

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación y Productividad de Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum L.*) del INIFAP por Resistencia al Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* Mont. Bary)

Por:

SARAI FUENTES SORIANO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación y Productividad de Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) del INIFAP por Resistencia al Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary)

Por:

SARAI FUENTES SORIANO

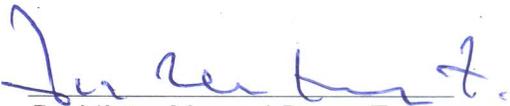
TESIS

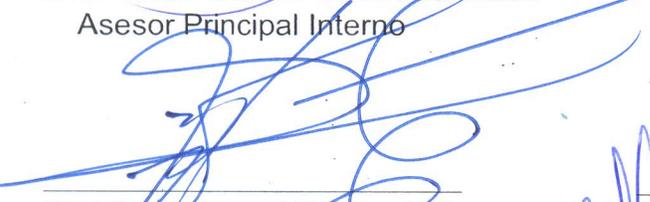
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

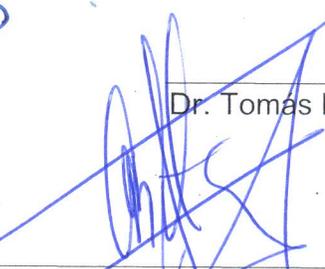
Aprobada por el Comité de Asesoría:

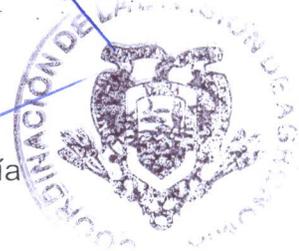

M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez
Asesor Principal Interno


Dr. Víctor Manuel Parga Torres
Asesor Principal Externo


Dr. Víctor Manuel Zamora Villa
Coasesor


Dr. Tomás Everardo Alvarado Martínez
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2022

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

Sarai Fuentes Soriano

AGRADECIMIENTOS

A mi ALMA TERRA MATER

Por brindarme oportunidades para crecer profesionalmente y lograr uno de mis objetivos, por ser mi segunda casa durante mi estancia.

Especialmente Al Dr. Víctor Manuel Parga Torres

Por su dedicación, tiempo y confianza. Sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Sus consejos fueron siempre útiles cuando no salían de mi pensamiento las ideas para escribir lo que hoy he logrado. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan.

Al M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez

Por el apoyo, revisión y sugerencia para mi trabajo de investigación.

Al Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Por ser una persona comprometida, por su tiempo invertido para culminar mi trabajo de investigación.

Al Dr. Tomas Everardo Alvarado Martínez

Por su ayuda y orientación para culminar mi trabajo de investigación.

Al M.C Fidel Maximiano Peña Ramos

Por su apoyo incondicional y por su tiempo que me dedico para prepararme en la presentación.

A mis amigos

Por los consejos más sinceros, por su apoyo incondicional durante el transcurso de mi formación profesional.

DEDICATORIA

Como un pequeño homenaje a mis padres...

“Sé que se sienten orgullosos de mí desde que llegué a este mundo, pero daré mi mejor esfuerzo para demostrarles que sus sacrificios rindieron frutos y los recompensaré por toda su dedicación y amor. Debo recordarles que no habría llegado hasta donde estoy si no fuera por el esfuerzo de ustedes. Quiero que sepan que ustedes son mi principal razón e inspiración”

Con mucho cariño y amor:

Rodrigo Fuentes Mendoza †

Por haberme brindado ese apoyo incondicional y su confianza, gracias a sus consejos que día a día me motivaron a seguir adelante, Por compartir sus conocimientos. Mi ejemplo a seguir. Es el hombre que admirare y lo amare por siempre.

Petra Soriano Ruiz

Por haber estado apoyándome siempre, por estar al pendiente de mí, por preocuparse cada vez que viajaba. Mis respetos y mi admiración por enseñarme a ser una mejor persona, es una increíble mujer la amo mucho, gracias por su confianza.

A mis Hermanas.

“Las hermanas son verdaderos tesoros que nos regala la vida, son compañeras inseparables de juegos, verdaderas confidentes y mejores amigas, a veces, se pueden convertir en una verdadera molestia, pero una buena hermana siempre estará para nosotros, dispuesta a ayudarnos y a apoyarnos”

Maribel, Griselda, Nayeli y Mayra.

Por estar conmigo, motivándome a seguir adelante, por confiar en mi para lograr mi objetivo. Especialmente a mi hermana Mayra por su apoyo incondicional y estar ayudándome en el transcurso de mi carrera.

A mi Tío

Fernando Fuentes Mendoza.

Por sus grandes consejos, por apoyar a mi familia, por sus extensos conocimientos de agronomía que comparte conmigo.

A mis mejores amigas

Maricruz Morales Romero

Por su apoyo incondicional. Por ser como una hermana y gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas. Por compartir cada momento maravilloso. Gracias por tus consejos que siempre los tengo en mente.

Sonia Saavedra Aragón

Por permitirme formar parte de tu vida y ser parte de la mía, por estar ayudándome. Por compartir los mejores momentos de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	4
1.1.1 Objetivos Específicos	4
1.2 Hipótesis	4
1.2.1 Hipótesis nula.....	4
1.2.2 Hipótesis Alternativa.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Cultivo de papa	5
2.1.1 Origen.....	5
2.1.2 Morfología.....	6
2.1.3 Clasificación taxonómica	8
2.2 Tizón tardío de la papa	8
2.2.1 Biología del hongo.....	8
2.2.2 Epidemiología.....	11
2.3 Mejoramiento Genético de la papa	12
2.4 Definición de la Resistencia a tizón tardío	13
2.4.1 Resistencia vertical.....	13
2.4.2 Resistencia horizontal.....	14
2.5 Principales características de los genotipos.	14
2.5.1 Clon 91-25-4.....	14
2.5.2 Variedad Norteña.....	15
2.5.3 Genotipo FL-2312.....	15
2.5.4 Clon 98-18-24.....	15
2.5.5 Clon 07-18	16

2.5.6 Variedad Fianna	16
2.9 Paquete tecnológico para papa en la Sierra de Coahuila y Nuevo León.	
17	
2.10 Análisis de Productividad	19
2.10.1 Definición de Productividad	19
2.10.2 Definición de Rentabilidad	20
2.10.3 Definición de Ingresos	20
2.10.4 Definición de Costos	20
2.11 Método Relación beneficio/costo.	21
2.12 Análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad	21
III. MATERIALES Y METODOS	23
3.1 Localidad experimental	23
3.2 Material Genético	23
3.3 Desarrollo del Experimento	23
3.3.1 Siembra	23
3.3.2 Toma de datos	24
3.4 Área Bajo la Curva de la Enfermedad (ABCPE)	27
3.5 Tasa de infección	27
3.6 Análisis de Productividad	29
3.7 Metodología para el cálculo de R B/C	30
3.8 Análisis Estadístico	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Evaluación de daño por Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i> Mont. De Bary) y variables (Altura, No. de tallos, % hojuela quemada, % materia seca).	
31	
4.2 Tasa de Infección y Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE)	33
4.3 Rendimiento Total y Comercial	37

4.4 Relación Beneficio/costo	41
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	44
VII. ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2. Paquete tecnológico para papa en la Sierra de Coahuila y Nuevo León	17
Cuadro 3. Germoplasma de papa	23
Cuadro 4. Criterios para clasificación de la papa, considerando su diámetro inferior y su forma.	25
Cuadro 5. Costos incurridos en la realización de la validación.	29
Cuadro 6. Precio de venta por categoría.....	30
Cuadro 7. Evaluación de daño por Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i> Mont. De Bary) y variables (Altura, No. de tallos, % daño de hojuela, % materia seca y % humedad) en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” Arteaga, Coahuila (p-v 2021)...	32
Cuadro 8. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), tasa de infección (r), coeficiente de determinación (R ²) y ecuaciones para graficar la infección de tizón tardío sobre el tiempo en variedades de papa.....	34
Cuadro 9. Cuadros medios y significancia para rendimiento comercial y total de los genotipos de papa.....	38
Cuadro 10. Media de rendimiento en ton/ha de variedades evaluados por resistencia a Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i> Mont. de Bary) en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” Municipio de Arteaga, Coahuila (p-v 2021).....	39
Cuadro 11. Media de rendimiento por categorías, total y comercial en ton/ha de genotipos evaluados por resistencia a Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i> Mont. de Bary) en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” Municipio de Arteaga, Coahuila (p-v 2021).....	40
Cuadro 12. Comparación de Ingresos totales y costos totales por genotipo.....	41
Cuadro 13. Relación beneficio/ costo por genotipo.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de la enfermedad (Ristaino et al., 2018)	10
Figura 2. Estimación del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de los seis genotipos diferentes.	35
Figura 3. Progreso de la enfermedad a través del tiempo.....	37
Figura A1. Media de rendimiento por categorías en kg/ha de variedades evaluados por resistencia a Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i> Mont. de Bary) en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” Municipio de Arteaga, Coahuila (p-v 2021).....	52

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la resistencia y productividad de clones y variedades de papa del INIFAP, dentro de ellos cuatro genotipos del Programa Nacional de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y dos variedades comerciales. Fianna, introducida de Holanda y ampliamente utilizada en las regiones productoras de papa en el país y FL-2312, variedad utilizada en Estados Unidos de Norteamérica por su calidad de hojuelas e introducida por Sabritas. La evaluación se realizó en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” en el Municipio de Arteaga, Coahuila ubicado en las coordenadas 25° 23' 11.9" (L, N.) Latitud Norte y 100° 32' 11.8" (L, O.) Latitud Oeste a una altura de 2700 msnm. La parcela de evaluación consto, para cada genotipo de tres surcos de 100 metros de largo y separación entre ellos de 0.80m, con una distancia entre plantas de 0.20m. Para la estimación de las variables a evaluar la parcela útil se tomó del surco central. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta (cm) y numero de tallos por planta, días a inicio de síntomas, días a muerte de la planta, intervalo de síntomas de planta, producción total por hectárea (ton/ha), producción comercial por hectárea (ton/ha), gravedad especifica (porciento de solidos) y color de hojuela (fritura). Se realizó un Análisis de varianza (ANOVA), para el Rendimiento total y Comercial, utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0. Y, se realizó, análisis de productividad con el método beneficio/costo. Los resultados indican que, entre genotipos hubo diferencias altamente significativas para el rendimiento total y en el caso del rendimiento comercial no existieron diferencias significativas. El análisis de productividad mostro, que la variedad Norteña fue de \$5.391 y el genotipo 98-18-24 fue de \$3.677 lo cual demuestra que el mayor beneficio para el productor se obtiene al utilizar dichos genotipos, sin embargo, la mejor de acuerdo a dicho a análisis es la variedad Norteña. Para la evaluación de tizón tardío se estimó la tasa de infección y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de cada genotipo, donde los valores más bajos corresponden a los genotipos más resistentes y los valores más altos a los más susceptibles. Los genotipos evaluados: 98-18-24 y Norteña tuvieron los valores más bajos en la

ABCPE, indicando que tuvieron un bajo progreso de la enfermedad con magnitudes de 1354.3 y 1127 respectivamente. El genotipo FL-2312 presenta el valor más alto con 4000.5 siendo el más susceptible. Respecto a la tasa de infección (r), Norteña, obtuvo un valor de 0.0019 y 98-18-24 de 0.0013, indicando buena resistencia ya que, el daño del patógeno fue lento e incrementando su severidad al final del ciclo. FL-2312 presentó el valor más elevado, de 0.0047. Lo cual supera tres veces más referente a la tasa de infección del genotipo 98-18-24 y dos veces más a la Norteña.

Palabras claves: Resistencia, Enfermedad, Rendimiento, Calidad, Beneficio/Costo.

I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum L.*), el cuarto cultivo de mayor producción en el mundo. Es un alimento versátil y tiene un gran contenido de carbohidratos. Recién cosechada, contiene un 80 por ciento de agua y un 20 por ciento de materia seca. Además, la papa tiene poca grasa. Tiene una cantidad moderada de hierro, de vitamina C. Además, tiene vitaminas B1, B3 y B6, y otros minerales como potasio, fósforo y magnesio, así como folato, ácido pantoténico y riboflavina. También contiene antioxidantes alimentarios, y tiene fibra, cuyo consumo es bueno para la salud (FAO,2008).

Cultivo importante debido a la derrama económica que genera, ya que representa el 1% del Producto Interno Bruto Total y el 2.6% del Producto Agropecuario del país (ITESM, 2003). En los países en desarrollo, el consumo per cápita de papa aumentó de 10 kg, en un periodo comprendido de 1961 – 1963, a 21.5 kg en 2003. En los países desarrollados el consumo per cápita promedio anual es de 93 kg (Bayer, 2008).

El tizón tardío causado por (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary), es una de las enfermedades más devastadoras de la papa a nivel mundial. En 1845 causó en Irlanda la destrucción total de los campos de papa, que eran la principal fuente alimenticia de ese país, produciendo la muerte de miles de personas y la migración de muchos sobrevivientes a otros lugares de Europa y Norte América (Pérez y Forbes, 2008).

Las aplicaciones de fungicidas para controlar el tizón tardío de la papa encarecen el cultivo y afectan al medio ambiente. En 1994 los productores de papa del mundo gastaron más de 4,000 millones de dólares en fungicidas para controlar el tizón tardío. Dondequiera que la papa se cultive de temporal y aun en regiones con riego, el cultivo debe de protegerse con fungicidas químicos para prevenir el ataque al tizón tardío, Actualmente se aplican más agroquímicos a la papa que a cualquier otro cultivo.

Del campo mexicano se obtienen cinco de cada mil toneladas del volumen mundial de papa. Sonora y Sinaloa son los principales productores de papa en el país;

durante 2017, el volumen de sus cosechas les generó un ingreso en conjunto de 4 mil 685 millones de pesos. Con producciones menores, Veracruz y Nuevo León, obtuvieron más de mil millones de pesos cada uno por la comercialización de las cosechas de papa (SIAP, 2019).

En la actualidad, en México se siembran más del 95% de la superficie con variedades introducidas de papa de Estados Unidos de América, Canadá y Holanda, susceptibles al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary), implicando que deben efectuarse constantes aplicaciones de fungicidas para controlar el ataque del hongo, que requiere entre 15 y 30 aplicaciones de fungicidas preventivos y de 4 a 12 sistémicos para la protección adecuada del cultivo, representando un volumen de más de 5 mil toneladas anuales de agroquímicos sólo para el control de esta enfermedad. Las áreas productoras de papa de Coahuila y Nuevo León utilizan variedades altamente susceptibles a ésta enfermedad (Parga-Torres *et al*, 1999).

En México existe gran diversidad en especies de papa nativas que no son afectadas por el tizón tardío, principal enfermedad a nivel mundial (Henfling, 1987); muchas de ellas crecen silvestres, sobre todo en la mesa central. Estas especies, tienen un alto nivel de resistencia por la acumulación de genes deseables, que les ha permitido sobrevivir por miles de años, a pesar de estar expuestos constantemente a numerosas plagas, enfermedades y factores climatológicos adversos. Consecuentemente, estos materiales constituyen valiosos recursos en el mejoramiento genético de la papa que puedan permitir la solución a problemas presentes y futuros que afectan la productividad y sanidad del cultivo. (Flanders *et al*, 1993).

En México debido al uso de variedades altamente susceptibles al tizón tardío, es necesario realizar frecuentes aplicaciones de fungicidas preventivos y sistémicos para su prevención y control, favoreciendo así, un incremento de las poblaciones de insectos vectores al disminuir los organismos benéficos (Parga, 2008).

El futuro de la producción de papa está amenazado. La destrucción de los cultivos de papa podría originar, en nuestros días, hambrunas parecidas a la ocurrida en el siglo pasado. La solución a este problema que afecta a la producción de papa en el mundo, está en la incorporación de resistencia genética durable al tizón tardío, en

los nuevos cultivares de papa. Esta valiosa resistencia durable se observa en muchas especies silvestres de papa en América Latina, especialmente en México. (PICTIPAPA, A.C., 1997).

En México el principal Programa de Mejoramiento Genético de papa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), tiene como objetivo la generación de germoplasma para resistencia al tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*), programa en el que México es líder a nivel mundial (Rivera, 2008) y para Resistencia al pardeamiento del tubérculo, problema actual en la producción.

En Coahuila en el 2010 se sembraron 497 hectáreas de papa, con una producción de 18,248.84 toneladas y un rendimiento de 110.93 ton/ha (SIAP, 2011). En el 2021 se sembraron 310 hectáreas de papa, con una producción de 10,553.50 toneladas y un rendimiento de 34.04 ton/ha (SIAP, 2021) lo que redujo 187 hectáreas de superficie de siembra.

1.1 Objetivo General

Evaluar la resistencia y productividad de Clones y Variedades de papa del INIFAP, en la región Sureste del Estado de Coahuila.

1.1.1 Objetivos Específicos

Analizar la rentabilidad de clones y variedades de papa del INIFAP.

1.2 Hipótesis

1.2.1 Hipótesis nula

Todos los genotipos son iguales en rendimiento y en susceptibilidad.

1.2.2 Hipótesis Alternativa

Hay diferencia entre genotipos en rendimiento y en resistencia al tizón tardío

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cultivo de papa

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro y produce un tubérculo, la papa misma, con tan abundante contenido de almidón. Pertenece a la familia de floríferas de las solanáceas, del género *Solanum*, formado por otras mil especies. El *S. tuberosum* se divide en dos subespecies apenas diferentes: la andígena, adaptada a condiciones de días breves, cultivada principalmente en los Andes, y *tuberosum*, la variedad que hoy se cultiva en todo el mundo y se piensa que descende de una pequeña introducción en Europa de papas andígena, posteriormente adaptadas a días más prolongados (FAO 2008).

Las especies cultivadas son las Tetraploides ($2n=48$) que pertenece a las especies *Solanum tuberosum* y *solanum andigenum*.

Solanum tuberosum es la papa que fue llevada a Europa por los españoles y domesticada en esos países, generalmente es de días y ciclos cortos (90 a 100 días) de forma alargada, piel lisa, ojos superficiales, el color de la pulpa es crema amarilla y la piel rosada, roja o beige y tiene estolones cortos.

Solanum andigenum es de días largos, ciclo tardío (de forma redonda y ojos profundos, color de piel variable (morada, roja, blanca, negra y combinada); la pulpa es blanca o amarilla, y es cultivada por los países de Sur América. Existen variedades que son mezcla de ambas especies. (Román-Cortez y Hurtado, 2002).

2.1.1 Origen

El centro de origen de la papa se ubica entre Perú y Bolivia, cerca del lago Titicaca para la subespecie *andigenum*, aunque existen muchas especies silvestres en México, Guatemala, Ecuador y Chile; en este último, la Isla Chiloe se considera el centro secundario de la subespecie *tuberosum* (Bukasov 1933). En 1537 Juan de Castellanos hizo la primera referencia de la papa cultivada en Perú (Román-Cortez y Hurtado, 2002). Según Hawken citado por Nelson (2000), otras papas silvestres

comenzaron a evolucionar en México y algunas migraron a América del Sur cuando se formó el puente terrestre en la época geológica del plioceno, hace tres millones de años. El número de especies silvestres es aproximadamente 200 y si se cuentan las diversas variantes o clones de cada una, pasan de 2,000 con características variables dentro de una misma especie.

2.1.2 Morfología

Raíces

Las plantas que se originan de la reproducción sexual de la planta (semilla botánica) presentan una raíz principal delgada, la cual se va modificando en un tipo fibroso. Las plantas que se desarrollan a partir de tubérculos poseen un sistema radicular del tipo fibroso con raíces laterales que nacen en grupos de tres a partir de los nudos de los tallos que se encuentran por debajo de la superficie (subterráneos) y en los estolones (Hooker, 1980; Alvarez-Martínez, 2002).

Tallos

El sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Los tallos que presenta la papa son del tipo herbáceo, erecto y pubescente; el color varía de verde a púrpura dependiendo de la variedad y condiciones climáticas que se presenten; los brotes al nacer son erectos y conforme maduran presentan cierta inclinación (Báez, 1983 y Edmond, 1981; Alvarez-Martínez, 2002).

Estolones

Los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. Los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto

con suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal (Huamán, 1986).

Tubérculos

Los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta. Las yemas de los ojos pueden llegar a desarrollarse para formar un nuevo sistema de tallos principales, tallos laterales y estolones (Huamán, 1986).

Hojas

Las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo. Normalmente las hojas son compuestas, es decir, tienen un raquis central y varios folíolos. Cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal. En la base de cada pecíolo se encuentran dos hojuelas laterales llamadas pseudoestipulas. La forma y tamaño de ésta, así como el ángulo de inserción del pecíolo y en el tallo, son caracteres varietales distintivos muy útiles (Huamán, 1986).

Flores

Las flores de la papa son bisexuales y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo. La corola puede ser de color blanco, azul claro, azul, rojo, o morado en diferentes tonos e intensidades (Huamán, 1986).

Fruto

Al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya, que contiene numerosas semillas. El fruto es generalmente esférico, pero algunas variedades producen frutos ovoides o cónicos. Normalmente, el fruto es de color

verde. En algunas variedades cultivadas, tienen puntos blancos o pigmentados, o franjas o áreas pigmentadas (Huamán, 1986).

2.1.3 Clasificación taxonómica

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Solanales

FAMILIA: Solanaceae

GÉNERO: *Solanum*

ESPECIE: *tuberosum* L., 1753

2.2 Tizón tardío de la papa

La enfermedad ha alcanzado proporciones desastrosas. Bien documentada es la hambruna de Irlanda de más o menos 1845 a 1850 cuando, como consecuencia de una epifitía de tizón tardío, murieron un millón de personas de un total de ocho millones de habitantes, y otro millón y medio emigraron del país. La población de Irlanda dependía completamente de la papa que constituía virtualmente su única fuente de alimento. La biología de la enfermedad y los métodos de su control eran totalmente desconocidos. En otras partes de Europa y en América del Nortel, la enfermedad fue tan severa como en Irlanda, pero en esas áreas se evitó la hambruna gracias a la existencia de una mayor variedad en los alimentos (Henfling, 1987).

2.2.1 Biología del hongo

Phytophthora infestans fue nombrada por primera vez *Botrytis infestans* por MJ Berkeley en la década de 1840. En 1876, Anton de Bary cambió el nombre del patógeno a *Phytophthora infestans* (de Bary, 1876). El nombre se deriva del

griego: *Phyto* =planta, *phthora* = destructor. *Phytophthora infestans* es un miembro de los oomicetos, un grupo de organismos a los que a veces se hace referencia como "mohos de agua". Los oomicetos no son verdaderos hongos, pero están más estrechamente relacionados con las algas pardas. El micelio es hialino y cenocítico (pocos tabiques), y los núcleos son diploides. La mayoría de los hongos son haploides. El nombre de familia de este grupo de organismos es Peronosporaceae, que se ha asignado al Reino Stramenopila de los eucariotas. Los oomicetos ya no se consideran miembros del Reino Fungi, aunque comparten muchas características biológicas, ecológicas y epidemiológicas con los hongos patógenos de las plantas (Ristaino *et al.*, 2018).

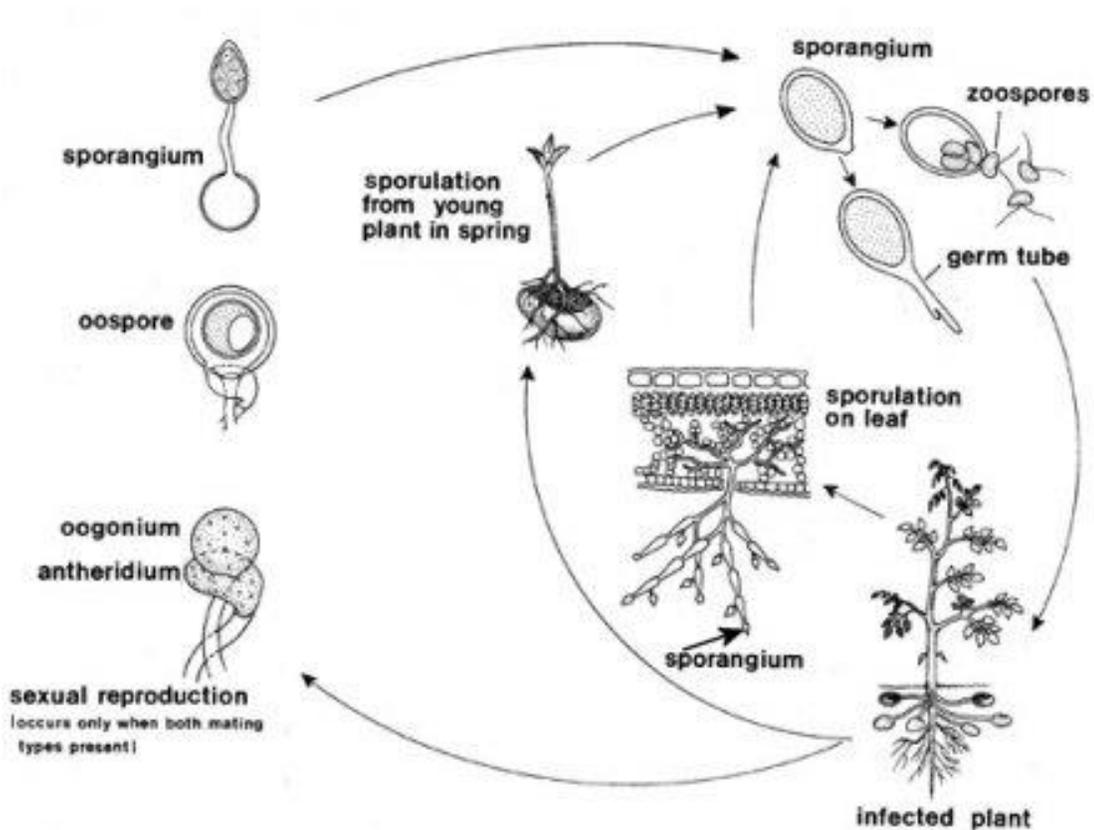
Reproducción asexual

Phytophthora infestans produce esporangios o estructuras similares a sacos en los esporangióforos. Los esporangióforos son compuestos e indeterminados y (es decir, crecen y producen esporangios continuamente). Estas estructuras parecidas a tallos ayudan en la dispersión aérea de los esporangios. *Phytophthora infestans* es una de las pocas especies del género *Phytophthora* adaptadas a la dispersión aérea. Los esporangios pueden dispersarse a campos vecinos, pero generalmente no sobreviven viajes de larga distancia debido a la desecación y exposición a la radiación solar. La enfermedad se considera una enfermedad de la comunidad ya que puede propagarse de un campo a otro si los campos no se tratan. En condiciones frescas y húmedas, las zoosporas se formarán y emergerán de los esporangios después de unas dos horas. En condiciones más cálidas, los esporangios pueden funcionar como una sola espora y germinar directamente. Las zoosporas son biflageladas (tienen dos flagelos), con un flagelo de oropel dirigido hacia delante y un flagelo de latigazo cervical dirigido hacia atrás. Después de nadar en la superficie de la planta huésped, las zoosporas se enquistan e infectan la planta (Ristaino *et al.*, 2018).

Reproducción sexual

Si ambos tipos de apareamiento (A1 y A2) entran en contacto, puede ocurrir la reproducción sexual. La meiosis ocurre en el gametangio y luego un núcleo del anteridio ingresa al oogonio. Después de la cariogamia (la fusión de dos núcleos) en el oogonio, se forma una oospora diploide de paredes gruesas. La reproducción sexual se reportó por primera vez en México y allí se describieron los tipos de apareamiento (Gallegly y Galindo, 1958). El patógeno se reproduce sexualmente en los Países Bajos y partes de Escandinavia.

Figura 1. Ciclo de la enfermedad (Ristaino *et al.*, 2018)



2.2.2 Epidemiología

La temperatura y la humedad son los factores ambientales más importantes que afectan el desarrollo del tizón tardío. Los esporangios se forman en las superficies inferiores de las hojas, en los tallos infectados cuando la humedad relativa es <90 por ciento. La esporulación puede ocurrir de 3 a 26 °C, pero el rango óptimo es de 18 a 22 °C. Los esporangios germinan directamente a través de un tubo germinativo a 21-26°C (70-79°F). Por debajo de 18 °C, los esporangios producen de 6 a 8 zoosporas que requieren agua para nadar. Cada zoospora es capaz de iniciar una infección, lo que explica por qué la enfermedad es más grave en condiciones frías y húmedas. Las noches frescas, los días cálidos y las condiciones húmedas prolongadas debido a la lluvia y la niebla pueden provocar epidemias de tizón tardío en las que se destruyen campos enteros de papa en menos de dos semanas. El patógeno puede esporular en tubérculos infectados en áreas de almacenamiento mal controladas donde las condiciones son demasiado húmedas. La condensación produce gotas de agua en la superficie de los tubérculos infectados que luego pueden causar que el patógeno produzca esporangios y contamine los tubérculos vecinos, lo que lleva a la destrucción de toda la pila por la bacteria de la pudrición blanda (Ristaino *et al.*, 2018).

2.2.3 Síntomas

Los síntomas tienen parecido con los causados por las heladas. Las plantas que están severamente afectadas por el tizón tardío producen un olor que las distingue. La enfermedad afecta hojas, tallos y los tubérculos.

Las hojas

Los síntomas se presentan con frecuencia en las hojas inferiores. Consiste en pequeñas manchas de color entre verde claro y verde oscuro que se convierte en lesiones pardas o negras según la humedad del ambiente. Las lesiones se inician

en las puntas y los bordes de las hojas. Una aureola verde clara o amarilla de algunos milímetros de ancho suele separar el tejido muerto del sano. La esporulación se ve en el envés de las hojas como un moho blanco que rodea las lesiones. Puede propagarse desde los primeros folíolos infectados en unas pocas plantas, hasta casi todas las plantas de un campo. Las hojas pueden caerse (Henfling, 1987).

Los tallos

Las lesiones pueden desarrollarse por infección directa o por extensión a partir de las hojas, en los peciolo y los tallos, donde se expanden longitudinalmente. Los tallos infectados se debilitan, pueden tener un colapso y morir de la lesión hacia arriba (Henfling, 1987).

Los tubérculos

Los tubérculos infectados presentan una descoloración superficial e irregular. Las lesiones necróticas, secas y de color marrón penetran desde la superficie del tubérculo. El tizón tardío no se propaga normalmente durante el almacenamiento; sin embargo, las infecciones secundarias pueden contaminar los demás tubérculos (Henfling, 1987).

2.3 Mejoramiento Genético de la papa

Mejoramiento genético. Consiste en el desarrollo de nuevas variedades con características agronómicas deseables de resistencia a factores bióticos o abióticos y calidad. Para lo cual se utilizan varios métodos desde la selección fenotípica por características de interés hasta el uso de herramientas biotecnológicas avanzadas. El mejoramiento genético comprende todas las actividades dirigidas a la producción de variedades con constitución genética mejorada y está relacionado con las necesidades de la sociedad (Cuesta *et al.*, 2015).

El término “mejorado” depende de nuestros objetivos. En general significa un mejoramiento en cantidad (rendimiento), calidad (sabor, color), precocidad, resistencia y tolerancia a enfermedades (Cuesta *et al.*, 2015).

En México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha liberado alrededor de 24 variedades con resistencia de campo al Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary), tolerancia a otras enfermedades y a condiciones abióticas adversas (Rubio,1997). Los problemas principales que motivaron el inicio de un programa de mejoramiento genético en Coahuila fueron el uso intensivo de agroquímicos y la contaminación ambiental resultante del control del Tizón Tardío; por lo anterior, en el Campo Experimental Saltillo del INIFAP se inició desde 1991, un proceso de generación de germoplasma tolerante a las condiciones adversas presentes en la región, con características deseables por los productores e industria dando como resultado la obtención de las variedades Nieder, Bayonera y Enrica (Parga-Torres *et al.*, 2007).

2.4 Definición de la Resistencia a tizón tardío

El concepto de resistencia al huésped, se dividió en dos tipos resistencia vertical y resistencia horizontal (Van der Plank, 1968).

2.4.1 Resistencia vertical

La resistencia vertical, usando la terminología de Van der Plank (1968), está gobernada por los genes dominantes en el huésped, posteriormente descritos como genes R, quienes exhibieron la resistencia mediante la reacción a la entrada del patógeno mediante aislamiento del sitio de infección con células necróticas para evitar expansiones futuras de las lesiones. Esta resistencia duraría solo hasta que el patógeno desarrollara genes virulentos para romper la resistencia de estos genes R. Fuentes de este tipo de resistencia, se encontraron en casi todas las especies silvestres mexicanas alrededor del Valle de Toluca, siendo la *S. demissum*, la especie más usada y estudiada.

2.4.2 Resistencia horizontal

El otro tipo de resistencia en contraste, siguiendo la terminología de Van der Plank, se describió como una resistencia horizontal y es dominada por muchos genes heredados cuantitativamente con pequeños efectos aditivos, expresando una serie de reacciones biológicas en el hospedero que lo expresarían fenotípicamente como pequeñas lesiones necróticas visibles con un bajo rango de expansión a través de exposición al patógeno y sin matar a la planta completamente (Black, 1970).

El principal efecto de la resistencia de campo, es el de desacelerar el desarrollo de la epidemia, lo cual implica una reducida eficiencia de infección, un crecimiento más lento en el tejido de la planta, y una reducida capacidad de esporulación, este tipo de resistencia tiende a ser estable (Cadena et al., 1970; Robinson, 1996).

2.5 Principales características de los genotipos.

2.5.1 Clon 91-25-4

Se obtuvo de la cruce efectuada en 1991 entre los progenitores Ileri x USA-4. Ileri fue generado por el INIFAP con resistencia durable contra el tizón tardío y calidad no apta para la industria de la papa frita y el clon USA-4 es susceptible al tizón tardío y con excelente calidad para la industria de la hojuela. Un análisis económico del beneficio de utilizar esa variedad indica que si los costos de producción en el año 2006 fueron de \$100,000 ha⁻¹, utilizándola los costos se reduce en 18% (Parga-Torres *et al.*, 2007). Es una planta con crecimiento semi-erecto arbustivo característico del tipo *tuberosum*, de madurez intermedia, con presencia abundante de flores de color blanco y un tubérculo de forma oval-corta (Parga-Torres et al., 2006c) (Parga-Torres *et al.*, 2007). Tiene tubérculos de piel tersa, profundidad de yemas media y color crema, con 16 a 18% de sólidos y de 95 a 100% de color en la hojuela, de doble propósito, para el mercado fresco y para la industria. Resistente a tizón tardío, marchitez y granizo (Parga-Torres *et al.*, 2007).

2.5.2 Variedad Norteña

Se generó en 1992 de la cruce entre la variedad Atzimba, de origen *tuberosum andigenum*, y el clon 55-22-3 de origen *tuberosum*, que se obtuvo de la cruce del clon US-148 con la variedad Katahdin, materiales de origen norteamericano. El proceso de obtención fue mediante el método de selección clonal o de Pedigree comprendiendo de 1985 a 1992 y su genealogía fue “750815”. Otras características sobresalientes son su resistencia al granizo y tolerancia a Rizoctonia (*Rhizoctonia solani*) y Esclerotina (*Sclerotinia sclerotiorum*), problemas endémicos de la región. Norteña es de follaje denso, de habito arbustivo tipo *tuberosum*, tallos gruesos y fuertes ligeramente pigmentados; florea profusamente en color blanco y fructifica moderadamente; los tubérculos son redondos, con piel lisa color amarillo y produce de 8 a 12 tubérculos por planta. Sus ojos semi-profundos y su pulpa amarilla. Es de madurez tardía (140 días) y es resistente a Tizón tardío (Parga-Torres *et al.*, 1999).

2.5.3 Genotipo FL-2312

Se liberó en el 2012 con características: Planta compacta, maduración intermedia, los tubérculos son redondos, ojos superficiales, piel y pulpa blanca, rendimiento medio, materia seca alta y es de consumo industrial. Presenta susceptibilidad a tizón tardío (Hoopes, 2015).

2.5.4 Clon 98-18-24

Se originó de la cruce Norteña x Diamante, presenta una planta alta, flores blancas, madurez tardía (120 DDE), tubérculo redondo ovalado, rendimiento medio-alto, solidos medio-alto. Es resistente a tizón tardío, tizón temprano, virus (PVX y PVY), Marchitez temprana, con buena calidad para el consumo papas frescas y hojuela/chips. Además, presenta buena recuperación al granizo, sequia, heladas y altas temperaturas (Parga- Torres *et al.*, 2021).

2.5.5 Clon 07-18

Se creó de la cruce Fianna x Zafiro, presenta una planta alta, flores moradas, madurez semi-tardía (100-120 DDE), tubérculo redondo ovalado, rendimiento medio-alto, sólidos altos. Es tolerante a tizón tardío, tizón temprano, virus (PVX y PVY), Marchitez temprana, con buena calidad para el consumo de papas frescas y hojuela/chips. Además, presenta buena recuperación al granizo (Parga- Torres *et al.*, 2021).

2.5.6 Variedad Fianna

Se originó entre la cruce 4062-660 x AM 66-42. Variedad holandesa, introducida, no se le ha agregado ningún cambio genético, por (selección o cruzamiento). Es buena y al productor le gusta por sus rendimientos y uso final que es aceptado por el mercado fresco e industria (Barclay, 1997). Cuenta con una maduración tardía, tubérculos ovalados, ojos superficiales, piel y pulpa amarilla clara, materia seca buena y se consume mucho en papas fritas. Es resistente a sarna verrugosa, nematodos, sarna común, virus X y Verdeo. Susceptible a tizón tardío.

2.9 Paquete tecnológico para papa en la Sierra de Coahuila y Nuevo León.

Ciclo agrícola primavera-verano

Nivel de potencial productivo: 30ton/ha.

Cuadro 1. Paquete tecnológico para papa en la Sierra de Coahuila y Nuevo León

Concepto	Descripción
Característica del área	Altitud de 2200 a 2800 msnm, temperatura de 18 a 35°C, precipitación de 300 a 600 mm de Mayo a Septiembre.
Preparación del terreno	Subsoleo, barbecho, rastreo y empareje.
Variedades	Norteña, Lupita, Montserrat, Zafiro.
Siembra	Surcos a 0.80 m.
Fecha de siembra	10 al 31 de Mayo.
Densidad de Población	18 a 24 tallos por metro cuadrado, que se logra con espaciamiento entre plantas de 20 cm con semilla de 3ª categoría y 30 cm para semilla de segunda categoría.
Fertilización	120-200-200, aplicar 60-200-100 a la siembra y resto 2º aporque.
Riegos	El consumo de agua por la papa varía para variedades de ciclo precoz de 700 a 800 mm, en variedades de ciclo intermedio de 950 a 1100 mm en función de las condiciones agroclimáticas del ciclo agrícola. El riego debe mantener la humedad a una profundidad de 30 cm como perfil de control y un nivel de 40 kPa a emergencia, 55 kPa a estolonización, 30 kPa de inicio de tuberización a madurez del tubérculo y 50 kPa antes del desvare.
Control de maleza	Preemergencia: Sencor 480 S. C.” a razón de 0.750 a 0.850 L/ha o Lexone W. G., a una dosis de 0.400 a

	<p>0.500 kg/ha, inmediatamente después de la siembra y antes de que emerja el cultivo.</p> <p>Dos aporques, el 1º a una altura de planta de 15 a 20 cm y el 2º antes del cierre del cultivo.</p>
Control de plagas	<p>Vectores (Pulgones, Chicharritas y Psilidos) 1 aplicación a la siembra de Imidacloprid 30 SC en dosis de 1.25 L/ha. Intercalar aplicaciones semanales de Metamidofos 48 LS en dosis de 1.25 L/ha al follaje al aparecer los primeros adultos; Abamectina 1.8 CE en dosis de 1 L/ha al aparecer los primeros adultos; Cyflutrin 0.5 L/ha y Acetamiprid 0.300 g/ha. Palomilla de la papa (<i>Pthorimaea operculella</i>), aplicar Deltametrina 500 ml/ha, alternando con Endosulfan a dosis de 1.5 a 2.0 L/ha.</p>
Control de enfermedades	<p>Phytophthora infestans. Mancozeb 3 kg/ha intercalar semanalmente con clorotalonil 2 L/ha. Aplicaciones de sistémicos, si las condiciones favorecen el desarrollo de la enfermedad de Metalaxil M con Clorotalonil 76.5 PH en dosis de 2.5 kg/ha intercalar con Fosetyl-AI 80 PH en dosis de 2.5 kg/ha.</p>
Desvare	<p>Cuando el follaje toma un color alimonado y se tiene más del 75% de producción comercial. Se realiza el corte del follaje con doble paso de desvaradora y después aplicar desecante Reglone o Gramoxone en dosis de 5 L/ha.</p>
Cosecha	<p>Alrededor de 20 días después del desvare y cuando los tubérculos subericen, se realiza la cosecha de papa con un equipo con cuchilla y cadena vibradoras y personal para la selección y empaque en campo.</p>
Rendimiento esperado (ton/ha)	<p>30 Ton/ha.</p>

2.10 Análisis de Productividad

El análisis de productividad es importante porque permite identificar aquellos procesos que presentan deficiencias o que requieren de mejoras, con la finalidad de optimizar tiempo y recursos en el momento oportuno, logrando de esta forma aumentar la rentabilidad e incrementos en su productividad, por ello, es importante evaluar su desempeño productivo, entre los recursos utilizados y los productos obtenidos (Piedra-Arévado, 2021).

2.10.1 Definición de Productividad

La productividad es genéricamente entendida como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema.

La productividad corresponde a un indicador que define cuántos productos o servicios se han llegado a producir por cada uno de los recursos utilizados en su elaboración (mano de obra, tiempo y capital, entre otros) dentro de un plazo determinado. De este modo, a través del cálculo de la productividad se puede determinar la eficiencia en la producción de una organización (Casanova, 2001). En particular, existen dos formas para lograr mejores resultados en la medición de este indicador:

- Fabricar una mayor cantidad de productos con los mismos medios disponibles.
- Producir una cantidad similar, pero con un menor gasto de recursos.

2.10.2 Definición de Rentabilidad

Chávez (2005) afirma que la rentabilidad es uno de los indicadores financieros más relevantes, sino el más importante, para medir el éxito de un negocio; agrega que una rentabilidad sostenida combinada con una política de dividendos cautelosa, conlleva a un fortalecimiento del patrimonio. Como complemento de esto, Anthony y Govindarajan (2003) mencionan que habitualmente, en una empresa el beneficio es el objetivo más importante, por ello es tan necesario el cálculo de la rentabilidad. La importancia del análisis de la rentabilidad viene dada porque, aun partiendo de la multiplicidad de objetivos a que se enfrenta una empresa, basados unos en la rentabilidad o beneficio, otros en el crecimiento, la estabilidad e incluso en el servicio a la colectividad, en todo análisis empresarial el centro de la discusión tiende a situarse en la polaridad entre rentabilidad y seguridad o solvencia como variables fundamentales de toda actividad económica (Sánchez, 2000).

2.10.3 Definición de Ingresos

Los ingresos son definidos, en el Marco Conceptual para la Preparación y Presentación de Estados Financieros, como incrementos en los beneficios económicos, producidos a lo largo del periodo contable, en forma de entradas o incrementos de valor de los activos, o bien como disminuciones de los pasivos, que dan como resultado aumentos del patrimonio neto y no están relacionados con las aportaciones de los propietarios de la entidad. El concepto de ingreso comprende tanto los ingresos ordinarios en sí como las ganancias. Los ingresos ordinarios propiamente dichos surgen en el curso de las actividades ordinarias de la entidad y adoptan una gran variedad de nombres, tales como ventas, comisiones, intereses, dividendos y regalías (NIC, 2001).

2.10.4 Definición de Costos

El Costo, es el desembolso o gasto económico que se realiza para la producción o fabricación de algún producto. Al determinar el costo, se podrá establecer un precio de venta del producto, por lo que incluye la compra de insumos, el pago de la mano de obra, los gastos en la producción y los gastos administrativos, entre otras actividades (AdmiPAQ, 2021).

Los costos deberán cumplir simultáneamente los siguientes tres objetivos:

- Valuar o cuantificar resultados de producción (Materia prima).
- Controlar la eficiencia de la gestión del producto (Mano de obra).
- Tomar decisiones orientadas para la asignación del costo (Gastos indirectos de producción).

2.11 Método Relación beneficio/costo.

Es un método de Evaluación de Proyectos, también llamado "índice de rendimiento". Que se basa en el "Valor Presente", y que consiste en dividir el Valor Presente de los Ingresos entre el Valor Presente de los egresos. El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto si este índice es mayor que 1 se acepta el proyecto; si es inferior que 1 no se acepta, ya que significa que la Rentabilidad del proyecto es inferior al Costo del Capital (Eco-finanzas, 2012).

2.12 Análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad

El área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) es la técnica de análisis más recomendada, cuando se requiere identificar las relaciones del progreso de la enfermedad y el periodo de duración del área foliar, respecto al impacto sobre el rendimiento (Waggoner, 1986). Además, esta técnica se considera de mayor efectividad, respecto al análisis comparativo de tasas (bt) por las siguientes razones:

- Este método de análisis epidemiológico no necesita ningún tipo de ajuste a modelos predeterminados y, por ende, no requiere de consecuentes transformaciones de valores que puedan enmascarar o confundir posibles efectos de tratamiento.
- Puesto que el ABCPE estabiliza la varianza de los valores porcentuales de la enfermedad dentro de tratamientos, es posible detectar efectos de los mismos que podrían no detectarse por el análisis de tasas relativas del incremento de la enfermedad.
- Los resultados pueden ser más confiables, dado que, al reducir la varianza, disminuye el coeficiente de variación, el cual por lo regular es alto en este tipo de estudios. Con estos se incrementa la confiabilidad de las conclusiones derivadas de este tipo de estudios epidemiológicos (Pedroza, 1995).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localidad experimental

Ejido Rancho Nuevo “El Puerto”, Municipio de Arteaga Coahuila, ubicado en las coordenadas 25° 23’ 11.9” (L, N.) “Latitud Norte y 100° 32’ 11.8” (L, O.) Latitud Oeste a una altura de 2700 msnm, con un clima semi-seco semi-cálido con ligeras variaciones según la altitud, y con una temperatura media anual 12°C - 16°C a una distancia de 40 km, de la cabecera municipal.

3.2 Material Genético

Se evaluaron seis genotipos: cuatro del Programa Nacional de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y dos variedades comerciales. Fianna, introducida de Holanda y ampliamente utilizada en las regiones productoras de papa en el país y FL-2312, variedad utilizada en Estados Unidos de Norteamérica por su calidad de hojuela.

Cuadro 2. Germoplasma de papa

Genotipos	Progenitores	Origen	Tizón tardío
98-18-24	Norteña X Diamante	México	Resistente
FL-2312	Desconocido	USA	Susceptible
91-25-4	Ireri x USA-4	México	Tolerante
Fianna	4062-660 x am-66-42	Holanda	Susceptible
Norteña	Atzimba x 55-22-3	México	Resistente
07-18	Fianna X Zafiro	México	Tolerante

3.3 Desarrollo del Experimento

3.3.1 Siembra

La siembra se realizó el 06 de junio del 2021 en el Ejido Rancho Nuevo “El Puerto”, en el ciclo primavera-verano 2021. La semilla utilizada fue de tercera categoría. Bajo

condiciones de riego por cintilla y la fertilización, fue a la siembra la dosis 60-200-100 y al segundo cultivo se complementó, con 60-00-100 (antes de cerrar el cultivo). En la parcela se realizaron seis aplicaciones de insecticidas para la prevención de vectores. La parcela de validación consto, para cada genotipo de tres surcos de 100 metros de largo y separación entre ellos de 0.80m, con una distancia entre plantas de 0.20m. Para la estimación de las variables a evaluar la parcela útil se tomó del surco central.

3.3.2 Toma de datos

Para evaluar la susceptibilidad de los genotipos al tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) La parcela fue, sin aplicación de fungicidas para la prevención y control del patógeno. La evaluación se hizo semanalmente, a partir de la emergencia. El porcentaje de daño se consideró al aparecer los primeros síntomas y hasta la muerte de la planta del surco central.

VARIABLES EVALUADAS

Altura de Planta (cm) y Número de Tallos por Planta

A los 80 días después de la emergencia o muerte de la misma se registró en 10 plantas aleatorias de la parcela y se tomó, desde la superficie del suelo hasta el ápice. El número de tallos fue evaluado de las mismas plantas.

Días a Inicio de Síntomas.

Días desde la emergencia a la aparición de los primeros síntomas (decoloración o enrollamiento de las hojas).

Días a Muerte de Planta

Días transcurridos desde la emergencia a muerte de la planta.

Intervalo de Síntomas a Muerte de Planta

Días transcurridos al observar los primeros síntomas, a la muerte de la planta.

Producción Total por hectárea (ton/ha)

Para la estimación del rendimiento total y comercial, se realizaron tres sub muestreos por genotipo de tres metros lineales del surco central de cada parcela. Los tubérculos obtenidos en una superficie de 2.76 m² se pesaron en kg.

Producción comercial por hectárea (ton/ha)

Los tubérculos cosechados se clasificaron por categorías y la producción comercial Se obtuvo mediante la suma de las categorías de primera, segunda y tercera y posteriormente transformadas a toneladas por hectárea. La producción se clasificó de acuerdo a las categorías del (Cuadro 4).

Cuadro 3. Criterios para clasificación de la papa, considerando su diámetro inferior y su forma.

Categorías	Diámetro inferior
Primera	>65 mm
Segunda	55-65 mm
Tercera	45-55 mm
Cuarta	35-45 mm
Tejocote	<35 mm

mm=milímetros

Gravedad Específica (Por ciento de sólidos)

Como parámetros de calidad industrial se consideraron el contenido de sólidos (por ciento). Se utilizó el método del hidrómetro (Gould y Plimpton, 1985). El cual consiste, en el contenido de sólidos es una medida de la gravedad específica o materia seca de la papa y su importancia radica en que influye en la eficiencia del procesamiento, la absorción de aceite y la cantidad final del producto, variable donde 14 por ciento es el valor mínimo aceptado por la industria.

Método del hidrómetro

1. En un barril se agregó agua, el agua debe de estar limpia y la temperatura del agua en relación a la temperatura de los tubérculos, no debe variar arriba de 6°C.
2. Se verifico la calibración del hidrómetro para el peso del canasto que usamos.
3. Seleccionamos 3.650 kg de tubérculo de primera y segunda categoría por genotipo, posterior a la evaluación de la cosecha, lavamos los tubérculos, cercioramos que la escala de la báscula indique cero con el canasto vacío.
4. Se agregó el canasto con los tubérculos e hidrómetro dentro del agua hasta que los tubérculos estén sumergidos.
5. Finalmente, cuando el hidrómetro se estabilice, procedimos a leer la gravedad específica en el punto donde el agua toque con el hidrómetro y anotamos la lectura.

Nota. No leer en el nivel superior, leer en la parte inferior de la curvatura del agua.

Color de la Hojuela (fritura)

Este parámetro de calidad fue evaluado tomando una muestra aleatoria de las tres repeticiones y siguiendo los procedimientos: De los tubérculos evaluados para sólidos se mezclaron, tomando una muestra de 20, los cuales fueron partidos a la mitad y del centro se tomaba una rodaja y se freían en freidor eléctrico a una

temperatura de 180°C. EL aceite utilizado fue de girasol. A las hojuelas, se les evaluó la decoloración o quemado de hojuela, transformándolos en porcentajes.

3.4 Área Bajo la Curva de la Enfermedad (ABCPE)

Para la evaluación del daño por tizón tardío se utilizó el modelo del progreso de una enfermedad, área bajo la curva de progreso de una enfermedad (ABCPE) y la tasa de infección.

El ABCPE, se calcula integrando los rectángulos formados por el punto medio de la intensidad de la enfermedad (incidencia o severidad) alcanzada entre los diferentes tipos en que se monitoreó y se expresa con la siguiente ecuación integrada:

$$A_k = \sum_{i=1}^{N_i-1} \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} (t_{i+1} - t_i)$$

Donde, y_i es la intensidad de la enfermedad y t_i es el periodo de evaluación en días después de la siembra o cualquier otra escala desee usar en función del tiempo. En este caso las unidades serán %-días. Además, es bueno decir que este método de análisis epidémico considera la variación de la epidemia en el tiempo, para los análisis comparativos visuales que pudieran requerirse (Bautista-Martínez *et al*, 2019).

3.5 Tasa de infección

Para la tasa de infección se tomó el siguiente modelo:

Si la x observada en una epidemia policíclica se transforma al logaritmo natural de $x/(1-x)$ y los valores transformados se trazan contra t , el resultado será una línea recta con una inclinación del valor r y una intersección del valor del logaritmo natural de $x_0/(1-x_0)$. Para adaptar modelos a datos observados, es importante seleccionar el modelo basado en la biología conocida del patógeno en lugar de simplemente en

la forma de la curva, para nuestro caso es un modelo policíclico por lo tanto tenemos que convertir los porcentajes a proporciones (x), pero esta vez la transformación que usamos es $\ln(x/(1-x))$. Graficando $\ln(x/(1-x))$ (a veces llamado el logit de x) versus t, se ajusta en una línea recta a los datos usando la regresión lineal.

El ABCPE no es el único método para resumir el progreso de la enfermedad; análisis de regresión también se aplican a menudo. El análisis de regresión es una herramienta estadística para describir la relación entre dos o más variables cuantitativas tales que una variable (la variable dependiente o respuesta) puede predecirse a partir de otra variable (s) (la variable independiente o predictor (s)). Por ejemplo, si se conoce la relación entre la gravedad de la enfermedad y el tiempo, gravedad de la enfermedad se puede predecir a una hora especificada. Si tenemos sólo una variable de predicción y la respuesta y la variable predictora tener una relación lineal, los datos pueden ser analizados con un modelo lineal simple. Cuando hay más de una variable predictora, regresión múltiple puede ser utilizado. Cuando los modelos lineales no son suficientes para describir los datos, un modelo de regresión no lineal puede ser útil.

La ecuación de la recta que mejor se ajuste a la nube de puntos (recta de mínimos cuadrados). Uno de los principales usos de dicha recta será el de predecir o estimar los valores de Y que obtendríamos para distintos valores de X. Estos conceptos quedarán representados en lo que llamamos diagrama de dispersión. La ecuación de la recta de mínimos cuadrados (en forma punto-pendiente) es la siguiente:

$$y - \bar{y} = \frac{Cov(X, Y)}{s_x^2} (x - \bar{x})$$

El Coeficiente de Determinación R^2 Es una medida de la bondad de ajuste del modelo, un modelo de regresión con mayor o igual a 75% se puede considerar bastante aceptable. Nota: El valor de R^2 es afectado por la presencia de valores anormales (Acuña, 2008).

3.6 Análisis de Productividad

Para calcular el beneficio costo en el (Cuadro 5) se presenta los costos incurridos, los precios de venta por categoría (Cuadro 6) y el rendimiento total por cada categoría del genotipo (Cuadro 11).

Cuadro 4. Costos incurridos en la realización de la validación.

CONCEPTO	No. DE VECES	UNIDAD	COSTO TOTAL
PREPARACIÓN DEL SUELO			\$3,800.00
Subsoleo	1	Ha	\$1,500.00
Barbecho	1	Ha	\$1,300.00
Rastreo	1	Ha	\$1,000.00
SIEMBRA			\$42,000.00
Adquisición de semilla	1	Ton	\$40,000.00
siembra	1	Ha	\$2,000.00
FERTILIZACION AL SUELO (\$)			\$18,000.00
60-200-100	1		\$10,500.00
60-00-100	1		\$7,500.00
CONTROL PLAGAS (\$)			\$7,200.00
Plenum	1	kg	\$3,300.00
Endosulfan	2	Lt	\$1,500.00
Parathión	2	Lt	\$1,250.00
Metamidofos	1	Lt	\$1,150.00
CONTROL DE MALEZAS (\$)			\$850.00
Sencor 480	1	Lt	\$850.00
RIEGOS (\$)			\$5,850.00
Riegos	6	Ha	\$5,850.00
CULTIVOS (\$)			\$1,250.00
Cultivos	2	Ha	\$1,250.00
COSECHA			\$20,500.00
Mano de obra			\$12,000.00
Arpillas		Un	\$6,500.00
Rafia		kg	\$750.00
Saque	1	Ha	\$1,250.00
		Total	\$99,450.00

Cuadro 5. Precio de venta por categoría.

Categoría	
Primera y Segunda	Tercera
\$12.00	\$8.00

3.7 Metodología para el cálculo de R B/C

Para calcular la R B/C se utilizó la siguiente formula:

$$\mathbf{R\ B/C = Beneficios/Costos}$$

R. Relación

B. Beneficio

C. Costo

3.8 Análisis Estadístico

Para identificar si existía diferencias entre los genotipos en la producción total y comercial, se realizó un Análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de daño por Tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary) y variables (Altura, No. de tallos, % hojuela quemada, % materia seca).

En el (Cuadro 7). Se presentan los valores obtenidos de la evaluación de la enfermedad desde inicio de síntoma a infección final (días después de emergencia). Tomando en cuenta los valores, el genotipo FL-2312 presento el valor más alto con 100 porciento de daño final, esto nos indica que todas las hojas y los tallos estaban muertos a los 108 días después de emergencia. Los genotipos 91-25-4, Fianna y 07-18 presentaron un daño final de 93, 90 y 90 por ciento respectivamente, presentando así algunas hojas superiores con áreas verdes y tallos con lesiones extensas. En cambio, los genotipos 91-18-24 y Norteña presentaron un daño final de 50 y 55 por ciento, menor a los genotipos antes mencionado donde las parcela aún se observaban verdes, todas las plantas estaban afectadas; las hojas inferiores muertas, la infección final se dio a los 115 días después de emergencia.

La importancia de saber el porcentaje de materia seca del tubérculo radica en que influye en la eficiencia del procesamiento, la absorción de aceite y la cantidad final del producto. Por consiguiente, los genotipos con mayor porcentaje de materia seca fueron 98-18-24 y FL-2312 con 25%, seguido de los genotipos 91-25-4, 07-18 y Fianna que presentaron valores medios con 24%, finalmente la Norteña tuvo el 23% de materia seca coincide con (Parga-Torres *et al*, 1999) ya que dice que la variedad Norteña en lo referente a calidad presenta entre 18 y 23% de solidos, característica que la hacen aceptable para la industria. Los genotipos con mayor porcentaje de materia seca producen alto rendimiento del producto procesado y una mejor calidad. Según el CIP (2010), se consideran aceptables el contenido de materia seca mayor a 18 por ciento, por esta razón todos los genotipos son aceptables.

El color de las papas fritas es una variable de calidad muy importante y en gran medida el resultado de la reacción de Maillard que depende del contenido de azúcares reductores y aminoácidos, la temperatura y tiempo de freído (Pedreschi *et al.*, 2004). El parámetro evaluado del porcentaje de hojuela manchada, nos indica

la calidad de cada genotipo de manera que Norteña y 98-18-24 resulto con menor porcentaje de 10 y 18 respectivamente, en segundo lugar, los genotipos 91-25-4 y Fianna con 22 y 27 por ciento, por último, los genotipos con los valores más altos Fianna y FL-2312 con 50 por ciento y 07-18 con 37 por ciento. Posiblemente, el mayor porcentaje de hojuela manchada en estos genotipos pueda deberse a la infección del hongo, que, aunque no se expresaba en los tubérculos evaluados para esta característica, son los de mayor daño.

Cuadro 6. Evaluación de daño por Tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary) y variables (Altura, No. de tallos, % daño de hojuela, % materia seca y % humedad) en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” Arteaga, Coahuila (p-v 2021).

Genotipo	Altura	No. Tallos	Días a		Daño final	% Hojuela quemada	% Materia seca
			Inicio de síntomas*	infección final*			
Norteña	68.2	5	66	115	55	18	23
FL-2312	18.8	2	45	108	100	50	25
91-25-4	49.5	4	52	115	93	22	24
Fianna	47.8	4	45	115	90	27	24
07-18	54.2	4	45	115	90	37	24
98-18-24	57	5	66	115	50	10	25

* Días después de emergencia

4.2 Tasa de Infección y Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE).

Para la evaluación de tizón tardío se estimó la tasa de infección y el ABCPE de cada genotipo, donde los valores más altos corresponden a los genotipos más susceptibles y los valores bajos a los más resistentes. Los genotipos evaluados: 98-18-24 y Norteña tuvieron los valores más bajos en la ABCPE, indicando que tuvieron un bajo progreso de la enfermedad. Estos resultados coinciden con los reportados por Zepeda-Villafán (2014) en el que Norteña y 91-18-24 fueron los de más bajos valores (Cuadro 8) con magnitudes de 1354.3 y 1127 respectivamente. En seguida, los genotipos 07-18, 91-25-4 y Fianna tuvieron los valores de 3461.5, 3160.5 y 3941 respecto al ABCPE teniendo un mayor daño de la enfermedad quedando como los genotipos más susceptibles junto con el genotipo FL-2312 muriendo a los 108 días después de emergencia. FL-2312 presenta el valor más alto con 4000.5.

Respecto a la tasa de infección (r), Norteña, obtuvo un valor de 0.0019 y 98-18-24 de 0.0013, indicando buena resistencia ya que, el daño del patógeno fue lento e incrementando su severidad al final del ciclo. El CIP (1977) señala que las infecciones tardías son debidas al incremento de la frecuencia de razas capaces de superar la resistencia de los genes R de numeración alta (R5, R7, R8, R10 y R11) al final del ciclo de cultivo. Comúnmente estos genes se presentan en razas complejas. El fenómeno del incremento tardío de razas complejas fue reportado en México por Huerta (1977).

En los genotipos resistentes al tizón tardío identificados por su reducido progreso de la enfermedad a lo largo del período de cultivo sugiere que la resistencia, pudiera ser del tipo poligénica (Rodríguez *et al.*, 2008). Los genotipos con tolerancia fueron 07-18, 91-25-4 y Fianna, que presentaron valores de 0.0029, 0.0031 y 0.0038 respectivamente. Estos genotipos requieren de aplicaciones desde el inicio de emergencia y/o aplicar un fungicida sistémico a la siembra. El genotipo FL-2312 presentó el valor más elevado, de 0.0047. Lo cual supera tres veces más referente a la tasa de infección del genotipo 98-18-24 y dos veces más a la Norteña.

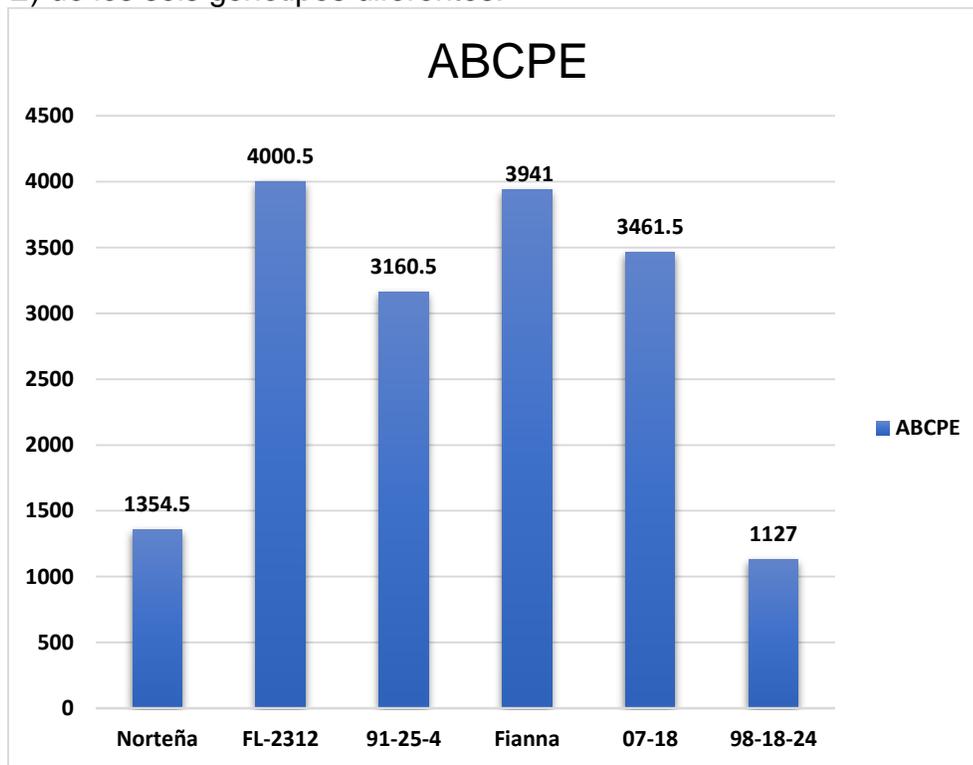
Actualmente se gastan sumas exorbitantes en fungicidas para el control del tizón tardío en las variedades introducidas, lo cual no solo son potencialmente peligrosos y costosos, sino que también están perdiendo efectividad, al generar razas más agresivas en menor tiempo, lo que ocasiona que los fungicidas sistémicos sean menos eficientes.

Cuadro 7. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), tasa de infección (r), coeficiente de determinación (R²) y ecuaciones para graficar la infección de tizón tardío sobre el tiempo en variedades de papa.

Genotipo	ABCPE	Tasa de Infección (r)	R²	Ecuación de regresión
Norteña	1354.5	0.0019	0.5651	$y = 0.0019x - 0.242$
FL-2312	4000.5	0.0047	0.7188	$y = 0.0047x - 0.4888$
91-25-4	3160.5	0.0031	0.8363	$y = 0.0031x - 0.3666$
Fianna	3941	0.0038	0.6135	$y = 0.0038x - 0.4204$
07-18	3461.5	0.0029	0.7909	$y = 0.0029x - 0.3479$
98-18-24	1127	0.0013	0.9653	$y = 0.0013x - 0.1944$

Respecto a la gráfica en la (Figura 2). Presentó únicamente el valor del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de manera que FL-2312 presenta el valor más alto seguido por los genotipos, 91-25-4, Fianna y 07-18 que presentan un rango de 3160 hasta 3941 casi alcanzando al valor de FL-2312. Dichos genotipos tuvieron un mayor progreso de la enfermedad. Finalmente, los genotipos con menor progreso de la enfermedad, fueron Norteña con un valor de 1354.5 y el genotipo 98-18-24 con más bajo valor de 1127.

Figura 2. Estimación del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de los seis genotipos diferentes.

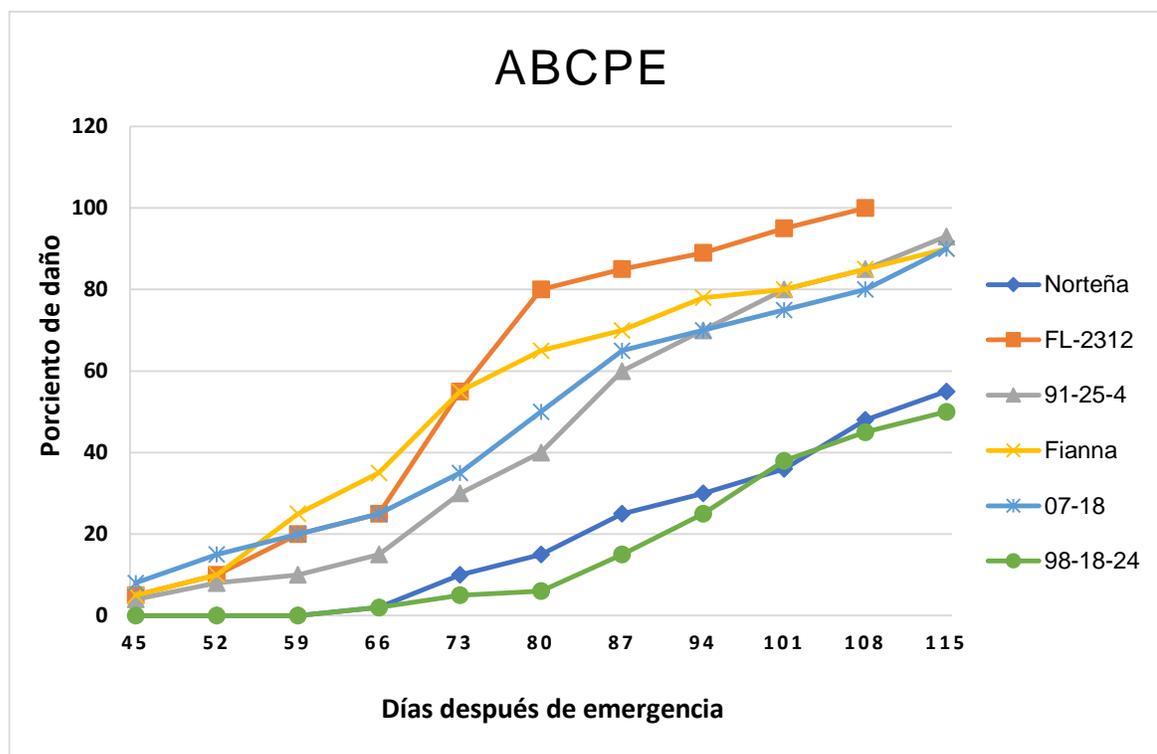


En varios cultivos agrícolas, el rendimiento es el resultado de una larga acumulación de fotosintatos y no de alguna etapa fenológica en particular, de tal manera que la relación del progreso de la curva de la enfermedad no está dada por el área foliar a un tiempo, sino más bien por la integración del área foliar sobre el tiempo, el cual se denomina duración del área foliar (Watson, 1947; Bautista-Martínez *et al.*, 2019). En la (Figura 3). Muestra el comportamiento de los genotipos durante la epidemia de acuerdo con el genotipo FL-2312 tuvo un mayor progreso de la enfermedad iniciando a los 45 días después de emergencia, a los 63 días después de emergencia se elevó el porcentaje de severidad llegando al 100 por ciento de daño a los 108 días después de emergencia ocasionando completamente la muerte de la planta, dicho genotipo presenta una alta susceptibilidad al tizón tardío asimismo los genotipos Fianna, 07-18 presentan un daño final del 90 por ciento.

El porcentaje de severidad se disparó a los 66 días después de emergencia y el genotipo 91-25-4 indica un daño final de 93 por ciento, e igualmente que los dos genotipos mencionados anteriormente presento mayor severidad a partir de los 66 días después de emergencia por consiguiente tuvieron un mayor progreso de la enfermedad, siendo así tolerantes a la enfermedad, los genotipos resistentes 98-18-24 y Norteña ya que presenta un daño final del 50 por ciento a los 115 días después de emergencia, en los primeros días se comportó con menor severidad a partir de los 66 días después de emergencia la Norteña incrementó un cinco por ciento con intervalos de seis por ciento cada semana de evaluación, cabe recalcar que en el genotipo 98-18-24 a los 88 días después de emergencia el hongo se presentó con mayor severidad, pero por su resistencia, no presentó muchas lesiones.

Se considera que hay un parentesco cercano entre todos los cultivares norteamericanos, así como entre los europeos, ya que no se ha hecho un esfuerzo técnico importante encaminado a ampliar su base genética. Es conocido que cuando se usan estos cultivares en el mejoramiento genético la progenie resultante tendrá algún grado de endogamia debido al parentesco entre sus progenitores, lo que puede reducir su rendimiento y estabilidad (Estrada, 1999). Esta situación ha ocasionado una fuerte dependencia hacia el uso de agroquímicos, debido a la baja resistencia a las enfermedades y a la falta de adaptación de los cultivares a las condiciones adversas (Spiertz *et al.*, 1996). Estos resultados indica el alto riesgo de producir con variedades introducidas sin tolerancia a la enfermedad. Por lo que, es recomendable utilizar variedades nacionales que posean tolerancia como las generadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Con el uso de estas variedades se logra un ahorro en los costos de producción, menor riesgo de tizón tardío y disminución de la contaminación causada por fungicidas, como una forma de agricultura sustentable e inocuidad alimentaria. Estas características son propias de las variedades resistentes al tizón tardío (Swiezynski y Zimnoch-Guzowska, 2001).

Figura 3. Progreso de la enfermedad a través del tiempo.



Parga-Torres *et al.* (1999) consideran que el tizón tardío continúa siendo uno de los principales factores que limitan la producción de papa en la región. Si no se controlan, las pérdidas pueden llegar al 100% en pocos días e, incluso con niveles más bajos de infección, la cosecha puede resultar no apta para el almacenamiento.

4.3 Rendimiento Total y Comercial

El análisis de varianza para el rendimiento total hay diferencia altamente significativa y en el caso del rendimiento comercial no hubo diferencia significativa (Cuadro 9).

Cuadro 8. Cuadros medios y significancia para rendimiento comercial y total de los genotipos de papa.

Fuente de variación	G.L.	R. Comercial	R. Total
Repeticiones	2	12117281	43489401
Genotipo	5	726206561	1327428452
Error	10	9061601	9947724
Total	17		

Para el Rendimiento total se presentó tres grupos por la comparación de medias (Cuadro 10). El grupo A está integrado por el genotipo Norteña con un rendimiento de 68.563 ton/ha, seguido por el genotipo 98-18-24 con un rendimiento de 64.792 ton/ha aunque hay una diferencia numérica al tener la misma letra A estadísticamente son iguales. Fueron los más altos esto posiblemente se debió a que tuvieron mayor area foliar y menor tasa de infeccion que se reflejaron en mayor cantidad de fotosintatos. García- Aparicio (2013) señala que la variedad Norteña es la mejor opción por su rendimiento y resistencia a las condiciones adversas traducidos en productividad y sustentabilidad, lo cual se refleja también en el margen de beneficio obtenido en relación a la variedad Fianna que presenta un margen de utilidad estrechos y de baja rentabilidad. Como característica sobresaliente de estos cultivares es su resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary).

El grupo B lo conforman los genotipos Fianna con un rendimiento medio de 37.146 ton/ha, 91-25-4 con 36.294 ton/ha y 07-18 con 33.427 ton/ha y son estadísticamente iguales entre ellos, pero son diferentes al del grupo A con valores intermedios. Finalmente, el grupo C con el valor más bajo está integrado solo por el genotipo FL-2312 con un rendimiento medio 12.710 ton/ha ya que este cultivar presenta alta susceptibilidad al tizón tardío indicando que la tasa de infección (0.0047) fue mayor junto con ABCPE (4000.5) lo cual posiblemente se reflejó en menos fotosintatos.

Respecto al Rendimiento comercial en el (Cuadro 10). Se presentó cinco grupos, el grupo A corresponde únicamente el genotipo Norteña con un rendimiento medio de 46.490 ton/ha (Parga-Torres *et al.*, 1999) señala que Norteña ha mostrado

estabilidad en el rendimiento y calidad para la industria, el genotipo 98-18-24 pertenece al grupo B con rendimiento medio de 36.479 ton/ha estos genotipos lograron el mayor rendimiento debido a que es una variedad resistente debido a sus características agronómicas la planta obtuvo una altura en un rango de 55 a 65 con 5 tallos por planta, y bastante follaje. Estas características están positivamente relacionadas con la producción (Borrego *et al.*, 1999).

El grupo C únicamente el genotipo 91-25-4 con un rendimiento medio de 18.910 ton/ha presenta un valor intermedio ya que es tolerante a la enfermedad. Fianna con un rendimiento medio de 11.106 ton/ha está también presenta susceptibilidad a tizón tardío , 07-18 tolerante a tizón tardío, con rendimiento medio de 15.5 ton/ha perteneciente al grupo D y FL-2312 representa los rendimientos más bajos aunque FL pertenece al grupo E con características agronómicas no deseables porque presenta una altura menor a 20cm tan solo con dos tallos máximo, presentando mayor severidad desde los 45 días después de emergencia, esto afecta el rendimiento obteniendo un valor de 6.760 ton/ha.

Cuadro 9. Media de rendimiento en ton/ha de variedades evaluados por resistencia a Tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary) en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” Municipio de Arteaga, Coahuila (p-v 2021).

Genotipo	Rendimiento ton/ha	
	Total	Comercial
Norteña	68.563 A	46.490 A
98-18-24	64.792 A	36.479 B
Fianna	37.146 B	11.106 DE
91-25-4	36.294 B	18.910 C
07-18	33.427 B	15.5 CD
FL-2312	12.710 C	6.760 E

La producción de tubérculos de primera categoría el genotipo Norteña supera con el 81 por ciento a FL-2312, con el 80 por ciento a 07-18 y con el 49 por ciento al genotipo 98-18-24, es la que mayor rendimiento tiene en relación a los otros genotipos. Fianna y 91-25-4 no se obtuvo rendimiento de primera categoría (Cuadro 11). La Norteña supera con 99 por ciento a FL-2312 y al genotipo 91-25-4 con el 73 por ciento en rendimiento de segunda categoría, el genotipo 98-18-24 supera con el 67 por ciento a Fianna y 07-18 respecto al rendimiento de segunda categoría. Los tubérculos de tercera categoría la Norteña superan con el 70 por ciento en rendimiento a FL-2312 y 98-18-24, además, supera al genotipo 07-18 con 49 por ciento. Referente a la cuarta categoría el genotipo 98-18-24 supera con el 37 por ciento a Norteña y a FL-2312 con el 79 por ciento, Fianna supera a Norteña con el 28 por ciento. Por último, la categoría tejocote nuevamente la Norteña supera con el 38 por ciento a 98-18-24, con 87 por ciento a FL-2312 de Rendimiento. Sin embargo 91-25-4 supera con 24 por ciento a 98-18-24. La producción de FL-2312 su mayor rendimiento fue de la tercera y cuarta categoría esto debido al que el tizón tardío se acabó el área foliar.

Cuadro 10. Media de rendimiento por categorías, total y comercial en ton/ha de genotipos evaluados por resistencia a Tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary) en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” Municipio de Arteaga, Coahuila (p-v 2021).

genotipo	categoría	Rendimiento ton/ha				
		1a	2a	3a	4a	tejocote
Norteña		5.7396	23.3650	17.3854	15.3333	6.73958
FL-2312		1.1146	0.34375	5.30208	5.05208	0.897917
91-25-4		0	6.3438	12.5667	11.9354	5.44792
Fianna		0	5.4917	5.61458	21.3646	4.93125
07-18		1.1354	5.5521	8.8125	14.4271	3.5
98-18-24		2.9063	16.5420	17.0313	24.1563	4.15625

4.4 Relación Beneficio/costo

La relación beneficio costo del genotipo Norteña fue de \$5.391 y el genotipo 98-18-24 fue de \$3.677 lo cual demuestra que el mayor beneficio para el productor se obtiene al utilizar dichos genotipos, sin embargo, la que resulto mejor de acuerdo a dicho análisis es la variedad Norteña, porque la superó con \$1.714 pesos. Por consiguiente, los genotipos 91-25-4 obtuvo \$1.276 y 07-18 fue de \$1.254 lo que hay una diferencia de tan solo \$0.022. El genotipo Fianna fue de \$1.104 superando con \$0.9 centavos a FL-2312 que obtuvo \$0.204 resultando el que generó menos ganancias (cuadro 13). La que generó mayor ganancia, como ya se mencionó, fue la variedad Norteña, debido entre otros factores a su resistencia y/o tolerancia a las condiciones adversas bióticas y abióticas, ya que las introducidas de Europa y Norteamérica no poseen estos atributos de resistencia y/o tolerancia (Estrada, 1999 y Niederhauser 1986).

Cuadro 11. Comparación de Ingresos totales y costos totales por genotipo.

Genotipo	Total ingresos	Costos
Norteña	\$536,166.00	\$99,450.00
FL-2312	\$20,250.00	\$99,450.00
91-25-4	\$126,875.00	\$99,450.00
Fianna	\$109,833.34	\$99,450.00
07-18	\$124,666.66	\$99,450.00
98-18-24	\$365,708.40	\$99,450.00

Cuadro 12. Relación beneficio/ costo por genotipo.

Genotipo	Categoría			
	1a y 2a	3a	Total ingresos	R B/C
Norteña	\$ 349,249.96	\$ 186,916.64	\$ 536,166.60	\$5.391
FL-2312	\$ 17,500.00	\$ 2,750.00	\$ 20,250.00	\$0.204
91-25-4	\$ 76,125.00	\$ 50,750.00	\$ 126,875.00	\$1.276
Fianna	\$ 65,900.00	\$ 43,933.34	\$ 109,833.34	\$1.104
07-18	\$ 80,250.00	\$ 44,416.66	\$ 124,666.66	\$1.254
98-18-24	\$ 233,375.04	\$ 132,333.36	\$ 365,708.40	\$3.677

V. CONCLUSIONES

Las variedades introducidas como Fianna y FL-2312, son susceptibles al tizón tardío además de afectar su rendimiento.

Los genotipos 07-18 y 91-25-4 son tolerantes al tizón tardío.

Por su calidad e inocuidad, se debe utilizar los genotipos Norteña y 98-18-24.

Referente al rendimiento Norteña ha demostrado mayor productividad en relación a los otros genotipos evaluados.

El genotipo FL-2312 posee características interesantes de calidad de hojuela para la industria, en comparación con los demás genotipos evaluados.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- AdmiPAQ. 2021. Definición de costo y método de costeo. Abril 2022. Disponible en: https://conocimiento.blob.core.windows.net/conocimiento/Manuales/Manual_Costos/definicion de costo y metodo de costeo.html.
- Alvarez-Martínez M. 2002. El cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum L.*) en México y el estudio de la costra Negra (*Rizoctonia solani Kuhn*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pp 12 y 13.
- Anthony y Govindarajan R. 2003. Sistemas de control de gestión. Editorial Mc Graw Hill. Décima edición. España. pp 709.
- Barclay, M. G. 1997. Variedades de Papa en Canadá. Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural de la Provincia de Brunswick. pp. 83.
- Bautista-Martínez N., Soto-Rojas L. y Pérez-Pacheco R. 2019. Tópicos Selectos de Estadística Aplicados a la Fitosanidad. Ed. Colegio de Postgraduados, México. pp 184 y 185.
- Bayer, 2008. Manual del tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Información Técnica. Bayer de México, S. A. de C. V. pp 45.
- Black, W. 1970. The nature of inheritance of field resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in potatoes. American Potato Journal. 47: 279-288.
- Cadena, H. M.A., Delgado, S., and Rulfo, F. 1970. Comportamiento de tres variedades mexicanas de papa resistentes a *Phytophthora infestans* en el valle de Toluca. *In*: Memorias V Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Chapingo, México.

Casanova F. 2001. Formación profesional, productividad y trabajo decente. Boletín interfo. No. 153. Abril 2022. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20081221063145/http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/boletin/153/pdf/casanov.pdf>.

Chávez A. 2005. Estrategias financieras y rentabilidad en las PYMES del sector metalmecánico. Tesis de maestría en Gerencia de Empresas, mención Gerencia Financiera.

CIP (Centro Internacional de la Papa). 2010. Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales. M. Bonierbale, S. de Haan, A. Forbes y C. Bastos (eds.). Trad. T. Ames, Mc Lauchlanz. Lima, Perú. pp. 151.

Cuesta, X., Rivadeneira J., Monteros C. 2015. Mejoramiento Genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Publicación No. 426. Quito, Ecuador. pp 6.

De Bary A. 1876. Investigaciones sobre la naturaleza del hongo de la patata - *Phytophthora infestans*. Revista de la Real Sociedad Agrícola 12:239-268.

Eco-finanzas. 2012. Relación beneficio-costos. Abril 2022. Disponible en: [RELACIÓN BENEFICIO-COSTO \(eco-finanzas.com\)](http://eco-finanzas.com).

Estrada, R. N. 1999. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Ed. Centro de Información para el desarrollo. Centro Internacional de la Papa. Libro Técnico. La Paz Bolivia.

- Flanders, K.L., E. B. Radcliffe, J. G. Hawkes and F. Lauer. 1993. Association of insect resistance in wild potatoes with geographical factors and morphological and chemical defense mechanism. Summary. Am. Potato J. pp. 810.
- Fry, W. E. 1997. El potencial de la resistencia varietal para el manejo integrado del tizón tardío de la papa. Memoria del I simposium Internacional de la Papa, Toluca, México. pp. 34-36.
- Gallegly, M. y Galindo, J. 1958. Tipos de apareamiento y oosporas de *Phytophthora infestans* en la naturaleza en México. Fitopatología 48:274.
- García-Aparicio I. 2013. Análisis Comparativo de Productividad y Sustentabilidad de dos Variedades de Papa, en la Sierra de Arteaga Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pp. 60.
- Henfling J. W. 1987. El tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans*. Boletín de Información Técnica 4. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú. pp. 4, 6.
- Hoopes Robert W. 2015. United States Patent Hoopes. Frito-Lay North America. Abril 2022. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US8927822B2/en>.
- Huamán, Z. 1986. Botánica Sistemática y Morfología de la Papa. Centro Internacional de la papa (CIP). Boletín de Información Técnica 6. Lima, Perú. pp. 9-20.
- ITESM. 2003. Informe del Foro Cadena Agroalimentaria de Papa (Alta Tecnología). Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey Campus Saltillo. Saltillo, Coah. México.

- Johnson, R. A. and Wichern, D. W. 2002. Applied Multivariate Statistical Analysis, Fifth edition. Pearson Education International, United States of America.
- Jolliffe, I. T. 2002. Principal component analysis, 2nd ed., ser. Springer series in statistics. New York, NY, USA. Springer.
- Linting, M. 2007. Nonparametric Inference in Nonlinear Principal Components Analysis: exploration and beyond. Doctoral Thesis, Leiden University.
- Manly B., F. J. 1986. Multivariate statistical methods: A primer. Ed. Chapman and Hall. London. pp. 160.
- Nelson-Estrada R.2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. PROINPA/CID/CIP. La Paz, Perú. pp 26-36.
- Norma Internacional de Contabilidad NIC 18. 2001. Ingresos ordinarios. Abril 2022. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/conta_publico/con_nor_co/NIC18_04.pdf.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2008. La planta. Año internacional de la papa. Septiembre 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/index.html>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2008. Las papas, la nutrición y la alimentación. Año internacional de la papa. Septiembre 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html>.
- Parga-Torres V. M., Covarrubias-Ramírez J.M., Almeyda-León I.H., Flores-López R. y Zamora-Villa V.M. 2013. Manejo integrado del síndrome de la punta

morada de la papa en Coahuila y Nuevo León. Folleto técnico No. MX-O-310706-37-03-15-09-58. Campo Experimental Saltillo. CIRNE- INIFAP. México. pp. 21.

Parga- Torres V.M., Covarrubias-Ramírez J.M y Zamora-Villa V.M. Resiliencia del germoplasma mexicano de papa, generador por el INIFAP. 2021. pp 757-759. *In: Memorias XXXIII Semana Internacional de Agronomía*. Venecia Dgo, México. ISSN: 2594-1437.

Parga- Torres. V. M. 2008. Mejoramiento genético por resistencia a punta morada de la papa (*Solanum tuberosum L.*). Detección, Diagnóstico y Manejo de la Enfermedad Punta Morada de la Papa. Ed. Parnaso. Málaga-España. pp. 49-56.

Parga-Torres V.M., Covarrubias-Ramírez J.M., Almeyda-León I.H., Zamora-Villa V.M., Villavicencio-Gutiérrez E.E., Rivera-Peña A. y Rocha-Rodríguez R. 2007. Nierder, Bayonera y Enrica, variedades de papa para consumo fresco e industria. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto técnico Núm. 28. Coahuila, México. pp. 14.

Parga-Torres V.M., Fernández-Elguézabal J., Sánchez-Valdez I. 1999. Norteña variedad de papa con tolerancia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y excelente rendimiento. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto técnico Núm. 3 Coahuila, México. pp. 1.

Pedreschi, F., D. Mery, F. Mendoza, and J. M. Aguilera. 2004. Classification of potato chips using pattern recognition. *J. Food Sci.* 69(6):264-270.

Pedroza S., A. 1995. Epidemiología Agrícola. Principios y aplicaciones. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACH. Bermejillo Dgo. México.

- Peña D. 2002. Análisis de datos multivariados. Madrid, España: McGraw Hill.
- Pérez W. y Forbes G. 2008. El tizón tardío de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Manual Técnico. Lima, Perú. pp. 9,11.
- PICTIPAPA, A.C. 1997. Programa Internacional cooperativo Del Tizón Tardío de la papa, A.C. Metepec, Estado de México.
- Piedra-Arévalo G. M., Garzón-Montealegre V. J., Barrezueta-Unda S. y Prado-Carpio E. 2021. Análisis de productividad del banano convencional en la finca Niño David del cantón El Guabo, provincia de El Oro. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 4(S1), pp 66-73.
- Ristaino J, Schumann G.L. y Cleora D'Arcy. 2018. Tizón tardío de papa y tomate. El Instructor de Sanidad Vegetal. DOI: 10.1094/PHI-I-2000-0724-01. Marzo 2022 Disponible en : <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/Epidemiologia/Pages/default.aspx>.
- Rivera- Peña A. 2001. Metodologías tradicionales usadas en el mejoramiento genético de papa en México. SAGARPA – INIFAP, CIRCE. Campo experimental valle de Toluca. Libro técnico No. 3, Metepec, México.
- Román-Cortez M. y Hurtado G. 2002. Cultivo de Papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Guía Técnica. No. 7. La libertad, El salvador. pp. 9.
- Rubio C., O. A. 1997. Aportación del Programa Nacional de Papa del INIFAP. Memorias del I Symposium Internacional de la Papa. Metepec, México. pp. 21-23.

Salas-De León, S.A. 1986. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. pp 7.

Sánchez J.P. 2002. Análisis de Rentabilidad de la empresa. Abril 2022. Disponible en: <https://ciberconta.unizar.es/LECCION/anarenta/analisisR.pdf>

Sánchez-Fundora Y. y Roque-García Y. 2011. La divulgación científica: una herramienta eficaz en centros de investigación. Reseñas y Reflexiones. CENSA. No 7. pp 91

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Producción Agrícola. Abril 2022. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. La papa, el cuarto cultivo de mayor producción en el mundo. Septiembre 2021. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-papa-el-cuarto-cultivo-de-mayor-produccion-en-el-mundo>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Producción Agrícola. Febrero 2022. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/.

Spiertz, J. M. J., A. Havercot and P. M. Verelken. 1996. Environmentally safe and consumer-friendly potato production in the Netherlands. Development of ecologically sound production systems. Potato Res. 39: 371-378.

Swiezynski K. M. y Zimnoch-Guzowska E. 2001. Breeding potato cultivars with tuber resistant to Phytophthora infestans. Potato Res. 44(1): 97-117.

Van Der Plank, J. E. 1968. Disease Resistance in Plants. Academic Press, New Cork. pp 206.

Waggoner E, 1986. Progress curves of foliar diseases: Their interpretation and use.
In: Plant diseases epidemiology (J.K. Leonard and E. W. Fry, eds). MacMillan
Publishing, USA.

Zepeda- Villafán S. 2014. Evaluación Agronómica y Tolerancia de Genotipos de
Papa (*Solanum tuberosum* L.) a Enfermedades Causantes del Síndrome
de la Punta Morada. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pp. 12.

VII. ANEXOS

ANEXO 1. MEDIA DE RENDIMIENTO

Figura A1. Media de rendimiento por categorías en kg/ha de variedades evaluados por resistencia a Tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary) en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” Municipio de Arteaga, Coahuila (p-v 2021).

