

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS**

**CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN  
AGRICULTURA SOSTENIBLE**



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*  
*Mont de Bary*) DE SIETE VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)  
CON FORMA OBLONGA EN ALDEA SANTA LUCIA IXCAMAL, SAN MARCOS.**

**TRABAJO DE GRADUACION**

**POR**

**JOEL ARTEMIO LÓPEZ MIRANDA**

**ASESOR PRINCIPAL**

**ING. AGR. OSMAN CIFUENTES**

**ASESOR ADJUNTO**

**ING. AGR. JUAN MANUEL MÉNDEZ**

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

**San Marcos, Septiembre de 2018**

## TITULO

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*  
*Mont de Bary*) DE SIETE VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)  
CON FORMA OBLONGA EN ALDEA SANTA LUCIA IXCAMAL, SAN MARCOS.**

## INDICE GENERAL

TITULO	PAG.
I. RESUMEN .....	11
II. INTRODUCCIÓN .....	12
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
IV. JUSTIFICACIÓN .....	15
V. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	16
5.1. Tizón Tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ) .....	16
5.1.1 Clasificación taxonómica de <i>Phytophthora infestans</i> .....	16
5.2 Importancia mundial. ....	16
5.3. Importancia Nacional.....	17
5.4. Sintomatología.....	17
5.5. Síntomas con los cuales puede confundirse.....	18
5.6. Ciclo y Epidemiología .....	18
5.6.1. Tipo de inóculo.....	18
5.6.1.2 Inoculo primario .....	18
5.7. Formas de diseminación.....	18
5.8. Método de control genético .....	19
5.9. Genes que confieren resistencia cualitativa en papa.....	21
5.10. Evaluación de la severidad de la enfermedad.....	24
5.11. Incidencia .....	25
5.12. Severidad .....	25
5.13. Aplicación de la escala para datos de AUDPC.....	25
VI. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	27
6.1 Localización del área de estudio .....	27
6.2. Distancia a la cabecera departamental .....	27
6.3. Clima .....	27
6.4. Altitud .....	27
6.5. Antecedentes en Guatemala.....	27
6.6. Estudios realizados.....	28
VII. OBJETIVOS .....	31
VIII. HIPÓTESIS .....	32
IX. RECURSOS .....	33
9.1. Recursos físicos .....	33
9.1.1 Equipo y herramienta .....	33
9.1.2 Insumos.....	33

9.1.3 Equipo de oficina .....	33
9.2. Recursos Humanos .....	33
9.3. Recursos Institucionales .....	33
9.4. Recursos Financieros.....	33
XI. METODOLOGÍA .....	31
10.1 Métodos a Utilizar .....	31
10.1.1. Método científico.....	31
10.1.2. Método Analítico .....	31
10.2. Duración del experimento.....	31
10.3. Diseño Experimental .....	31
10.4. Modelo estadístico.....	32
10.5. Tratamientos.....	32
10.6 Repeticiones .....	32
10.7. Descripción de los tratamientos .....	32
Tamaño de la Unidad Experimental .....	36
10.8. Material experimental.....	36
10.9. Manejo del Experimento.....	37
10.9.1. Preparación del terreno .....	37
10.9.2 Trazado del terreno .....	37
10.9.3. Distanciamiento de siembra .....	37
10.9.4. Fertilización .....	37
10.9.5. Control de plagas .....	37
10.9.6. Control de enfermedades.....	37
10.9.7. Riego .....	37
10.9.8. Control de malezas y aporque .....	38
10.9.9. Defoliación .....	38
10.9.10. Cosecha.....	38
10.9.11. Toma de datos .....	38
10.10. Variables de Respuesta: .....	38
10.10.1 Severidad.....	38
10.10.2 Área bajo la curva (AUDCP) de progreso de la enfermedad .....	39
10.11.3 Incidencia.....	39
10.11.4. Rendimiento.....	39
10.12. Variables a medir.....	39
10.13. Análisis de la Información .....	40
10.13.1. Análisis Estadístico .....	40

10.13.2. Prueba de Medias por DUNCAN .....	40
XI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	40
11.1. Análisis de la variable de incidencia (% de plantas enfermas) .....	40
11.2. Análisis de la Variable de Severidad (% de tejido Dañado) .....	49
10.3. Análisis de la variable de Rendimiento (Ton/Ha) .....	55
11.4. Relación Costo Beneficio .....	57
11.5. Análisis de la Variables Medible.....	59
11.5.1. Análisis de la variable de Índice de Forma.....	59
11.6. Discusión de resultados .....	61
11.6.1. Incidencia .....	61
11.6.2. Severidad .....	61
11.6.3. Rendimiento .....	62
XII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	63
XIII. PRESUPUESTO Y FUENTE DE FINANCIAMIENTO .....	64
XIV. CONCLUSIONES .....	66
XV. RECOMENDACIONES .....	67
XVI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68
XVII. ANEXOS .....	70
Anexo 1. Escala de severidad de tizón tardío de la papa.....	70
Anexo 2. Criterios utilizados para evaluar el porcentaje de área necrosada y el grado de esporulación en folíolos desprendidos e inoculados con <i>P. infestans</i> 70	
Anexo 3. Tabla para la toma de lecturas de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC).....	71
Anexo 4. Tabla de contenido para la toma de datos lecturas de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) .....	71
Anexo 5. Tabla de contenido para la toma de datos para las variables de rendimiento .....	72
Anexo 8. Mapa del municipio ubicando la comunidad.....	76
Anexo 9. Croquis de la comunidad .....	77
Anexo 10. Clasificación de forma del fruto de la papa: .....	78
Anexo 11. Diagrama del proceso de investigación .....	79
Anexo 13. Condiciones climáticas bajo las cuales fueron tomados los datos de las Variables de Incidencia y Severidad a tizón tardío. ....	80

## INDICE DE CUADROS

<b>TITULO</b>	<b>PAG.</b>
Cuadro: 1 Características y descripción de la Variedad Alegría.....	33
Cuadro No. 2 Características y descripción de la variedad Cal White.....	33
Cuadro No. 3. Características y descripción de la variedad Defender.....	34
Cuadro No. 4. Características de la Variedad YUKON GEM.....	35
Cuadro No. 5 Características de la variedad Jaquelyn Lee.....	35
Cuadro No. 6. Características y descripción de la Variedad Loman.....	36
Cuadro 7. Promedios sobre él % de incidencia de tizón tardío de siete variedades de papa a los 74 DDS, (Días Después de la Siembra.....	41
Cuadro 8. Análisis de Varianza de la variable incidencia de Tizón tardío de siete variedades de papa a los 74 DDS.....	41
Cuadro 9. Prueba de Duncan al 5% sobre la variable de incidencia a Tizón tardío a los 74 DDS de siete variedades de papa .....	42
Cuadro 10. Resumen de medias sobre el % de incidencia acumulada de siete variedades de papa.....	43
Cuadro 11. Análisis de varianza sobre el % de incidencia acumulada de siete variedades de papa con forma oblonga.....	43
Cuadro 12. Prueba de Duncan al 5% sobre la incidencia acumulada del tizón tardío de siete variedades de papa.....	44
Cuadro 13. Promedios del AUDPC (Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad) en la variable de incidencia a Tizón tardío a los 74 DDS.....	45
Cuadro 14. Análisis de Varianza del AUDPC en la variable de incidencia a Tizón tardío a los 74 DDS.....	45
Cuadro 15. Análisis de varianza sobre el % de incidencia acumulada de siete variedades de papa .....	46
Cuadro 16.promedios sobre él % de severidad de Tizón Tardío a los 81 DDS de siete variedades de papa .....	49
Cuadro 17. Análisis de Varianza de la variable de severidad del Tizón Tardío a los 81 DDS de siete variedades.....	50
Cuadro 18. Prueba de Duncan al 5% sobre la severidad del tizón tardío a los 81 DDS.....	50
Cuadro 19. Resumen del AUDPC de severidad de Tizón Tardío a los 81 días después de la Siembra de siete variedades de papa .....	51
Cuadro 20. Análisis de Varianza para el AUDPC de severidad de Tizón Tardío a los 81 días después de la Siembra de siete variedades de papa	51
Cuadro 21. Prueba de medias de Duncan a los 81 días con datos de AUDPC de la severidad de Tizón tardío de siete variedades de papa.....	52
Cuadro 22. Resumen de promedios del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad Acumulado (AUDPC), de la variable de severidad.....	53
Cuadro 23. Análisis de Varianza del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad Acumulado (AUDPC), de siete variedades de papa con forma oblonga en Aldea Santa Lucia Ixcamal.....	53

Cuadro 24. Comparación de las medias generales del AUDPC Acumulado de la variable de severidad de siete variedades de papa con forma oblonga.....	54
Cuadro 25. Resumen de promedios de la variable de rendimiento....	55
Cuadro 26. Análisis de Varianza del rendimiento en Kg/hectárea de siete variedades de papa .....	56
Cuadro 27. Prueba de Duncan al 5% sobre el rendimiento de siete variedades de papa con forma oblonga (4.95).....	56
Cuadro 28. Relación costo beneficio .....	55
Cuadro 29. Resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a Tizón Tardío .....	56
Cuadro 30. Cálculo del índice de forma de siete variedades de papa.....	57

#### INDICE DE GRAFICAS

PAG

Grafica 1. Prueba de Duncan al 5% sobre la incidencia del Tizón Tardío a los 74 días después de la siembra de siete variedades de papa.....	42
Grafica 2. Prueba de medias de Duncan sobre de la incidencia acumulada de siete variedades de papa .....	44
Grafica 3. Prueba de Duncan al 5% sobre el AUDPC de la variable de incidencia a Tizón Tardío a los 74 DDS .....	46
Grafica 4. Incidencia Acumulada de Tizón Tardío de siete variedades de papa con forma oblonga .....	46
Grafica 5. Comportamiento de las lecturas de Incidencia a tizón tardío a partir de los 60 DDS de siete variedades de papa .....	47
Grafica 6. AUDPC Acumulada de la variable de incidencia a Tizón Tardío de siete variedades de papa .....	48
Grafica 7. AUDPC Acumulado en cada lectura de la variable de incidencia a tizón de siete variedades de papa .....	48
Graficas 8. Prueba de Medias de la severidad de tizón tardío a los 81 DDS.....	50
Grafica 9. Prueba de medias de Duncan con datos de AUDPC a los 81 DDS.....	52

Grafica 10. Prueba de Duncan del AUDPC Acumulado de la variable de severidad de siete variedades de papa .....	54
Grafica 11. Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad Acumulada sobre la severidad del Tizón Tardío de siete variedades de papa .....	54
Grafica 12. Prueba de medias de Duncan del rendimiento de siete variedades de papa.....	56
Grafica 13. comparación del índice de forma de siete variedades de papa con forma oblonga .....	60

## ACRONIMOS

**AUDPC:** Área bajo La curva del progreso de la enfermedad

**ADN:** Ácido Desoxirribonucleico

**ANOVA:** según las siglas en ingles Analysis Of Variance, o Analisis de Varianza

**CIP:** Centro Internacional de la Papa

**CIALO:** Centro de Investigación del Altiplano

**DBCA:** Diseño de Bloques Completamente Al Azar

**DDS:** Días Después de la Siembra

**DIPLAN-MAGA:** Dirección de Planeamiento-Ministerio de Agricultura Ganadería Y Alimentación, Guatemala

**HR:** Respuesta Hipersensible

**ICTA:** Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola

**INIA:** Instituto Nacional de Investigación Agraria

**INCIDENCIA:** La incidencia refleja el número de nuevos “casos” en un periodo de tiempo. Es un índice dinámico que requiere seguimiento en el tiempo de la población de interés. Cuando la enfermedad es recurrente se suele referir a la primera aparición

**INFOSTAT:** es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado.

**INSIVUMEH:** Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

**PVX:** Virus del mosaico rugoso de la papa

**PVY:** Potato Virus o Virus de la Papa

**QTL:** Quuantitative Trait Loci (locus de un carácter cuantitativo)

**RNGG:** Red Nacional de Grupos Gestores

**Resistencia de las plantas:** La resistencia de las plantas a las enfermedades frecuentemente resulta de la interacción específica de genes de resistencia (R) de las plantas con los correspondientes genes de avirulencia (Avr) de los patógenos

**SEVERIDAD:** La severidad de la enfermedad se evalúa como el porcentaje de área foliar infectada

**OBLONGA:** Que es más largo que ancho o que es más largo de lo que es habitual entre las cosas de su mismo género.

**USPB:** Consejo de la Papa de Estados Unidos de América

**VARIEDAD:** En botánica y agronomía, la variedad es una población con caracteres que la hacen reconocible a pesar de que hibrida libremente con otras poblaciones de la misma especie. Es un rango taxonómico por debajo de la subespecie y por encima de la forma.

**VISAR:** Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones

## I. RESUMEN

EL cultivo de la papa en Guatemala forma parte de la única forma de ingresos económicos para muchas familias de los departamentos de Huehuetenango, Quetzaltenango y San Marcos, siendo estos departamentos donde se cultiva mayormente. Una de las variedades más cultivadas es la Loman gracias a que las características agronómicas y culinarias se han ganado la aceptación en el mercado nacional y el Salvador principalmente.

En un diagnóstico realizado por la Red Nacional de Grupos Gestores en 2016 en el marco del Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria – CRIA- del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura –IICA- indica que en la cadena de la papa en el eslabón de producción, el problema más grande de éste cultivo es el aumento de los costos de producción a falta de una variedad resistente a la enfermedad de Tizón Tardío (*Phytophthora infestans Mont de Bary*).

Con el objeto de darle solución a la problemática presente en el eslabón de producción de la Agro cadena de la papa se estableció un ensayo experimental de resistencia a tizón tardío con siete variedades de papa con forma oblonga en aldea Santa Lucia Ixcamal en la época de Julio a diciembre de 2017, utilizando un diseño de Bloques Completos al Azar tomando como variables de respuesta el rendimiento, la incidencia y severidad al Tizón Tardío principalmente.

Las variedades tomadas en cuenta para el ensayo fueron, Defender, Jaquelyn Lee, Cal Whit, Alegría, Yucom Gem, procedentes del Consejo de la Papa de los Estados Unidos, ICTA Palestina y Loman variedades cultivadas en Guatemala (Testigo).

De acuerdo a los análisis estadísticos, la variedad defender fue la que presentó mayor tolerancia al patógeno Tizón Tardío, de acuerdo al análisis económico de relación Costo/Beneficio, producto de la conversión de datos obtenidos en parcelas establecidas para la investigación se estima la variedad Jaquelyn Lee presentó características similares al testigo (rendimiento y beneficios brutos) y con mayor tolerancia al patógeno respecto al testigo. El análisis económico indica que el testigo fue más rentable (Q.60,089.74/Ha) ya que los beneficios brutos difieren positivamente en Q4,247.92/ha y Q2,674.07/ha con la variedad defender y Jaquelyn Lee respectivamente.

## II. INTRODUCCIÓN

En Guatemala la mayor parte de la producción de papa se encuentra en los departamentos de Huehuetenango, San Marcos y Quetzaltenango. En esta región la agricultura se caracteriza por ser una agricultura de subsistencia, en donde prevalece el hambre, la desnutrición, el bajo desarrollo rural y el analfabetismo. El cultivo de la papa, ha sido desde 1950 un cultivo que además de generar alimento localmente, es uno de los pocos cultivos que genera ingresos económicos a la familia rural. (ICTA)

La papa que mayormente se produce en Guatemala es la variedad Loman. Fue introducida en 1962 al país y que gracias a sus características agronómicas y culinarias se ganó la aceptación del mercado de Guatemala y El Salvador. Sin embargo, la variedad Loman, presenta un serio problema debido a que es un cultivar altamente susceptible al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont de Bary). Por lo cual, para mantener las producciones es necesario utilizar altas cantidades de fungicidas, elevando los costos de producción y produciendo un efecto negativo para el ambiente.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-; ha introducido variedades mejoradas de papa, resistentes a *tizón tardío*. Estos materiales han sido evaluados bajo las diversas condiciones climáticas en las diferentes zonas de producción de papa y se han mostrado exitosas, tanto en su adaptación, con la producción de altos rendimientos, sin embargo no han sido aceptados en los mercados de Guatemala y El Salvador, por no tener la forma oblonga y demás características culinarias. Por tal razón, los agricultores no han continuado sembrando estas variedades, al no contar con mercado.

En un diagnóstico realizado por la Red Nacional de Grupos Gestores en 2016 en el marco del Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria – CRIA- del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura –IICA- indica que en la cadena de la papa en el eslabón de producción, el problema más grande de éste cultivo es el aumento de los costos de producción a falta de una variedad resistente a la enfermedad de tizón tardío.

A raíz de ello surgió la necesidad de evaluar variedades de papa con forma oblonga que presenten resistencia a tizón tardío y características agronómicas y culinarias similares a la variedad loman. Al contar con una variedad de dichas características permitirá a los pequeños productores, bajar sus costos de producción y obtener mayor beneficio económico de su única fuente de ingresos económicos.

A través de este proyecto se evaluaron la resistencia a tizón tardío, y el rendimiento de siete variedades de papa con forma oblonga provenientes del Consejo de la

Papa de Estados Unidos (United States of America Potato Board, USPB), bajo las condiciones climáticas y edáficas de aldea Santa Lucia Ixcamal, San Marcos en la época de Julio a Diciembre de 2017.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 7 tratamientos y tres repeticiones (incluyendo el testigo);

El ensayo experimental se realizó en un área total de 220m<sup>2</sup>; se manejó un distanciamiento de 0.70m entre surco y 0.30m entre planta (carrasco, 1997).

Los tratamientos evaluados fueron: Alegría, Cal White, Defender, Yukon Gen, Jaquelyn Lee, ICTA Palestina y Loman (considerándolo como la variedad más susceptible al Tizón Tardío). Las variables de respuesta fueron incidencia y severidad del tizón Are Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad; rendimiento (Kg/ha), y como variables medibles, índice de forma y un análisis económico.

El manejo del experimento consistió en el control de malezas, control de plagas; control de enfermedades (Tizón Tardío Principalmente) hasta los 60 Días Después de la Siembra (DDS), la toma de datos fue realizada a partir de los 60 DDS con un intervalo de 7 días hasta completar el ciclo de producción del testigo.

El análisis estadístico fue realizado a través del Software Infostat versión 2016 utilizando la prueba de medias de DUNCAN.

Después de realizar el análisis estadísticos y económico, se puede concluir que la presente investigación fue solo un paso más para encontrar una variedad con características agronómicas similares al testigo y con tolerancia a (*Phytophthora infestans*), tal como se describe en las conclusiones y recomendaciones.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tizón tardío causado por el patógeno *Phytophthora infestans*, es una de las enfermedades más importantes del cultivo de la papa a nivel mundial. Está presente en todas las áreas donde se cultiva papa, provocando pérdidas del 80 al 100% en zonas templadas y húmedas, puede terminar una plantación en 7 - 10 días, tiene la capacidad de propagarse de forma rápida antes de que cualquier método de control llegue a ser efectivo. (Messiaen, 1995).

El problema del tizón tardío ha existido desde los inicios del cultivo de papa. Según Nierderhausey Mills, (1,953); se considera que esta enfermedad es considerada originaria de Toluca (México) y en Guatemala están presentes más de 10 razas; sin embargo la variedad loman ha sido la más cultivada y por consiguiente la más susceptible. El tizón tardío es considerado un factor de mayor importancia en los países de menor producción (Herrera, J; Scott. G).

En el mercado existen diversas variedades de papa en la cual han sido calificadas con más resistencia al tizón tardío en comparación con la variedad loman, sin embargo la aceptación no es la esperada en el mercado debido a que no tienen la forma oblonga y sus características organolépticas no son de buena calidad como la variedad loman.

Según Baca. D, 2013, esta Enfermedad puede afectar el rendimiento hasta un 40% equivalente a 170.4quintales/hectárea y si se controla eleva los costos de producción a 15,721.86 representando un 29% de la inversión total debido a que se llegan hacer hasta 12 aplicaciones de fungicidas durante el ciclo de cultivo, (López, J; 2017) generando a su paso contaminación a los suelos y medio ambiente.

Según la RGGG, en el eslabón de la producción de la papa, el incremento de los costos de producción y reducción de la productividad, es debido a plagas y enfermedades favorecido por el cambio climático a falta de variedades resistentes.

En Guatemala no existen variedades alternativas, resistentes al patógeno y de forma oblonga. Sin embargo las variedades a evaluar se consideran de forma oblonga, resistentes al tizón tardío y con alto grado de rendimiento, por lo que se desea comprobar si puedan presentar resistencia a tizón tardío, que presente altos grados de rendimientos bajo las condiciones climáticas y edáficas presentes en la zona productora de San Marcos.

Por todo lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente pregunta de investigación; ¿Alguna de las variedades a evaluar presentara significancia estadística en la resistencia a tizón tardío y altos rendimientos?

#### IV. JUSTIFICACIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) se ubica entre los 10 cultivos más importantes en los países en desarrollo (Scott et al. 2000) y el cuarto alimento más importante del mundo, superado únicamente por el arroz, la avena y el maíz en términos de producción total de alimento. Las pérdidas y costos de producción asociados al tizón tardío en Guatemala alcanzan hasta el 40% haciendo un total de 170.4 qq/hectárea, (Baca, D. 2013).

Durante la producción de papa uno de los problemas serios es el daño económico que pueda causar el tizón tardío; debido a su facilidad de propagación del hongo en condiciones adecuadas, además del impacto ambiental que se genera para su control. Una de las soluciones a este problema es trabajar con variedades resistentes a tizón tardío y que para el caso de la comercialización en Guatemala, que la variedad sea de forma oblonga.

En un diagnóstico realizado en Aldea Santa Lucía Ixcamal, San Marcos se determinó que los agricultores hacen una inversión de Q.2600 por cuerda y el costo para controlar las enfermedades, principalmente el tizón tardío es de Q.748.66 por cuerda, representando un 29% de la inversión total (López, J; 2017).

La importancia de esta investigación se centra en que las variedades a evaluar se consideran de forma oblonga, resistentes a tizón tardío, y de esta forma reducir los costos de producción al utilizar menor dosis y menos aplicaciones de productos químicos para el control del Tizón Tardío. En nuestro medio estos materiales se desconocen, principalmente el rendimiento y la resistencia a tizón tardío que pueda presentar bajo las condiciones de suelo y clima del altiplano de San Marcos y su aprobación en el mercado.

Según RINGG, se priorizó temas de investigación en la agro-cadena de la papa, tales como la evaluación de variedades con características similares a la loman y con resistencia a plagas y enfermedades. Se espera contar con una ó más variedades de papa resistentes a tizón tardío, con altos grados de rendimiento, características agronómicas y culinarias similares a la variedad loman y disminuir los costos que implica el control de la enfermedad (mano de obra y número de aplicaciones de fungicidas). En la parte ambiental evitar la contaminación por fungicidas. Además con la reducción de la utilización de insumos agrícolas aumenta la calidad de la papa para el proceso de industrialización evitando el daño causado por enfermedades.

Y como parte de línea de investigación de la carrera de Ingeniero Agrónomo con orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos se prioriza querer investigar en la alimentación de los guatemaltecos.

## V. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 5.1. Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*)

#### 5.1.1 Clasificación taxonómica de *Phytophthora infestans*

Reino	Protista
(Sin Rango)	Chromista
Filo:	Heterocontophyta
Clase	Oomicetes
Orden	Peronosporales
Familia	Peronosporaceae
Genero	<i>Phytophthora</i>
Especie	<i>P. infestans</i>
Nombre	<i>Phytophthora infestans</i> (MONT.) de BARY)

**Nombre de la enfermedad:** Tizón Tardío, mildiu, gota, peronospora

**Agente causante:** Hongo (*Phytophthora infestans*)

**Nombre Ingles:** Late Blight

### 5.2 Importancia mundial.

El tizón tardío causado por el patógeno (*Phytophthora infestans*), es una de las enfermedades más importantes del cultivo de la papa a nivel mundial. Está presente en casi todas las áreas donde se cultiva papa en el mundo, provocando mayores pérdidas en zonas templadas y húmedas. Puede matar una plantación en 7 - 10 días. También cabe destacar que el tizón tardío afecta a otros cultivos como tomate y algunas plantas de la familia de las solanáceas. Esta enfermedad es causada por un hongo que sobrevive desde una estación hasta la otra en los tubérculos de papa infectados. El hongo es bien conocido por su habilidad para producir millones de esporas a partir de las plantas infectadas, bajo condiciones húmedas que favorecen su supervivencia. (Messiaen, 1995).

En las últimas dos décadas, el tizón ha retomado mucho más interés en la producción de la papa en el mundo, debido a la rápida dispersión del grupo de apareamiento A2, el cual es más agresivo y resistente a metalaxil, el principal fungicida usado para el control. Este grupo estuvo reportado sólo en México hasta fines de la década del '80. Previamente sólo el grupo A1 estaba presente en el resto de los países. La presencia del grupo A2 permite la reproducción sexual del hongo favoreciendo la sobrevivencia invernal de éste y una rápida distribución del carácter agresivo y resistente en las nuevas razas. El grupo A2 ha sido reportado en EEUU.,

Canadá, Europa, Asia y algunos países de Latinoamérica entre ellos Argentina y Perú. En Chile, este grupo aún no ha sido descrito. (Messiaen, 1995).

### 5.3. Importancia Nacional

#### Tizón tardío de la papa (Jaramillo, 1,980 y Agrios 1,998).

Se supone que la enfermedad es originaria de México, por sus condiciones especiales de clima y especies hospederas avalan tal suposición que podría extenderse por los mismos motivos a ciertas zonas de Centro América y acaso a algunas de América del sur, *Phytophthora* está presente en forma perenne en el valle de Toluca (México). Siendo probable que haya existido allí por cientos de años (Niederhausey Mills, 1,953). Según Heald (1,933), Walker (1,957) y muchos otros, fue introducida en Europa y simultáneamente en E.U.A entre 1,830 y 1,840. En 1,842 produjo serios daños en los cultivos de Irlanda e Inglaterra y E.U.A. Como hecho sin precedente para esta enfermedad se cita que Irlanda sufrió hambre, su población se diezmo influyendo en la pérdida de vidas por desnutrición (Jaramillo, 1,980 y Agrios 1,998, Citado por Baca Molina, DM; 2013).

### 5.4. Sintomatología

Lesiones café o negro indistinto por las hojas o tallos con amarillo alrededor. Hay un velloso blanco cuando hay humedad, en tubérculos se producen manchas cobre bajo la piel. La lluvia y nueva hojas sanas la favorecen.

Control: Fungicidas preventivos. Hay que aplicar antes que cierra la plantación y buen monitoreo. Hay que aplicar fungicidas cada 5 - 7 días si presenta el hongo. No sobre aplicar riego ni nitrógeno. (Messiaen, 1995).



La enfermedad se presenta generalmente en la segunda parte del periodo vegetativo, bajo la forma de áreas descoloridas o acuosas sobre el follaje. Generalmente comienza atacando las hojas inferiores para después infectar las superiores. Con tiempo seco, las áreas citadas se ponen secas y café. Limitando o impidiendo la contaminación a las plantas sanas vecinas; pero con tiempo caluroso y húmedo, toda la plántula queda reducida a una masa marchita y erguida en pocos días, infectando rápidamente todo el cultivo.

La enfermedad puede identificarse fácilmente en su primera etapa, escaminando la cara inferior de las hojas infectadas donde se observa una eflorescencia blanquecina en el límite entre el tejido sano y el enfermo.

Los tubérculos infectados aparecen descoloridos, con áreas acuosas sobre piel bajo la cual la pulpa se pone esponjosa y de color café ferruginoso, hasta una profundidad variable. En el tubérculo no se forma eflorescencia blanca. Bajo condiciones de humedad las áreas muertas del tubérculo pueden ser invadidas por bacterias de putrefacción, que desarrollan una pudrición acuosa secundaria, (Messiaen, 1995)

### **5.5. Síntomas con los cuales puede confundirse.**

El hongo (*botrytis cinerea*), produce síntomas algo similares en la hoja, pero puede diferenciarse por el hecho de que las áreas enfermas están limitadas al ápice de la hoja, y el tejido muerto, tanto en la cara inferior como superior de la hoja, se cubre con la eflorescencia gris del botrytis.

En el tubérculo, el tizón puede confundirse con pudrición rosada (pinkrot), pudrición acuosa por daños (watery wound rot), nematosis, necrosis concéntrica, necrosis o moteado interno y casos severos de oospora pustulans. . (Messiaen, 1995)

### **5.6. Ciclo y Epidemiología**

#### **5.6.1. Tipo de inóculo.**

##### **5.6.1.2 Inoculo primario:**

El patógeno inverna como micelio en papas (tubérculos) que están infectados en la bodega o en el campo. El micelio crece causando el colapso celular.

##### **5.6.1.3 Inoculo secundario:**

Una vez que el micelio alcanza la parte aérea de la planta, produce las estructuras reproductivas (zoosporangios). Estas son dispersadas por el agua de lluvia y el viento, bajo condiciones húmedas, nuevos zoosporangios y zoosporas son formadas, con lo que una gran cantidad de nuevas infecciones o puede ser producidas en una estación de crecimiento. (Messiaen, 1995)

### **5.7. Formas de diseminación.**

La infección de las papas (tubérculos) comienza cuando las zoosporas son lavadas por la lluvia desde las hojas y caen al suelo, donde infectan los tubérculos por las lenticelas. Las zoosporas necesitan agua libre para su germinación y penetración

El patógeno inverna como micelio en tubérculos infectados en bodega o campo el micelio crece alcanzando los brotes produciendo colapso celular. Cuando el micelio alcanza la parte aérea de la planta, produce las estructuras reproductivas (zoosporangios). Estas son dispersadas por el agua de la lluvia y del viento, depositándose en hojas de tallos húmedos, donde inician una nueva infección. Bajo condiciones húmedas, nuevos zoosporangios y zoosporas son formados, lo que produce una gran cantidad de nuevas infecciones que pueden ser producidas en una estación de crecimiento.

Los tubérculos también pueden infectarse al momento de la cosecha al tomar contacto con follaje enfermo o con tubérculos enfermos, durante la manipulación y selección de semillas. El desarrollo de epidemias de tizón tardío dependerá principalmente de las condiciones ambientales predominantes durante el cultivo. El hongo crece y esporula en humedades relativas cercanas al 100% y temperaturas entre los 15 y 25 grados °C. Las zoosporas necesitan agua libre para su germinación y penetración. Una vez que la infección se produce, la enfermedad se desarrolla más rápidamente a temperaturas de 21°C. (Messiaen, 1995)

### **5.8. Método de control genético**

Actualmente se está desarrollando el uso de la biotecnología y la manipulación de las plantas para una mayor resistencia genética como por ejemplo cutículas más gruesas mayor pilocidad y se trabajan con plantas de mayor resistencia y se traspasa a la que tenga menos resistencia. La uniformidad genética puede aumentar la vulnerabilidad de un cultivo a epidemias de plagas, ya que los patógenos evolucionan y el cultivo se queda fijo. Así, siempre se protagoniza una carrera contra el tiempo tratando de mantenerse adelante de la rápida evolución de las plagas. Para proteger sus cosechas, cada vez más los agricultores siembran varios cultivares en la misma área, de tal forma que la diversidad genética natural depende de diferentes individuos con alguna diferencia genética, lo cual permite a la población enfrentarse a la supervivencia. . (Messiaen, 1995)

En papa se han encontrado dos tipos de resistencia genética a patógenos: la de hipersensibilidad —denominada también cualitativa o monogénica— y la resistencia cuantitativa, de campo o poligénica (Bormann, 2004). La resistencia monogénica involucra dos procesos básicos: percepción del ataque del patógeno y una respuesta para limitar la enfermedad. La percepción implica receptores específicos para cepas patogénicas, que son decodificadas por genes de resistencia. En una planta se encuentra un gran repertorio de genes de resistencia

ubicados en diferentes sitios del genoma (Gebhard y Valkonen, 2001). A la fecha se han clonado varios genes *R*. Estos genes expresan diferentes proteínas que pueden ser agrupadas en varias familias. La mayoría de proteínas *R* contiene repeticiones en grupos, ricas en leucina (LRR), las cuales pueden tener un papel importante en el reconocimiento específico. La familia más grande de proteínas *R* (NB-LRR) posee adicionalmente al LRR un sitio de unión a nucleótido (NB). (Mosquera, 2007)

La generación de genes *R* de resistencia cualitativa polimórfica involucra duplicación de genes, seguida de divergencia en la secuencia de ADN (Ácido Desoxirribonucleico) por mutación puntual y por delección y duplicación de repeticiones de ADN intragénico. La recombinación de estos genes asegura variación para generar diversidad en la secuencia de genes. La presión del patógeno selecciona especificidad funcional de la resistencia y da como consecuencia diversidad de genes *R* (Ellis *et al.*, 2000). Por ejemplo, la clonación del gen RPP13 de *Arabidopsis thaliana* de resistencia a *Peronospora parasítica*, reportado por Bittner *et al.* (2000), muestra tres especificidades identificadas en un *locus*, el cual parece ser un gen simple con múltiples alelos, muy variables, que están sujetos a selección diversificadora. Este es un mecanismo que, evolutivamente, conduce a que genes de resistencia se presenten concentrados en regiones de los cromosomas.

La resistencia cuantitativa, a diferencia de la cualitativa, es controlada por *loci* de rasgos cuantitativos (quantitative trait locus, QTL) o por varios genes (Agrios, 2005; Collard *et al.*, 2005) y comprende reacciones diferentes que incluyen: velocidad de penetración, restricciones a la penetración, restricciones a la tasa de invasión del tejido celular y velocidad de esporulación del patógeno en la planta. Estos genes actúan juntos para la defensa de la planta y la actuación de un gen puede ser insuficiente si se expresa solo. Cada planta tiene un cierto nivel de resistencia cuantitativa que responde a diferentes patógenos (no específicos). Este tipo de resistencia no es absoluta, sino que atenúa o detiene el progreso de la enfermedad y puede ser afectada por cambios en el ambiente (Agrios, 2005). Gebhardt y Valkonen (2001) sugirieron que genes similares a los *R* pueden contribuir a la resistencia cuantitativa. En papa se ha encontrado que 18 QTL contribuyen a resistencia cuantitativa, aunque en cada caso sólo actúan entre uno y cuatro QTL. (Mosquera, 2007)

Recientemente, se está utilizando con éxito el mapeo por asociación, para precisar la ubicación de QTL, el cual no utiliza poblaciones segregantes, sino colecciones de germoplasma, y emplea el concepto de ligamiento en desequilibrio. También los progresos técnicos en el área de la biología molecular y la genómica han hecho posible la clonación de QTL, lo que permite conocer tanto las secuencias codificantes como no codificantes de ADN de dichos QTL (Salvi y Tuberosa, 2005).

## 5.9. Genes que confieren resistencia cualitativa en papa

En papa se han mapeado 20 genes de resistencia a virus, nematodos y oomicetos (tablas 1 y 2), utilizando marcadores moleculares. La mayoría de estos genes *R* fueron introducidos de especies silvestres. Otros genes de resistencia al nematodo de la agalla de la raíz, *Globodera pallida*, patotipos Pa2 y Pa3, de *S. spegazzinii* han sido mapeados (Kreike *et al.*, 1994; Rouppe van der Voort *et al.*, 1997; 2000) y el gen *R<sub>MC1</sub>*, que confiere resistencia a *Meloidogyne chitwoodi*, se localizó en el cromosoma XI (Brown *et al.*, 1996). De los 20 genes *R* mapeados, catorce se encuentran en *hot spots* para resistencia. Gebhardt y Valkonen (2001) observaron que muchos genes *R* están organizados en clusters de genes de resistencia y que confieren resistencia a varios patógenos. A la fecha se han identificado cinco clases de resistencia:

- Los genes *R1* (*P. infestans*), *Rx2* y *Nb* (PVX), en la región proximal en el cromosoma V.
- Los genes *H1* y *GroV1* (*G. rostochiensis*), en el brazo largo del cromosoma V.
- Los genes *R3*, *R6*, y *R7* (*P. infestans*), en el brazo corto posición distal del cromosoma XI.
- Los genes *Ry<sub>adg</sub>* (PVY), *Na<sub>adg</sub>* (PVA), *R<sub>Mcl</sub>* (*M. chitwoodi*) y *Sen1* (*Synchytrium endobioticum*), en el brazo corto posición distal de cromosoma XI.
- Los genes *Rx1* (PVX) y *Gpa2* (*G. pallida*) (Gebhardt y Valkonen, 2001), en el brazo largo posición distal del cromosoma XII.

**TABLA 1.** Genes mapeados que confieren resistencia a virus y nematodos, sobre regiones cromosomales diferentes (segun Gebhardt y valkonen, 2001, marczewski, et al., 2006)

**Fuente** Gebhardt y valkonen, 2001, marczewski, et al., 2006

Gen	Patogeno	Fuente de Resistencia	Crom	Referencia
Rx2	PVX	<i>S. acaule</i>	V	De Jon et al., 1997
Nb	PVX		V	Ritter et al., 1991
Ryadg	PVY	<i>S. tuberosum</i> spp andigena	XI	Brigneti et al., 1997
Rysto	PVY	<i>S. stoloniferum</i> (?)	XI	Hamalainen et al. ,1997, 1998 y 2000
Naadg	PVA	<i>S. tuberosum</i> spp andigena	XI	Hamalainen., 1997, 1998 y 2000
Rx1	PVX	<i>S. tuberosum</i> spp andigena	XII	Ritter et al., 1991
Nxphu	PVX	<i>S. phureja</i>	IX	Tommiska et al., 1998
Gm	PVM	<i>S. gourlayi</i>	IX	Marczewski et al., 2006
Rm	PVM	<i>S. megistacrolobum</i>	XI	Marczewski et al., 2006
H1	<i>G. rostochiensis</i>	<i>S. tuberosum</i> spp. andigena	V	Gebhardt et al., 1993
GroV1	<i>G. rostochiensis</i>	<i>S. vemei</i>	V	Gebhardt et al., 1993
Gro1	<i>G. rostochiensis</i>	<i>S. spegazzinil</i>	VII	Barone et al., 1990
Gpa2	<i>G. pallida</i>	<i>S. tuberosum</i> spp. andigena	XII	Roupe van der Voort et al., 1997
RMC1	<i>M. chitwoodi</i>	<i>Bulbocastanum</i>	XI	Golden et al., 1996 ( citado por Gebhardt y Valkonen, 2001 )

Para la resistencia cualitativa a *P. infestans*, se han identificado once genes que provienen de la especie silvestre *S. demissum*, los cuales inducen respuesta hipersensible (HR) a la infección con razas específicas de *P. infestans* (Malcolmson y Black, 1966). Estos genes se han mapeado: *R1*, en el cromosoma V (Leonard-Schippers *et al.*, 1992); *R2*, en el cromosoma IV (Li *et al.*, 1998); *R3*, *R3b*, *R5*, *R6* y *R7*, *R8*, *R9*, *R10* y *R11*, agrupados en el cromosoma XI (El-Kharbotly *et al.*, 1994; El-Kharbotly *et al.*, 1996; Huang *et al.*, 2004; Huang, 2005). Recientemente, han sido reportados otros genes *R* que confieren resistencia a *P. infestans* y cuya resistencia es derivada de fuentes diferentes a *S. demissum* (tabla 2).

**TABLA 2.** Genes que confieren resistencia a *P. infestans* derivados de fuentes diferentes a *S. demissum*

Gen	Fuente	Crom.	Referencia
Rpi-abpt	<i>S. bulbocastanum</i> ?	IV	Park et al., 2005
Rpi-blb3	<i>S. bulbocastanum</i> subs <i>dolichophyllum</i>	IV	Park et al., 2005
Rpi-ver	<i>S. berthaultii</i>	X	Ewing et al., 2000, Rauscher et al., 2006
Rpi1	<i>S. pinnatisectum</i> Dun	VII	Kuhl et al., 2001, Rouppe van der Vossen et al., 2003, 2004
Rblc	<i>S. bulbocastanum</i>	VIII	Naess et al., 2000, Rouppe van der Vossen et al., 2003, 2004
Rpi-blb/RB	<i>S. bulbocastanum</i>	VIII	Rouppe van der Vossen et al., 2003
Rpi-blb2	<i>S. bulbocastanum</i>	VI	Song et al., 2003, Rouppe van der Vossen et al., 2004

Fuente: Kuhl *et al.*, 2001

Los genes que han sido clonados a la fecha y que confieren resistencia a diferentes patógenos en *S. tuberosum* se presentan en la [tabla 3](#). El primer gen clonado y caracterizado que confiere resistencia raza específica a *P. infestans* es el gen *R1* (Ballvora *et al.*, 2002). Este gen, es un gen mayor miembro de la superfamilia de genes de resistencia, caracterizados por una *coiled coil* (CC), un nucleótido de unión (NB) y un dominio de repeticiones ricas en leucina (LRR) (Ballvora *et al.*, 2002; Chrisholm *et al.*, 2006; Ballvora *et al.*, 2007). Este gen codifica para una proteína de 1293 aminoácidos. En contraste con el alelo *r1*, susceptible, el *R1* tiene una inserción grande de un gen funcional *R* (Ballvora *et al.*, 2002). Adicionalmente, se han encontrado interacciones entre *locus* y entre alelos marcadores ligados al *cluster* de genes tipo NB-LRR. Se destacan las interacciones observadas entre marcadores del *locus R1* para resistencia a *P. infestans* en el cromosoma V y otros siete *loci* en diferentes cromosomas, entre los cuales está el *locus Gro1* de resistencia a nematodos en el cromosoma VII (Paal *et al.*, 2004). El *locus Gro1* ocupa una posición similar a la del *locus Rpi1* para resistencia a *P. infestans* (Kuhl *et al.*, 2001).

**TABLA 3.** Genes clonados que confieren resistencia a diferentes patógenos en *S. tuberosum*

Gen	Patógeno	Crom.	Referencia
Rx1	PVX	XII	Bendahmane et al., 1999, Roupe van der Vossen et al., 2000
Rx2	PVX	V	Bendahmane et al., 2000
Gpa2	<i>G. pallida</i>	XII	Roupe van der Vossen et al., 2000
Gro1	<i>G. rostochiensis</i>	VII	Paal et al., 2004
R1	<i>P. infestans</i>	V	Ballvora et al., 2002
R3a	<i>P. infestans</i>	XI	Huang et al., 2005
R3b	<i>P. infestans</i>	XI	Huang et al., 2005
Rpi-blb1 o RB	<i>P. infestans</i>	VIII	Roupe van der Vossen et al., 2003: Song et al., 2003
Rpi-blb2	<i>P. infestans</i>	VI	Roupe van der Vossen et al., 2004

**Fuente:** Bormann et al., 2004)

Si la familia de genes tipo NB-LRR es causal de QTL para resistencia, las interacciones fenotípicas observadas entre los *loci* pueden indicar interacción física entre dos o más proteínas tipo NB-LRR. La especificidad y la cinética de reconocimiento del patógeno, la transducción de señales y las respuestas de defensa pueden ser determinadas de manera cuantitativa por la composición de la subunidad de tales complejos de reconocimiento. La respuesta de resistencia cualitativa sería nada más que una reacción extremadamente rápida disparada por un complejo de reconocimiento, incluyendo un gen *R* (Robertson et al., 1985). Los complejos de reconocimiento se han propuesto para explicar la imposibilidad de encontrar *in vitro* una interacción específica entre un único gen *R* que tenga un dominio LRR y el correspondiente producto del gen de virulencia (McDowell y Woffenden, 2003). A nivel molecular, no ha sido identificada aún ninguna interacción entre pares de genes de resistencia en plantas tipo NB-LRR (Bormann et al., 2004) citado por Mosquera en 2007

### 5.10. Evaluación de la severidad de la enfermedad.

La severidad de la enfermedad se evalúa como el porcentaje de área foliar infectada. Esta variable se registra a lo largo de la campaña junto con la fecha de cada lectura. Los datos son recolectados en cada parcela o unidad experimental (cada clon o variedad dentro de cada repetición). Los datos se pueden registrar manualmente o con dispositivos electrónicos (por ej. tabletas) con la finalidad de reducir el tiempo y el costo de la recolección de datos y su análisis posterior. (CIP) Los porcentajes del área foliar enferma se usan para calcular el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), por lo tanto, los intervalos de tiempo constante entre lecturas no son realmente cruciales. Si la enfermedad avanza rápidamente en los genotipos susceptibles, las lecturas deben hacerse

frecuentemente (cada 7 días en áreas frías, o cada 3 a 4 días en áreas húmedas y templadas). (CIP)

### **5.11. Incidencia**

La incidencia refleja el número de nuevos “casos” en un periodo de tiempo. Es un índice dinámico que requiere seguimiento en el tiempo de la población de interés. Cuando la enfermedad es recurrente se suele referir a la primera aparición.

Porción de los individuos, u órganos enfermos del hospedero con relación a los sanos (porcentaje de plantas afectadas), (Bare. Guillermo 2006)

### **5.12. Resistencia de las plantas a enfermedades.**

La resistencia de las plantas a las enfermedades frecuentemente resulta de la interacción específica de genes de resistencia (R) de las plantas con los correspondientes genes de avirulencia (Avr) de los patógenos

La resistencia es la capacidad de respuesta que puede tener la planta en retrasar o prevenir la entrada, desarrollo, replicación o infección sistémica del agente fitopatógeno (hongo, bacteria o virus). (Semillaria 2015)

### **5.12. Severidad**

Es el área de la planta afectada en relación al área total de la planta

La severidad es usada para graficar curvas de progreso de la enfermedad y para calcular descriptores de la epidemia tales como el área bajo la curva de progreso de la enfermedad, (AUDCP).

### **5.13. Aplicación de la escala para datos de AUDPC.**

Hay dos formas de aplicar la escala: usando una variedad susceptible estándar, o dos variedades susceptibles estándar. Ambas formas generan resultados similares y la segunda (es decir, usando una sola variedad) es más simple, por lo que aquí se describe solo esta forma. El objetivo de este proceso es generar una escala de valores crecientes de susceptibilidad que varía entre 0 y 10. En teoría el límite superior puede ser mayor, aunque en la práctica probablemente no supere 8 o 9 (ver anexos 1, 2 y 7)

El AUDPC es una variable que calcula el área bajo la curva de infección real. Se expresa en % por días (o sea, la acumulación diaria del porcentaje de los valores de infección) y se interpreta directamente sin transformación. Cuanto más alto es

el AUDPC, más susceptible es el clon o variedad. Para tener una mejor idea de cómo se comportan los clones o variedades del experimento, a menudo es útil hacer un gráfico del porcentaje de área de hoja infectada frente a la fecha de evaluación (CIP 2014)

Bajo condiciones favorables para la prueba de exposición intencional, el coeficiente de variación del experimento no debe exceder del 30%.

## **5.14. Métodos a Utilizar**

### **5.14.1 Método científico**

La utilización de este método permite un estudio sistemático de la investigación, incluyendo técnicas de observación, reglas para razonamiento y la predicción, entre otros.

### **5.14.2. Método Analítico**

Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

### **15.14.3. Método experimental e inductivo**

Método científico que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares, este método nos induce al descubrimiento de una teoría por medio de las experiencias.

### **5.14.4. Método Estadístico**

Método que permite analizar y discutir los resultados que se obtienen a través de procedimientos estadísticos específicos para cada diseño.

### **5.14.5. Tipo de investigación.**

Investigación Aplicada.

### **Por las clases de medios utilizados para obtener los datos**

#### **Investigación Experimental**

Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

## **VI. MARCO TEORICO REFERENCIAL**

### **6.1 Localización del área de estudio**

Aldea Santa Lucía Ixcamal, una de las 17 aldeas del municipio de San Marcos. Se encuentra ubicada al norte de la cabecera municipal en la posición Norte 166°24'34" y posición Este 062°86'27".

### **6.2. Distancia a la cabecera departamental**

Aldea Santa Lucía Ixcamal, se encuentra a 13 kilómetros de la cabecera municipal y a 263 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala.

### **6.3. Clima**

El clima de la Aldea es totalmente frío. En el invierno la tierra se mantiene muy húmeda por las lluvias, y en el verano se produce mucha sequedad y con los vientos se levantas remolinos de polvo

### **6.4. Altitud**

2,792 metros.

### **6.5. Antecedentes en Guatemala**

El cultivo de papa en Guatemala ha manifestado un incremento progresivo, según datos del MAGA, en el año 2009, la producción total nacional fue de 469,906 toneladas métricas.

Sin embargo, la enfermedad denominada "Tizón Tardío", es una de las más devastadoras en el cultivo de la papa, no solo en Guatemala sino a nivel mundial en las áreas donde se cultiva. En Guatemala, el promedio de área cultivada de papa es aproximadamente de 16,340 ha. El método más frecuentemente usado por los agricultores para el control del tizón tardío, es el control químico. A pesar del uso frecuente de fungicidas se estima que aproximadamente el 35% de la producción potencial del cultivo, se pierde debido a enfermedades. El manejo de la enfermedad debe ser integrado, donde el uso de variedades o híbridos deben de ser parte de dicho programa, esto con el objetivo de poder disminuir las perdidas. En Guatemala no existe ningún antecedente del mejoramiento de papa utilizando técnicas de transformación genética. (Sánchez, GA; 2012).

La papa que mayormente se produce en Guatemala es la variedad Loman. Fue introducida en 1962 al país y que gracias a sus características agronómicas y

gastronómicas se ganó la aceptación del mercado de Guatemala y El Salvador. Sin embargo, la variedad Loman, de forma oblonga, presenta un serio problema debido a que es un cultivar altamente susceptible al tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Por lo cual, para poder tener una producción normal es necesario utilizar altas cantidades de fungicidas. Esto trae como problema, que los costos de producción sean altos, y un efecto negativo para el ambiente.

Es de hacer notar que la productividad promedio nacional de papa es de 25,000 kilogramos por hectárea, con la enfermedad, el rendimiento baja hasta un 40%, con el programa Nueva Mezcla se controla dicha pérdida.

## **6.6. Estudios realizados**

### **“Seis Cultivares Potenciales de Papa con Resistencia al Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*) en Bolivia”**

Ante este problema el Programa de Investigación de la Papa (PROINPA), ha venido seleccionando durante cinco años clones con resistencia a esta enfermedad provenientes del Centro Internacional de la Papa (CIP) y del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Por evaluaciones anuales de una población inicial aproximada de 300 clones, se seleccionaron clones por su resistencia al tizón, altos rendimientos y buenos atributos agronómicos. Para evaluar el daño por tizón tardío se usó la escala internacional propuesta por el CIP (1 = 0% daño a 9 = 97-100% daño), que sirvió para calcular el AUDPC (Área Bajo la Curva de Progreso de *Phytophthora infestans*), que conjuntamente al rendimiento y la calidad culinaria determinaron la selección de seis clones para su entrega como cultivares potenciales, con la activa participación de agricultores y técnicos de las zonas donde fueron conducidos los ensayos. Además se determinaron contenido de nutrientes y de glicoalcaloides de los seis cultivares potenciales, cultivados en dos regiones similares. Se analizó el nivel de glicoalcaloides de la variedad Robusta bajo dos condiciones de cultivo contrastadas

### **“Estimación del nivel de susceptibilidad a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa.”**

En general no existe un sistema estandarizado para medir el grado de resistencia a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa. La práctica común es clasificar a los genotipos en resistentes, moderadamente resistentes o susceptibles. Esta clasificación puede ser útil en ciertos casos, pero es muy limitada para comparar genotipos en diferentes ambientes y para obtener información para manejo de fungicidas. El área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC por su sigla en inglés), que es usada comúnmente para evaluar epidemias de tizón

tardío, no puede ser usada per se para comparar genotipos en varios ambientes. Adicionalmente, sus unidades no son fácilmente interpretables. ( Andrade-Piedra, J; Peter Kromann, P; Taipe, A; Forbes, G; CIP, Quito, 2010)

#### **“Niveles de resistencia al tizón tardío en clones de papa del Centro Internacional de la Papa (CIP) evaluados en Bolivia”**

Este estudio fue realizado en el Centro Toralapa, Cochabamba, Bolivia durante el periodo 2001-2002 y 2002-2003, con el objetivo de evaluar la resistencia a *Phytophthora infestans* y verificar la ausencia de genes R en la población LBr3 del Centro Internacional de la Papa (CIP). El estudio se llevó a cabo en base a tres componentes: (i) resistencia medida por el tamaño de la lesión (TL). (ii), Rango de crecimiento de la lesión (RCL) y (iii) intensidad de esporulación (IE) a diferentes edades de plantas. Se utilizaron 25 clones de papa, aparentemente libres de genes R. Para el estudio de los componentes de resistencia se utilizó un aislamiento complejo y se determinó la presencia de genes R usando una raza simple. La evaluación del TL, RCL e IE, identificó a 5 clones: 391696.96, 392637.10, 392661.18, 393280.64 y 393280.82 con buenos niveles de resistencia parcial y libres de genes R. Se observó que en plantas jóvenes y susceptibles, *Phytophthora infestans* se desarrolló más rápidamente que en clones resistentes e hipersensibles. (Gabriel<sub>1</sub>; S. Fernández<sub>1</sub>; G. Plata<sub>1</sub>; M. Siles)

#### **“ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD A *Phytophthora infestans* EN GENOTIPOS DE PAPA.”**

Se obtuvo una escala de proporciones para susceptibilidad a *P. infestans* fácil de interpretar y basada en ABCPER utilizando una sola variedad susceptible referencial. Fito-mejoradores y patólogos pueden utilizar esta escala para monitorear y valorar la susceptibilidad de clones o variedades de papa en diversos agro-ecosistemas, años y regiones. Además puede ser una herramienta útil para estudiar la estabilidad de la susceptibilidad y para ajustar estrategias de manejo de la enfermedad en los Andes (Taipe A.; Forbes, G ; Andrade-Piedra, J. Quito, Ecuador, 2010)

#### **“Incidencia de *Phytophthora* spp. en papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Empresa de Cultivos Varios de Horquita”**

La investigación tuvo como objetivo comparar la incidencia de *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary con la de *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan en el cultivo de la papa en la Empresa de Cultivos Varios de Horquita, Cienfuegos, Cuba, para lo cual se recogió información sobre las dos patologías a partir de los muestreos realizados semanalmente en los campos de papa por la Estación de Protección de Plantas de Yaguaramas. *P. nicotianae* incidió durante todas las

campañas en estudio, convirtiéndose en una enfermedad endémica, mientras que *P. infestans* presentó epifitias solo durante dos campañas, afectando más área y alcanzando mayor distribución e intensidad. Los resultados indican una disminución de la frecuencia de la incidencia de *P. infestans* y la ocurrencia en todas las campañas de *P. parasitica*, lo cual pudiera estar relacionado al cambio climático, cuestión que obliga a la Empresa Horquita a hacer adecuaciones en el manejo de la primera patología y establecer una estrategia para la segunda, donde se tenga en cuenta la respuesta de las variedades, la rotación de cultivo, las medidas de saneamiento y las condiciones meteorológicas.

## VII. OBJETIVOS

### 7.1 GENERAL

- a) Evaluar la resistencia y toleranciaa tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont De Bary,) de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) con forma oblonga en Aldea Santa Lucía Ixcamal.

### 7.2 ESPECÍFICOS

- a) Identificar la variedad de papa que presente menor incidencia al tizón tardío.
- b) Determinar la variedad que presente menor severidad al tizón tardío.
- c) Establecer la resistencia y tolerancia de las variedades de papa a través de la medición del área bajo la curva del progreso de la enfermedad.
- d) Determinar la variedad de papa que presente el mayor rendimiento.

## VIII. HIPÓTESIS

**H<sup>1</sup>. 1** Al menos una de las variedades de papa tendrá significancia estadística a la resistencia y tolerancia a *Phytophthora infestans* Mont De Bary.

**H<sup>1</sup>. 2.** Al menos una de las variedades promisorias de papa tendrá significancia estadística en el rendimiento.

## **IX. RECURSOS**

### **9.1. Recursos físicos**

#### **9.1.1 Equipo y herramienta**

- Azadones
- Machetes
- Bombas de asperjar
- Equipo de protección
- Pita de nylon
- Estacas
- Cinta métrica

- Metro
- GPS

#### **9.1.2 Insumos**

- Fertilizantes químicos
- Fertilizantes foliares
- Semillas
- Insecticidas
- Fungicidas

#### **9.1.3 Equipo de oficina**

- Cuadros de registro
- Libreta de campo
- Computadora
- Impresora
- Programas de análisis estadístico
- Calculadora
- Papel bond.

### **9.2. Recursos Humanos**

- Asesor principal (ICTA-Quetzaltenango)
- Asesor adjunto (USAC-CUSAM)
- Estudiante (USAC-CUSAM)
- Productores de Papa (Santa Lucia Ixcamal)

### **9.3. Recursos Institucionales**

- Programa de Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria-CRIA-
- Instituto de Ciencia y tecnología Agrícola ICTA, Quetzaltenango
- Universidad de san Carlos de Guatemala, Centro Universitario de San Marcos, USAC-CUSAM

### **9.4. Recursos Financieros**

- Programa de Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria-CRIA-
- Instituto de Ciencia y tecnología Agrícola ICTA, Labor Ovalle Quetzaltenango

## **XI. METODOLOGÍA**

### **10.1 Métodos a Utilizar**

#### **10.1.1. Método científico**

A través de un diseño experimental se dio uso al método científico, planteando primero el problema y luego comprobar la hipótesis

#### **10.1.2. Método Analítico**

El uso de este método se dio a través de la toma de decisiones y criterios técnicos para realizar el ensayo experimental.

#### **10.1.3. Método experimental e inductivo**

Se hizo uso del método inductivo a través de las observaciones de campo en las cuales se fueron llegando conclusiones a partir de ciertas particularidades observadas en las siete variedades de papa con forma oblonga

#### **10.1.4. Método Estadístico**

El uso del método estadístico permitió en esta investigación llevar a cabo la recolección, clasificación de datos, descripción y análisis de los resultados.

#### **10.1.5. Tipo de investigación.**

Investigación Aplicada ya que permito la generación de conocimiento en la parte productiva del cultivo d la papa

#### **Por las clases de medios utilizados para obtener los datos**

#### **Investigación Experimental**

Se tomó también como investigación experimental ya que se contaron con variables de respuestas en la que a través de la manipulación rigurosa se dio respuestas a las mismas explicando el proceso de resultados particulares.

### **10.2. Duración del experimento**

Agosto de 2017 a Abril de 2018.

### **10.3. Diseño Experimental**

Bloques completamente al azar con siete tratamientos y 3 repeticiones.

Cuando la evaluación del tizón tardío se combina con una evaluación del rendimiento, lo cual sucede a menudo, es preferible un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). (CIP 2011).

#### 10.4. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ =	Variable de respuesta de la ij-ésima unidad experimental.
$\mu$ =	Media general.
$T_i$ =	Efecto del i-ésima variedad.
$\beta_j$ =	Efecto de j-ésimo bloque.
$\epsilon_{ij}$ =	Error experimental.

#### 10.5. Tratamientos

T1= Defender  
T2= Yucom Gem  
T3= Cal Whit  
T4= Jaquelyn Lee  
T5= Alegría  
T6= Loman  
T7= ICTA Palestina

#### 10.6 Repeticiones

Tres repeticiones.

#### 10.7. Descripción de los tratamientos

**Alegría:** Alegría es una papa de madurez temprana con muy alto rendimiento que se adapta a muchas zonas de cultivos, incluyendo las zonas calientes. Los tubérculos de Alegría son bastante amarillos. Alegría también es ideal para el almacenamiento debido a su baja susceptibilidad a las raíces y su larga inactividad. La variedad se puede utilizar para el mercado fresco, freír y procesamiento de productos de papa deshidratado.

**Uso del mercado/Culinaria:** para el consumo fresco y freír. Para servir en forma cosida, papas fritas, ensaladas y en sopas.

## Cuadro 1

### Características y descripción de la Variedad Alegría.

Características del tubérculo:	
Forma	Ovalada
Piel	Amarilla
Pulpa	Amarilla
Gravedad específica	Mediana y alta
Dormancia	Mediana
Otras	Resistente a “corazón hueco”, rajado durante el crecimiento
Características de la planta	
Emergencia y crecimiento inicial	Rápido
Tamaño	Mediana
Forma	Erecta
Flor	Rosa
Madurez	Corto a mediana

### Características agronómicas:

- Nitrógeno: cantidades mediana a alta
- Se conserva sin problemas a largo tiempo.

**Resistencia a Enfermedades:** Moderadamente resistente a tizón temprano, tizón tardío, PVY, PLRV, necrosis en red, Sarna Común, Nematodo Dorado y quisto Ro1 y Ro4. Moderadamente susceptible a sarna polvorienta y Rhizoctonia.

## Cuadro 2

### Características y descripción de la variedad Cal White,

ORIGEN	
Linaje	Pioneer x BC8370-4
Fitomejorador	Estaciones Experimentales Agrícolas de CA, ID, USDA
Liberada	1997
Status	No protegida
DESCRIPCION	
Forma de tubérculo	Ovalado largo
Ojos	Superficiales
Piel	Blanca a crema claro
Pulpa	Blanca
Planta	Grande, erecta
Flores	Blancas
CARACTERISTICAS	
Rendimiento	Alto
Gravedad específica	Mediana
Madurez	Temprana a media estación
Resistencia	Sarna común
Susceptibilidad	PLRV, PVY, tizón tardío
Almacenamiento	Dormancia corta
Calidad de consumo	Se cuece bien, no se decolora
Principales mercados	Consumo fresco y procesamiento

Comentarios	Forma de tubérculos largos muy apropiada para procesamiento; baja exigencia de nitrógeno, rendimientos altos
Semilla cultivada en	CA, CO, ID, MN, MT, OR, WA

**Cuadro 3**  
**Características y descripción de la variedad Defender,**

ORIGEN	
Linaje	KSA 195-90 x Ranger
Fitomejorador	Estación Experimental Agrícola de Idaho
Liberada	2005
Status	Protegida PVMI
DESCRIPCIÓN	
Forma de tubérculo	Alargado
Ojos	Superficiales
Piel	Blanca
Pulpa	Blanca
Planta	Grandes
Flores	Blancas
CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS	
Rendimiento	Alto
Gravedad específica	Alta
Madurez	Mediana
Resistencia	Tizón tardío foliar y del tubérculo
Susceptibilidad	Con daño de mancha negra y enverdecimiento de tubérculo
Almacenamiento	Bueno
Calidad de consumo	Fríe bien
Principales mercados	Consumo fresco y procesamiento
Comentarios	Buena tolerancia a la sequía
Semilla cultivada en	ID, MT

**Cuadro 4**  
**Características de la Variedad YUKON GEM**

Liberada/Status	2015/Protegido
Forma del tuberculo	Ovalado
Piel/Pulpa	Amarilla/Amarilla
Gravedad Especifica	Bajo
Madurez	Media, 110 dias en EE.UU
Resistencia	Pudricion suave, Sarna común, verticillium
Calidad de consumo	Se cuece bien
Comentarios	Mejores rendimientos que Yukon gold

**Características Agronómicas:** Forma redonda a óvalo, piel amarillo, pulpa amarillo, uso del mercado: fresco y de maduración media.

**Cuadro 5**  
**Características de la variedad Jaquelyn Lee**

ORIGEN	
Linaje	Tollocan x AC Chaleur
Fitomejorador	Michigan State University
Liberada	
Status	PVP pendiente
DESCRIPCION	
Forma de tubérculo	Ovalado, levemente aplanado
Ojos	Superficial
Piel	Amarilla
Pulpa	Amarilla pálida
Planta	Semi erecta
Flores	Purpura
CARACTERISTICAS AGRONOMICAS	
Rendimiento	Alto
Gravedad especifica	Mediana
Madurez	Tardía
Resistencia	Tizón tardío
Susceptibilidad	Sarna común
Almacenamiento	Dormancia prolongada
Calidad de consumo	Excelente
Principales mercados	Consumo fresco
Comentarios	Gran resistencia foliar al tizón tardío
Semilla cultivada en	MI, OR

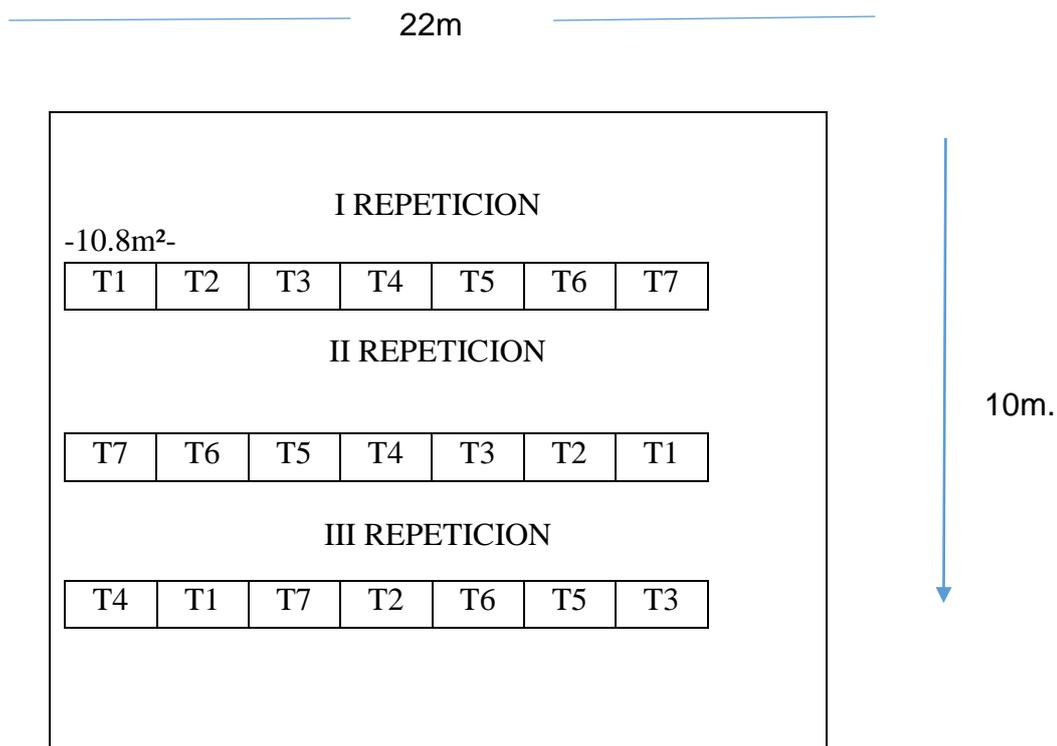
**Cuadro 6**  
**Características y descripción de la Variedad Loman**

LOMAN	Elevación 2390msnm	Elevación 3500 msnm
Altura de la planta (cm)	60-65	20-30
Días a la Floración	En condiciones de campo no produce Flor	
Color de la flor	En condiciones de campo no produce Flor	
Días a la madurez fisiológica	80-90	120
Color de la Piel	Crema	
Color de la Pulpa	Crema	
Forma	Oblongo Alargado	Alargado
Rendimiento (t/ha)	20-30	15
Peso específico (gr/cc)	1.076	NED*2
Porcentaje de solidos (%)	18.8	NED*2
Porcentaje de Almidón (%)	13.2	NED*2
Tizón tardío	Susceptible	
Uso Potencial	Papas hervidas, puré, de regular o buena para papalinas y enlatado	

## Características y descripción de la Variedad ICTA Palestina

Es una variedad con un alto contenido de sólidos totales, por lo que es adecuada para la producción de bastones fritos y para consumo en fresco. Es medianamente resistente al tizón tardío (ICTA 2002).

### Tamaño de la Unidad Experimental



Fuente: Joel López, Elaboración Propia, 2018.

**Parcela Bruta:** 40 plantas.

**Parcela Neta:** 10 plantas.

### 10.8. Material experimental

Las Semillas utilizadas fueron provenientes del Consejo de la Papa de Estados Unidos (United States of America Potato Board, USPB).

## **10.9. Manejo del Experimento**

### **10.9.1. Preparación del terreno**

Se realizó la preparación del terreno a una profundidad de .30m. Esto incluye un picado profundo y luego se le aplicó la rastra para dejarlo bien mullido

### **10.9.2 Trazado del terreno**

El trazado del terreno consistió en la distribución e identificación de los bloques, tratamientos y repeticiones

### **10.9.3. Distanciamiento de siembra**

0.70 mts, entre surcos y 0.30mts entre plantas (Carrasco, 1997)

### **10.9.4. Fertilización**

La fertilización se realizó aplicando al momento de la siembra fertilizante orgánico (Gallinaza), 15-15-15 y en una segunda aplicación de fertilizante químico 20-20-0 a los 45 días después de la siembra.

### **10.9.5. Control de plagas**

Para el control de plagas se utilizó los insecticidas Tambo y monarca

### **10.9.6. Control de enfermedades**

Se realizó un control de enfermedades hasta los 60 días después de la siembra dejando el cultivo desprotegido hasta el final del ciclo con la finalidad de que el Tizón tardío se propague y las variedades mostraran su resistencia a la enfermedad

Las aplicaciones de fungicidas se realizaron con el fin de uniformizar los tratamientos antes de la toma de lecturas de incidencia y severidad de tizón tardío (Estrada, N. 1997)

### **10.9.7. Riego**

El ensayo se realizó en la época de lluvia, de Agosto a Noviembre de 2017, por lo tanto el riego artificial no fue necesario

### **10.9.8. Control de malezas y aporque**

Esta actividad se realizó de forma manual con el fin de evitar las competencias por nutrientes entre tratamientos y malezas y brindar condiciones adecuadas para que se desarrollaran los tubérculos de papa.

### **10.9.9. Defoliación**

La defoliación se realizó a los 105 días después de la siembra, una práctica necesaria que se realiza para que los tubérculos completen adecuadamente el proceso de maduración, fisiológicamente. La cosecha se debe realizar por lo menos 15 días después de la defoliación. (ICTA. 2002).

### **10.9.10. Cosecha**

La cosecha se realizó manualmente, a los 120 días después de la siembra, tomando en cuenta que después de la defoliación se dejó 20 días para lograr una buena madurez del tubérculo.

### **10.9.11. Toma de datos**

La toma de datos se realizó con el apoyo de cuadros elaborados previamente con un intervalo de 7 días entre cada lectura (lecturas de incidencia y severidad). La toma de datos se realizó a partir de los 60DDS

este porcentaje se determina por la comparación de la parte de color verde con la parte dañada que tiene un color Marrón oscuro. (Se asume que el Tizón tardío es la enfermedad dominante en el follaje) Luego mentalmente se determina el porcentaje del follaje infectado en la parcela.

## **10.10. Variables de Respuesta:**

### **10.10.1 Severidad**

Es el área de la planta afectada en relación al área total de la planta

La severidad es usada para graficar curvas de progreso de la enfermedad y para calcular descriptores de la epidemia tales como el área bajo la curva de progreso de la enfermedad, (AUDCP).

### 10.10.2 Área bajo la curva (AUDCP) de progreso de la enfermedad

Debido a que el tizón tardío es una enfermedad policíclica, el CIP recomienda el uso del AUDPC para sintetizar las lecturas de la enfermedad en una medida sinóptica. El AUDPC es calculado a partir de los porcentajes estimados del área foliar enferma registrados en diferentes momentos durante la epidemia.

El AUDPC es frecuentemente calculado usando la fórmula del punto medio (G.A. Forbes • W. Pérez • J. Andrade-Piedra, CIP 2014).

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

**Donde:**

“t” = es el tiempo de cada lectura,

“y” = el porcentaje de follaje afectado en cada lectura y

“n” = el número de lecturas.

La variable “t” = puede representar los días julianos, los días después de la siembra o los días después de la emergencia.

### 10.11.3 Incidencia

Es el número de plantas con síntomas de la enfermedad en relación a la totalidad de plantas evaluadas en un clón.

$$\% \text{ de Incidencia} = \frac{\text{Numero de plantas infectadas por unidad de muestreo} * 100}{\text{Numero de plantas}}$$

### 10.11.4. Rendimiento.

El rendimiento se representa en Ton/ha

### 10.12. Variables a medir

#### 10.12.1. Índice de forma.

Consistió en de dividir el ancho entre el largo de las papas y si el resultado es de 0.5 el genotipo de papa es de forma oblonga, similar a la Loman.

## **10.13. Análisis de la Información**

### **10.13.1. Análisis Estadístico**

En el Análisis de Varianza se aprueba la hipótesis nula si el p-valor es mayor que 0.05. Si el p-valor es menor que 0.05, se acepta la hipótesis

Los valores de AUDPC, así como los porcentajes de infección, se pueden analizar usando el análisis de variancia (ANOVA) previo a un análisis de datos a través de estadística simple como hallar la media, el error estándar, realizar distribución de frecuencias y diagrama de cajas. (Andrade–Piedra J. Kromann P. Taipe, & A. Forbes).

### **10.13.2. Prueba de Medias por DUNCAN**

El Test de Duncan es un test de comparaciones múltiples. Permite comparar las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA. Todos los test de comparaciones múltiples son tests que tratan de perfilar, tratan de especificar, tratan de concretar, una Hipótesis alternativa genérica como la de cualquiera de los Test ANOVA.

El Test de Duncan es muy similar al Test HSD de Tukey (Ver Herbario de técnicas), pero en lugar de trabajar con un umbral fijo trabaja con un umbral cambiante. Un umbral que dependerá del número de medias implicadas en la comparación.

## **XI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Los análisis que se presentan a continuación fueron obtenidos utilizando el Software Infostat versión 2016 y Programa Microsoft Excel.

### **11.1. Análisis de la variable de incidencia (% de plantas enfermas)**

Los datos de la variable de incidencia fueron tomados con un intervalo de siete días y un total de 5 lecturas a partir de los 60 DDS. Los análisis de varianza se muestran a continuación siendo los más representativos los resultados obtenidos a los 74 DDS.

## Cuadro 7

Promedios sobre el % de incidencia de tizón tardío de siete variedades de papa con forma oblonga a los 74 DDS, (Días Después de la Siembra), en Aldea Santa Lucia Ixcamal.

Tratamientos	Bloque Completo			Sumas Totales	Promedio
	I	II	III		
Defender	13.04	33.39	82.5	134.93	42.98
Yukom Gem	48.7	39.51	97.5	185.71	61.90
Cal Whit	93.18	70.5	84.25	247.93	82.64
Jaquelyn Lee	50.48	79.59	79.59	209.66	69.89
Alegría	95.4	91.05	91.59	278.04	92.68
Loman	68.57	67.9	97.9	234.37	78.12
ICTA Palestina	79.05	85	100	264.05	88.02
SUMAS	448.42	472.94	633.33	1554.69	

Fuente: Joel López, 2018.

## Cuadro 8

Análisis de Varianza de la variable incidencia de Tizón tardío de siete variedades de papa con forma oblonga a los 74 DDS

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Incidencia	21	0.72	0.54	22.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	8249.97	8	1031.25	3.88	0.0175
<b>Tratamiento</b>	<b>5287.10</b>	<b>6</b>	<b>881.18</b>	<b>3.32</b>	<b>0.0366</b>
Repeticiones	2962.87	2	1481.44	5.58	0.0194
Error	3187.48	12	265.62		
Total	11437.45	20			

Fuente: Joel López Software Infostat.

Según el p-valor del cuadro 8 indica que hay diferencia significativa al 5%, por lo tanto al menos una de las variedades es estadísticamente diferente a las demás en cuanto a la incidencia de tizón tardío.

Para determinar cuál de los tratamientos estadísticamente es el mejor fue necesario realizar una prueba de Duncan y conocer las variedades que presentan mayor tolerancia a la enfermedad de tizón tardío.

## Cuadro 9

**Prueba de Duncan al 5% sobre la variable de incidencia a Tizón tardío a los 74 DDS de siete variedades de papa con forma oblonga**

Test: Duncan Alfa=0.05 Error: 265.6231 gl: 12					
Tratamiento	Medias	nn	E.E.		
Defender	42.98	42.98	9.41	A	
Yukom Gem	61.90	61.90	9.41	A	B
Jaquelyn Lee	69.89	69.89	9.41	A	B
Loman	78.12	78.12	9.41		B
Cal Whit	82.64	82.64	9		B
ICTA Palestina	88.02	88.02	.41		B
Alegría	92.68	92.68	9.41		B

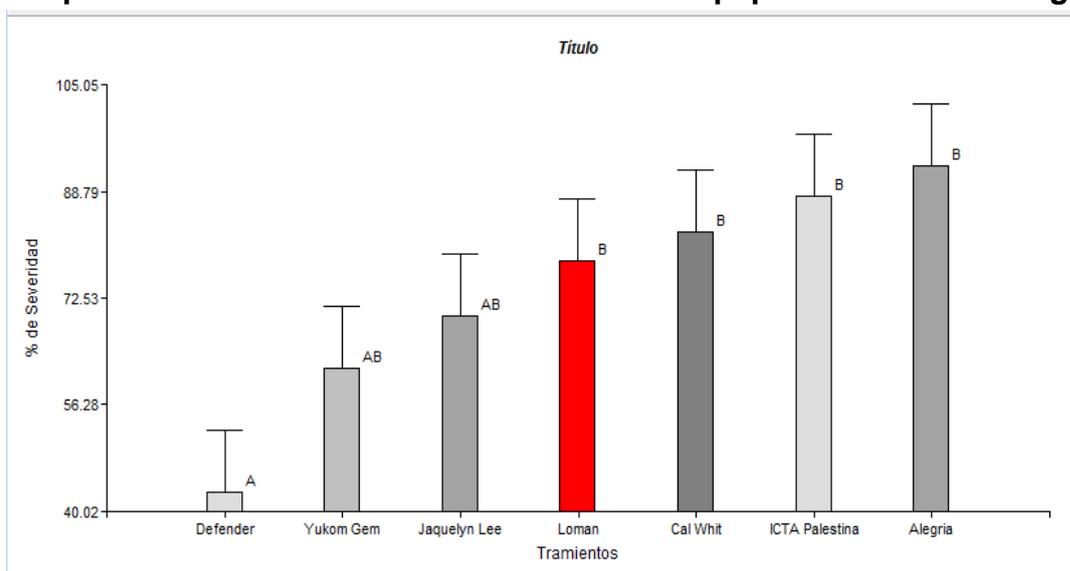
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Fuente: Joel López\_Software Infostat.

En el análisis de medias con la prueba de Duncan indica que la variedad defender presento menor incidencia, respecto a la variedad Loman, Cal White, ICTA Palestina y Alegría en cuanto a la presencia del patógeno de tizón tardío a los 74 DDS.

## Grafica 1

**Prueba de Duncan al 5% sobre la incidencia del Tizón Tardío a los 74 días después de la siembra de siete variedades de papa con forma oblonga.**



Fuente: Joel López, 2018. Software Infostat.

En la gráfica de pruebas de media de Duncan se observa las diferencias de las variedades en cuanto a presentar incidencia a la enfermedad de tizón tardío, siendo

la variedad defender la que presentó alta diferencia respecto a las demás variedades. Es de decir el desarrollo de la enfermedad a los 74 días en la variedad defender presentaba entre 40-50% de follaje infectado mientras que la variedad Alegría e ICTA Palestina alcanzaron entre 80 y 90 del tejido infectado por la enfermedad; en el mismo lapso de tiempo.

### Cuadro 10

#### Resumen de medias sobre el % de incidencia acumulada de siete variedades de papa.

Tratamientos	Repeticiones				Sumas Totales	Promedio
	I	II	III			
Defender	60.85	73.20	81.29		215.35	71.78
Yukom Gem	75.35	76.13	85.63		237.10	79.03
Cal Whit	83.83	83.12	82.51		249.46	83.15
Jaquelyn Lee	75.35	84.35	81.55		241.25	80.42
Alegría	85.63	85.35	83.75		254.73	84.91
Loman	81.19	82.27	85.40		248.85	82.95
ICTA Palestina	84.29	82.50	84.47		251.26	83.75

*Fuente:* Joel López, 2018.

### Cuadro 11

#### Análisis de varianza sobre el % de incidencia acumulada de siete variedades de papa con forma oblonga

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Incidencia	21	0.67	0.45	5.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	465.07	8	58.13	3.02	0.0414
Tratamientos	361.15	6	60.19	3.13	0.0438
Repeticiones	103.92	2	51.96	2.70	0.1075
Error	230.80	12	19.23		
Total	695.87	20			

*Fuente:* Joel López, 2018\_Software Infostat.

Según el p-valor del cuadro 11 indica que hay diferencia significativa al 5%, por lo tanto al menos una de las variedades es estadísticamente diferente a las demás en cuanto a la incidencia de tizón tardío.

## Cuadro 12

### Prueba de Duncan al 5% sobre la incidencia acumulada del tizón tardío de siete variedades de papa

Test: Duncan Alfa=0.05 Error: 19.2337 gl: 12					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Defender	71.78	3	2.53	A	
Yukom Gem	79.04	3	2.53	A	B
Jaquelyn Lee	80.42	3	2.53		B
Loman	82.95	3	2.53		B
Cal Whit	83.15	3	2.53		B
ICTA Palestina	83.75	3	2.53		B
<u>Alegria</u>	<u>84.91</u>	3	2.53		B

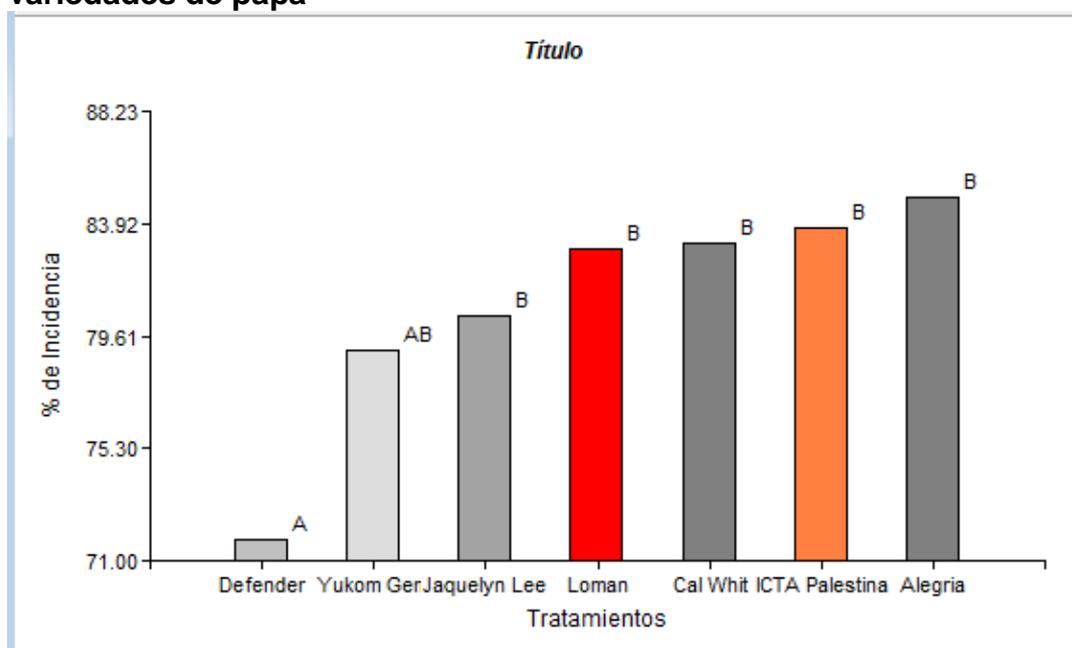
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Fuente: Joel López, 2018\_Software Infostat

En la prueba de medias de Duncan al 5% indica que la variedad Defender Yukom Gem son estadísticamente iguales en cuanto la resistencia a tizón tardío

## Grafica 2

### Prueba de medias de Duncan sobre la incidencia acumulada de siete variedades de papa



Fuente: Joel López, 2018Software Infostat.

En la Gráfica 2 se evidencia que la variedad defender fue la que presentó menos incidencia a Tizón y estadísticamente son iguales con Yucom Gem en cuanto a la incidencia acumulada.

**Cuadro 13**

**Promedios del AUDPC (Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad) en la variable de incidencia a Tizón tardío a los 74 DDS de siete variedades de papa con forma oblonga**

	Bloque Completo			Sumas Totales	Promedio
	I	II	III		
Defender	197.68	66.7	626.47	890.85	296.95
Yukom Gem	492.35	488.29	691.25	1671.89	557.30
Cal Whit	676.13	596.75	631.96	1904.84	634.95
Jaquelyn Lee	509.92	628.57	615.37	1753.86	584.62
Alegría	683.9	668.68	660.8	2013.38	671.13
Loman	590	587.65	692.65	1870.3	623.43
ICTA Palestina	626.68	647.5	700	1974.18	658.06
SUMAS	3776.66	3684.14	4618.5	12079.3	

Fuente: Joel López, 2018.

**Cuadro 14**

**Análisis de Varianza del AUDPC en la variable de incidencia a Tizón tardío a los 74 DDS de siete variedades de papa con forma oblonga**

Análisis de la varianza				
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Incidencia	21	0.67	0.45	5.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	465.07	8	58.13	3.02	0.0414
Tratamiento	361.15	6	60.19	3.13	0.0438
Repeticiones	103.92	2	51.96	2.70	0.1075
Error	230.80	12	19.23		
Total	695.87	2			

Fuente: Joel López, 2018\_Software Infostat.

Según el p-valor del cuadro 8 indica que hay diferencia significativa al 5%, por lo tanto al menos una de las variedades es estadísticamente diferente a las demás.

**Cuadro 15**

**Prueba de Duncan al 5% sobre el AUDPC de la variable de incidencia a Tizón tardío a los 74 DDS de siete variedades de papa con forma Oblonga.**

Test:Duncan Alfa=0.05 Error: 11932.2231 gl: 12					
Tratamiento	Medias	N	E.E.	A	
Defender	296.95	3	2.53	A	
Yukom Gem	557.30	3	2.53		B
Jaquelyn Lee	584.62	3	2.53		B
Loman	623.43	3	2.53		B
Alegria	634.95	3	2.53		B
Defender	645.05	3	2.53		B
Yukom Gem	671.13	3	2.53		B

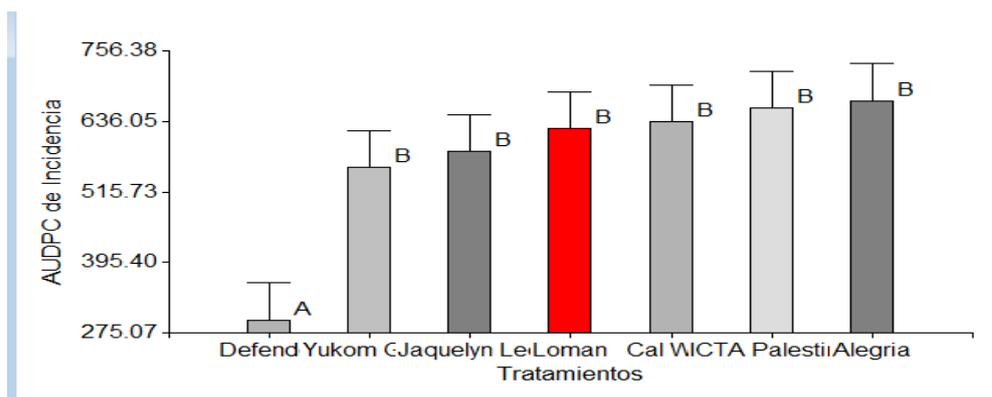
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Fuente: Joel López, 2018\_Software Infostat

En el análisis de medias con la prueba de Duncan indica que la variedad y Yukom Gem son iguales estadísticamente en cuanto a la incidencia de Tizón Tardío a los 74 días después de la siembra

### Grafica 3

**Prueba de Duncan al 5% sobre el AUDPC de la variable de incidencia a Tizón Tardío a los 74 DDS de siete variedades de papa con forma oblonga.**

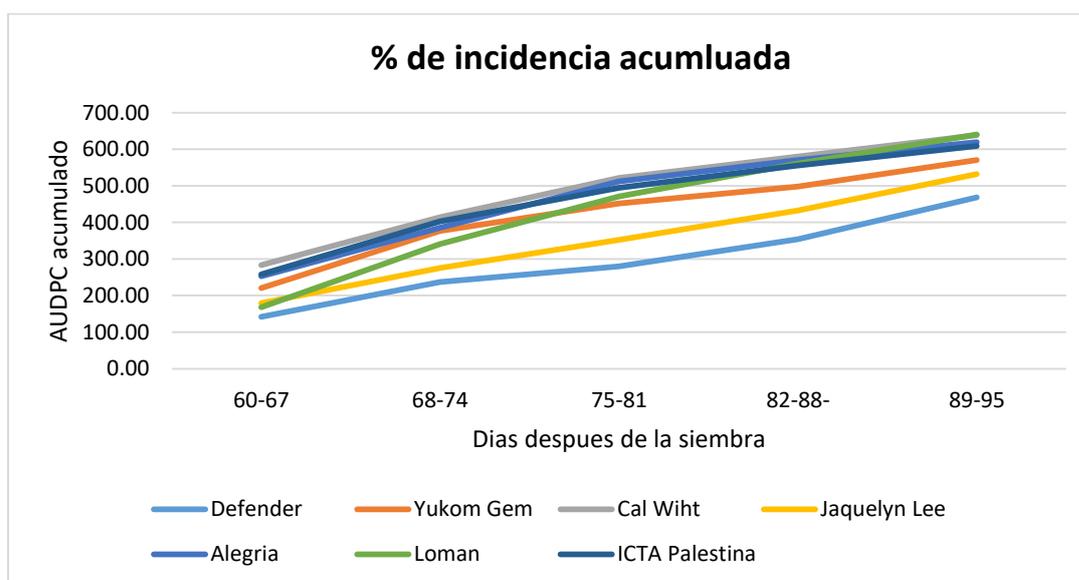


Fuente: Joel López, 2018 Software Infostat.

En la gráfica 2 de la prueba de medias de Duncan indica que el avance del AUDPC de incidencia a los 74 DDS, muestra que existe una gran diferencia entre la variedad Defender respecto a las demás variedades.

### Grafica 4

**Incidencia Acumulada de Tizón Tardío de siete variedades de papa con forma oblonga en Aldea Santa Lucia Ixamal, San Marcos.**



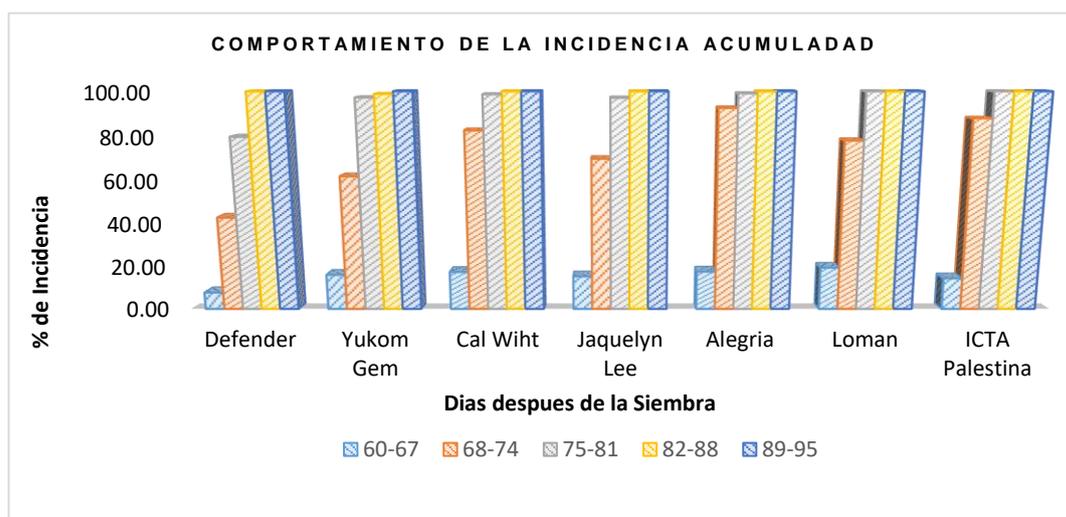
Fuente: Joel López, 2018\_Software Excel.

En la gráfica de arriba se muestra el comportamiento de la variable de incidencia del patógeno de tizón tardío a partir de los 60 DDS en un lapso de cinco lecturas efectuadas con intervalo de siete días. En la gráfica se observa que la variedad de Defender fue la que fue infectada más despacio respecto al tiempo, mostrándose más tolerante a la enfermedad mientras que la variedad alegría se mostró como la más susceptible al patógeno.

De acuerdo a la literatura, las condiciones favorables para que se desarrolle el tizón tardío se necesita temperaturas por debajo de 12°C humedad relativa arriba del 70% por lo que al revisar el anexo 13, se observa que al momento de la toma de datos efectivamente las condiciones climáticas son favorables para el patógeno

### Grafica 5

#### Comportamiento de las lecturas de Incidencia a tizón tardío a partir de los 60 DDS de siete variedades de papa con forma oblonga.



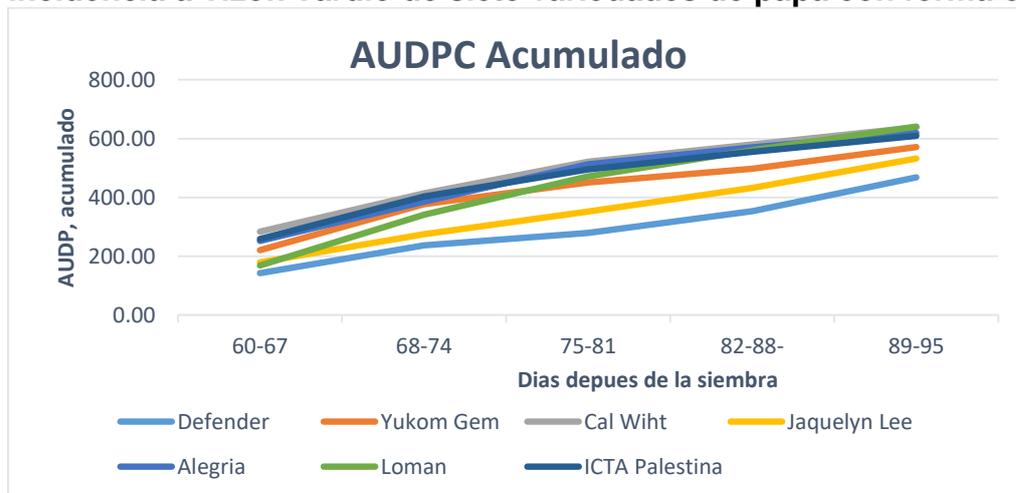
Fuente: Joel López, 2018\_Softwar Microsoft Excel.

Las lecturas se tomaron a partir de los 60 días después de la siembra con un intervalo de siete días entre cada lectura.

En la gráfica de se observa que la mayor incidencia de la enfermedad fue presentada a partir de los 74 días después de la siembra, lo cual coincide con los datos de temperatura y humedad relativa (Anexo 13), en donde se presentan condiciones favorables para el desarrollo del patógeno.

### Grafica 6

**AUDPC Acumulada (cinco lecturas con intervalos de 7 Días) de la variable de incidencia a Tizón Tardío de siete variedades de papa con forma oblonga.**



**Fuente:** Joel López, 2018\_Softwar Microsoft Excel.

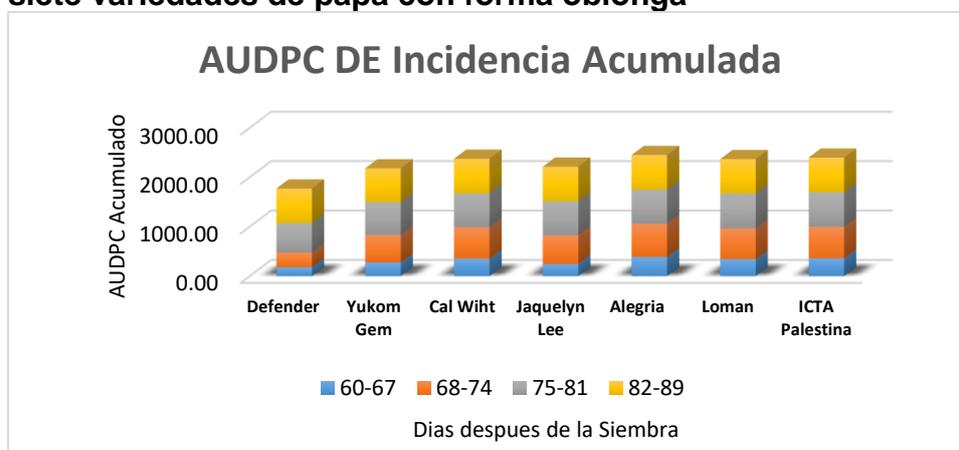
**Nota:** Los datos fueron tomados bajo condiciones climáticas de humedad relativa arriba del 70% y temperaturas menor a 12°C. (Ver Anexo 11)

En la gráfica se observa el comportamiento de la incidencia de las siete variedades de papa en el transcurso de 5 lecturas del AUDPC de la variable de incidencia a partir de los 60 DDS con un intervalo de lectura de siete días.

En el comportamiento se observa que todas las variedades llegaron al mismo porcentaje de infección del patógeno de Tizón Tardío, sin embargo no todas las variedades lo hicieron en el mismo lapso de tiempo. La variedad Defender fue la que se infectó por la enfermedad más despacio en relación al tiempo y la variedad Alegria la lo hizo en el menor tiempo en comparación a los demás tratamientos.

### Grafica 7

**AUDPC Acumulado en cada lectura de la variable de incidencia a tizón de siete variedades de papa con forma oblonga**



**Fuente:** Joel López, 2018\_Softwar Microsoft Excel.

En la gráfica de arriba se observa el avance del AUDPC de la infección del patógeno de Tizón Tardío reflejado en cada lectura. Se observa que el avance de la enfermedad se presentó en el periodo de lectura de 81 a 89 DDS.

La toma de datos de la variable de incidencia se realizó bajo condiciones de humedad relativa >70% y temperatura <12°C; lo cual indica que son condiciones óptimas para el desarrollo de tizón tardío y coincide con los días de mayor incidencia del patógeno, (ver anexo 11).

## 11.2. Análisis de la Variable de Severidad (% de tejido Dañado)

Los datos obtenidos para la variable de severidad fueron tomados a partir de los 60 DDS, con intervalos de siete días en donde los análisis de varianza representativos fueron las lecturas tomadas a 81 DDS con datos de % de severidad y Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad AUDPC.

### Cuadro 16

**Promedios sobre el % de severidad de Tizón Tardío a los 81 DDS de siete variedades de Papa con forma oblonga en Aldea Santa Lucia Ixcamal.**

Tratamientos	Bloque Completo			Sumas Totales	Promedio
	I	II	III		
Defender	28.32	37.55	47.13	113	37.67
Yukom Gem	53.41	48.26	56.88	158.55	52.85
Cal Whit	69.36	50.97	47.92	168.25	56.08
Jaquelyn Lee	41.35	42.14	45.34	128.83	42.94
Alegria	55.54	57.66	52.33	165.53	55.18
Loman	46.93	56.14	55.04	158.11	52.70
ICTA Palestina	55.72	55.24	54.9	165.86	55.29
SUMAS	350.63	347.96	359.54	1058.13	50.39

Fuente: Joel López, 2018.

### Cuadro 17

**Análisis de Varianza de la variable de severidad del Tizón Tardío a los 81 DDS de siete variedades de Papa en Aldea Santa Lucia Ixcamal.**

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Severidad	21	0.55	0.26	16.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1104.93	8	138.12	1.87	0.1586
<b>Tratamientos</b>	<b>1037.95</b>	<b>6</b>	<b>172.99</b>	<b>2.34</b>	<b>0.0990</b>
Repeticiones	66.98	2	33.49	0.45	0.6461
Error	886.87	12	73.91		
Total	1991.80	20			

Fuente: Joel López, 2018\_Software InfoStat

Según el p-valor del cuadro 17 sobre pasa al 5%, por lo tanto no hay significancia estadística entre las siete variedades evaluadas.

### Cuadro 18

#### Prueba de Duncan al 5% sobre la severidad del tizón tardío a los 81 DDS.

Test: Duncan Alfa=0.05					
Error: 73.9058 gl: 12					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Defender	37.67	3	4.96	A	
Jaquelyn Lee	42.94	3	4.96	A	B
Cal Whit	51.61	3	4.96	A	B
Loman	52.70	3	4.96	A	B
Alegria	55.18	3	4.96		B
ICTA Palestina	55.29	3	4.96		B
Yukom Gem	59.07	3	4.96		B

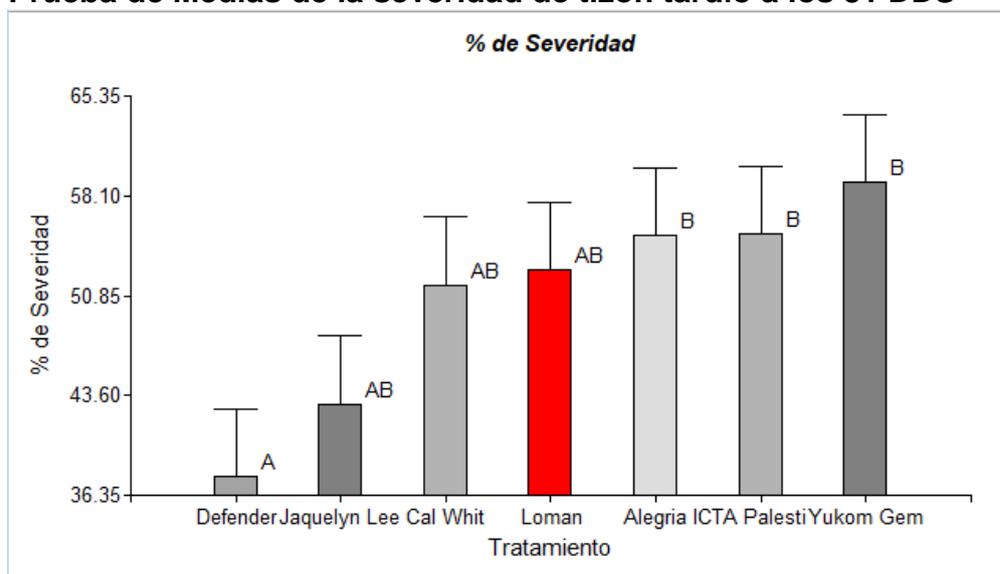
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Fuente: Joel López, 2018\_Software InfoStat

No se encuentra significancia estadística al 5%

### Graficas 8

#### Prueba de Medias de la severidad de tizón tardío a los 81 DDS



Fuente: Joel López, 2018Software Infostat.

En la gráfica de prueba de medias de Duncan, se observa la variable defender quien presento la menor severidad a los 81 DDS.

**Cuadro 19**

**Resumen del AUDPC de severidad de Tizón Tardío a los 81 días después de la Siembra de siete variedades de papa con forma oblonga**

Tratamientos	Bloque Completo			Sumas Totales	Promedio
	I	II	III		
Defender	163.21	271.22	415.56	849.99	283.33
Yukom Gem	457.72	401	495.29	1354.01	451.34
Cal Whit	640.68	504.81	419.65	1565.14	521.71
Jaquelyn Lee	312.61	365.82	379.2	1057.63	352.54
Alegría	550.55	542.43	443.52	1536.5	512.17
Loman	414.93	519.19	479.57	1413.69	471.23
ICTA Palestina	513.1	495.74	475.95	1484.79	494.93
SUMAS	3052.8	3100.21	3108.74	9261.75	

*Fuente: Joel López, 2018.*

**Cuadro 20**

**Análisis de Varianza para el AUDPC de severidad de Tizón Tardío a los 81 días después de la Siembra de siete variedades de papa**

Análisis de la varianza				
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Severidad	21	0.65	0.42	18.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	144838.16	8	18104.77	2.82	0.0515
Tratamientos	144578.65	6	24096.44	<b>3.76</b>	<b>0.0244</b>
Repeticiones	259.51	2	129.76	0.02	0.9800
Error	76976.35	12	6414.70		
Total	221814.51	20			

*Fuente: Joel López, 2018\_Software InfoStat*

Según el p-valor del cuadro 8 indica que hay diferencia significativa al 5%, por lo tanto significa que al menos una de las variedades es diferente estadísticamente.

Para conocer cuál de las variedades es diferente a las demás se realizó un aprueba de medias de Duncan.

**Cuadro 21**

**Prueba de medias de Duncan a los 81 días con datos de AUDPC de la severidad de Tizón tardío de siete variedades de papa con forma Oblonga**

Test: Duncan Alfa=0.05 Error: 6414.6959 gl: 12						
Tratamiento	Medias	n	E.E.			
Defender	283.33	3	46.24	A		
Jaquelyn Lee	352.54	3	46.24	A	B	
Yukom Gem	451.34	3	46.24		B	C
Loman	471.23	3	46.24		B	C
ICTA Palestina	494.93	3	46.24		B	C
Alegria	512.17	3	46.24			C
Cal Whit	521.71	3	46.24			C
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)</i>						

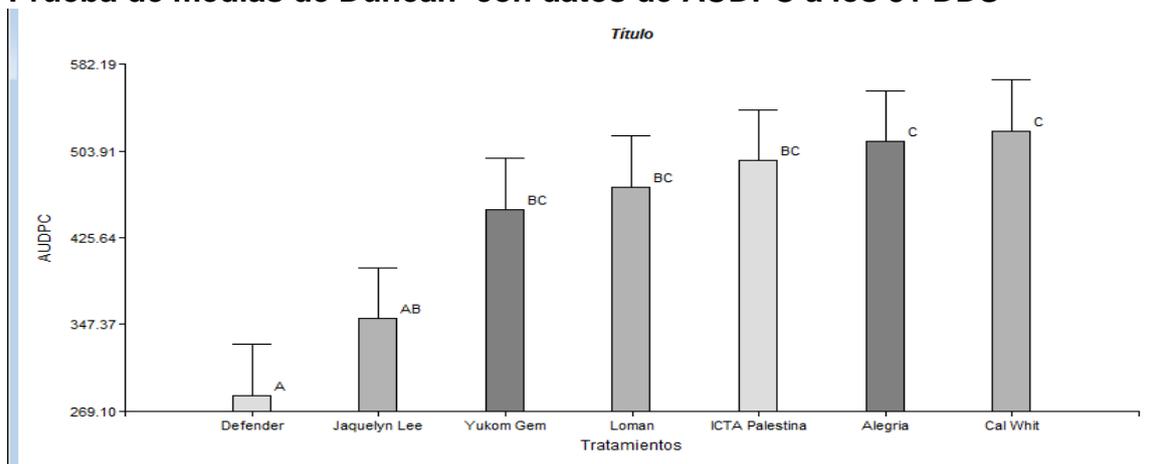
*Fuente: Joel López, 2018\_Software InfoStat*

Según el cuadro 18, La prueba de medias de Duncan indica que la variedad Defender es estadísticamente diferente respecto a la variedad alegría y Cal Whit.

La prueba de medias indica que la variedad defender es la más tolerante al patógeno seguido por Jaquelyn Lee, mientras que la variedad más susceptible lo ocupa Cal whit.

### Grafica 9

#### Prueba de medias de Duncan con datos de AUDPC a los 81 DDS



Fuente: Joel López, 2018 Software Infostat

En la gráfica se aprecia los valores más bajos para la variedad Defender y Jaquelyn Lee y los valores más altos es para la variedad Cal Whit y defender, lo cual también indica que las mismas variedades son estadísticamente iguales, es decir las lesiones de la enfermedad de Tizón tardío fueron avanzando en el mismo nivel de daño.

### Cuadro 22

#### Resumen de promedios del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad Acumulado (AUDPC), de la variable de severidad de siete variedades de papa con forma oblonga en Aldea Santa Lucía Ixcamal.

	Bloque Completo			Sumas Totales	Promedio
	I	II	II		
Defender	992.25	1420.22	2053.26	4465.73	1488.58
Yukom Gem	2276.89	1720.22	2371.19	6368.3	2122.77
Cal Whit	3100.98	2200.11	2012.63	7313.72	2437.91
Jaquelyn Lee	1818.99	1552.17	1945.18	5316.34	1772.11
Alegria	2639.88	2392.58	1987.86	7020.32	2340.11
Loman	2097.95	2111.98	2335.1	6545.03	2181.68
ICTA Palestina	2320.3	2184.25	2456.15	6960.7	2320.23
SUMAS	15247.24	13581.53	15161.37	43990.14	

Fuente: Joel López, 2018.

### Cuadro 23

#### Análisis de Varianza del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad Acumulado (AUDPC), de siete variedades de papa en Aldea Santa Lucia Ixcamal.

##### Análisis de la varianza

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
Severidad 21 0.59 0.32 17.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2381779.67	8	297722.46	0.1051	0.1051
Tratamientos	2124750.67	6	354125.11	0.0734	0.0734
Repeticiones	257029.00	2	128514.50	0.1051	0.4136
Error	1621626.20	12	135135.52		
Total	4003405.87	20			

Fuente: Joel López, 2018\_Software Infostat

Según el p-valor del cuadro 23 indica que no hay diferencia significativa al 5%, ya que el p-valor es mayor que 0.05, por lo tanto todas las variedades son estadísticamente iguales.

### Cuadro 24

#### Comparación de las medias generales del AUDPC Acumulado de la variable de severidad de siete variedades de papa

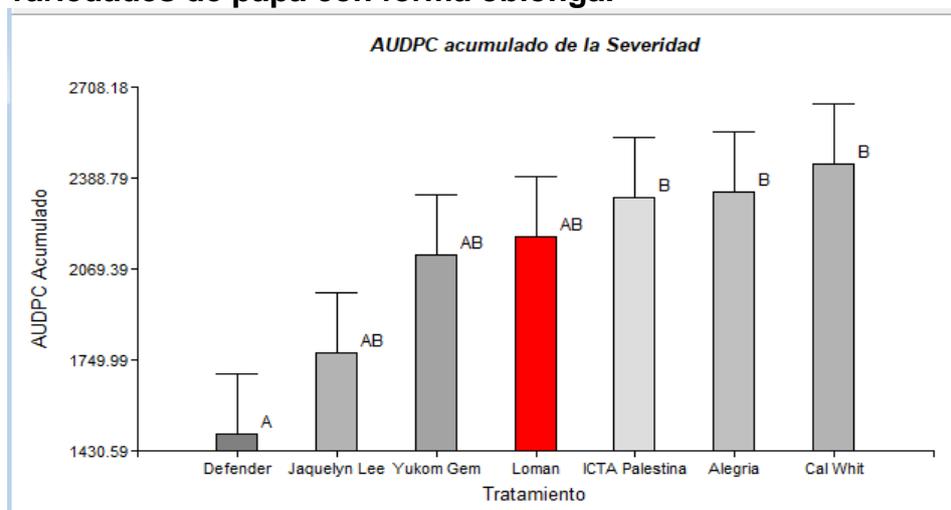
Test: Duncan Alfa=0.05 Error: 6414.6959 gl: 12					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Defender	1488.66	3	212.24	A	
Jaquelyn Lee	1772.11	3	212.24	A	B
Yukom Gem	2116.73	3	212.24	A	B
Loman	2181.68	3	212.24	A	B
ICTA Palestina	2320.23	3	212.24		B
Alegria	2340.11	3	212.24		B
Cal Whit	2437.87	3	212.24		B
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)</i>					

Fuente: Joel López, 2018\_Software Infostat

A pesar de la inexistencia de la significancia estadística en el ANDEVA, en la gráfica de medias de los tratamientos se observa que los valores más bajos en cuanto a la severidad del tizón tardío lo ocupa la variedad Defender y Jacqueline Lee, y los valores más altos son para la variedad Cal Whit y Alegría

## Grafica 10

Prueba de Duncan del AUDPC Acumulado de la variable de severidad de siete variedades de papa con forma oblonga.

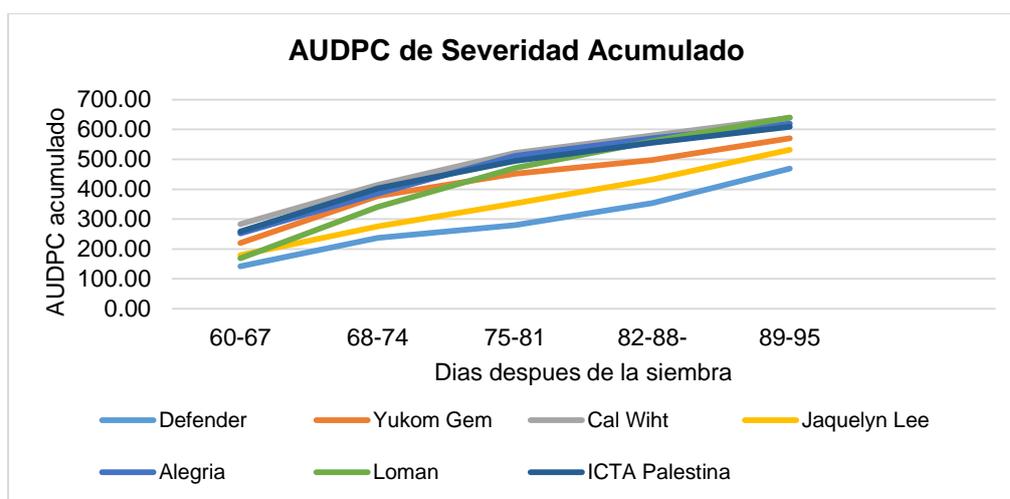


Fuente: Joel López, 2018 Software Infostat

Al realizar el análisis de varianza la variable de Área bajo la curva del progreso de la enfermedad no mostro significancia estadística, la gráfica No. 9 muestra las diferencias del AUDPC de una variedad a otra. A pesar de que ninguna de las variedades alcanzo el 100% de AUDPC, la variedad Cal Whit fue la que presento el mayor daño en el follaje por la enfermedad de Tizón Tardío.

## Grafica 11

Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad Acumulada sobre la severidad del Tizón Tardío de siete variedades de papa con forma oblonga



Fuente: Joel López, 2018\_Software Microsoft Excel.

En la gráfica 10 muestra el comportamiento de la enfermedad de Tizón tardío a partir de los 60 DDS. SE observa que la variedad defender presento menos severidad a la enfermedad, de igual forma la variedad Jaquelyn Lee mostrándose como variedades tolerantes, mientras que la variedad Loman fue la que presento los valores más altos de AUDP.

Las condiciones climáticas bajo las cuales se tomaron los datos se evidencia en el anexo 11, lo cual se confirma que se presentó humedad relativa mayor al 70% y temperatura menor a 12 ° C, condiciones favorables para el desarrollo del tizón tardío

### 10.3. Análisis de la variable de Rendimiento (Ton/Ha)

**Cuadro 25. Resumen de promedios de la variable de rendimiento de siete variedades de papa con forma oblonga en aldea Santa Lucia Ixcama**

VARIEDADES	Bloque Completo			Sumas Totales	Promedio
	I	II	III		
Defender	29532.72	14549.52	43551.40	29211.21	29532.72
Yukom Gem	12758.88	14983.16	13084.12	13608.72	12758.88
Cal Whit	6261.68	5342.04	10388.8	7330.84	6261.68
Jaquelyn Lee	22115.88	26542.04	25940.20	24866.04	22115.88
Alegría	8467.28	6676.64	8504.68	7882.87	8467.28
Loman	26990.64	24822.44	12654.2	21489.09	26990.64
ICTA Palestina	8571.96	7663.56	7196.28	7810.60	8571.96
SUMAS	29532.72	14549.52	43551.40	29211.21	29532.72

*Fuente: Joel López, 2018*

### Cuadro 26

**Análisis de Varianza del rendimiento en Kg/hectárea de siete variedades de papa en Aldea Santa Lucia Ixcamal.**

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	21	0.74	0.56	41.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1523346500.27	8	190418312.53	4.23	0.0127
Tratamientos	1491281913.50	6	248546985.58	5.52	0.0059 **
Repeticiones	32064586.77	2	16032293.39	0.36	0.7075
Error	540102635.29	12	45008552.94		
Total	2063449135.55	20			

*Fuente: Joel López, 2018\_Software InfoStat*

Según el p-valor del cuadro 8 indica que hay diferencia significativa al 5%, por lo tanto al menos una variedad es estadísticamente diferente a las demás

**Cuadro 27**

**Prueba de Duncan al 5% sobre el rendimiento de siete variedades de papa con forma oblonga en Aldea Santa Lucia Ixcamal**

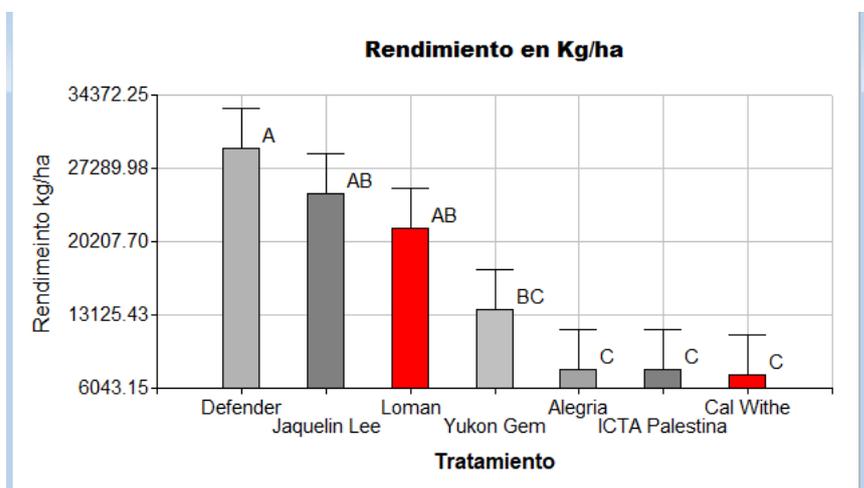
Test: Duncan Alfa=0.05 Error: 45008552.9404 gl: 12						
Tratamiento	Medias	n	E.E.			
Defender	29211.21	3	3873.35	A		
Jaquelyn Lee	24866.04	3	3873.35	A	B	
Loman	21489.09	3	3873.35	A	B	
Yukom Gem	13608.72	3	3873.35		B	C
Alegria	7882.87	3	3873.35			C
ICTA Palestina	7810.60	3	3873.35			C
Cal Whit	7330.84	3	3873.35			C
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)</i>						

Fuente: Joel López, 2018\_Software InfoStat

En la prueba de medias de DUNCAN, realizada indica que la variedad defender, (kg/ha.29211.21) presento el rendimiento más alto, mientras que la variedad Cal With fue la que presento el rendimiento más bajo (kg/Ha,7810.60).

**Grafica 12**

**Prueba de medias de Duncan del rendimiento de siete variedades de papa con forma oblonga**



Fuente: Joel López, 2018Software Infostat

En la gráfica de arriba se observa los rendimientos obtenidos en el ensayo de resistencia a tizón tardío de siete variedades de papa.

Estadísticamente la variedad Defender es mejor en el rendimiento, respecto a la variedad Alegria, ICTA Palestina y Cal White.

### 11.4. Relación Costo Beneficio

A continuación se presenta un cuadro con el presupuesto para una hectárea de producción de papa.

**Cuadro 28**

**Relación costo beneficio**

Descripción	Unidad de Medida	Tratamiento						
		Defender	Yucom Gem	Cal Whit	Jaquelyn Lee	Alegría	Loman	Icta Palestina
Rendimiento medio de Primera	K/Ha	12224.28	0.00	0.00	9233.64	0.00	9532.72	0.00
Rendimiento medio de Segunda	K/Ha	1084.12	9084.12	1644.84	9121.48	2728.96	8000	4971.96
Rendimiento medio de Tercera	K/Ha	11813.08	4672.09	5682.24	6168.24	5158.88	3962.60	5271.04
Beneficios de campo de Primera	<b>Q/Ha</b>	40462.37	0	0	30563.35	0	38130.88	0
Beneficios de campo de Segunda	<b>Q/Ha</b>	2385.06	19985.06	3618.65	20067.26	6003.71	17600	10938.31
Beneficios de campo de Tercera	<b>Q/Ha</b>	12994.39	5139.3	6250.46	6785.06	5674.77	4358.86	5798.14
<b>Beneficios brutos de Campo</b>	<b>Q/Ha</b>	<b>55841.82</b>	<b>25124.36</b>	<b>9869.11</b>	<b>57415.67</b>	<b>11678.48</b>	<b>60089.74</b>	<b>16736.45</b>
Semilla	<b>Q/Ha</b>	23809.52	23809.52	23809.52	23809.52	23809.52	23809.52	23809.52
Fungicidas e Insecticidas	<b>Q/Ha</b>	5658.81	5658.81	5658.81	5658.81	5658.81	5658.81	5658.81
Primera Fertilización	<b>Q/Ha</b>	3968.25	3968.25	3968.25	3968.25	3968.25	3968.25	3968.25
Segunda Fertilización	Q/Ha	3968.25	3968.25	3968.25	3968.25	3968.25	3968.25	3968.25
Barbecho del terreno	Q/Ha	2267.57	2267.57	2267.57	2267.57	2267.57	2267.57	2267.57
Siembra	Q/Ha	3401.36	3401.36	3401.36	3401.36	3401.36	3401.36	3401.36
Picado	Q/Ha	1360.54	1360.54	1360.54	1360.54	1360.54	1360.54	1360.54
Aporque	Q/Ha	2267.57	2267.57	2267.57	2267.57	2267.57	2267.57	2267.57
Fumigaciones	Q/Ha	2947.85	2947.85	2947.85	2947.85	2947.85	2947.85	2947.85
Cosecha	Q/Ha	3401.36	3401.36	3401.36	3401.36	3401.36	3401.36	3401.36
Total de Costos Variables	Q/Ha	29241.56	29241.56	29241.56	29241.56	29241.56	29241.56	29241.56
Beneficios netos	Q/Ha	26600.26	-4117.2	-19372.45	28174.11	-17563.08	30848.18	12505.11
<b>Relación costo/ beneficio</b>		<b>1.91</b>	<b>0.86</b>	<b>0.34</b>	<b>1.96</b>	<b>0.4</b>	<b>2.05</b>	<b>0.57</b>

Fuente: Joel López, 2018\_Softwar Microsoft Excel

En el cuadro 23 se muestra un presupuesto parcial de las siete variedades de papa evaluadas en el ensayo de resistencia a Tizón tardío. Los costos de semilla, fungicidas y los beneficios brutos solo son tomados en cuentas de la variedad loman (Testigo).

Los beneficios brutos de la variedad loman es de Q60089.74 y un relación de costo beneficio de 2.05 a lo que se evidencia que económicamente es la más rentable.

## Cuadro 29

### Resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a Tizón Tardío de siete variedades de papa con forma oblonga en Aldea Santa Lucia Ixcamal

Tratamientos	AUDPC Acumulado		Rendimiento kg/Ha	Cosot/beneficio	Índice de Forma
	Incidencia	Severidad			
Defender	3204.79	1488.66	29211.21	1.91	0.79
Jaquelyn Lee	3616.48	1772.11	24866.04	1.96	0.72
Yukom Gem	3613.79	2116.73	21489.09	0.86	0.75
Loman	3765.40	2181.68	13608.72	2.05	0.56
ICTA Palestina	3805.45	2320.23	7882.87	0.57	0.62
Alegría	3854.26	2340.11	7810.6	0.4	1.11
Cal White	3781.17	2437.87	7330.84	0.34	0.71

Fuente: Joel López, 2018\_SoftWare Microsoft Excel

En el cuadro 26 se muestran los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a tizón tardío de siete variedades de papa, sobre la incidencia, severidad, rendimiento en kg/Ha, relación costo beneficio e índice de forma). Observando los datos del cuadro se puede comparar cuál de las variedades cumple con las características similares a la variedad Loman y que se más tolerante a la enfermedad de Tizón Tardío

## 11.5. Análisis de la Variables Medible

### 11.5.1. Análisis de la variable de Índice de Forma

Consistió en dividir el ancho entre el largo de las papas y si el resultado es de 0.5 el genotipo de papa es de forma oblonga, similar a la Loman.

Este análisis consistió en elegir diez tubérculos de cada variedad de papa y luego realizar la toma de datos de ancho y largo. De esta forma se presentan los siguientes datos obtenidos.

### Cuadro 30

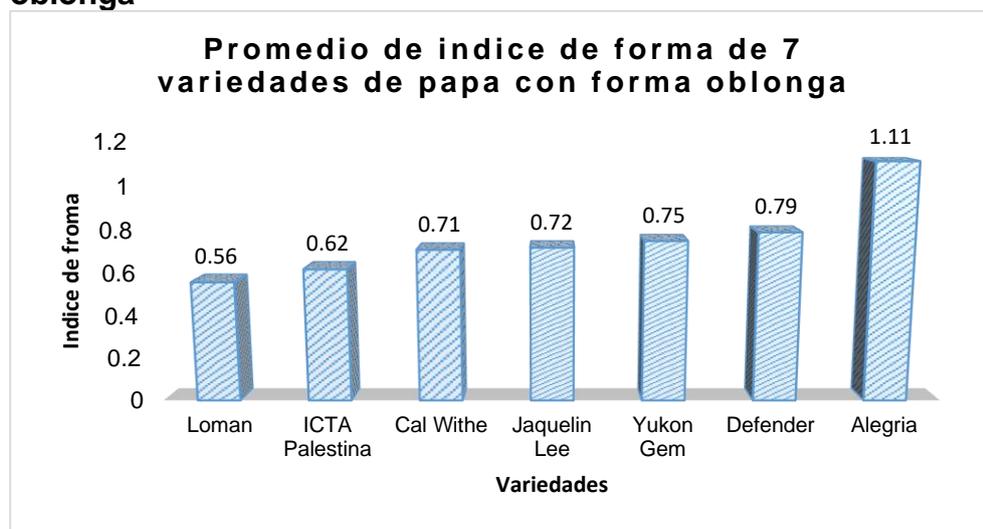
#### Cálculo del índice de forma de siete variedades de papa con forma oblonga

Descripción	Defender		Yukon Gem		Cal Withe		Jaquelyn Lee		Alegria		Loman		ICTA Palestina	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
1	89.58	69.3	72.55	55.1	73.4	56.73	108.4	63.76	81.93	54.3	94.5	57.01	77.68	48.39
2	86.6	58.22	78.8	58.75	77.38	46.85	93.53	74.74	90.17	53.28	80.6	48.14	77.11	38.77
3	75.64	58.57	75.37	55.74	62.08	50.4	101.8	65.31	56.28	47.51	94.2	54.33	75.11	50.33
4	93.02	78.78	77.37	64.55	68.68	44.85	72.23	59.12	67.6	41.04	109	52.81	77.16	57.24
5	93.34	72.89	72.47	47.49	74.53	52.73	88.84	59.06	74.04	51.53	96.6	54.09	84.25	46.98
6	103.25	84.02	73.51	55.16	71.26	52.44	100.2	88.73	67.4	58.65	71	49.68	77.56	46.32
7	73.87	63.54	64.25	48.04	63.65	51.86	77.9	64.24	68.33	47.55	98.3	48.35	78.33	45.08
8	84.25	67.9	72.79	49.19	84.9	58.63	87.09	58.09	71.38	42.6	90.5	58.97	82.19	46.24
9	69.87	53.13	64.12	51.51	67.02	45.01	87.34	64.39	81.55	48.64	107	50.28	84.34	60.46
10	89.63	70.96	75.4	57.55	57.71	38.56	110.1	67.18	82.12	47.21	105	58.76	84.11	52.7
Promedio	85.91	67.73	72.66	54.31	70.06	49.81	92.74	66.46	74.08	49.23	94.72	53.24	79.78	49.25
Índice de Forma		0.79		0.75		0.71		0.72		1.11		0.56		0.62

Fuente: Joel López, 2018\_Softwar Microsoft Excel.

### Grafica 13

#### Comparación del índice de forma de siete variedades de papa con forma oblonga



Fuente: Joel López, 2018\_Softwar Microsoft Excel.

En la gráfica se observa que el resultado de calcular el índice de forma de la variedad loman fue de 0.56 la que más se acerca al 0.5 (de forma oblonga) y observando las demás promedios; la variedad ICTA Palestina, Cal With y Jaqueline Lee, son las que más se asemejan con el testigo. Para ello será necesario hacer una comparación de rendimiento, Incidencia y severidad al Tizón Tardío para que posteriormente calificar que variedad podría remplazar a la loman teniendo mejor tolerancia al patógeno de Tizón Tardío y con características similares a dicho testigo.

## 11.6. Discusión de resultados

### 11.6.1. Incidencia

En los análisis de varianza realizados para la variable de incidencia indican que la variedad defender presento menor desarrollo del patógeno de Tizón tardío a los 74 DDS, respecto a la variedad Alegría. Tal como lo indica las características de las variedades descritas en el cuadro 3; la variedad defender es considerada como una variedad con tolerancia *Phytoftora infestans*, de igual forma tal como se observó en los análisis la variedad alegría e ICTA Palestina es susceptible al patógeno.

En las gráficas realizadas se observa que la incidencia de la enfermedad se presentó al 100% en todas las variedades; sin embargo la variedad defender y Jaquelyn Lee se presentó de una forma más lenta.

Los valores más altos de incidencia fueron reflejados a los 81 DDS, para la mayoría de tratamientos, alcanzando el mayor %, mientras que la diferencia estadística lo presento a los 74 DDS. En la gráfica de incidencia acumulada muestra el comportamiento de la enfermedad en cada variedad, mostrando cada una las características similares a lo que se describen en los cuadros 1 al 6, pero en este caso bajo las condiciones climáticas y edáficas de Aldea Santa Lucia Ixcamal.

### 11.6.2. Severidad

De acuerdo a los análisis realizados para la variable de severidad nos indica que con los datos tomados y analizados a los 81 DDS, no se observó significancia estadística mientras que con los análisis de varianza obtenidos a los 81 días del Área bajo la curva del progreso de la enfermedad se observó significancia estadística en uno de los tratamientos.

Por otro lado al realizar el análisis de varianza para los datos de porcentaje de severidad y el Área Bajo la Curva del Progreso de la enfermedad, no mostro significancia estadística ya que según Parlevliet (1997b), quien indica que la resistencia parcial se expresa al comienzo del estadio adulto. Lo que coincide con la toma de datos, por los que se llegara a una conclusión al comparar con el análisis económico

El porcentaje de severidad acumulada de Tizón Tardío lo presentó el testigo (Variedad Loman), dejando en evidencia tal como lo describen las características, y los porcentajes más bajos lo presento la variedad Defender y Jaqueline Lee.

### 11.6.3. Rendimiento

Después de realizar el análisis económico a través una relación del costo beneficio se observó que la variedad Loman es la que tiene una mayor relación del costo/beneficio (2.05), respecto a la variedad Alegría, sin embargo estas dos variedades demuestran susceptibilidad a tizón tardío.

A pesar que la variedad Defender presenta los mayores rendimientos a los 90 días, pues la relación de costo beneficio es menor que la variedad loman, pues los rendimientos obtenidos fueron tubérculos de segunda y tercera calidad, a lo cual lo hace menos rentable depreciándose su valor.

Partiendo de que lo que se busca es una variedad que sea tolerante al patógeno de tizón tardío y con características similares a la variedad loman, la elección de los mejores tratamientos estarán dados por la incidencia, severidad y rendimiento respecto a la variedad testigo.

El tratamiento que presento mejor rendimiento fue la variedad defender, 29,211.21kg/Ha, tomando en cuenta el resultado se rechaza la hipótesis nula ya que se comprueba que al menos una variedad fue mejor en el rendimiento respecto al testigo (Variedad Loman)

Los beneficios brutos de la variedad loman es de Q60089.74 y un relación de costo beneficio de 2.05 a lo que se evidencia que económicamente es la más rentable.

Considerando los análisis estadísticos de la variable de incidencia 69.89, severidad 42.94, AUDPC 352.54 para la variedad Jaquelyn Lee se demuestra que fue la mejor en comparación con el testigo (Loman) 78.12, 52.70 y 471.23 respectivamente. Aunque los beneficios Brutos (Q.57415.67/ha) difiere negativamente con 2674.07, presentó un índice de forma de 0.72 muy cercano al testigo, (0.56).

El testigo demostró ser una variedad rentable aun presentando % de incidencia, y severidad más altos que la variedad Defender por ser una variedad precoz.

## XII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	AÑO 2017									AÑO 2018			
	febrero	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Revisiones bibliográficas y lecturas													
Elaboración de protocolo													
Preparación del terreno													
Siembra													
Visitas de campo y observaciones													
Aporque 1ra. fertilización 2da. fertilización													
Toma de datos Incidencia y Severidad de Tizón Tardío													
Defoliación													
Cosecha													
Toma de datos variables de rendimiento													
Análisis de los resultados													
Elaboración de informe													

Fuente: Joel López, 2018\_Softwar Microsoft Excel.

### XIII. PRESUPUESTO Y FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Código	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Total
<b>411</b>	<b>Viajes oficiales</b>				
400	Viáticos	Almuerzo	45	Q65.00	Q2,925.00
400	Viáticos	Pasajes	45	Q35.00	Q1,575.00
					<b>Q4,500.00</b>
<b>509</b>	<b>Materiales para proyecto</b>				
	Renta del terreno	Cuerda	1	Q400.00	<b>Q400.00</b>
<b>500</b>	<b>Documentos, materiales e insumos</b>				
<b>501</b>	<b>Publicaciones</b>				
	Mantas vinílicas 2x1 m	Unidad	1	Q180.00	<b>Q180.00</b>
	Rotulación del ensayo .30x.20m	Unidad	12	Q20.00	<b>Q240.00</b>
<b>503</b>	<b>Reproducción de documentos impresos y electrónicos</b>				
	Impresiones	Unidad	500	Q50.00	<b>Q250.00</b>
	Empastados	Unidad	10	Q15.00	<b>Q150.00</b>
	Fotocopias	Unidad	500	Q20.00	<b>Q100.00</b>
<b>505</b>	<b>Materiales e insumos</b>				
	Papel tamaño carta	Resma	3	Q40.00	Q120.00
	tablas Shannon	Unidad	1	Q30.00	Q30.00
	Sobres manila	Ciento	1/2	Q50.00	Q50.00
	Folder carta	Ciento	1/2	Q50.00	Q50.00
	Ganchos par folder	Ciento	1/2	Q30.00	Q30.00
	Clips	Ciento	1/2	Q20.00	Q20.00
	Lápices	Docena	1	Q15.00	Q20.00
	Lapiceros,	Docena	1	Q15.00	Q20.00
	Engrampadora de pared	Unidad	1	Q200.00	Q200.00
	Masking tape	Unidad	2	Q10.00	Q20.00
	Calculadora	Unidad	1	Q.100.00	Q100.00
	Papel Kontact	Rollo	1/2	Q.60.00	Q60.00
	Impresora Canon	Unidad	1	Q800.00	Q800.00
	<b>Sub-total</b>				<b>Q1,332.00</b>
	<b>Materiales para proyecto</b>				
<b>509</b>	Semilla	Quintal	7	500.00	<b>Q3,500.00</b>
	<b>Fertilizantes</b>				
	Fertilizante 15-15-15	Quintal	1	Q230.00	Q230.00
	Urea 46%	Quintal	1	Q200.00	Q200.00
	Nitrato de Potasio	Saco 50 lb	1	Q.320.00	Q320.00
	Bayfolan	Litro	1	Q70.00	Q70.00
	Elebathor	litro	1	Q120.00	Q120.00
	Calcio boro	Litro	1	Q50.00	Q50.00
	<b>Sub-total</b>				<b>Q990.00</b>
	<b>Insecticidas</b>				

	Engeo	1/8 de litro	1	Q75.00	<b>Q75.00</b>
	Tambo	Litro	1	Q150.00	<b>Q150.00</b>
	Mocap	Libra	2	Q40.00	<b>Q80.00</b>
	Movento	Litro	½	Q250.00	<b>Q250.00</b>
	Diazinon	Litro	½	Q200.00	<b>Q200.00</b>
<b>Fungicidas</b>					
	Mancoseb	Kilo	1	Q60.00	<b>Q60.00</b>
	Consento	Litro	1	Q325.00	<b>Q325.00</b>
	Cursate	Kilo	1	Q80.00	<b>Q80.00</b>
	Luna	Litro	1	Q300.00	<b>Q300.00</b>
	Potens fb	Litro	1	Q275.00	<b>Q275.00</b>
<b>Otros insumos</b>					
	Adherente pegamax	Litro	1	Q125.00	Q125.00
	Prevalor	Litro	1	Q190.00	Q190.00
	Verango	Litro	1	Q280.00	Q190.00
	Gallinaza	Saco	5	Q50.00	Q250.00
	Cal Agrícola	Bolsa	3	Q75.00	Q225.00
	Pita de nylon	Rollo	1	Q90.00	Q90.00
	Estacas de madera	Unidad	25	Q3.00	Q75.00
	Nylon	Yarda	10	Q15.00	Q150.00
<b>Sub-total</b>					<b>Q1,295.00</b>
<b>Planta, equipo y mobiliario</b>					
<b>Equipo y mobiliario</b>					
	Bomba de asperjar	Unidad	1	Q800.00	Q800.00
	Balanza digital	Unidad	1	Q900.00	Q800.00
	Sacos de almacenamiento	Unidad	10	Q5.00	Q50.00
	Bolsas de recolección de muestras	Unidad	25	Q3.00	Q75.00
	Equipo de protección para BPA	Unidad	1	Q300.00	Q300.00
	Cubetas	Unidad	2	Q25.00	Q50.00
	Azadones	Unidad	1	Q75.00	Q75.00
	Rastrillos	Unidad	1	Q50.00	Q50.00
	Machete tipo cohin	Unidad	1	Q50.00	Q50.00
					<b>Q2,250.00</b>
<b>Telecomunicaciones</b>					
	Recargas telefónicas	Unidad	20	Q25.00	<b>Q 500.00</b>
	Recargas de internet	Unidad	10	Q30.00	<b>Q300.00</b>
<b>Jornales</b>					
	Jornales	Jornal	25	Q100.00	<b>Q2,500.00</b>
<b>Honorarios</b>					
	Incentivo investigador principal	Horas/mes	2	Q1,631.00	<b>Q19,572.00</b>
	Incentivo investigador auxiliar	Horas/mes	2	Q1,648.00	<b>Q9,888.00</b>
<b>TOTAL</b>					<b>Q49,742.00</b>

Fuente: Joel López, 2018\_Softwar Microsoft Excel.

## XIV. CONCLUSIONES

1. Las variedades Defender, Yucom Gem y Jaquelyn Lee presentaron estadísticamente mejor tolerancia a la enfermedad de Tizón Tardío y mientras que la variedad Alegría fue la más susceptible a dicho patógeno. Por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa número uno que establece que al menos una de las variedades de papa tendrá significancia estadística a la resistencia y tolerancia a *Phytophthora infestans* Mont de Bary
2. Las variedades Defender, Jaquelyn y Yukón Gem presentaron igual severidad a tizón tardío a los 81 días después de la siembra.
3. El nivel más bajo del Área bajo la curva del Progreso de la Enfermedad para la variable de incidencia lo presentaron las variedades Defender y Yukom Gem, por lo tanto se confirma la hipótesis alternativa número uno que establece que al menos una de las variedades tendrá significancia estadística a la resistencia a tizón tardío.
4. El nivel más bajo del Área Bajo de la Curva del Progreso de la Enfermedad para la variable de severidad lo presentaron las variedades Defender y Jaquelyn Lee, siendo diferentes a Yukom Gen. Por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa número uno, donde establece que al menos una de las variedades de papa tendrá significancia estadística a la resistencia a tizón tardío
5. Las variedades Defender, Jaqueline Lee y Yucom Gem, presentaron estadísticamente el mejor rendimiento respecto al testigo, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa número dos donde establece que al menos una de las variedades de papa tendrá significancia estadística en el rendimiento.
6. De acuerdo al análisis económico de relación Costo/Beneficio, producto de la conversión de datos obtenidos en parcelas establecidas para la investigación se estima que la variedad Loman fue la más rentable, pues a pesar de que la tolerancia a la enfermedad de tizón tardío fue mayor y en el rendimiento menor respecto a la variedad Defender, los beneficios brutos de campo Q60089.74/ha fue mayor a Defender Q55,841.82/ha, ya que el tamaño de los tubérculos aumentan los ingresos económicos.

## XV. RECOMENDACIONES

1. Realizar un ensayo comparando frecuencias de aplicación de fungicidas para el control de tizón tardío vrs el rendimiento, tomando en cuenta las variedades Loman, Defender y Jaquelyn Lee.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos la variedad Defender reúne condiciones de tolerancia a la enfermedad de Tizón tardío y que podría ser tomada en cuenta para la validación con agricultores
3. Tomando en cuenta los análisis, estadísticamente las variedades Jaquelyn Lee y Yukom Gem demostraron ser tolerantes al Tizón Tardío respecto al testigo, por lo que pueden ser consideradas como variedades alternativas para el agricultor
4. Basado en los análisis estadísticos obtenidos de la variedad Jaqueline Lee, esta puede ser tomada en cuenta en una estudio de validación puesto que de acuerdo a esta investigación reúne características agronómicas similares a la loman, rendimiento alto, es de forma oblonga, precoz y con mejor resistencia a tizón tardío respecto al Testigo (Loman).
5. Realizar un análisis de rentabilidad económica a partir de datos de rendimiento, provenientes de ensayos de frecuencias de aplicaciones de fungicidas puesto que los obtenidos en el ensayo de resistencia, fueron afectadas por el patógeno de tizón tardío.
6. De acuerdo a lo observado en campo, acerca de la infección de tizón tardío, el % de daño no alcanzo el 100% para la variable de severidad. Considerar en las próximas investigaciones de resistencia combinadas con el rendimiento desproteger con fungicidas los tratamientos antes de los 60 días después de la siembra

## XVI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Andrade –Piedra J. Kromann, P. Taipe, & A. Forbes. Centro Internacional de la Papa Quito, 2010. Estimación del nivel de susceptibilidad a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa.
2. Carrasco, E, Estrada N; Gabriel, J; Alfaro, A; Larondelle, I; García, W; Quiroga. O; Seis Cultivares Potenciales de Papa con Resistencia al Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*) en Bolivia.
3. CIP, (Centro Internacional de la Papa) 2010. Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa.
4. CIP, (Centro Internacional de la Papa) Escala de Susceptibilidad a *Phytophthora infestans* en clones de Papa.
5. Cordova, R., & Rivadeneira, J. Evaluación participativa de clones con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en la provincia de Tungurahua.
6. Espinosa Chico, M. A. (2006). Selección participativa de clones promisorios de papa (*Solanum sp.*) con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) provenientes de varias fuentes en dos localidades 2006.
7. FCA, (Facultad de Ciencias Agropecuarias), Prueba de Drienzo, Guzmán y Casanoves (DGC).
8. Forbes, G; Pérez, W.; Andrade Piedra, J. 2014. Centro Internacional de la Papa (CIP). Procedimiento para Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa. Módulo 3: Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. Guía para Colaboradores Internacionales. Lima (Perú). 50 p.
9. Galindo Pacheco, JR; (1993). Comparación de tres métodos cuantitativos para evaluar el desarrollo y control de epidemias en plantas. Revista ICA (Colombia).
10. González, E.M; 2016. Fortalecimiento de las capacidades de consorcios locales de investigación agrícola. Identificación de puntos críticos y temas para la formulación de proyectos de investigación en la agrocadena de la papa. Quetzaltenango, Guatemala, Grupos gestores. pp 22-23. (Serie técnica). Informe técnico n.º 5.

11. Herrera, JE; Scott, GJ; (2016). Factores limitantes a la producción y uso de la papa: Resultados de la encuesta a los Programas Nacionales de América Latina. Revista Latinoamericana de la papa, 5(1), 122-134.
12. Gabriel, J; Fernández, S; Plata, G; Siles, M; Niveles de resistencia al tizón tardío en clones de papa del Centro Internacional de la Papa (CIP). evaluados en Bolivia
13. García-Pineda, E., y Lozoya-Gloria, E. 2004. Genes de resistencia a enfermedades en plantas. Revista Mexicana de Fitopatología 22:414-422.
14. MAGA (Ministerio de Agricultura Y Alimentación), 2008, Consejo de Producción Agrícola, cadena de la papa.
15. L. Castellanos\*, Neivys Yanes, R. Gómez, Carmen V. Martín, Niafi Morejón.
16. Messiaen, 1995. Enfermedades de las Hortalizas. Mundi Prensa. España.
17. Miranda, M. B., Gómez-Alpízar, L., & Brenes, A. (2005). Resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en materiales promisorios de papa en Costa Rica. Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas, 29(3), 31-45.
18. Mosquera, J. 2007. Estado de Arte. Universidad Nacional de Colombia. Genética de la resistencia de la papa (*Solanum tuberosum* L) a patógenos.
19. Pedroza. A, Samaniego A, Universidad Autónoma Chapingo, Análisis del área bajo la curva del progreso de las enfermedades.
20. Soto, A. 2002, Análisis de costos del Programa Syngenta y las prácticas fitosanitarias tradicionales en el cultivo de papa industrial. Zamorano
21. Taipe A; Forbes, G; Andrade-Piedra, J. 2014. Centro Internacional de la Papa (CIP), apartado 17 19 129, Quito, Ecuador. Estimación del nivel de susceptibilidad a *phytophthora infestans* en genotipos de papa
22. [www.tomatecherry.es](http://www.tomatecherry.es) reaccionan-las-plantas-a-las enfermedades&catid

## XVII. ANEXOS

### 17.1. Anexo 1. Escala de severidad de tizón tardío de la papa.

Grado	% de tejido afectado	Síntomas
1	0	No se observa tizón
2	0-5	Máximo 10 lesiones / planta
3	5-15	Plantas sanas, área foliar afectada (20 folíolos).
4	15-35	Mayoría plantas afectadas, 25% follaje destruido (fd).
5	45-65	Parcela se ve verde, hojas inferiores muertas, 50% fd.
6	65-85	Parcela se ve verde, con manchas pardas, 75% fd.
7	85-95	Parcela se ve verde, con manchas pardas, 75% fd.
8	95-100	Parcela se ve parda, mayoría tallos afectados o muertos
9	100	Parcela se ve parda, mayoría tallos afectados o muertos

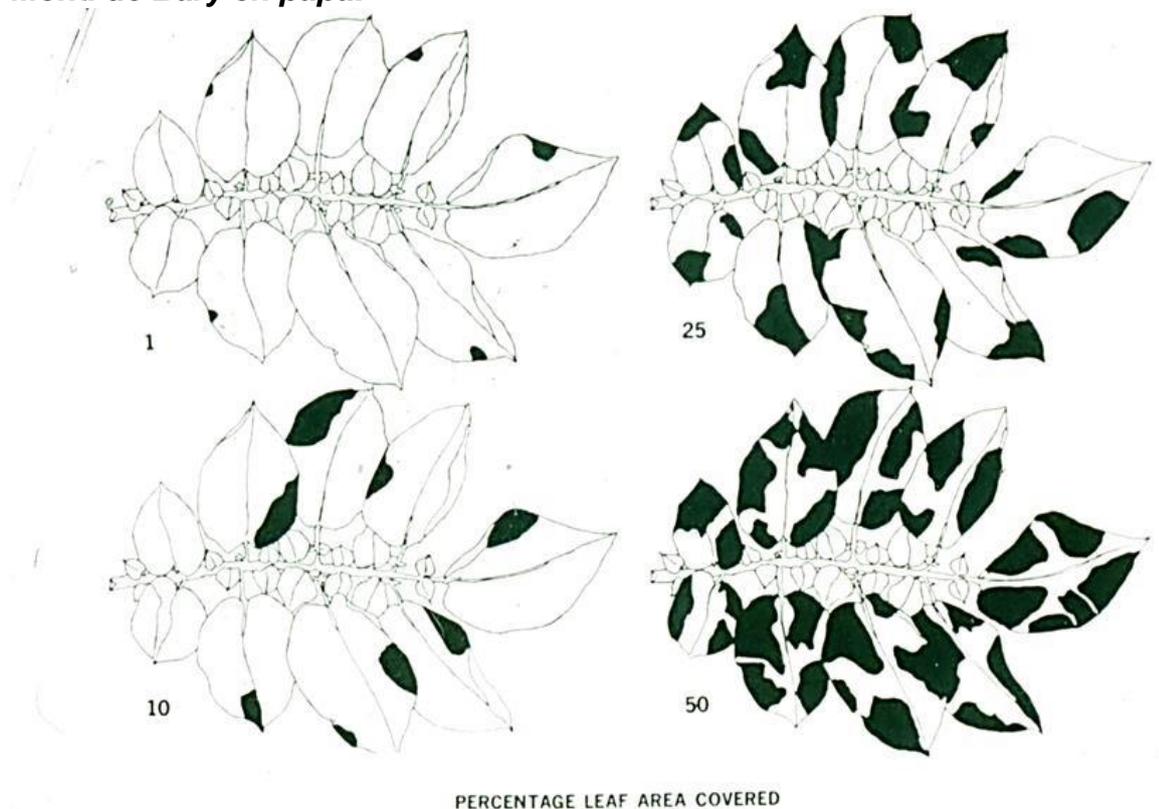
Fuente: Agronomía Costarricense 2005

### 17.2. Anexo 2. Criterios utilizados para evaluar el porcentaje de área necrosada y el grado de esporulación en folíolos desprendidos e inoculados con *P. infestans*

Área necrosada		Grado de esporulación	
Nota	Criterio	Nota	Criterio
1	Sin síntomas	0	Sin esporulación
2	Puntos necróticos en el lugar de aplicación de la gota de inóculo	1	Algunos esporangios en el área necrosada
3	Puntos necróticos de aprox. 2 mm	2	50% del área necrosada con esporangios
4	Aprox. 1 cm <sup>2</sup> del área del folíolo necrosada	3	100% del área necrosada con esporangios
5	aproximadamente 50% del área del folíolo necrosada		
6	51-65% del área del folíolo necrosada		
7	66-75% del área del folíolo necrosada		
8	76-85% del área del folíolo necrosada		
9	> 85% del área del folíolo necrosada		

Fuente: Agronomía Costarricense 2005

**Tarjeta del porcentaje de severidad de “James” para *Phytophthora infestans* Mont. de Bary en papa.**



**17.3. Anexo 3. Tabla para la toma de lecturas de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC)**

No. De lectura	No. De bloque	De Tratamiento	Días después de la siembra	% de área foliar enferma	Nivel de daño

Fuente: CIP, 2014

**17.4. Anexo 4. Tabla de contenido para la toma de datos lecturas de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC)**

N0.	Tratamiento	Lecturas/Días después de la siembra							AUDPC	rAUDPC

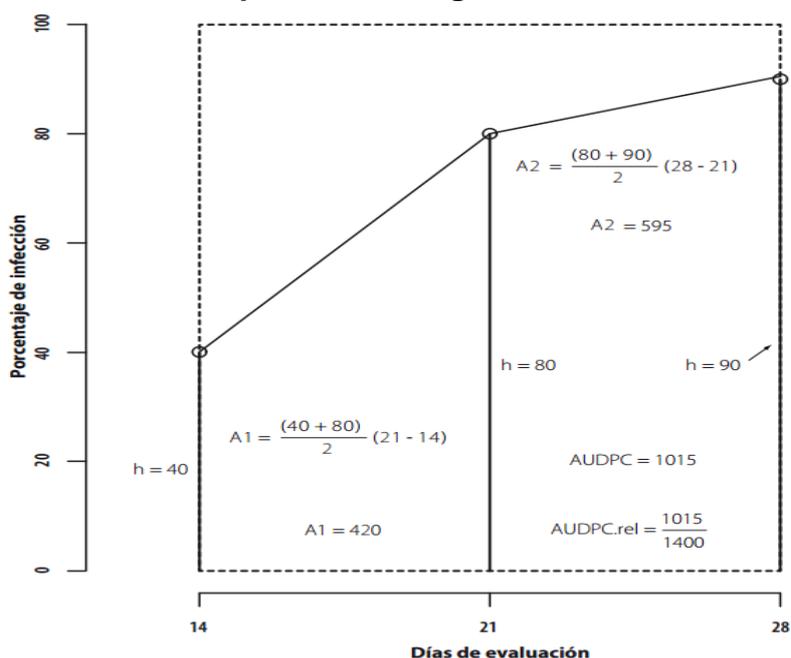
Fuente: Cordova, R; Rivadeneira, J 2006

**17.5. Anexo 5. Tabla de contenido para la toma de datos para las variables de rendimiento**

No. De lectura	No. De bloque	Tratamiento	Rendimiento en kg/ha	Índice de Forma	
				Largo	Ancho

Fuente: CIP, 2014

**17.6. Anexo 6. Representación gráfica del AUDPC**



Fuente: CIP 2014

**Cuadro de resumen del comportamiento promedio del % de incidencia a tizón tardío de siete variedades de papa con forma oblonga**

Variedad	I1	I2	I3	I4	I5	I6
Defender	7.76	42.98	79.96	100.00	100.00	100.00
Yukom Gem	16.19	61.90	97.29	98.82	100.00	100.00
Cal Whit	17.59	82.64	98.69	100.00	100.00	100.00
Jaquelyn Lee	15.46	69.89	97.15	100.00	100.00	100.00
Alegria	17.72	92.68	99.07	100.00	100.00	100.00
Loman	19.58	78.12	100.00	100.00	100.00	100.00
ICTA Palestina	14.50	88.02	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Joel López, 2018\_SoftWare Excel

**Cuadro de resumen del comportamiento promedio del % de severidad al tizón tardío de siete variedades de papa**

Variedad	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Defender	10.75	29.92	37.78	43.17	59.18	74.88
Yukom Gem	18.74	44.23	63.42	67.24	74.92	88.18
Cal Whit	30.26	50.68	67.66	81.26	84.47	94.55
Jaquelyn Lee	10.67	32.23	46.42	54.27	69.38	82.62
Alegria	29.22	42.89	67.35	78.99	84.44	92.57
Loman	13.88	34.27	63.16	71.48	88.87	94.12
ICTA Palestina	26.23	47.56	67.57	73.84	82.30	89.16

Fuente: Joel López, 2018.

**Cuadro de resumen del promedio del AUDC acumulado en la severidad de Tizón Tardío de siete variedades de papa.**

Variedad	ADPC1	AUDPC2	AUDPC3	AUPC4	AUDPC5	AUDPCTotal
Defender	142.39	236.98	279.68	353.65	468.68	1481.37
Yukom Gem	220.42	376.53	451.34	497.59	570.85	2116.73
Cal Whit	283.29	414.21	521.71	580.08	638.58	2541.31
Jaquelyn Lee	179.62	275.23	352.54	432.74	531.98	1772.11
Alegria	252.41	385.83	512.17	570.15	619.55	2340.11
Loman	168.53	341.01	471.23	560.57	640.34	2181.68
ICTA Palestina	258.29	402.97	494.93	555.21	608.84	2320.23

Fuente: Joel López, 2018.

**Cuadro de resumen del Rendimiento de siete variedades de papa con forma oblonga**

Variedad	Rendimiento TOTAL kg/Ha	Rendimiento TOTAL Ton/Ha
Defender	7302.80	7.30
Yukom Gem	3402.18	3.40
Cal Whit	1832.71	1.84
Jaquelyn Lee	6216.51	6.22
Alegria	1970.72	1.97
Loman	5372.27	5.37
ICTA Palestina	1952.65	1.95

Fuente: Joel López, 2018.

## Análisis de varianza sobre el % real de severidad acumulada de siete variedades de papa con forma oblonga

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Severidad	21	0.59	0.31	17.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1757.05	8	219.63	2.14	0.1128
Tratamientos	1583.17	6	263.86	2.58	0.0769
Repeticiones	173.87	2	86.94	0.85	0.4521
Error	1229.07	12	102.42		
Total	2986.12	20			

Fuente: Joel López 2018\_Software InfoStat

## Prueba de Duncan al 5% sobre la severidad acumulada del tizón tardío de siete variedades de papa con forma oblonga

Test: Duncan Alfa=0.05					
Error: 102.4225 gl: 12					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Defender	42.61	3	5.84	A	
Jaquelyn Lee	49.27	3	5.84	A	B
Yukom Gem	59.46	3	5.84	A	B
Loman	60.96	3	5.84	A	B
ICTA Palestina	64.44	3	5.84		B
Alegria	65.91	3	5.84		B
Cal Whit	68.15	3	5.84		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

Fuente: Joel López 2018\_Software InfoStat

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Severidad	21	0.68	0.46	13.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5843478.76	8	730434.84	3.15	0.0361
Tratamientos	5682152.46	6	947025.41	4.09	0.0182
Repeticiones	161326.29	2	80663.15	0.35	0.7130
Error	2780974.56	12	231747.88		
Total	8624453.31	20			

Fuente: Joel López 2018\_Software InfoStat

Test: Duncan Alfa=0.05					
Error: 231747.8799 gl: 12					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
Defender	2275.55	3	277.94	A	
Yukom Gem	3613.79	3	277.94		B
Jaquelyn Lee	3616.48	3	277.94		B
Loman	3765.40	3	277.94		B

Cal Whit	3781.17	3	277.94	B
ICTA Palestina	3816.86	3	277.94	B
Alegria	3854.26	3	277.94	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Fuente:** Joel López 2018\_Software InfoStat

17.7. Anexo 7. Mapa del municipio ubicando la comunidad

Mapa No. 1

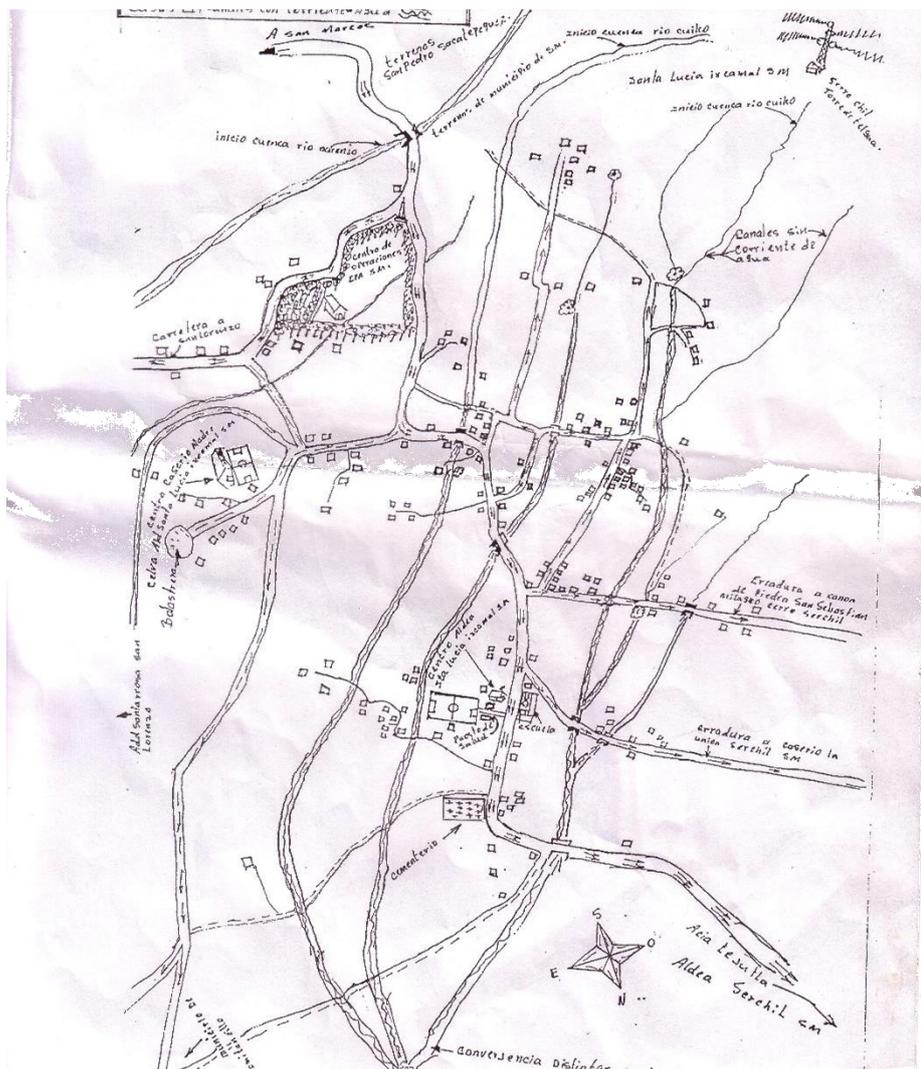
Mapa de ubicación, aldea Santa Lucía Ixcamal, municipio de San Marcos



Fuente: Juan José Rivera, facilitador comunitario.

Fuente: Fuente: Oficina Municipal de Planificación, OMP San Marcos.

## 17.8. Anexo 8. Croquis de la comunidad



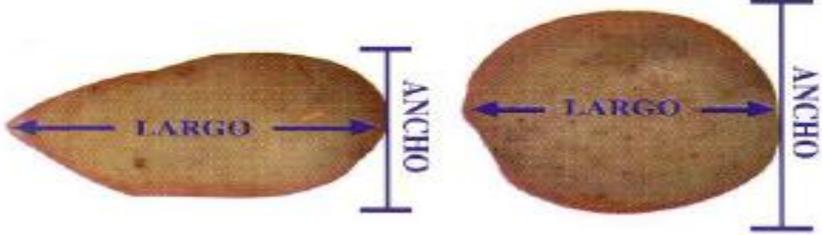
Fuente: Oficina Municipal de Planificación, OMP San Marcos.

### 17.9. Anexo 9. Clasificación de forma del fruto de la papa:

Se determina por la proporción del largo (FL) y el diámetro del fruto (FD) registrado en frutos de tamaño promedio.

- a) Globular (FI/Fd cerca de 1)
- b) Globular mucronado
- c) Ovoide (FI/Fd cerca de 1.5)
- d) Ovoide mucronado
- e) Cónico (FI/Fd acerca de 2)
- f) Cónico alargado (FI/Fd >2)
- g) Piriforme (FI/Fd cerc a de 2 y en forma de pera)





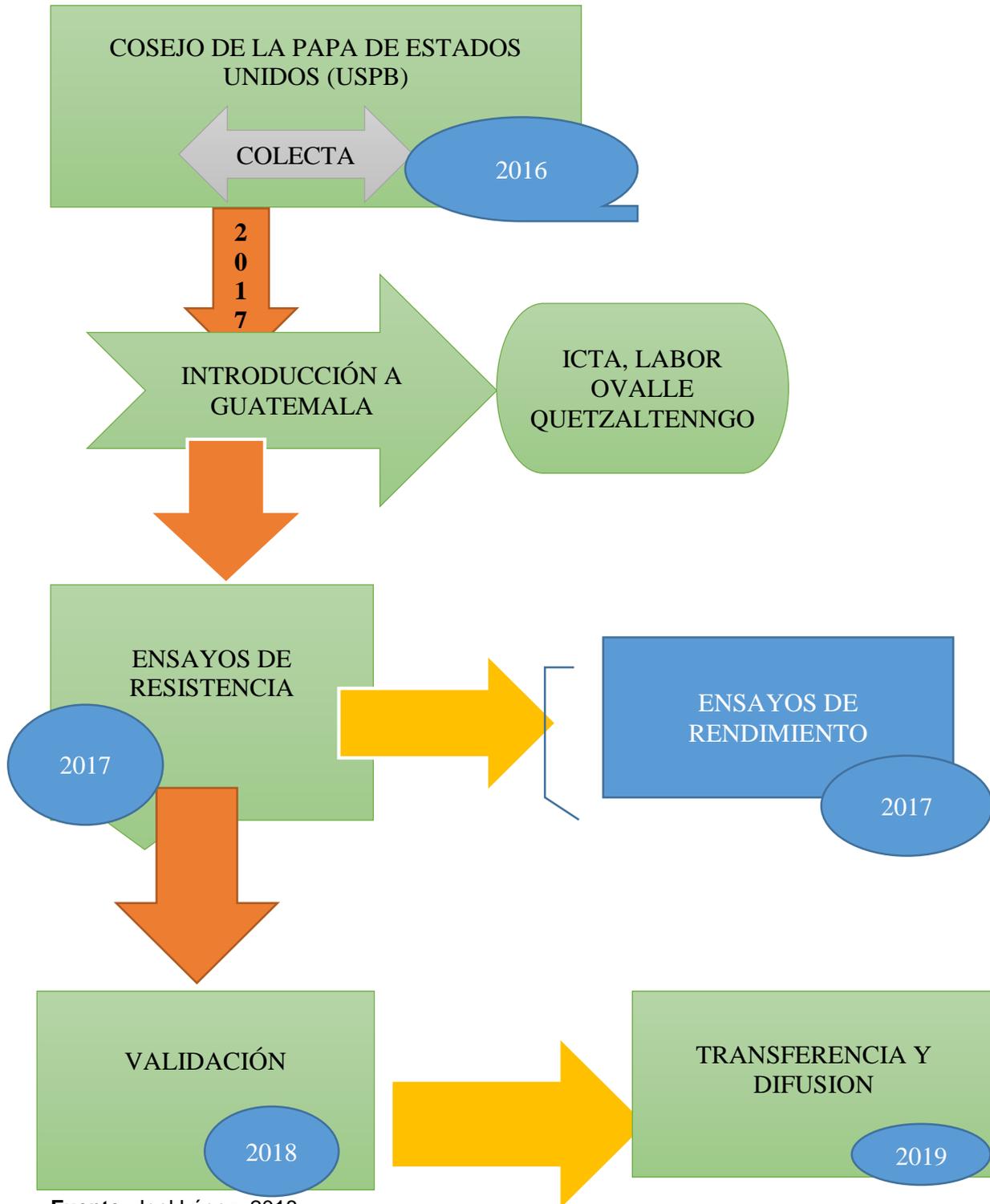
Fueron seleccionados 5 tubérculos al azar por material, a los que se les midió con un Wernier el largo y ancho en cm, luego se calculó el índice de forma dividiendo el promedio del ancho dentro del promedio del largo, para posteriormente determinar su forma basándose en la tabla I.

**Tabla 1**  
CATEGORIAS DE TUBERCULOS POR SU INDICE DE FORMA

CATEGORIA	INTERVALO DEL INDICE DE FORMA	
	DE	A
REDONDO	0.90	1.0
OBLONGO	0.70	0.89
OBLONGO ALARGADO	0.50	0.69
ALARGADO	Menor de 0.5	

Fuente: ICTA, 2012

17.10 Anexo 10. Diagrama del proceso de investigación

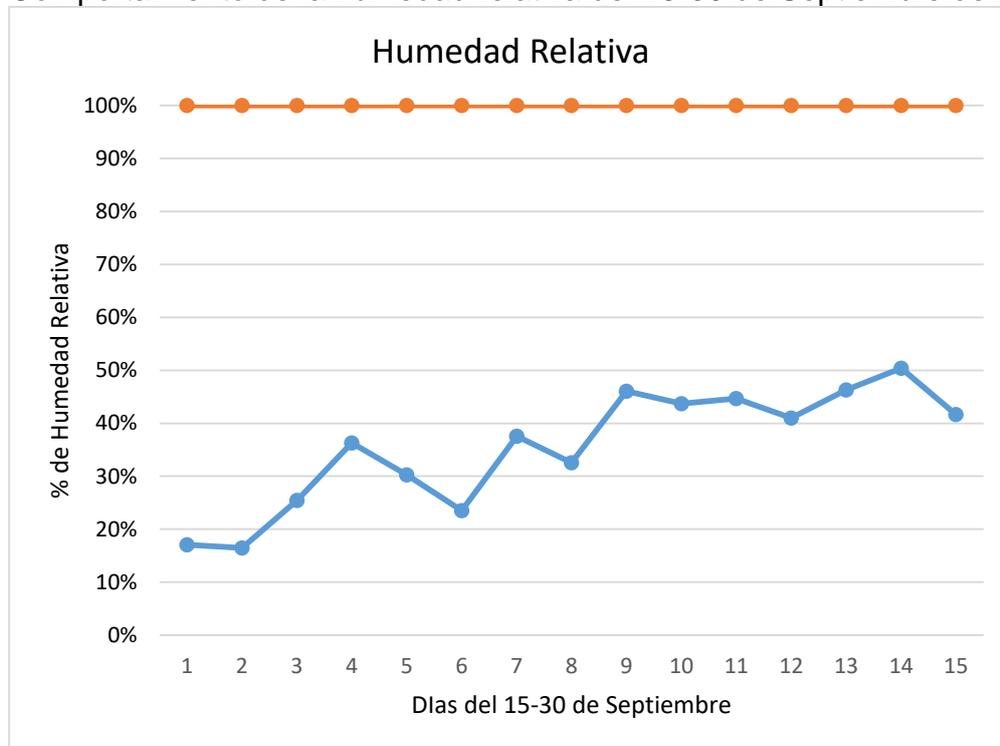


Fuente: Joel López, 2018

17.11. Anexo 11. Condiciones climáticas bajo las cuales fueron tomados los datos de las Variables de Incidencia y Severidad a tizón tardío.

Grafica 14

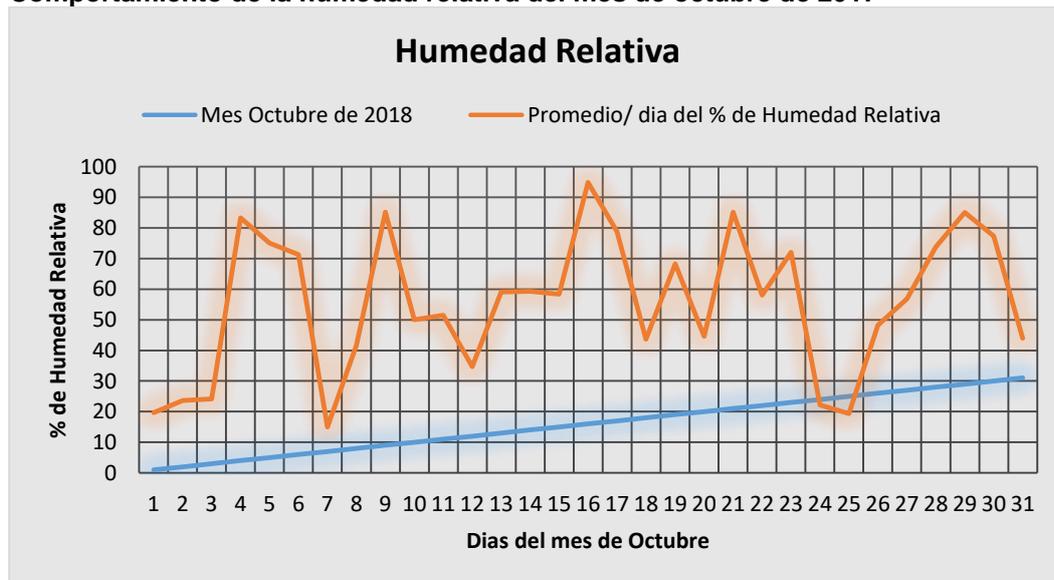
Comportamiento de la humedad relativa del 16-30 de Septiembre de 2017



Fuente: Elaboración propia con datos no validados del INSIVHUME, Ixchiguan, San Marcos, 2017.

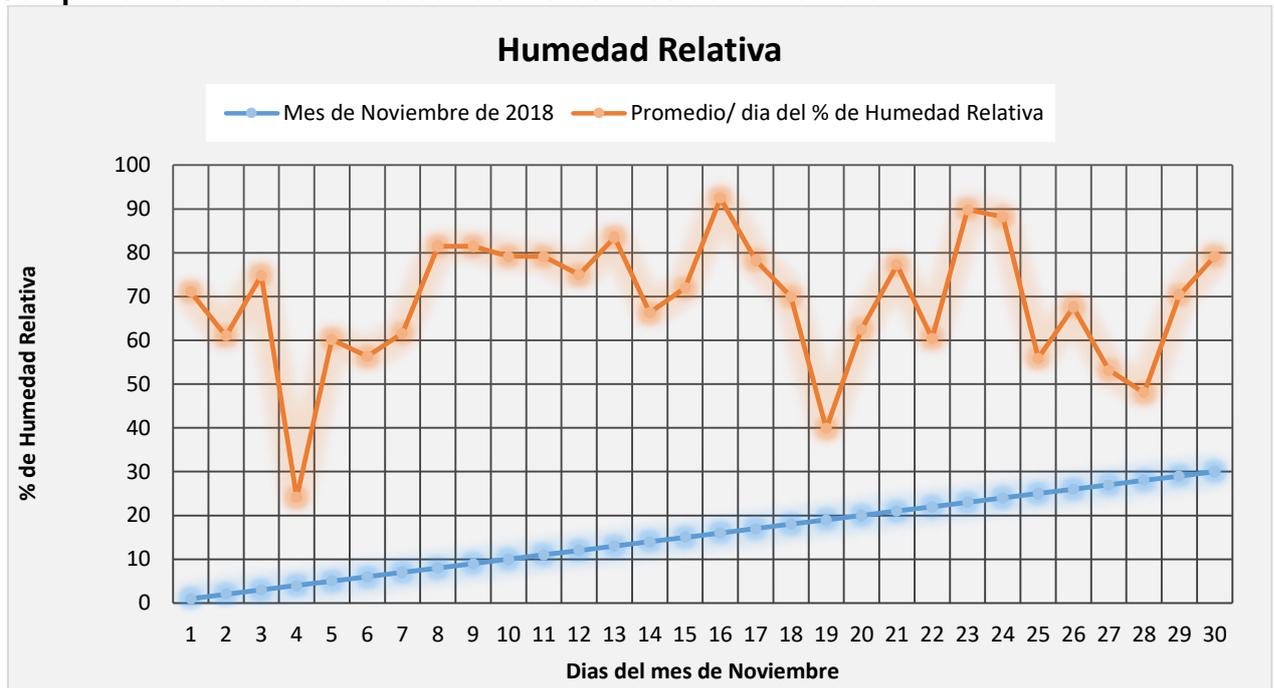
Grafica 15

Comportamiento de la humedad relativa del mes de octubre de 2017



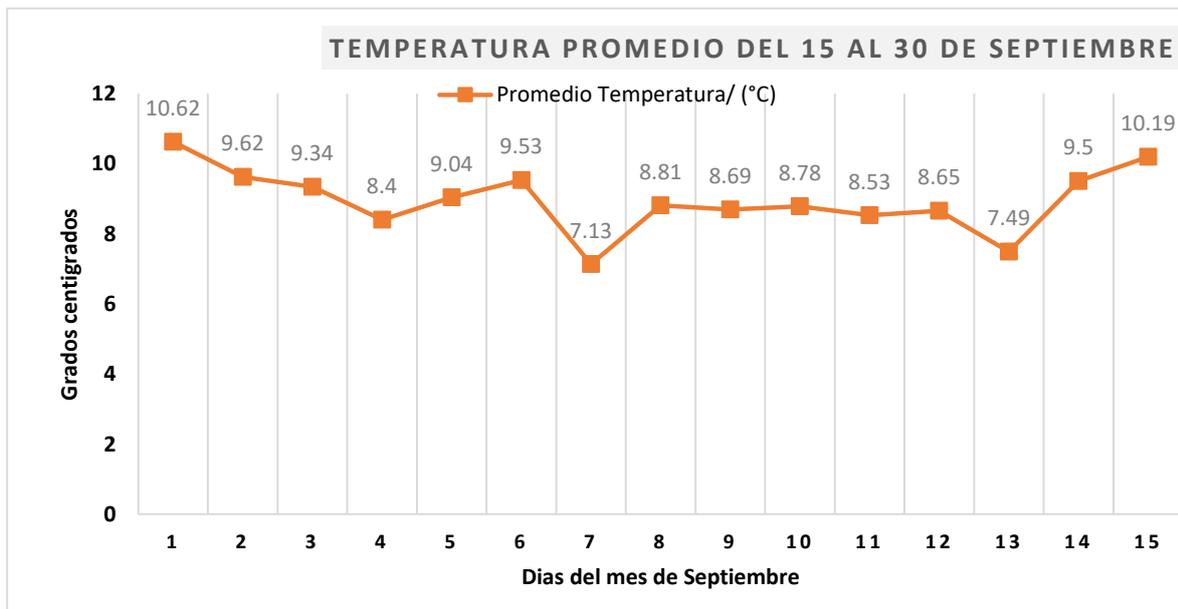
Fuente: Elaboración propia con datos no validados del INSIVHUME, Ixchiguan, San Marcos, 2017.

**Grafica 16**  
**Comportamiento de la Humedad relativa del mes de Noviembre**



**Fuente:** Elaboración propia con datos no validados del INSIVHUME, Ixchiguan, San marcos, 2017

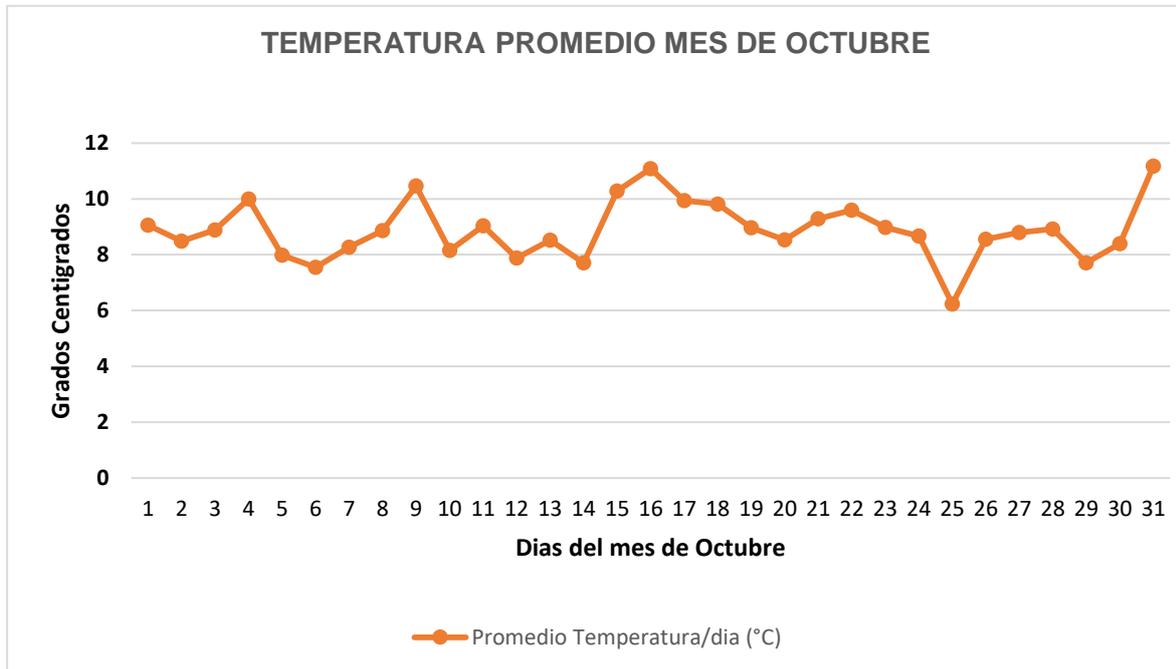
**Grafica 17**  
**Grafica de la temperatura promedio del 15-30 de Septiembre de 2017**



**Fuente:** Elaboración propia con datos no validados del INSIVHUME, Ixchiguan, San marcos, 2017

**Grafica 18**

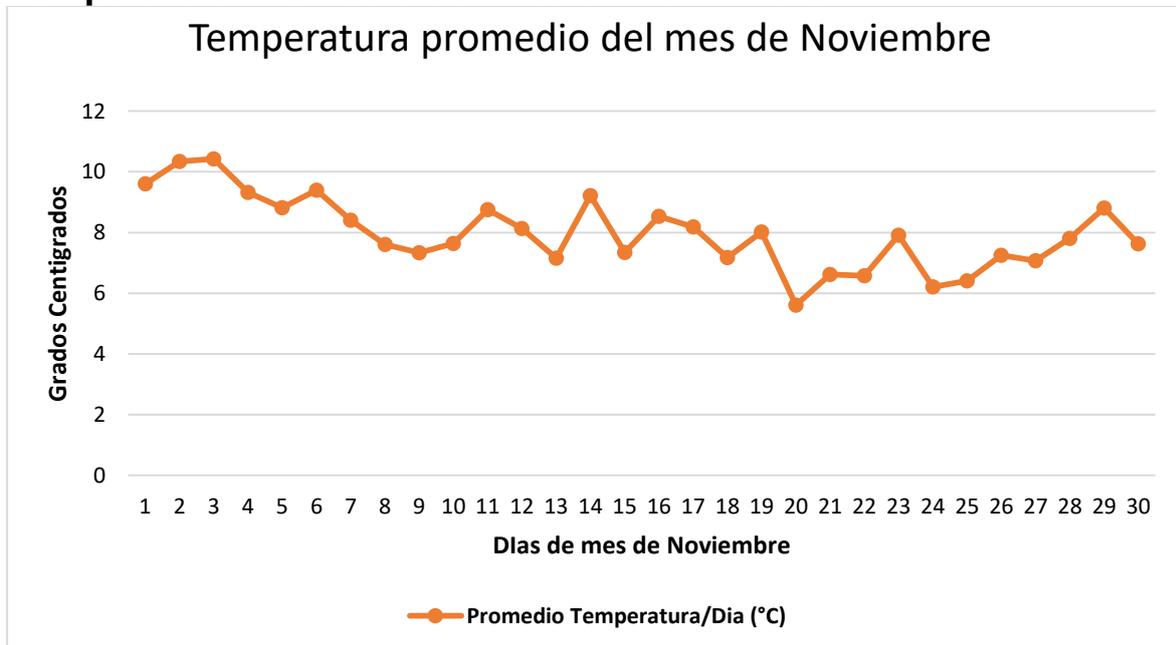
## Temperatura promedio del mes de octubre de 2017



Fuente: Elaboración propia con datos no validados del INSIVHUME, Ixchiguan, San marcos, 2017

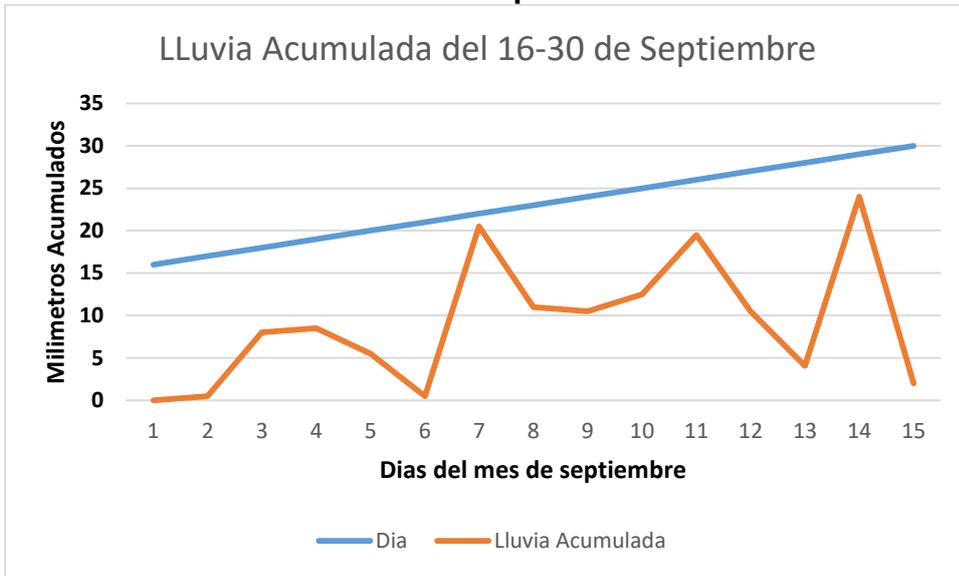
## Grafica 19

### Temperatura Promedio del mes de Noviembre



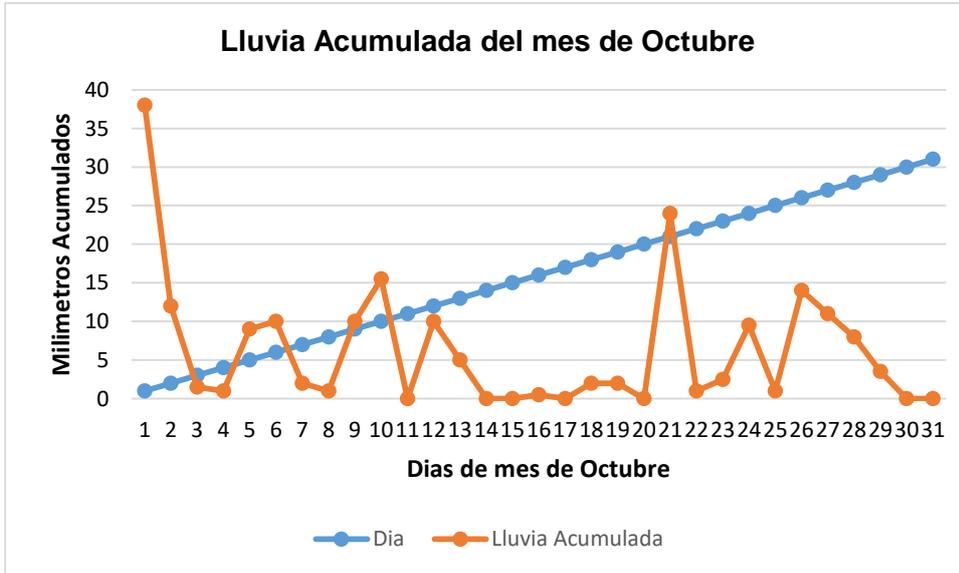
Fuente: Elaboración propia con datos no validados del INSIVHUME, Ixchiguan, San marcos, 2017

**Grafica 20**  
**Lluvia acumulada del 15-30 de septiembre de 2017**



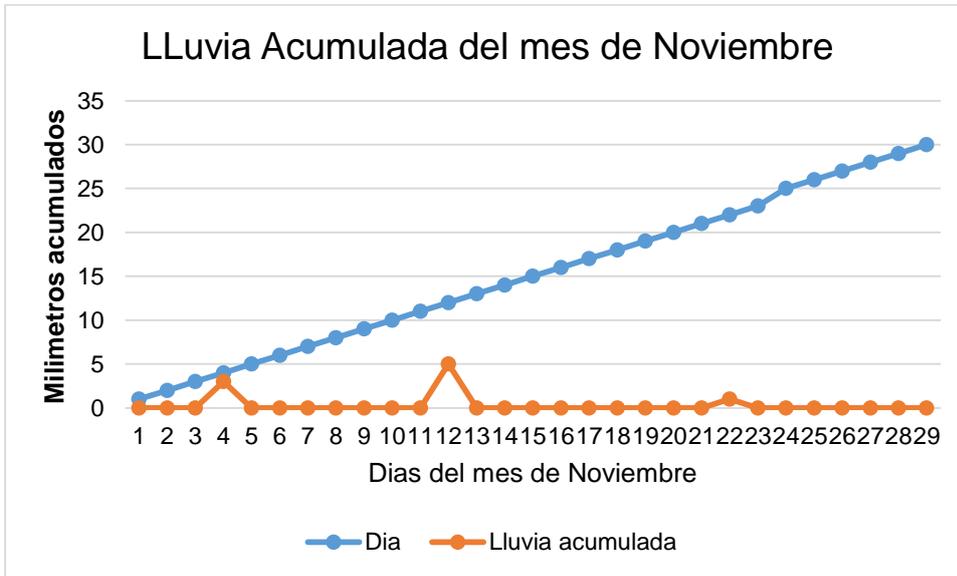
**Fuente:** Elaboración propia con datos no validados del INSIVHUME, Ixchiguan, San marcos, 2017

**Grafica 21**  
**Lluvia Acumulada del mes de Octubre de 2017**



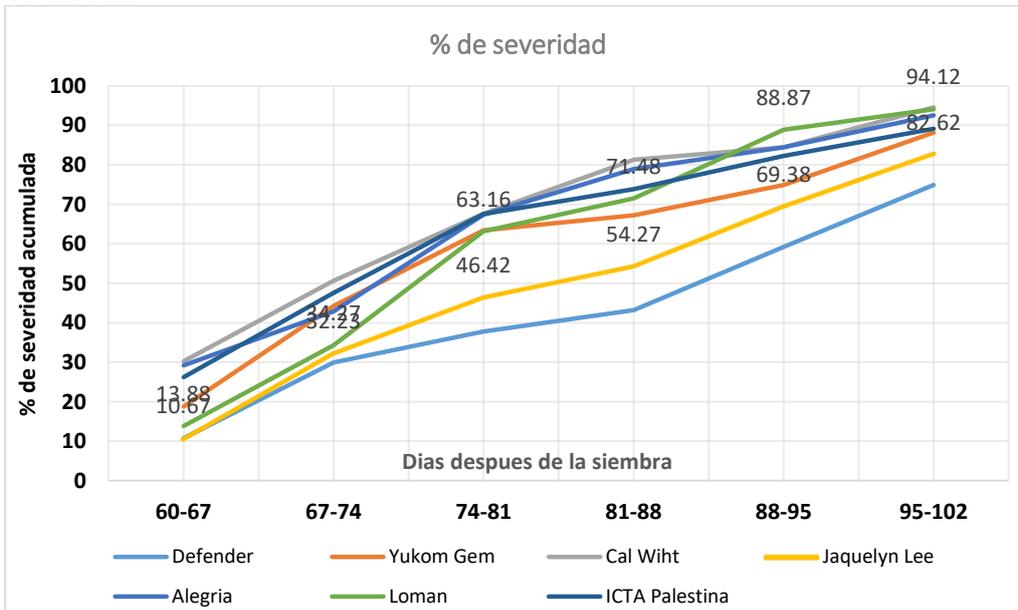
**Fuente:** Elaboración propia con datos no validados del INSIVHUME, Ixchiguan, San marcos, 2017

**Grafica 22**  
**Lluvia acumulada del mes de noviembre de 2017**



**Fuente:** Elaboración propia con datos no validados del INSIVHUME, Ixchiguan, San marcos, 2017

**Grafica 21**



**Fuente:** Joel López, 2018\_Software Microsoft Excel

## FOTOGRAFÍAS

### Fotografía 1

Inicio y ejecución del proyecto Evaluación de la resistencia a tizón tardío de siete variedades de papa con forma Oblonga



Fuente: Joel López, 2018.

### Fotografía 2

Estado del ensayo antes de la toma de datos



Fuente: Joel López, 2018

### Fotografía 3

Uso de la tarjeta de James para la toma de datos de la variable de severidad de la enfermedad de Tizón Tardío



Fuente: Joel López, 2018.

**Fotografía 4**

Toma de datos de la variable de incidencia a tizón tardío de siete variedades de papa con forma oblonga en aldea Santa Lucia Ixcamal



**Fotografía 5**

Levantamiento de datos de rendimiento en el ensayo de resistencia a tizón tardío de siete variedades de papa con forma oblonga en aldea Santa Lucia Ixcamal

