbes, G. A., Chacón, M. G., Kirk, H. G., Huarte, M. A., Damme, M. V., Distel, S., Mackay, G. R., Stewart, H. E., Lowe, R., Duncan, J. M., Mayton, H. S., Fry, W. E., Andrivon, D., Ellissèche, D., Pellé, R., Platt, H. W., Mackenzie, G., Tarn, T. R., Colon, L. T., Budding, D. J., Lozoya-Saldaña, H., Hernandez-Vilchis, A., and Capezio, S. 2005. Stability of resistance to *Phytophthora infestans* in potato: an international evaluation. *Plant Pathology* 54:364-372.
- Fry, W. E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. *Phytopathology* 68:1650–1655.
- Fry, W. 2008. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Molecular Plant Pathology* 9:385-402.

- Gavillan, G., Surgeoner, G. y Kovach, J. 2001. Pesticide risk reduction on crops in the province of Ontario. *Environmental Quality* 30, 798-813.
- Goodwin, S. B., Sujkowski, L. S., Dyer, A. T., Fry, B. A., and Fry, W. E. 1995. Direct detection of gene flow and probable sexual reproduction of *Phytophthora infestans* in Northern North America. *Phytopathology* 85:473–479.
- Guigón-López, C., y González-González, P. A. 2007. Manejo de plagas en el cultivo de chile y su impacto ambiental en la zona agrícola de Jiménez-Villa López, Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua* 1:36-47.
- Granados, S. D., y Pérez, C.M.L. 1995. *Ecología e Impacto Ambiental*. sep. seit. dgeta. México, D.F. 167 p.
- Hansen, J.G., Koppel, M., Valskyte, A., Turka, I., and Kapsa, J. 2005. Evaluation of foliar resistance in potato to *Phytophthora infestans* based on an international field trial network. *Plant Pathology* 54:169-179.
- Henfling, J.W. 1987. El tizón tardío de la papa: *Phytophthora infestans* Boletín de Información Técnica 4. CIP, Lima.
- InfoStat. 2008. InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. 334 p.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2004. Guía MIP en el cultivo de la papa.
- Johnson, D., Cummings, T., Hamm, P., Rowe, R., Miller, J., Thornton, R., Pelter, G., and E. Sorensen, E. 1997. Potato late blight in the Columbia basin: an economic analysis of the 1995 epidemic. *Plant Disease* 81:103-106.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences. Bulletin No. 139*.
- Levitan, L., 2000. “How to” and “why”: assessing the enviro-social impacts of pesticides. *Crop Protection* 19:629-636.
- Maziero, J. M. N., Maffia, L. A., and Mizubuti, E. S. G. 2009. Effects of temperature on events in the infection cycle of two clonal lineages of *Phytophthora infestans* causing late blight on tomato and potato in Brazil. *Plant Dis.* 93:459-466.
- Muhammetoglu, A., and Uslu, B. 2007. Application of environmental impact quotient model to Kumluca region, Turkey to determine environmental impact of pesticides. *Water Sciences & Technology*, 139-145.

- Netherlands Potato Consultative Foundation (NPCF). 2011. Netherlands Catalogue of Potato Varieties. NIVAP, Holland. 146 p.
- Pérez, W., y Forbes, G. 2008. El tizón tardío de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima, Perú. p. 39.
- Reynoso, I. 1989. Producción y comercialización de semilla de papa en Ecuador. En taller sobre Producción y Comercialización de Papa, ed. P. Gómez. Paipa, Colombia, PRACIPA: 56-82.
- Rivera C., José Mauricio. 2014. Consideraciones técnicas para el efectivo manejo integrado del tizón tardío en papa / José Mauricio Rivera C, 1a ed.-- La Lima, Cortés: FHIA, 17 p.
- Quinn, G. P., and Keough, M. J. 2009. Experimental design and data analysis for biologists. Eighth printing. New York, USA. Cambridge University Press, New York, US.537 p.
- Sampieri, R.H., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M.P. 2010. Metodología de la investigación. Quinta Edición. México, D.F. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V. 656 p.
- Shaner, G; Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology* 67:1051-1056.

## VIII. ANEXOS

Anexo 1. Mapa satelital de la Reserva Natural Miraflor en Estelí (A) y de la zona El Mojón en Jinotega (B) y las comunidades donde se llevaron a cabo el trabajo de investigación.



Anexo 2. Encuesta semi-estructurada para recolectar la información que servirá para el cálculo del cociente de impacto ambiental (CIA) y de la tasa de impacto ambiental (TIA).

### I. Datos generales

Nombre de la finca: \_\_\_\_\_ Comunidad: \_\_\_\_\_  
 Propietario: \_\_\_\_\_ Código asignado: \_\_\_\_\_  
 Coordenadas: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_  
 Fecha de inspección: \_\_\_\_\_ Precipitación: \_\_\_\_\_  
 Área total (ha): \_\_\_\_\_ Temperatura promedio: \_\_\_\_\_  
 Área destinada a papa: \_\_\_\_\_  
 Dirección de la finca: \_\_\_\_\_

### II. Información específica

Terreno propio:		Alquila:		Variedad utilizada:	
Cultivo anterior en el terreno:					
Hace cuanto se sembró papa por última vez en esta área:					
Tipo de semilla utilizada:		Certificada:			
Propia:	(Segunda:		Tercera:	Cuarta:	Otro:
Preparación de suelo:	Manual:		Bueyes:	Maquinaria:	
Posee sistema de riego:		Qué tipo:			
Fuente de agua utilizada:		Pendiente del suelo:			
Cantidad de semilla utilizada por mz (QQ):		Realiza tratamiento de semilla:			
Cantidad de fertilizante aplicado por mz:	(Área:		Completo:		
Realiza análisis de suelo:		Principal plaga que afecta:			
Realiza cosecha:	Manual:		Tracción animal:	Maquinaria:	
Posee lotes cercanos de papa:		A qué distancia:			

### III. Preguntas abiertas

1. ¿Cómo decide qué producto químico utilizar para el control de plagas?
2. ¿Cómo calcula la dosis?
3. ¿Qué hace con los envases vacíos?
4. ¿Cada cuánto aplica los productos químicos?

Anexo 3. Formato para el registro de aplicaciones de agroquímicos durante el ciclo del cultivo de papa que servirá para el cálculo del CIA y de la TIA en las dos zonas productoras de papa seleccionadas en el estudio.

Nombre de la finca: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 Área de cultivo: \_\_\_\_\_ Variedad: \_\_\_\_\_  
 Fecha de siembra: \_\_\_\_\_ Recolector de información: \_\_\_\_\_

Fecha	Nombre Comercial	Ingrediente activo	Modo de acción	Formulación %	Precio	Dosis/Mz	Responsable

Observaciones generales:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo 4. Formato para la recolección de la información relacionada al progreso temporal del tizón tardío de la papa en la zona de Mirafior, Estelí y El Mojón, Jinotega.

Nombre de la finca: \_\_\_\_\_ Comunidad: \_\_\_\_\_  
 Propietario: \_\_\_\_\_ Código asignado: \_\_\_\_\_  
 Coordenadas: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_  
 Dirección de la finca: \_\_\_\_\_  
 Fecha de la inspección: \_\_\_\_\_ Área Total (Has): \_\_\_\_\_  
 Área total de cultivo de papa (Has): \_\_\_\_\_

Estación	Porcentaje de severidad de tizón tardío por planta									
	Plantas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										

Observaciones generales:

---



---



---



---



---