

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A TIZÓN TARDÍO
(*Phytophthora infestans*) EN CLONES DE PAPA (*Solanum*
***tuberosum*)**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA AGRÓNOMA

KARLA MISHEL CONSTANTE CALERO

TUTOR:

ING. AGR. JOSÉ HERNÁN ZURITA VASQUEZ, Mg.

Cevallos – 2020

APROBACIÓN

“EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*)
EN CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum*)”

REVISADO POR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "José Hernán Zurita Vasquez", is shown within a rectangular frame.

.....

ING. AGR. JOSÉ HERNÁN ZURITA VASQUEZ, Mg.

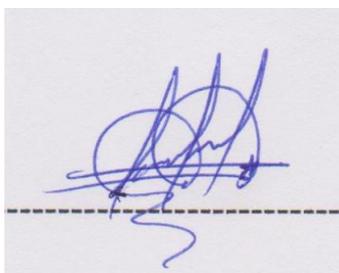
TUTOR

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*) EN CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum*)” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



KARLA MISHEL CONSTANTE CALERO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

“EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*)
EN CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum*)”

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

FECHA



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

26/08/2020

Ing. Mg. Marco Pérez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**OLGUER ALFREDO
LEON GORDON**

26/08/2020

Ing. Mg. Olguer León

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALFREDO
VILLACIS
ALDAZ**

26/08/2020

Ing. Mg. Luis Villacís

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente en primer lugar a Dios por brindarme salud y vida; a mi familia por ser mi principal apoyo y pilar fundamental.

A la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por acogerme en sus aulas y darme la oportunidad de formar mi vida académica y profesionalmente.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en especial al Ing. Jorge Rivadeneira, por su gran apoyo y por compartir sus conocimientos en el desarrollo de mi proyecto de investigación.

A mi tutor Ing. Mg. Hernán Zurita e Ing. Mg. Santiago Espinoza, por su apoyo incondicional, esfuerzo, dedicación, paciencia e instrucción para poder culminar exitosamente el presente proyecto de investigación.

A todos los maestros con los que tuve el gran honor de recibir clases, sobre todo por impartir sus valiosos conocimientos y aportar a mi formación profesional, de manera especial a l@s Ingenier@s Marco Pérez, Segundo Curay, Alberto Gutiérrez, Jorge Dobronski, Olguer León, Luis Villacís y Rita Santana y al PhD. Carlos Vázquez.

Al Ing. Víctor Hugo Robalino y a los trabajadores de la Facultad por la ayuda prestada en la realización y culminación de la fase de campo de mi proyecto de investigación.

A mis compañer@s con quienes diariamente compartía el transcurso de esta hermosa carrera, sobre todo a Mabe que a pesar de las circunstancias siempre me ha apoyado y ha sido una amiga leal e incondicional.

A todos quienes de una u otra manera me acompañaron a lo largo de mis estudios, gracias a su apoyo total logré culminar con éxito esta meta.

DEDICATORIA

Este gran triunfo se lo dedico principalmente a Dios, porque me ha llenado de sabiduría y brindado las fuerzas necesarias para día a día salir adelante y culminar con mi carrera.

A mis padres Telmo y Victoria por siempre permanecer a mi lado, apoyarme, enseñarme que la vida no es fácil pero que si se propone algo y se esfuerza por ello se puede conseguir, por darme todo su amor y paciencia. Papi gracias por confiar en mí y sobre todo por esforzarse día a día para que su familia este siempre bien. Mami gracias por ser mi amiga y confidente, por estar pendiente de mí y cuidarme cada día. Les amo muchísimo papitos.

A mi esposo Gabriel que se ha convertido en mi compañero de vida, amigo leal y excepcional padre, quien forma parte de mi vida y me ha acompañado firmemente en el transcurso de mi carrera. Espero que compartamos muchos triunfos y que en las dificultades permanezcamos juntos con la bendición de Dios Te Amo Mi Amor.

Especialmente a mi adorado hijito Estefano, que ha sido la más valiosa bendición que Dios y la vida me han dado, aunque estas muy chiquito mi tesoro, este y todos los triunfos de mi vida serán por ti que eres mi razón de cada día salir adelante.
Te Amo Infinitamente mi negrito hermoso.

A mis hermanos Diego e Israel quienes me han apoyado incondicionalmente, son muy importantes para mí; a mis cuñadas Magaly y Diana por estar pendientes de mí y preocuparse por mis estudios; a mis sobrinos preciosos Fabricio, Juan Diego y Emiliano que con sus locuras y travesuras han llenado mi vida de alegría.

Los Amo Inmensamente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN	iii
DERECHO DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes investigativos	3
2.2. Categorías fundamentales o marco conceptual	5
2.2.1. Cultivo de papa.....	5
2.2.2. Tizón tardío	9
CAPITULO III.....	13
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	13
3.1. Hipótesis.....	13
3.2. Objetivos	13
3.2.1. Objetivo General.....	13
3.2.2. Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO IV	14
MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1. Ubicación del experimento	14
4.2. Características del lugar	14
4.2.1. Clima	14
4.2.2. Suelo	14

4.3. Materiales	15
4.3.1. Materiales de campo	15
4.3.2. Material biológico	15
4.3.3. Equipos	16
4.4. Factor en estudio	16
4.5. Diseño experimental.....	17
4.6. Disposición del proyecto en campo	18
4.7. Manejo del experimento en campo	19
4.7.1. Preparación del terreno	19
4.7.2. Siembra.....	19
4.7.3. Control de plagas	19
4.7.4. Labores culturales.....	19
4.7.5. Cosecha.....	20
4.8. Variables y métodos de evaluación.....	20
4.8.1. Porcentaje de emergencia	20
4.8.2. Cobertura de Planta (llenado de surco).....	21
4.8.3. Hábito de planta.....	21
4.8.4. Madurez de planta	21
4.8.5. Severidad de Tizón tardío.....	23
4.8.6. Rendimiento	25
4.8.7. Número y peso de tubérculos por planta	25
4.8.8. Rendimiento total	25
4.9. Procesamiento de la información	25
CAPÍTULO V	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1. Análisis y discusión de los resultados	26
3.1.1. Porcentaje de emergencia	26
3.1.2. Cobertura de planta.....	27
3.1.3. Hábito de planta.....	28
3.1.4. Madurez de planta	29
3.1.5. Severidad de tizón tardío	31

3.1.6. Número de tubérculos y rendimiento por planta	33
3.1.7. Rendimiento por categorías	34
3.1.8. Rendimiento total	35
3.2. Verificación de hipótesis	39
CAPÍTULO VI	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
4.1. Conclusiones	40
4.2. Recomendaciones.....	41
CAPITULO VII	42
MATERIALES DE REFERENCIA	42
7.1. Referencias bibliográficas	42
7.2. Anexos.....	50
Anexo 1. Preparación de terreno	50
Anexo 2. Emergencia de plantas	51
Anexo 3. Parcelas deshierbadas	51
Anexo 4. Parcelas rotuladas y aporcadas	52
Anexo 5. Desarrollo del cultivo	52
Anexo 6. Madurez de plantas	53
Anexo 7. Cosecha de materiales	53
Anexo 8. Toma del número de tubérculos por planta	54
Anexo 9. Toma del rendimiento por planta	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la papa.....	6
Tabla 2. Clasificación taxonómica de tizón tardío.....	10
Tabla 3. Materiales de papa utilizados.....	16
Tabla 4. Disposición del proyecto en campo.....	18
Tabla 5. Componentes de madurez de planta.....	30
Tabla 6. Análisis de varianza para variables en la evaluación de resistencia a tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en clones de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	37
Tabla 7. Promedios y prueba de Tukey al 1% de significación para variables en la evaluación de resistencia a tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en clones de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo vegetativo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	9
Figura 2. Ciclo patológico del tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).....	11
Figura 3. Porcentaje de emergencia.....	27
Figura 4. Porcentaje de cobertura de Planta.....	28
Figura 5. Hábito de planta según los grados de inclinación.....	29
Figura 6. Madurez de planta de acuerdo a los días después de la siembra.....	31
Figura 7. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad.....	33
Figura 8. Número de tubérculos y rendimiento por planta.....	34
Figura 9. Rendimiento por categorías.....	35
Figura 10. Rendimiento total.....	36

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Evaluación de resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en clones de papa (*Solanum tuberosum*)”, se realizó en el campus Querochaca, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, ubicado a 2865 msnm (01°22’02” S; 78°36’20” O), con el objetivo de identificar los clones que poseen mayor resistencia a tizón tardío, mismos que son: 11-8-6; 11-9-11; 11-9-186; 11-9-77; 11-9-133; 11-9-101; 11-9-106; 11-9-44; 11-9-108; 11-9-91, obtenidos en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, por medio del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa (PNRT-Papa). La severidad de tizón tardío se cuantificó mediante el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), a través de diversas lecturas que se iniciaron a partir de la octava semana después de la siembra, con un lapso de siete días entre lecturas, mediante una apreciación visual registrando el porcentaje de área foliar afectada, es decir, la cantidad de follaje que presentan lesiones de la enfermedad frente a la totalidad de la planta, utilizando la escala del CIP. Para la respectiva valoración se utilizó un diseño experimental completamente al azar con diez tratamientos, tres repeticiones, y cuatro testigos (resistente INIAP-LIBERTAD, moderadamente resistente INIAP-NATIVIDAD, moderadamente susceptible SUPERCHOLA y susceptible CAPIRO), posteriormente se realizó el análisis de variancia (ADEVA) y los datos obtenidos se sometieron a pruebas de significación de Tukey al 1 %, lo cual facilitó la diferenciación entre los clones estudiados, resultando moderadamente resistentes a tizón tardío los clones: 11-9-11, 11-9-44, 11-9-133, 11-9-106, 11-9-108 y 11-9-186, con promedios de ABCPE de: 80,50; 83,18; 87,03; 118,65; 134,98 y 182,23 respectivamente, pero de ellos el clon con mejor rendimiento fue 11-9-133 con 20,7 tn/ha, por lo que, sería el material más óptimo para una liberación como variedad.

PALABRAS CLAVES:

Resistencia, severidad, lesiones, clones, variedad.

ABSTRACT

The research work entitled "Evaluation of resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in potato clones (*Solanum tuberosum*)", was carried out with the aim of identifying clones that have greater resistance to late blight, which are: 11-8 -6; 11-9-11; 11-9-186; 11-9-77; 11-9-133; 11-9-101; 11-9-106; 11-9-44; 11-9-108; 11-9-91, obtained in the National Institute of Agricultural Research INIAP, through the National Program of Roots and Tubers heading Papa (PNRT-Papa). The severity of late blight was quantified by the area under the disease progress curve (ABCPE), through various readings that began from the eighth week after planting, with a period of seven days between readings, through a visual assessment recording the percentage of leaf area affected, that is, the amount of foliage that have disease lesions against the entire plant, using the CIP scale. For the respective evaluation, a completely randomized experimental design was used with ten treatments, three repetitions, and four controls (resistant INIAP-FREEDOM, moderately resistant INIAP-NATIVITY, moderately susceptible SUPERCHOLA and susceptible CAPIRO), subsequently the analysis of variance (ADEVA) and the data obtained were subjected to 1% Tukey significance tests, which facilitated the differentiation between the clones studied, the clones being moderately resistant to late blight: 11-9-11, 11-9-44, 11 -9-133, 11-9-106, 11-9-108 and 11-9-186, with ABCPE averages of: 80.50; 83.18; 87.03; 118.65; 134.98 and 182.23 respectively, but of them the clone with the best performance was 11-9-133 with 20.7 tn / ha, so it would be the most optimal material for a release as a variety.

KEY WORDS:

Resistance, severity, injuries, clones, variety

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa tuvo sus orígenes en la zona andina de América del Sur, principalmente en países como: Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia (Montaldo, 1984), proviene de las especies *Solanum andígena* y *Solanum phureja*, que mediante diversos cruzamientos dieron origen a una gran cantidad de variedades. En la actualidad se siembran alrededor de 30 cultivares a alturas que van desde 2000 hasta 3600 msnm, con temperaturas que oscilan entre 6 y 18°C (Pumisacho & Velásquez, 2009). Este cultivo es uno de los más importantes, debido a su participación en la dieta alimentaria de los ecuatorianos y en el ámbito económico y social (MAGAP, 2015).

La limitación del cultivo de papa se incrementa por los diversos problemas fitosanitarios que se presentan en el transcurso de su desarrollo y esto conlleva un gran riesgo al cultivarla, una de las principales enfermedades y más perjudiciales es el tizón tardío o lancha, causada por *Phytophthora infestans*, misma que provoca grandes pérdidas económicas llegando a afectar desde el 30 hasta el 100% del cultivo (Pumisacho & Sherwood, 2002), por esta razón se ha evidenciado el uso excesivo de fungicidas, cuyo costo representa entre el 8 y el 20% del valor general de la producción de papa (Oyarzún, Taipe & Forbes, 2001).

La utilización exagerada de fungicidas en el cultivo de papa no representa solamente el porcentaje en pérdidas económicas, sino también un riesgo para la salud de consumidores y agricultores, ya que no hacen el uso adecuado de estos productos, principalmente en respetar los tiempos de retiro establecidos y manejar las normas de protección, es por ello que se ve necesaria la creación de nuevas variedades que posean resistencia a *P. infestans* (Unda *et al.*, 2013), diversas entidades se han encargado de producir materiales resistentes, para que los agricultores no se vean en la necesidad de utilizar fungicidas de manera indiscriminada (CIP, 2010).

Las variedades mejoradas aparecen con el objetivo de brindar mejores características a los agricultores y por tanto a los consumidores, pueden derivar de variedades nativas, que son el resultado de un proceso de domesticación, selección y conservación ancestral o de nuevas variedades con características de interés, además las variedades mejoradas son el resultado de un proceso de mejoramiento genético, mediante el cual, obtienen alto rendimiento, resistencia a enfermedades y mejoran gastronómicamente, las empresas que realizan la mayor cantidad de investigaciones son INIAP y CIP (Torres *et al.*, 2011).

Al considerarse el tizón tardío *Phytophthora infestans* como el factor limitante en la producción de papa, con enfoque en nuestro país y siendo más específico en el callejón interandino se observa que esta enfermedad es uno de los principales problemas que aquejan a los agricultores (Fabara, 2012), por lo tanto se ha investigado constantemente las variedades que poseen resistencia al mismo y por medio de ellas crear nuevas variedades con las características que el agricultor y consumidor requieren (Cuesta, Rivadeneira & Monteros, 2015).

El Departamento Nacional de Protección Vegetal (DNPV) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) creó diversos clones provenientes del cruzamiento de 98-11-6 x [(UNKNOWN x Rubí5) x (ASO788 x HSO155)] (Cuesta, Rivadeneira & Monteros, 2015), mismos que en la presente investigación realizada en la Universidad Técnica de Ambato, por medio de diferentes métodos de evaluación (porcentaje de emergencia, cobertura de planta, hábito de planta, madurez de planta, severidad del tizón tardío, rendimiento total) generaron información de su comportamiento, lo cual permitió seleccionar genotipos con resistencia a *P. infestans*.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

Carrasco *et al.* (1997), menciona que en las zonas productoras de papa de Bolivia se presenta tizón tardío causando grandes pérdidas en los cultivos, por lo tanto, en su investigación probaron 313 clones para seleccionar aquellos que posean resistencia a esta enfermedad, mediante el cálculo de AUDPC (Área Bajo la Curva de Progreso de *Phytophthora infestans*), además estudiaron el rendimiento y la calidad culinaria que poseen, dando como resultado la selección de seis clones para su entrega como cultivares potenciales, mismos que obtuvieron resistencia combinada a factores bióticos y abióticos con promedios de AUDPC de entre 85 y 420.

Por otro lado, Barquero, Gómez & Brenes (2005), en su investigación cuantificaron la resistencia a tizón tardío en 83 genotipos de papa provenientes de diferentes cruces con especies silvestres, en campo y laboratorio, mediante el ABCDE (Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad) que dio como resultado que los genotipos provenientes de *S. bulbocastanum*, *S. circaeifolium* y *S. okadae* obtuvieron los valores más bajos de ABCDE con promedios de 60, 80 y 79 respectivamente.

Según Zúñiga *et al.* (2000), la diferencia en el grado de resistencia a *P. infestans* en 40 progenies analizadas fue notorio a través de la utilización del ABCPE (Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad). Las plantas estuvieron expuestas a libre infección y el área de follaje perjudicada se evaluó con la escala visual de 1 a 9 propuesta por el CIP, realizando lecturas diarias durante ocho días, luego cada cuatro días y después cada siete días, con un total de 17 lecturas. Además, en la investigación se tomaron datos de número de tubérculos por planta y rendimiento total dando como mejores progenies a los provenientes de los progenitores femeninos 7, 4 y 9 y los masculinos 1 y 4.

Según Gabriel *et al.* (2007), la diferenciación de 34 clones de origen europeo y latinoamericano se evalúa mediante la utilización del ABCPPI (Área Bajo la Curva de Progreso de *P. infestans*) bajo condiciones de campo y laboratorio, los resultados fueron que los genotipos: 387660-10, Torridón, SH-83-92-488, 90-145-6, 94-70-2502, 89T-117-10, Pampeana, DB-226(70) y Pollerita-V mostraron buenos niveles de resistencia en campo con un ABCPPI de entre 674 y 1.273 y además presentaron un rendimiento de 0,65 a 0,78 kg/planta.

Escallón, Ramírez & Núñez (2005), realizaron la evaluación de 25 genotipos de papa provenientes de la especie *S. phureja*, las variables que evaluaron fueron el peso de los tubérculos distribuidos en tres categorías: primera, segunda y tercera y la severidad del patógeno *P. infestans*, empleando la metodología de inoculación sobre foliolos (diámetro promedio de la lesión), obteniendo como resultado que el genotipo PM presento un promedio de diámetro de la lesión (10mm) menor a la variedad testigo (Monserrate) y obtuvo un buen rendimiento con 1 kg/m².

Garófalo, Andrade & Cuesta (2006), evaluaron la resistencia a tizón tardío en 21 progenies analizando la aptitud combinatoria general y específica, a más de ello estudiaron diversas variables como: porcentaje de germinación (91,23%), número de tallos por planta (6,88), vigor de planta (2.25), altura de planta (41,43cm), rendimiento por planta (0,51 kg) y resistencia a tizón tardío que se evaluó mediante AUDPC y obtuvieron como resultado que las progenies 13 y 11 presentaron buenos niveles de resistencia con promedios de AUDPC de 382,8 y 465,39 respectivamente comparados con el promedio de la variedad susceptible (Uvilla) que fue 1279,80.

Cuesta *et al.* (2014) evaluaron el comportamiento agronómico y agroindustrial de 11 clones, basándose principalmente en la severidad de tizón tardío cuantificado mediante el área bajo la curva relativa de progreso de la enfermedad (AUDPCR), seleccionando al clon CIP 386209.20, como resistente con valores de AUDPCR desde 0 hasta 0,13, por lo cual se liberó como nueva variedad denominándola INIAP-Libertad.

García & García (2004), generaron estrategias químicas para el control de tizón tardío en Venezuela, específicamente en regiones donde este patógeno es endémico,

cuantificaron el daño mediante el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) y el rendimiento, obteniendo como resultado que la estrategia 3 (1= Daconil + Curazin; 2=Daconil; 3=Daconil + Curazin; 4=Daconil; 5=Daconil; 6=Daconil; 7=Daconil + Curazin) resultó más eficaz con un promedio de AUDPC y rendimiento de: 83,25 y 18,489 kg/ha respectivamente.

La investigación realizada por Díaz *et al.* (2003). Hace referencia a resistencia genética detectando molecularmente los genes R1 y R2 por medio de diferentes primers, los resultados se evidenciaron fenotípica y genotípicamente, el material vegetal estudiado se caracterizó mediante descriptores morfológicos del CIP como: porcentaje de infección en 3 folíolos de cada hoja completa, porcentaje evaluado por la escala del CIP donde 0=No se observa enfermedad y 100= Hojas o tallos muertos o secándose.

Romero-Montes, Lozoya-Saldaña & Hernández-Vilchis (2003) sembraron 25 cultivares de papa sin la utilización de fungicidas para determinar la resistencia a tizón tardío mediante el porcentaje de infección (ABCPE) y el rendimiento por planta, consiguiendo como mejores cultivares a Norteña, LBr-20 y Cruza-148 con porcentajes de severidad de tizón tardío de entre 22 y 27% y finalmente eligieron el mejor cultivar por resistencia y rendimiento a Norteña con 675g/planta y con 55,8 en ABCPE.

2.2. Categorías fundamentales o marco conceptual

2.2.1. Cultivo de papa

La papa es un tubérculo andino que fue el alimento primordial dentro de la dieta de los habitantes del Tahuantinsuyo (Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina), que lograron perfeccionar un mecanismo para su conservación, secándolo en frío, convirtiéndolo en lo llamado “chuño” (Pumisacho & Velásquez, 2009). En la actualidad la papa es un alimento de consumo mundial, considerado el cuarto producto que se siembra en todo el mundo (Lucero, 2011).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la papa.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i>

Fuente: Rodríguez (2009)

Morfología de la papa

La planta de papa es herbácea, consta de un sistema aéreo con funciones de crecimiento, fotosíntesis y reproducción y un subterráneo con funciones de absorción de agua y nutrientes y almacenamiento (Huamán, 1986).

Brote

Son tallos que se originan en el “ojo” del tubérculo, mismos que aceleran el crecimiento y al salir a la superficie se convierten en tallos normales (Egúsquiza, 2000).

Tallo

El hábito de crecimiento es propio de cada especie. Cuando los tallos crecen horizontalmente sobre el suelo son de hábito de crecimiento rastrero, cuando los tallos se arrastran, pero levantan el ápice son de crecimiento decumbente y cuando los tallos se levantan, son de crecimiento semi-erecto o erecto (Egúsquiza, 2000).

Raíz

Es una estructura subterránea, originaria de los nudos de tallos subterráneos, su conjunto es un sistema fibroso. En comparación con otras especies cultivadas, la papa tiene un sistema radical débil, penetra hasta los primeros 30 cm del suelo, pero puede alcanzar hasta 1.50 m, dependiendo del cultivar, en la expansión lateralmente, las raíces se extienden hasta 60 cm o más y en especies silvestres, se encuentran raíces de más de 2 m (Inostroza, Méndez & Sotomayor, sf).

Hoja

Es de tipo compuesto, con varios folíolos opuestos y uno grande como terminal, es un poco vellosa y en las axilas, que forman las hojas con el tallo, salen las yemas vegetativas, además es la estructura que capta y transforma la energía lumínica en energía alimenticia, es decir, azúcares y almidón. La cantidad de folíolos que posee una hoja se conoce como disectividad (Inostroza, Méndez & Sotomayor, sf).

Flor

Es una estructura aérea que principalmente se encarga de la reproducción sexual, las características de la flor sirven para diferenciar y reconocer las variedades, el grupo de flores conforman la inflorescencia tipo cimosa (CIP, 1984)

Fruto y semilla

El fruto es una baya originada por el desarrollo del ovario que varía de tamaño entre 1 y 4 cm de longitud, con forma esférica, globular, ovoide o cónico alargada. Su color varía de verde pálido a oscuro; en ciertas variedades, tienen puntos, franjas o áreas blancas o pigmentadas. La semilla proviene de la reproducción sexual y se puede encontrar de entre 0 y 400 por fruto. La producción de papa proveniente de la semilla sexual es una técnica utilizada dentro de mejoramiento genético (CIP, 1984)

Tubérculo

Es la parte apical del estolón, mismo que posee un crecimiento reducido y se orienta hacia los costados, además es un tallo especializado que almacena excedentes de energía, conocidos como almidón (CIP, 1984).

Ciclo vegetativo del cultivo de papa

El cultivo de papa está identificado por diferentes etapas que dan inicio en el almacenamiento de la semilla y finalizan al momento de la cosecha (Figura 1).

Fase vegetativa. En ella intervienen cuatro sub fases que son:

- Brotación que dura de 15 a 90 días
- Emergencia va de entre 16 a 30 días e inicia al momento de la siembra y se consuma cuando la planta posee de 10 a 15 cm.
- Desarrollo va entre 50 y 90 días y además se debe realizar la fertilización complementaria y el rascadillo.
- Inicio floración y tuberización inicia a los 100 días y alcanza su totalidad a los 120 días, se debe realizar fertilizaciones foliares y el aporque.

Fase reproductiva. En esta fase intervienen dos sub fases que son:

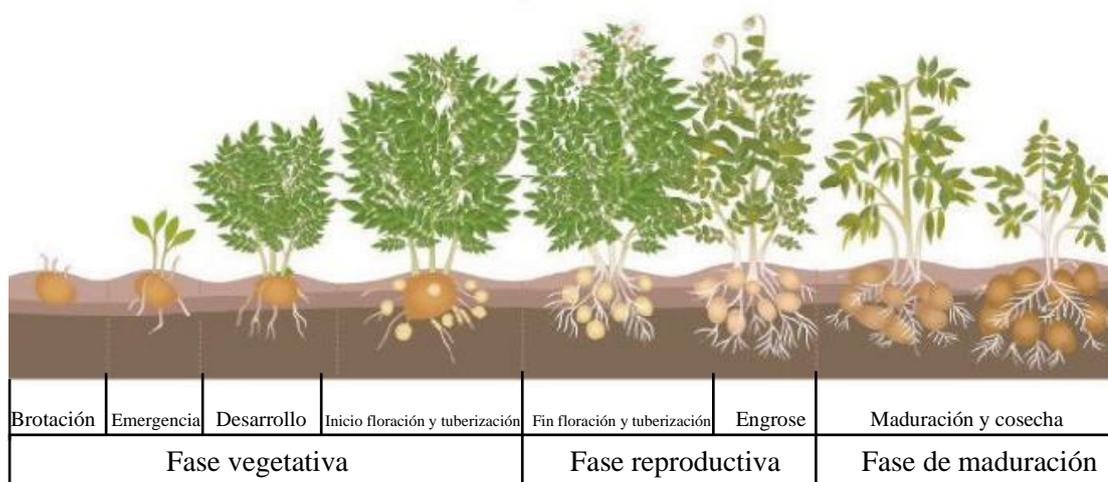
- Fin floración y tuberización dura aproximadamente 120 a 140 días.
- Engrose los tubérculos se desarrollan hasta obtener su mayor tamaño, dura entre 130 y 150 días.

Fase de maduración. La última sub fase interviene en esta fase

- Maduración y cosecha las plantas presentan síntomas de amarillamiento, posteriormente se secan y mueren, dependiendo de la variedad cultivada se establece desde 125 hasta 200 dds.

Los tiempos establecidos en cada una de las fases no son considerados como exactos, ya que cada variedad puede variar de acuerdo a su tiempo de producción. Las variedades tempranas maduran a los 4 meses, las variedades semitardías 5 meses y las variedades tardías a los 6 meses o más, esto también depende de la zona donde sean cultivadas, es decir, en lugares templados será más corto y en lugares fríos será aún más largo (Pumisacho & Velásquez, 2009).

Figura 1. Ciclo vegetativo del cultivo de papa *Solanum tuberosum*



Fuente: (Savian BIOTECNOLOGÍA, sf).

2.2.2. Tizón tardío

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) es un protista fungoide de la clase Oomicetes (Kamoun, 2002), se considera como una de las enfermedades más importantes fungosas que se encuentran en el cultivo de papa. Afecta hojas, tallos, tubérculos, etc. Este hongo presenta una rápida propagación, de manera que, si no se controla a tiempo, las pérdidas llegan a ser considerables (Torres, Taípe & Andrade, 2011).

Distribución e importancia

Esta enfermedad se presenta en todo el territorio nacional, debido a las diferencias climatológicas que existen. Es la más peligrosa y destructiva para este cultivo, ya que, al presentarse las condiciones favorables para su desarrollo, puede causar una defoliación y muerte de las plantas en pocas horas (Acuña & Araya, 2017).

Tabla 2. Clasificación taxonómica de tizón tardío.

Reino:	Protista
División:	Heterokontophyta
Clase:	Oomycetes
Orden:	Peronosporales
Familia:	Peronosporaceae
Género:	<i>Phytophthora</i>
Especie:	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary

Fuente: Agrios (1988).

Biología

Este hongo puede conservarse de una estación a otra como micelio o como esporas (esporangios o oosporas) en residuos de vegetación o en tubérculos enfermos, mismos que se encuentran almacenados o abandonados en el campo (Acuña & Tejeda, 2015). Las esporas de *P. infestans* son transportadas principalmente por viento, agua, herramientas de trabajo, personal que transita por el cultivo y también mediante animales (Tello 2008). El ciclo de este hongo es bastante complejo, ya que posee una formación de varios tipos de esporas, algunas de las cuales son móviles en el agua. El desarrollo de la enfermedad está favorecido por la humedad elevada (lluvia, rocío, riego o humedad relativa mayor de 90 % y por temperaturas moderadas, entre 17 y 25 °C siendo la óptima de 18 a 22 °C, de 8 a 10 horas (Acuña & Tejeda, 2015).

Ciclo reproductivo

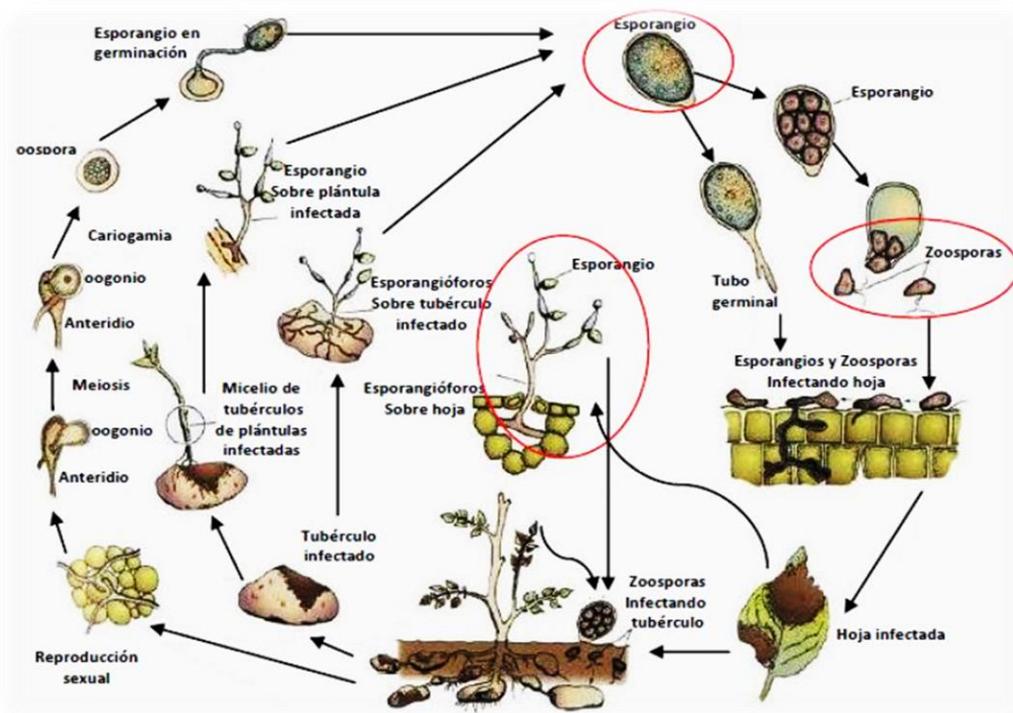
En nuestro país el ciclo reproductivo que se presenta de *P. infestans* es el asexual, principalmente en el agua y cuando están presentes temperaturas bajas, los esporangios germinan y producen alrededor de 8 a 12 zoosporas biflageladas (Agrios, 1988).

Las zoosporas son creadas en el interior del esporangio y posteriormente se liberan cuando se destruye por completo la pared esporangial, finalmente se anclan sobre cualquier superficie sólida que logran encontrar, adquiriendo la forma redondeada que

las caracteriza y formando una pared celular. Cuando se encuentran a una humedad óptima para su desarrollo logran desarrollar un tubo germinativo que por medio de los estomas que pueden localizar les permite penetrar a la hoja y posteriormente formar el apresorio que consiente que la hifa pueda ingresar directamente (Torres *et al.*, 2011). Cuando se encuentra dentro de la planta, a nivel intercelular se empieza a formar el micelio, que posteriormente forma haustorios en el interior de la célula y crea nuevos esporangios, mismos que se presentan en el envés de las hojas (Figura 2) (Pérez & Forbes, 2008).

El patógeno requiere de una temperatura nocturna de aproximadamente 10 °C, con un ambiente nublado y lluvias al día siguiente para su propagación, los primeros síntomas de la infección se logran apreciar aproximadamente al tercer día, mediante la presencia de pequeñas manchas que van creciendo continuamente. Los tubérculos son infectados por medio de esporas producidas en las hojas y arrastradas por el agua (Acuña & Araya, 2017).

Figura 2. Ciclo patológico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*)



Fuente: (Agrios, 2005).

Síntomas y daños

En el campo la enfermedad empieza a manifestarse principalmente cuando existe exceso de humedad, pero la infección es mucho más rápida cuando el follaje permite una mayor proliferación debido al microclima que provoca, es decir, desde la emergencia hasta después de la floración, en esta época se debe tener mayor cuidado, debido a que existe gran cantidad de follaje (Montesdeoca *et al.*, 2013). Los síntomas se distinguen en cada una de las partes de la planta como:

- **Hojas.** Aparecen manchas irregulares de color marrón claro a oscuro, de apariencia húmeda que no se limitan a la disposición de las nervaduras y se presentan inicialmente en los bordes (Cáceres *et al.*, 2007).
- **Tallos y pecíolos.** Son manchas necróticas, aparentemente alargadas que se ubican en la parte superior de la planta y cuando alcanzan completamente el diámetro del tallo hacen que se quiebre con mucha facilidad (Cáceres *et al.*, 2007).
- **Tubérculos.** Se notan claramente áreas irregulares y en ciertos casos levemente hundidas, con la presencia de una tonalidad marrón rojiza, en su interior se pueden observar unas rayas delgadas que van desde las áreas afectadas hacia la médula (Cáceres *et al.*, 2007).

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

Los clones de papa evaluados presentan diferentes niveles de resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en condiciones de campo.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo General

Evaluar la resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en clones de papa (*Solanum tuberosum*).

3.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los materiales de papa (*Solanum tuberosum*) que poseen resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*).
- Establecer las etapas fenológicas de la papa (*Solanum tuberosum*) que son susceptibles a tizón tardío (*Phytophthora infestans*).
- Evaluar el rendimiento de los materiales de papa estudiados

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del experimento

El proyecto de investigación se realizó en el campus Querochaca, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, mismo que se localiza en la provincia de Tungurahua, cantón Cevallos. Ubicado a 2865 msnm (01°22'02" S; 78°36'20" O) (INAMHI, 2016).

4.2. Características del lugar

4.2.1. Clima

La zona posee un clima agradable con una temperatura mínima de 7,6 °C y una máxima de 18,7°C, la humedad relativa alcanza el 77% y la precipitación anual llega a 549,5 mm (INAMHI, 2015).

4.2.2. Suelo

Los suelos pertenecientes a la zona son de condición volcánica, su clasificación taxonómica es andisol y la textura es franco-arenosa, ya que se encuentran formados por depósitos volcánicos de arena y limo con muy baja concentración de arcilla (Zúñiga, Buenaño & Risco, 2016).

4.3. Materiales

Para el presente proyecto de investigación se utilizaron diversos recursos, los cuales facilitaron el correcto desarrollo del mismo.

4.3.1. Materiales de campo

Bomba de mochila de 20 litros de capacidad

Estacas

Flexómetro

Azadones

Tractor

Piola

Fertilizantes

Insecticidas

Letreros

Libreta de campo

Cintas para control etológico

4.3.2. Material biológico

Cuatro variedades: Superchola / INIAP-Natividad / Capiro / INIAP-Libertad

Diez clones: 11-8-6 / 11-9-11 / 11-9-186 / 11-9-7 / 11-9-133 / 11-9-101 / 11-9-106 / 11-9-44 / 11-9-108 / 11-9-91

4.3.3. Equipos

Balanza

Computador

4.4. Factor en estudio

Clones de papa: 11-8-6; 11-9-11; 11-9-186; 11-9-7; 11-9-133; 11-9-101; 11-9-106; 11-9-44; 11-9-108; 11-9-91

Variedades: susceptible (CAPIRO), moderadamente susceptible (SUPERCHOLA), moderadamente resistente (INIAP-NATIVIDAD) y resistente (INIAP-LIBERTAD).

Tabla 3. Materiales de papa utilizados

Material	Pedigree	Reacción a <i>P. infestans</i>
11-8-6	BOM540 X HSO198	
11-9-11		
11-9-186		
11-9-77		
11-9-133		Por determinar
11-9-101	98-11-6 x [(UNKNOWN x Rubí5) x (ASO788 x HSO155)]	
11-9-106		
11-9-44		
11-9-108		
11-9-91		

Capiro	Tucarreña (CCC61) x 1967 (C) (9) (CCC751)	Susceptible
Superchola	Curipamba negra x Solanum demisum x clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada	Moderadamente Susceptible
INIAP- Natividad	INIAP-Gabriela x S. phureja x S. pausesectum	Moderadamente Resistente
INIAP-Libertad	380479.15 x Bk Precoz-84	Resistente

Elaborado por: Karla Constante (2019)

4.5. Diseño experimental

El experimento se dispuso en un diseño experimental completamente al azar: diez tratamientos, tres repeticiones, y cuatro testigos (resistente, moderadamente resistente, moderadamente susceptible y susceptible). Además, se realizó el análisis de variancia (ADEVA) y posteriormente los datos se sometieron a pruebas de significación de Tukey al 1 %.

La unidad experimental será una parcela rectangular con las siguientes dimensiones:

Área total del experimento:	648 m ²
Área de parcela por tratamiento:	14.40 m ²
Distancia de siembra:	0.30 m entre plantas y 1.20 m entre surcos
Repeticiones:	3
Número de surcos por parcela:	3 (de 3 m de largo cada surco)
Número de plantas por surco:	10
Número de plantas por parcela:	30
Número de semilla por golpe:	1
Número de parcelas por repetición:	14

4.6. Disposición del proyecto en campo

Tabla 4. Disposición del proyecto en campo

	I REP				II REP				III REP		
	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m
T 1	11-8-6	Te	INIAP-Libertad	Te	INIAP-Libertad	T	11-9-106	T	11-9-11	T	11-8-6
	11-8-6	1	INIAP-Libertad	1	INIAP-Libertad	7	11-9-106	2	11-9-11	1	11-8-6
	11-8-6		INIAP-Libertad		INIAP-Libertad		11-9-106		11-9-11		11-8-6
Te 4	Capiro	T	11-9-106	Te	INIAP-Natividad	T	11-9-44	T	11-9-101	Te	INIAP-Natividad
	Capiro	7	11-9-106	2	INIAP-Natividad	8	11-9-44	6	11-9-101	2	INIAP-Natividad
	Capiro		11-9-106		INIAP-Natividad		11-9-44		11-9-101		INIAP-Natividad
T 2	11-9-11	T	11-9-44	T	11-9-101	T	11-8-6	T	11-9-44	T	11-9-77
	11-9-11	8	11-9-44	6	11-9-101	1	11-8-6	8	11-9-44	4	11-9-77
	11-9-11		11-9-44		11-9-101		11-8-6		11-9-44		11-9-77
T 3	11-9-186	T	11-9-108	T	11-9-11	Te	Capiro	T	11-9-106	T	11-9-108
	11-9-186	9	11-9-108	2	11-9-11	4	Capiro	7	11-9-106	9	11-9-108
	11-9-186		11-9-108		11-9-11		Capiro		11-9-106		11-9-108
T 4	11-9-77	Te	Superchola	T	11-9-91	Te	Superchola	Te	INIAP-Libertad	T	11-9-133
	11-9-77	3	Superchola	10	11-9-91	3	Superchola	1	INIAP-Libertad	5	11-9-133
	11-9-77		Superchola		11-9-91		Superchola		INIAP-Libertad		11-9-133
T 5	11-9-133	Te	INIAP-Natividad	T	11-9-133	T	11-9-186	T	11-9-186	T	11-9-91
	11-9-133	2	INIAP-Natividad	5	11-9-133	3	11-9-186	3	11-9-186	10	11-9-91
	11-9-133		INIAP-Natividad		11-9-133		11-9-186		11-9-186		11-9-91
T 6	11-9-101	T	11-9-91	T	11-9-77	T	11-9-108	Te	Capiro	Te	Superchola
	11-9-101	10	11-9-91	4	11-9-77	9	11-9-108	4	Capiro	3	Superchola
	11-9-101		11-9-91		11-9-77		11-9-108		Capiro		Superchola

Elaborado por: Karla Constante (2019)

4.7. Manejo del experimento en campo

4.7.1. Preparación del terreno

Para establecer el cultivo de papa en campo se realizaron labores con la ayuda del tractor, estas son arado y posterior a 10 días rastra, con la finalidad de desmenuzar los terrones que se encuentren y obtener una superficie de terreno lo más uniforme posible (Cuesta *et al.*, 2014).

4.7.2. Siembra

Se pondrá un tubérculo por golpe (sitio) a una distancia de 0,30 m entre ellos y 1,20 m entre surcos (Villavicencio & Vásquez, 2008). Al momento de la siembra se utilizó el fertilizante químico fertipapa siembra con una composición química de 13N - 32P2O5 - 11K2O - 3 MgO - 4S (Fertisa, sf)

4.7.3. Control de plagas

Las plagas que atacaron al cultivo fueron combatidas con diferentes insecticidas, utilizando Profenofos con una dosis de 2,5 cc/lit de agua para controlar pulguilla (*Epitrix spp.*); Malathion PM en dosis de 2,5 g/lit de agua para controlar trips (*Frankliniella tuberosi*); Permetrina en dosis de 0.5 cc/lit de agua para controlar mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*), las aplicaciones se dirigieron específicamente al follaje (Cuesta *et al.*, 2014).

4.7.4. Labores culturales

Dentro de las labores culturales en el cultivo de papa se encuentra:

Rascadillo, realizado a los 41 días después de la siembra

Aporque, elaborado a los 69 días después de la siembra, con el incremento de fertilizante químico fertipapa aporque que posee una composición química de: 15N - 17P2O5 - 19K2O - 3MgO - 4S - 0.3B (Fertisa, sf), esta labor tiene como finalidad dar aireación a la planta, ya que se acerca a la floración y cubrir de forma definitiva los estolones, debido a que inicia la tuberización (Cuesta *et al.*, 2014).

Las dos labores culturales realizadas tienen como objetivo principal la eliminación de malezas (Cuesta *et al.*, 2014).

4.7.5. Cosecha

Esta labor se realizó de forma manual, cuando la mayoría de materiales de papa alcancen la senescencia o posterior a una semana de tomada la última lectura de severidad a tizón tardío. (Montesdeoca, 2005).

El día de la cosecha en campo se seleccionaron los tubérculos de cada material y se tomaron los datos de número de tubérculos por planta, rendimiento por planta y rendimiento total.

4.8. Variables y métodos de evaluación

4.8.1. Porcentaje de emergencia

Se tomó a los 50 días después de la siembra, especificando el número de plantas emergidas en relación al número de plantas sembradas de cada uno de los surcos (3 surcos con 10 plantas cada uno) por cada repetición, posteriormente se expresó el valor en porcentaje (Bolaños, 2015).

4.8.2. Cobertura de Planta (llenado de surco)

Se evaluó a los 76 días después de la siembra, mediante la siguiente escala tomando en cuenta la cobertura del surco con el follaje de la planta.

Regular: hasta 50% de cobertura del surco

Bueno: entre 50 y 75% de cobertura

Muy bueno: > 75% de cobertura (Kramm, 2017).

4.8.3. Hábito de planta

Se evaluó a los 83 días después de la siembra utilizando la siguiente escala, tomando en cuenta el ángulo de desarrollo de los tallos con respecto al suelo:

Escala	Estado	Descripción
1	Erecta	Los tallos son casi verticales y el ángulo de inserción entre el peciolo de la hoja y el tallo principal es alrededor de 30°
2	Semi-erecta	Los tallos tienen más o menos crecimiento vertical, pero algunos tallos secundarios son más abiertos y la hoja con el tallo principal forman un ángulo de 45°
3	Decumbente	Los tallos están más abiertos y se abren al llegar al suelo. El ángulo de inserción está entre 60° a 90°

(CIP, 2010).

4.8.4. Madurez de planta

Esta variable como sus componentes se evaluaron a los 90, 104 y 111 días después de la siembra (dds). Es la manifestación de varios caracteres que comprenden elementos tales como:

- 1 Floración (actividad de los meristemas apicales)
- 2 Senescencia (cambio de coloración del follaje)
- 3 Presencia de acame de las plantas

Floración

La floración es uno de los estados fenológicos más visibles en el cultivo de papa que inicia con el apareamiento del órgano floral, donde están los botones florales y los primeros pétalos, mismos que darán origen a una inflorescencia. Se realizó la toma de datos mediante una apreciación visual a los 90 días después de la siembra, para facilitar la determinación de estas variables utilizando la siguiente escala:

- 1= No hay botones
- 2= Botones inician hinchamiento
- 3= 25% de flores abiertas
- 4= 50% de las flores abiertas
- 5= 75% de las flores abiertas
- 6= Floración completa
- 7= 75% de las flores caídas (Santana, 1999).

Senescencia

Esta variable se considera cuando el desarrollo del área foliar se detiene y se comienza a observar un amarillamiento de las hojas cada vez más intenso, llegando a coloraciones marrones y caída de hojas de acuerdo ciclo vegetativo y estados fenológicos de cada uno de los materiales utilizados, dado que son diferentes entre sí y por ende la senescencia variará. Los datos se tomaron a los 104 días después de la siembra y se utilizó la siguiente escala:

- 1= Plantas verdes
- 2= Hojas superiores con los primeros signos de amarillamiento

- 3= Hojas amarillentas
- 4= 25% del tejido foliar café
- 5= 50% del tejido foliar café
- 6= Mas del 75% del follaje café
- 7= Planta muerta (Santana, 1999).

Acame

El acame de cada uno de los materiales de papa empieza cuando los tallos amarillean y se secan. En este estado, la planta muere de forma natural y todos los fotoasimilados que poseía se mueven al tubérculo, se tomaron los datos a los 111 días después de la siembra y se empleó la siguiente escala:

- 1= No hay acame
- 2= Acame

En función de los componentes de la madurez se calificará a la planta como:

- 1= Precoz
- 2= Tardía (Santana, 1999).

4.8.5. Severidad de Tizón tardío

Se realizaron nueve observaciones de todo el ensayo en campo. Las lecturas se iniciaron a los cinco días después de la emergencia, cuando se observaron los primeros síntomas, en intervalos de siete días en la unidad experimental, se registró el porcentaje de área foliar afectada comparada con la totalidad de la planta, cada una de las lecturas fue tomada mediante una apreciación visual y finalizaron cuando el testigo susceptible presento el 100% de infección, es decir cuando la planta estuvo muerta.

Se evaluó tomando en cuenta la escala del CIP.

Porcentaje de infección	Síntomas
0	No se observa enfermedad.
0.1	Unas pocas plantas dispersas con tizón.
1	Sobre 10 manchas por planta o una ligera infección.
5	Aproximadamente unas 50 manchas más de una mancha en los folíolos.
25	Casi cada folíolo infectado, pero las plantas mantienen la forma normal. El campo parece verde, aunque existen plantas afectadas.
50	Cada planta está afectada, con el 50% del área foliar destruida, el campo parece verde con espacios café.
75	Con el 75% del área foliar destruida, en el campo se aprecia un color predominante café.
95	Únicamente se ven pocas hojas en las plantas, pero los tallos son verdes.
100	Todas las hojas están muertas, los tallos muertos o secándose.

(CIP, 2010).

La severidad tomada en porcentaje se expresó posteriormente en valores de área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) para cada uno de los tratamientos evaluados (Andrade *et al.*, 2010), utilizando la siguiente fórmula (Cuesta, Rivadeneira & Monteros, 2015):

$$ABCPE = [L1 + 2(L2+L3+.....+Ln-1) + Ln] \times t/2 \text{ Donde:}$$

L = Lectura (expresada en porcentaje).

Ln = Última lectura.

Ln-1 = Penúltima lectura.

t = Tiempo entre lecturas.

4.8.6. Rendimiento

Para cuantificar el rendimiento se seleccionaron las plantas que se encuentran en perfecta competencia de cada parcela y repetición (Seminario *et al.*, 2017).

4.8.7. Número y peso de tubérculos por planta

Se tomaron los datos de las plantas en competencia perfecta de la parcela neta, es decir, de las plantas del surco central eliminando una de cada extremo. La información se registró del promedio de las 3 repeticiones como número de tubérculos por planta (NTP) (González, 2015) y rendimiento por planta (RP) en kg/planta. (Luna *et al.*, 2016).

4.8.8. Rendimiento total

Se realizó la cosecha de cada uno de los tratamientos y repeticiones, posteriormente se pesaron los tubérculos y se clasificaron en tres categorías.

- 1) Tubérculos > 90 g Comercial
- 2) Tubérculos 30-90 g Segunda
- 3) Tubérculos < 30 g Fina

Se registró cada categoría y el resultado se expresó en tn/ha (Seminario *et al.*, 2017).

4.9. Procesamiento de la información

La información adquirida se procesó mediante la utilización del programa estadístico Statistix 10.0. En el cual se efectuaron Análisis de Varianza (ADEVA) y pruebas de comparación de Medias (Tukey al 1%). Los valores fueron transformados mediante la fórmula $y=\sqrt{x+2}$, para el cumplimiento de los supuestos de aditividad, homogeneidad y normalidad.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

En el presente trabajo de investigación se tomaron los datos de cada una de las variables conociendo de esta manera las diferencias que existen entre los clones estudiados.

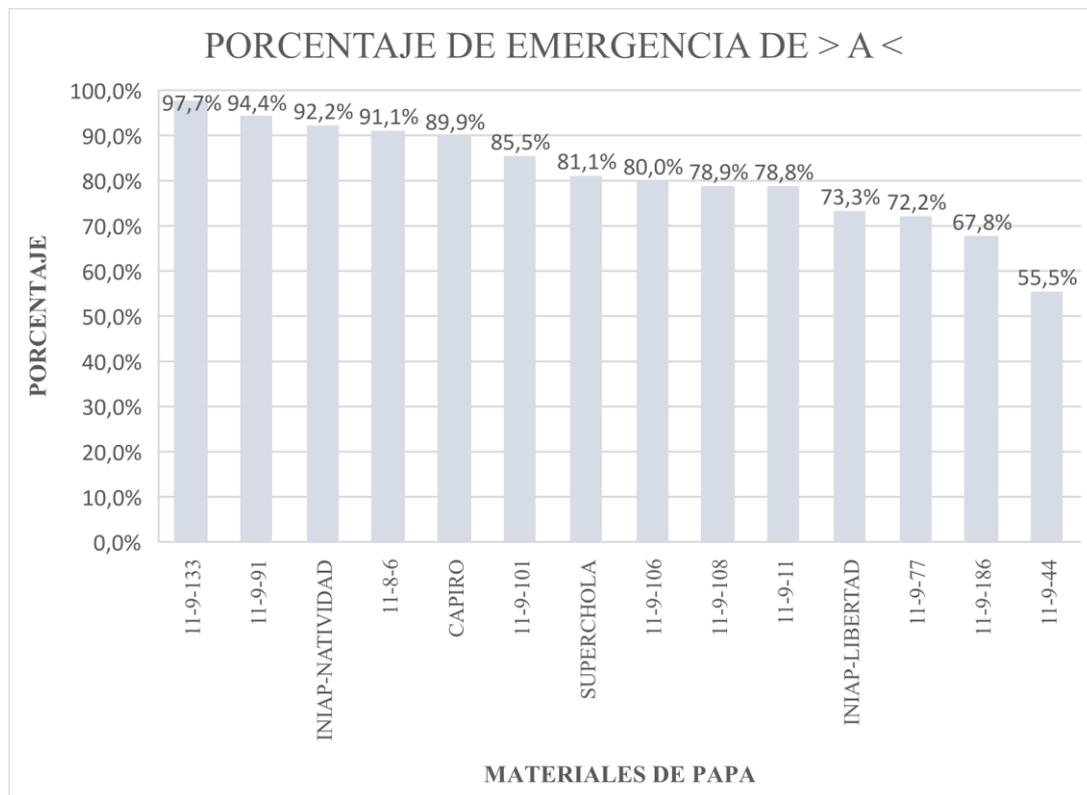
3.1.1. Porcentaje de emergencia

Para el porcentaje de emergencia (Figura 3) mediante el análisis de varianza (Tabla 6) se identificó que existen diferencias altamente significativas al 1%, con un promedio de 81,32% y coeficientes de variación real y transformado de 12.13 y 6.52 respectivamente.

La prueba de Tukey al 1% (Tabla 7), demostró que existen tres rangos de significancia colocando a los materiales: 11-9-133; 11-9-91 e INIAP-NATIVIDAD como los mejores ubicándose en el rango a, al material 11-9-44 como el peor con el rango b, mientras que los materiales restantes comparten el rango ab con promedios de entre 67,77 y 91.1%.

El clon 11-9-44 obtuvo un porcentaje de emergencia menor a 60%, debido a que el tubérculo no presentó un estado fisiológico aceptable en el momento de la siembra y Peña (2007) manifiesta que las condiciones del tubérculo principalmente el estado de brotación se relaciona con una emergencia uniforme; los materiales restantes tienen un buen nivel de emergencia, es decir, se consideran admisibles al cultivarlos.

Figura 3. Porcentaje de emergencia



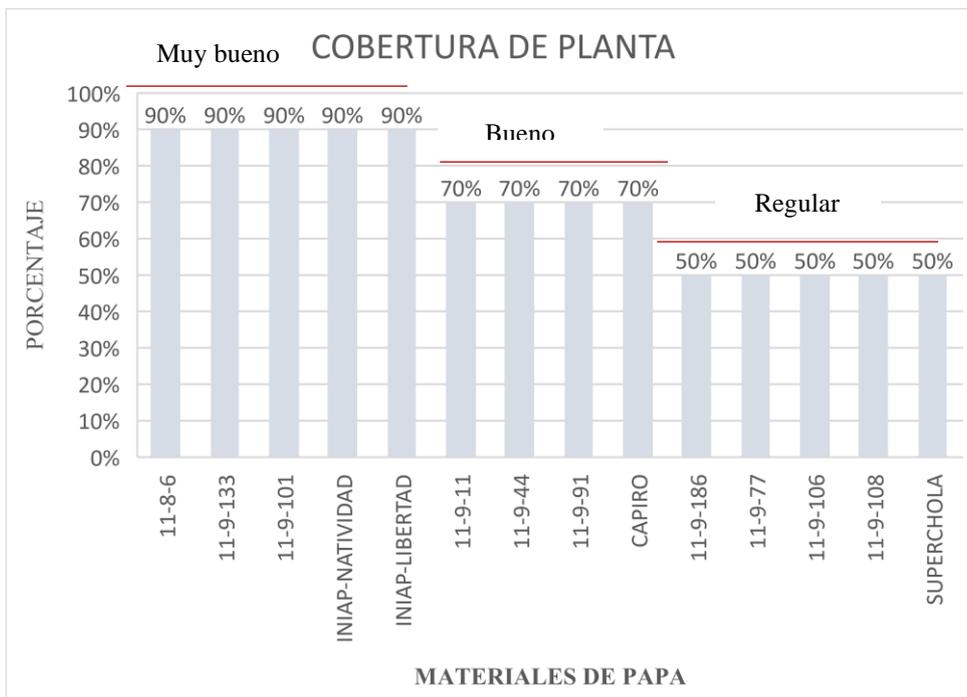
Elaborado por: Karla Constante (2019)

3.1.2. Cobertura de planta

Cada uno de los materiales estudiados demuestran una cobertura de planta diferente: los clones que poseen muy buena cobertura (90%) son: 11-8-6; 11-9-133; 11-9-101; INIAP-LIBERTAD; INIAP-NATIVIDAD; mientras que los clones que mostraron regular cobertura (50%) son: 11-9-186; 11-9-77; 11-9-106; 11-9-108; SUPERCHOLA (Figura 4).

Este factor es muy importante, ya que, cuando existe un elevado desarrollo vegetativo, la planta produce mayor cantidad de fotoasimilados y la relación con la tasa de llenado del tubérculo es alta porque existe interacción entre la tuberización y la estructura del follaje de la planta (Jerez-Mompié *et al.*, 2017).

Figura 4. Porcentaje de cobertura de Planta



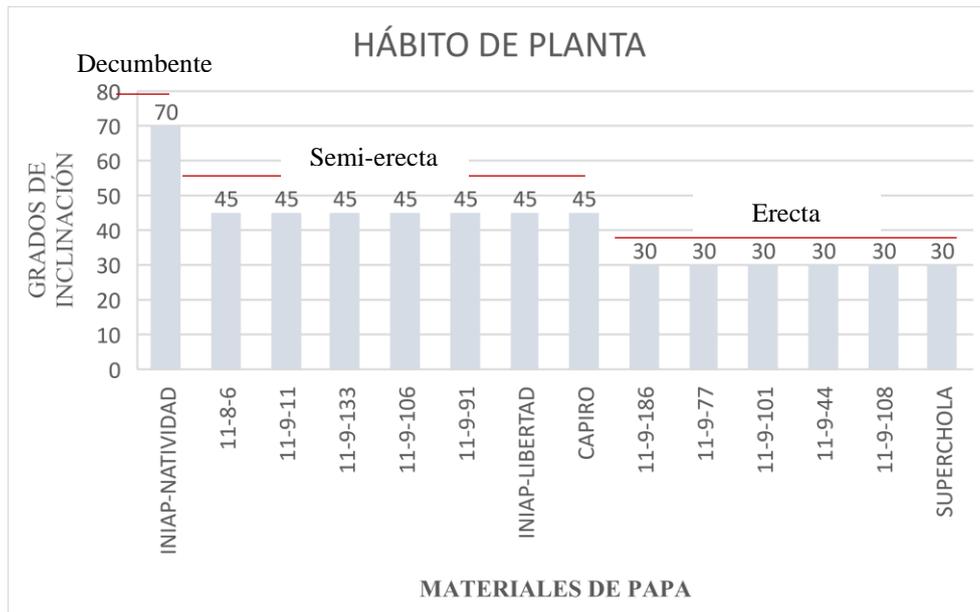
Elaborado por: Karla Constante (2019)

3.1.3. Hábito de planta

La mayoría de materiales estudiados se clasificaron como semi-erectas (45°) excepto INIAP-NATIVIDAD que fue decumbente (70°) y 11-9186; 11-9-77; 11-9-101; 11-9-44; 11-9-108 y SUPERCHOLA que fueron catalogadas como erectas (30°) (Figura 5).

El hábito de crecimiento de la planta de papa varía de acuerdo a los materiales vegetales (Inostroza, Méndez & Sotomayor, sf), además Toledo (2016) menciona que está relacionado con una mayor proporción de tejidos meristemáticos que originan órganos de crecimiento.

Figura 5. Hábito de planta según los grados de inclinación



Elaborado por: Karla Constante (2019)

3.1.4. Madurez de planta

Esta variable se forma por tres componentes que se apreciaron de forma visual: floración que se evaluó a los 90 días, senescencia a los 104 días y acame a los 111 días después de la siembra (Tabla 5). Se clasificaron los clones de acuerdo a las escalas que obtuvieron en cada uno de los componentes, los materiales que obtuvieron un promedio mayor a 2 en los tres componentes se clasificaron como tardíos, mientras que los que obtuvieron un promedio menor a 2 fueron catalogados como precoces.

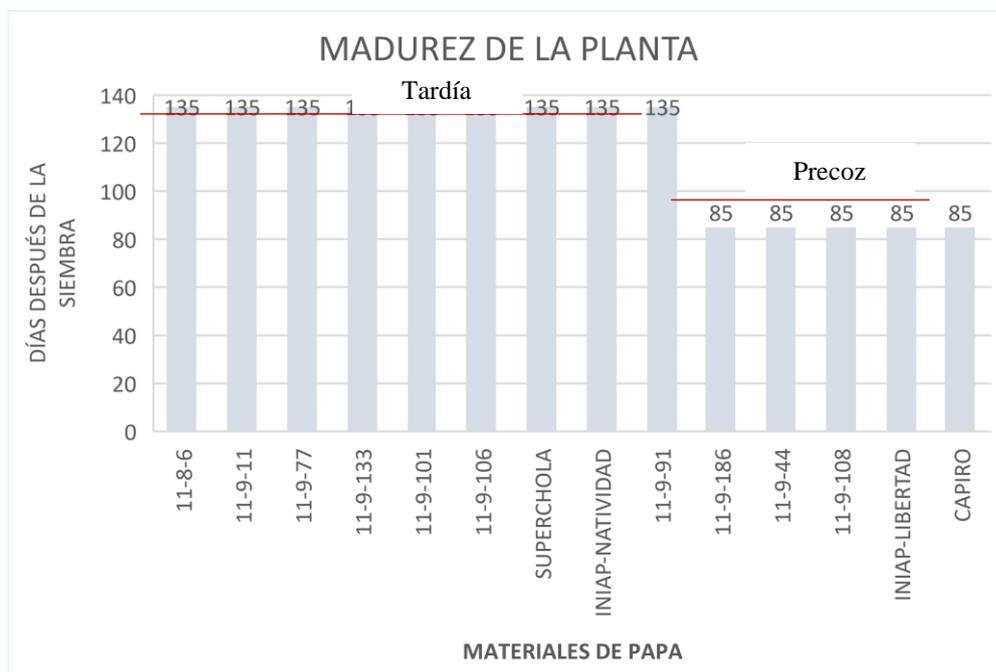
Existen diversas clasificaciones de acuerdo al ciclo del cultivo de papa, por ejemplo, Cortez & Hurtado (2002) describen que las variedades precoces alcanzan la madurez fisiológica entre 75 y 90 días, mientras que las variedades tardías la alcanzan entre 120 y 150 días. Para la elaboración de los resultados se tomó un promedio de cada categoría 1= Precoz (85) dds y 2= Tardía (135) dds. Dando como resultado que en su mayoría los materiales fueron tardíos a excepción de: 11-8-6; 11-9-186; INIAP-LIBERTAD; 11-9-44 y 11-9-108 (Figura 6).

Tabla 5. Componentes de madurez de planta

MATERIALES DE PAPA	FLORACIÓN	SENESCENCIA	ACAME	MADUREZ DE PLANTA
11-8-6	1: No hay botones	3: Hojas amarillentas	1: No	Tardía
CAPIRO	2: Botones inician hinchamiento	2: Hojas superiores con los primeros signos de amarillamiento	2: Si	Precoz
11-9-11	2: Botones inician hinchamiento	4: 25% del tejido foliar café	1: No	Tardía
11-9-186	2: Botones inician hinchamiento	2: Hojas superiores con los primeros signos de amarillamiento	2: Si	Precoz
11-9-77	3: 25% de flores abiertas	4: 25% del tejido foliar café	1: No	Tardía
11-9-133	2: Botones inician hinchamiento	3: Hojas amarillentas	1: No	Tardía
11-9-101	2: Botones inician hinchamiento	4: 25% del tejido foliar café	1: No	Tardía
INIAP-LIBERTAD	2: Botones inician hinchamiento	1: Plantas verdes	2: Si	Precoz
11-9-106	1: No hay botones	5: 50% del tejido foliar café	1: No	Tardía
11-9-44	3: 25% de flores abiertas	1: Plantas verdes	2: Si	Precoz
11-9-108	1: No hay botones	1: Plantas verdes	2: Si	Precoz
SUPERCHOLA	3: 25% de flores abiertas	2: Hojas superiores con los primeros signos de amarillamiento	1: No	Tardía
INIAP-NATIVIDAD	1: No hay botones	4: 25% del tejido foliar café	1: No	Tardía
11-9-91	2: Botones inician hinchamiento	3: Hojas amarillentas	1: No	Tardía

Elaborado por: Karla Constante (2019)

Figura 6. Madurez de planta de acuerdo a los días después de la siembra



Elaborado por: Karla Constante (2019)

3.1.5. Severidad de tizón tardío

La evaluación de esta variable se realizó con un lapso de siete días entre lecturas, para verificar el porcentaje de infección en cada uno de los clones, mediante 9 observaciones en campo. El análisis de varianza para ABCPE (Tabla 6) estableció que existen diferencias altamente significativas al 1% entre cada uno de los tratamientos obteniendo de esta manera un promedio de 314,69 y los coeficientes de variación real y transformado de 41,43 y 23,13 respectivamente.

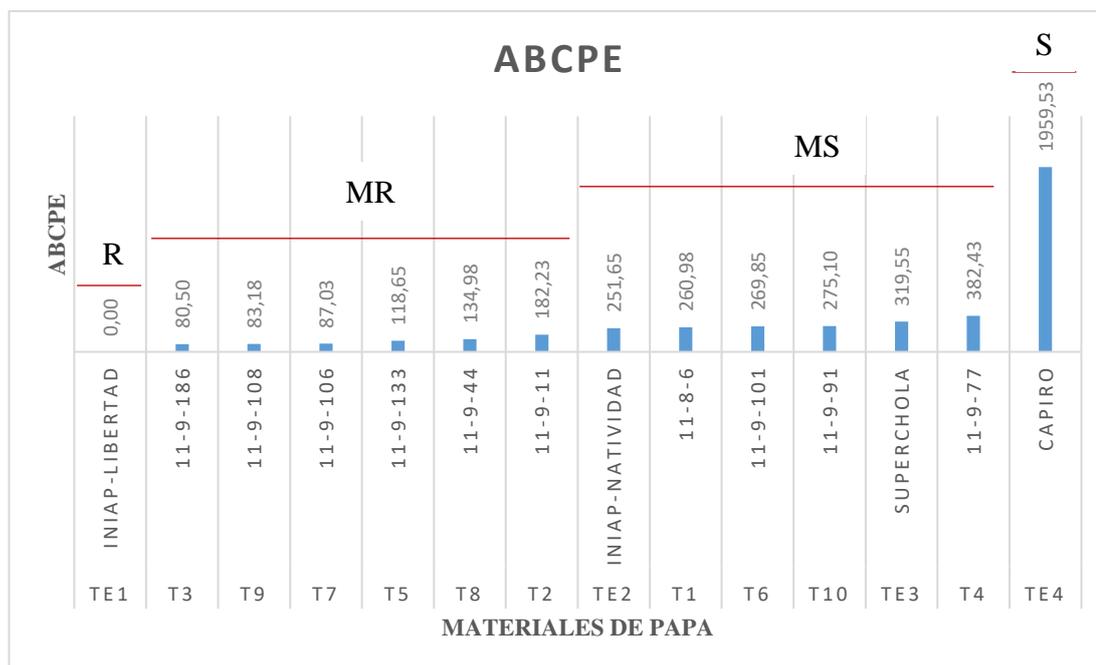
Mediante la prueba de Tukey al 1% (Tabla 7) se determinaron tres rangos de significancia estadística, rangos que se encuentran representados con letras minúsculas del abecedario identificando el peor material con la primera y el mejor con la última, es decir, CAPIRO (susceptible) obtuvo un valor de 1959,50 con su rango a como el peor material; 11-9-77, SUPERCHOLA, 11-9-91, 11-9-101, 11-8-6 e INIAP-

NATIVIDAD obtuvieron un rango b catalogándolos como moderadamente susceptible, debido a que dentro de ellos se encuentra ese testigo; 11-9-11, 11-9-44, 11-9-133, 11-9-106, 11-9-108 y 11-9-186 con un rango bc descritos como moderadamente resistente al encontrarse cercanos al testigo de dicho rango y por último se encuentra INIAP-LIBERTAD que obtuvo un promedio de 0 con el rango c que la cataloga como resistente y mejor material (Figura 7).

Los clones que mejor respuesta presentaron ante la presencia de tizón tardío son los catalogados como moderadamente resistentes y debido a que presentan un promedio bajo de ABCPE, realizando una mayor cantidad de ensayos y pruebas se podrá liberar uno de estos como variedad resistente ante tizón tardío.

Los resultados obtenidos son similares en algunos casos a la investigación realizada por Oñate (2016), ya que los clones 11-9-108; 11-9-133 y 11-9-106 presentaron una mejor respuesta ante la presencia de tizón tardío. Además, Casa (2007) y Albuja (2008) adquirieron resultados y curvas similares del progreso de la enfermedad. Por otro lado, Barquero, Gómez & Brenes (2005) en su investigación obtuvieron promedios de 60, 80 y 79 en el ABCPE de sus genotipos estudiados, lo cual se encuentra dentro del rango de los materiales moderadamente resistentes de la presente investigación, mientras que Garófalo, Andrade & Cuesta (2006), obtuvieron con su variedad susceptible (Uvilla) un promedio de 1279,80 en ABCPE, valor menor a la variedad susceptible de la investigación (Capiro) que obtuvo 1959,53.

Figura 7. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad



R: Resistente; MR: Moderadamente Resistente; MS: Moderadamente Susceptible; S: Susceptible

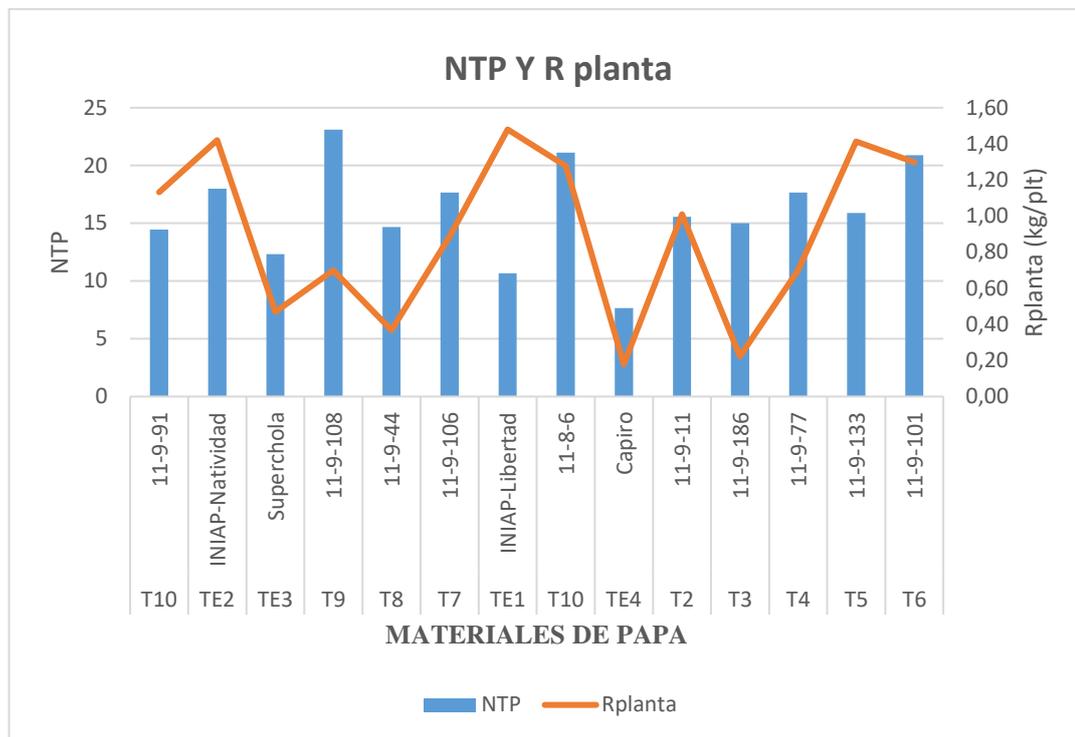
Elaborado por: Karla Constante (2019)

3.1.6. Número de tubérculos y rendimiento por planta

En el análisis de varianza (Tabla 6) se identificó que existen diferencias significativas al 5% en cuanto al número de tubérculos por planta (NTP) y diferencias altamente significativas al 1% para el rendimiento por planta (Rplanta). Los promedios y los coeficientes de variación real y transformado de NTP Y Rplanta fueron de: 16,05; 30,42; 13,11 y 0,9; 50,60; 7,5 respectivamente.

En la prueba de Tukey al 1% (Tabla 7) no se notaron rangos de significancia, por lo tanto, todos los materiales obtuvieron como identificación la letra a. Los clones que presentaron mayor número de tubérculos y rendimiento por planta fueron: 11-8-6 y 11-9-101 con 21 TP; 1.28 kg/plt y 21 TP y 1.30 kg/plt respectivamente (Figura 8).

Figura 8. Número de tubérculos y rendimiento por planta



Elaborado por: Karla Constante (2019)

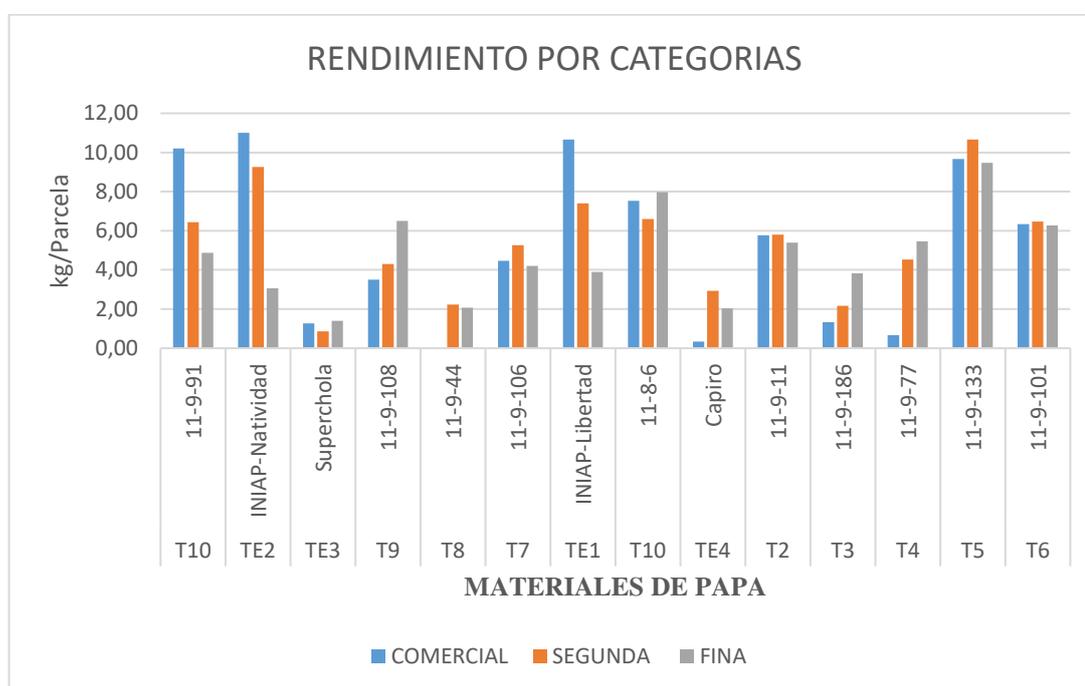
3.1.7. Rendimiento por categorías

Al realizar el análisis de varianza (Tabla 6), se logró identificar que en las tres categorías existen diferencias altamente significativas al 1%. Las categorías comercial, segunda y fina obtuvieron los siguientes promedios y coeficientes de variación real y transformados: 5,17; 60,9; 20,6 / 5,4; 32; 11 y 4,75; 34,35; 11,4 respectivamente.

Mediante la prueba de Tukey al 1% (Tabla 7), se encontraron diferentes rangos de significancia dentro de cada una de las categorías (Figura 9), es así que, los materiales: 11-9-91; INIAP-NATIVIDAD; INIAP-LIBERTAD y 11-9-133 dieron los mejores rendimientos en la categoría comercial, mientras que: INIAP-NATIVIDAD; 11-9-133 fueron los mejores en la categoría segunda y por ultimo: 11-8-6 y 11-9-133 obtuvieron mayor rendimiento en la categoría fina.

Los materiales que dieron mayores rendimientos en las categorías comercial y segunda fueron aquellos que mostraron un bajo porcentaje de presencia de tizón tardío a excepción del clon 11-9-91. Corroborando la información obtenida de Cuesta Subía *et al.* (2014) y Monar *et al.* (2007), que mencionan que las variedades INIAP-NATIVIDAD posee un rendimiento de 50% en 1°, 40% en 2° y 10% en 3° categoría e INIAP-LIBERTAD 85% en 1°, 10% en 2° y 5% en 3° categoría.

Figura 9. Rendimiento por categorías



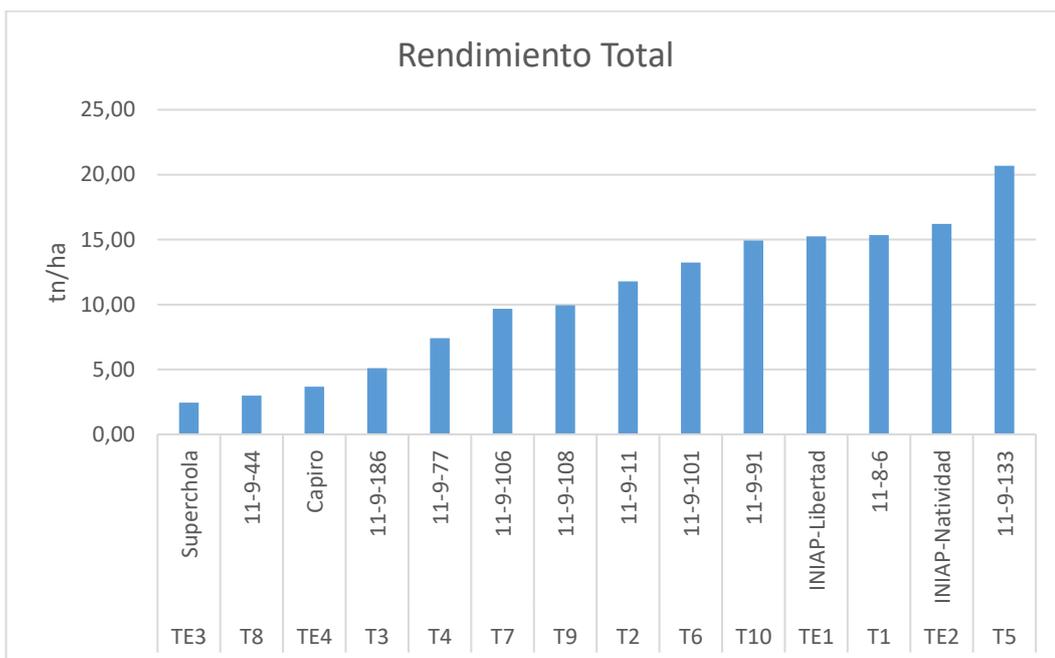
Elaborado por: Karla Constante (2019)

3.1.8. Rendimiento total

Por medio del análisis de varianza (Tabla 6) se identificó la existencia de diferencias altamente significativas al 1% con un promedio de 10,6 y los coeficientes de varianza real y transformados de: 35,3 y 13,9 respectivamente.

En la prueba de Tukey al 1% (Tabla 7) se determinaron cinco rangos de significación clasificando al material 11-9-133 como mejor con un rendimiento de 20,7 tn/ha, por otro lado, los materiales con rendimientos más bajos fueron: 11-9-44, SUPERCHOLA y CAPIRO, con 2,99; 2,45 y 3,68 tn/ha respectivamente (Figura 10).

Figura 10. Rendimiento total



Elaborado por: Karla Constante (2019)

Tabla 6. Análisis de varianza para variables en la evaluación de resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en clones de papa (*Solanum tuberosum*).

Fuentes de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		ABCPE	Emg	NTP	Rplanta kg/plt	Rcomercial kg/parcela	Rsegunda kg/parcela	Rfina kg/parcela	RT tn/ha
Total	41								
Trat	13	708029**	405,86**	52,04*	0,64**	50,05**	22,98**	16,07**	96,02**
Error	28	16997	97	23,83	0,21	9,91	3	2,66	14
Promedio		314,69	81	16,05	0,9	5,17	5,4	4,75	10,6
CV (%)		41,43	12	30,42	50,6	60,9	32	34,35	35,3
CVt (%)		23,13	6,5	13,11	7,5	20,6	11	11,4	13,9

** Altamente significativo al 1% * Significativo al 5%

ABCPE: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad

Emg: Emergencia

NTP: número de tubérculos por planta

Rplanta: Rendimiento por planta

Rcomercial: Rendimiento categoría comercial

Rsegunda: Rendimiento categoría segunda

Rfina: Rendimiento categoría fina

RT: Rendimiento total.

CV: Coeficiente de variación real

CVt: coeficiente de variación transformado por la formula $y=\sqrt{x+2}$.

Tabla 7. Promedios y prueba de Tukey al 1% de significación para variables en la evaluación de resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en clones de papa (*Solanum tuberosum*).

Trat	Material	ABCPE	Emg	NTP	Rplanta		Rcomercial		Rsegunda		Rfina		RT				
					kg/plt	kg/parcela	kg/parcela	kg/parcela	kg/parcela	tn/ha							
14	CAPIRO	1959,50	a	89,93	ab	8	a	0,18	a	0,33	c	2,93	bc	2,03	a	3,68	bc
4	11-9-77	382,43	b	72,17	ab	18	a	0,7	a	0,67	bc	4,53	abc	5,47	abc	7,41	abc
13	SUPERCHOLA	319,55	b	92,2	a	12	a	0,47	a	1,27	abc	0,87	c	1,4	c	2,45	c
10	11-9-91	275,10	b	94,4	a	14	a	1,13	a	10,2	a	6,43	ab	4,87	ab	14,9	ab
6	11-9-101	269,85	b	85,5	ab	21	a	1,3	a	6,33	abc	6,47	ab	6,27	ab	13,2	ab
1	11-8-6	260,98	b	91,1	ab	21	a	1,28	a	7,53	abc	6,6	ab	7,97	ab	15,4	ab
12	INIAP-NATIVIDAD	251,65	b	81,1	ab	18	a	1,42	a	10,67	a	9,27	a	3,07	a	16	a
2	11-9-11	182,23		78,83	ab	16	a	1,01	a	5,77	abc	5,8	ab	5,4	ab	11,8	ab
			bc														
8	11-9-44	134,98		55,5	b	15	a	0,37	a	0	c	2,23	bc	2,07	bc	2,99	bc
			bc														
5	11-9-133	118,65		97,73	a	16	a	1,41	a	9,67	ab	10,7	a	9,47	a	20,7	a
			bc														
7	11-9-106	87,03		79,97	ab	18	a	0,89	a	4,47	abc	5,27	abc	4,2	abc	9,67	abc
			bc														
9	11-9-108	83,18		78,87	ab	23	a	0,7	a	3,5	abc	4,3	abc	6,5	abc	9,93	abc
			bc														
3	11-9-186	80,50		67,77	ab	15	a	0,22	a	1,33	abc	2,17	bc	3,83	bc	5,09	bc
			bc														
11	INIAP-LIBERTAD	0,00		73,3	ab	11	a	1,48	a	10,67	ab	7,4	ab	3,9	ab	15,3	ab
			c														

ABCPE: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad; Emg: Emergencia; NTP: Número de tubérculos por planta; Rplanta: Rendimiento por planta; Rcomercial: Rendimiento categoría comercial; Rsegunda: Rendimiento categoría segunda; Rfina: Rendimiento categoría fina; RT: Rendimiento total.

3.2. Verificación de hipótesis

Se cumple la hipótesis planteada, ya que, los clones de papa evaluados presentan diferentes niveles de resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en condiciones de campo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Finalizado el trabajo de investigación titulado “EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*) EN CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum*)”, se concluyó que:

- Los clones catalogados como moderadamente resistentes ante la presencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*), con los respectivos valores de ABCPE fueron: 11-9-186 (80,50); 11-9-108 (83,18); 11-9-106 (87,03); 11-9-133 (118,65); 11-9-44 (134,98) y 11-9-11 (182,23), ninguno de ellos adquirió valores de ABCPE iguales al del testigo resistente (INIAP-LIBERTAD) que obtuvo un valor de 0.
- Las etapas en las que ataca tizón tardío (*Phytophthora infestans*) con mayor agresividad fueron: desarrollo e inicio de floración y tuberización, ya que en ellas existe la mayor cantidad de follaje y este crea el microclima óptimo para el desarrollo de la enfermedad, por lo tanto, la presencia del patógeno influyó mayormente en los clones: 11-8-6 (260,98); 11-9-101 (269,85); 11-9-91 (275,10) y 11-9-77 (382,43), quienes se describieron como moderadamente susceptibles con sus valores de ABCPE respectivos.
- El clon con mejor rendimiento fue 11-9-133 con 20,7 tn/ha y además se clasificó como moderadamente resistente ante tizón tardío con un valor de ABCPE de 118,65, por lo que, sería el material más óptimo para una futura liberación.

4.2. Recomendaciones

- Implementar investigaciones como ésta en lugares con características agroclimáticas diferentes y observar el comportamiento de los clones.
- Elaborar diferentes estrategias de control de tizón tardío con cada uno de los clones moderadamente resistentes e identificar su evolución.
- Trabajar con mayor énfasis en el clon 11-9-133 para poder liberarlo como variedad, ya que obtuvo los mejores valores en rendimiento y fue moderadamente resistente a tizón tardío.

CAPITULO VII

MATERIALES DE REFERENCIA

7.1. Referencias bibliográficas

Acuña, I., & Araya, M. (2017). Fitopatología – Enfermedades de la papa: Tizón tardío. INIA. Chile. 2p. Consultado 03 dic. 2019. Disponible en <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/FichasTecnicasSanidadVegetal/Ficha%2053%20Tizon%20tardio.pdf>

Acuña, I., & Tejada, P. (2015). Enfermedades Causadas por Hongos. INIA. Chile. Consultado 19 sep. 2019. Disponible en <https://manualinia.papachile.cl/?page=manejo&ctn=214>

Agrios, G. (1988). Fitopatología. Limusa. México. 756p.

Agrios, G. (2005). Plant pathology. (Fifth edition). Elsevier Academic Press. Florida, US

Andrade, J., Kromann, P., Taipe, A., Forbes, G. (2010). Estimación del nivel de susceptibilidad a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa. CIP. Quito, Ecuador. 7p. Consultado 15 agt. 2019. Disponible en <https://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Estimacion%20del%20nivel%20de%20susceptibilidad%20a%20Phytophthora%20infestans.pdf>

Barquero, M., Gómez, L., & Brenes, A. (2005). RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*) EN CLONES PROMISORIOS DE PAPA EN COSTA RICA. Agronomía Costarricense 29(3): 31-45. 16p

Bolaños Méndez, A. F. (2015). Evaluación de diferentes orígenes de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) provenientes de tres sistemas de producción en dos localidades de la sierra ecuatoriana (en línea). Tesis Ing. Agrónomo, Quito,

- Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 105p. Consultado 12 sep. 2019. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4541/1/T-UCE-0004-7.pdf>
- Cáceres, P., Pumisacho, M., Forbes, G., Andrade, J. (2007). Guía para facilitar el aprendizaje sobre el control del tizón tardío de la papa. CIP, INIAP, SENACYT. Quito, Ecuador. 174p. Consultado 27 oct. 2019. Disponible en <https://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Guia%20de%20facilitadores%20espanol.pdf>
- Carrasco, E., Estrada, N., Gabriel, J., Alfaro, G., Larondelle, Y., García, W., Quiroga, O. (1997). Seis Cultivares Potenciales de Papa con Resistencia al Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*) en Bolivia. Revista Latinoamericana de la Papa. (1997). 9/10:106-122. 17p
- Cortez, M., & Hurtado, G. (2002). Guía técnica: cultivo de la papa. CENTA CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL. San Salvador, El Salvador. 34p
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 2010. Procedimientos para pruebas de evaluación de clones avanzados de papa. Guía para colaboradores internacionales. Quito, Ecuador. 152p.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 1984. Boletines de Información Técnica. Departamento de Capacitación y comunicaciones del CIP. 415p
- Cuesta Subía, H., Oyarzún, P., Andrade-Piedra, J., Kromann, P., Taipe, A., Montesdeoca, F., Reinoso, I. (2014). INIAP-Libertad: Nueva variedad de papa con resistencia a lancha, precocidad y calidad. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos. Quito, Ecuador. 6p

- Cuesta, X., Rivadeneira, J., & Monteros, F. (2015). Mejoramiento genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. INIAP. Quito, Ecuador. 70p.
- Cuesta, X., Rivadeneira, J., Pumisacho, M., Montesdeoca, F., Velásquez, J., Reinoso, I., Monteros, C. (2014). Manual del cultivo de papa para pequeños productores, INIAP. Quito, Ecuador. 98p.
- Cuesta, X., Oyarzun, P., Andrade-Piedra, J., Kromann, P., Taipe, A., Montesdeoca, L., Montesdeoca, F., Monteros, C., Rivadeneira, J., Carrera, E., Comina, P., Reinoso, I. (2014). INIAP-Libertad Nueva Variedad de Papa precoz con resistencia al tizón tardío. INIAP. CIP. Quito, Ecuador. 3p
- Díaz, M., Fajardo, D., Moreno, J., García, C., Nuñez, V. (2003). Identificación de Genes R1 y R2 que confieren resistencia a *Phytophthora infestans* en genotipos colombianos de papa. REVISTA COLOMBIANA DE BIOTECNOLOGÍA VOL V No.2 diciembre 2003 40 – 50. 11p
- Egúsqüiza, B. (2000). La papa: producción, transformación y comercialización. CIP-COSUDE. Lima, Perú. CIMAGRAF. 192p
- Escallón, R., Ramírez, M., & Núñez, C. (2005). Evaluación del potencial de rendimiento y de la resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont. de Bary) en la colección de papas redondas amarillas de la especie *Solanum phureja* (Juz. et Buk.). Agronomía Colombiana, vol. 23, núm. 1, enero-junio, 2005, pp. 35-41. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 8p
- Fabara, J. (2012). Plagas y enfermedades de los cultivos de papa, maíz y alfalfa: Manual de capacitación para promotores rurales en protección de cultivos. Tungurahua, Ecuador. 151p.
- Fertisa. (sf). Portafolio papa. (en línea). Consultado 28 dic 2019. Disponible en https://www.fertisa.com/pdf/portafolio_3.pdf

- Forbes, G., Pérez, W., & Andrade Piedra, J. (2014). Procedimiento para Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa: Modulo 3: Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. CIP. Lima, Perú
- Gabriel, J., Forqueda, F., Plata, G., Fernández-Northcote, E. (2007). Caracterización de genotipos de papa de Europa y Latinoamérica por resistencia a tizón y propiedades culinarias. Revista Latinoamericana de la Papa. (2007). 14(1): 10-23. 14p
- García, R., & García, A. (2004). EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL QUÍMICO DEL TIZÓN TARDÍO DE LA PAPA EN DOS LOCALIDADES DEL ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA. Bioagro, año/vol. 16, número 002 Universidad Centro-Occidental Lisandro Alvarado Barquisimeto-Cabudare, Venezuela pp. 77- 83. 8p
- Garófalo, J., Andrade, H., & Cuesta, X. (2006). Evaluación de la aptitud combinatoria general y específica en 21 progenies de papa *Solanum phureja* para resistencia a tizon tardío *Phytophthora infestans*. Memorias del II Congreso Ecuatoriano de la Papa 17, 18 y 19 de mayo de 2006. Ambato, Ecuador.
- González Gamboa, JR. (2015). Evaluación agronómica de papa, variedad superchola (*Solanum tuberosum*), con el uso de semilla prebásica, bajo dos modalidades de fertilización edáfica, complementada con fertilización foliar. Tabacundo. Pichincha (en línea). Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 87p. Consultado 13 nov. 2019. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4550>
- Huamán, Z. (1986). Botánica Sistemática y Morfológica de la papa. 2da ed. Vol. 6. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 22p.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2015). Anuario Meteorológico Nro 52-2012 (en línea). Consultado 11 oct. 2019. Disponible en:

[http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wpcontent/uploads/anuarios/meteorologicos/Am 2012.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wpcontent/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf)

INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2016). Boletín Climatológico Semestral 2016. Quito, Ecuador.

Inostroza, J., Méndez, J., & Sotomayor, L. (sf). BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA DE LA PAPA. INIA Carillanca. 7p. consultado 11 oct. 2019. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36476.pdf>

Jerez-Mompilé, E., Martín-Martín, R., & Morales-Guevara, D. (2017). Evaluation of growth and composition by size of tubers from potato plants for seed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. 9p.

Kamoun, S. (2002). Studies of the Pathogen. Basic Biology: What makes *Phytophthora infestans* a pathogen in “International Workshop on Complementing Resistance to Late Blight (*Phytophthora infestans*) in the Andes”. GILB Latin American Workshops. International Potato Center. Lima, Perú. Cochabamba, Bolivia. 11-13p.

Kramm, V. (2017). Manual del cultivo de la papa en Chile. INIA (en línea). Santiago, Chile. 144p. Consultado 05 oct. 2019. Disponible en: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/10%20Manual%20Papa.pdf>

Lucero, H. (2011). Manual del cultivo de papa para la sierra sur: Labores culturales. Cuenca, Ecuador. 12p.

Luna, R., Espinosa, K., Trávez, R., Ulloa, C., Espinoza, A., Bejarano, A. (2016). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química (en línea). Ciencia y Tecnología 9(1):11-16. Consultado 23 agt. 2019. Disponible en http://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_V9%20N1%20Luna%200et%20al.pdf

- MAGAP (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca). (2015). Boletín situacional papa (en línea). Consultado 17 oct. 2019. Disponible en http://sinagap.agricultura.gob.ec/.../cultivo/2016/boletin_situacional_papa_2015.pdf
- Monar, C., Reinoso, I., Rivadeneira, J., Cuesta Subía, H. (2007). Ficha técnica de la variedad de papa INIAP – 179-19 (Natividad). INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-Papa. Quito, Ecuador. 8p.
- Montaldo, A. (1984). Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. IICA. 676p.
- Montesdeoca, F. (2005). Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de Papa de Calidad. INIAP, EESC. Proyecto Fortipapa. Quito, Ecuador. 40p.
- Montesdeoca, F., Panchi, N., Navarrete, I., Pallo, E., Yumisaca, F., Taípe, A., Espinoza, S., Andrade-Piedra, J. (2013). GUÍA FOTOGRÁFICA DE LAS PRINCIPALES PLAGAS DEL CULTIVO DE PAPA EN ECUADOR. INIAP, CIP, CONPAPA, McKnight Foundation. Quito, Ecuador. 68p.
- Oñate, M. (2016). EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*) (Mont.) de Bary EN QUINCE CLONES PROMISORIOS DE PAPA. Tesis Ing. Agr, Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 75p
- Oyarzún, P., Taípe, J., & Forbes, G. (2001). Perfil de país. Complementando la resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*). En P. Oyarzún, J. Taípe, & G. Forbes, *Phytophthora infestans* su actividad y particularidades en el Ecuador.
- Pérez, W., & Forbes, G. (2008). Manual Técnico: El tizón tardío de la papa. CIP. Lima, Perú. 41p. Consultado 10 nov. 2019. Disponible en <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/004271.pdf>

- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador (en línea). INIAP-CIP. Quito, Ecuador. 231p. Consultado 19 nov. 2019. Disponible en <https://cipotato.org/wpcontent/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Pumisacho, M., & Velásquez, J. (2009). Manual del cultivo de papa para pequeños productores. INIAP-COSUDE. Quito, Ecuador. 98p.
- Rodríguez, L (2009). Teorías sobre la clasificación taxonómica de las papas cultivadas (*Solanum L.* sect. *Petota Dumort.*). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Bogotá, Colombia. 8p. Consultado 17 sep. 2019. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n3/v27n3a03.pdf>
- Romero-Montes, G., Lozoya-Saldaña, H., & Hernández-Vilchis, A. (2003). ADAPTACIÓN POR RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans* Mont. De By) DE GENOTIPOS DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*) EN TOLUCA, MÉXICO. Revista Chapingo Serie Horticultura 9(2): 193-208, 2003. 8p
- Santana, G. (1999). Métodos de Mejoramiento Genético más Usados en Papa (*Solanum tuberosum L.*) en México (en línea). Coahuila, México. 134p. Consultado 18 dic. 2019. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/733/T10223%20SANTANA%20CHARLES,%20GASPAR%20MONOGRAFIA.pdf?sequence=1>
- Savian BIOTECNOLOGÍA. (sf). ¿Cómo mejorar el rendimiento en el cultivo de papa?. Consultado 28 nov. 2019. Disponible en <http://www.savian.com.ar/news/como-mejorar-el-rendimiento-en-el-cultivo-de-papa/>
- Seminario, J., Seminario, A., Domínguez, A., Escalante, B. (2017). Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum L.*) del grupo

- Phureja (en línea). Cajamarca, Perú. 11p. Consultado 26 nov. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n3/a01v8n3.pdf>
- Tello, C. (2008). Identificación de aspectos epidemiológicos relacionados con la expresión de resistencia de la papa (*Solanum tuberosum*) para las poblaciones de *Phytophthora infestans* predominantes en tres localidades de la Sierra Ecuatoriana. Tesis Ing. Agr, Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 105p.
- Toledo, M. (2016). El cultivo de papa en honduras (en línea). Tegucigalpa, Honduras. 100p. Consultado 06 nov. 2019. Disponible en <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi9kJ65YPnAhWSuVkKHW12BDYQFjACegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Frepositorio.iica.int%2Fbitstream%2F11324%2F3107%2F1%2FBVE17069070e.pdf&usg=AOvVaw2ecr4dMlXKksgr-tW0IxS5>
- Torres, L., Cuesta, X., Monteros, C., Rivadeneira, J. (2011). Variedades de papa (en línea, sitio web). CIP-INIAP. Quito, Ecuador. Consultado 3 dic. 2019. Disponible en <https://cipotato.org/papaenecuador/variedades-de-papa/>
- Torres, L., Taipe, A., & Andrade, J. (2011). Manejo de lancha. Quito, Ecuador. Consultado 02 oct. 2019. Disponible en <https://cipotato.org/es/latinoamerica/informacion/inventario-de-tecnologias/manejo-de-lancha/>
- Unda, J., Suquillo, J., Sevillano, C., Pumisaho, M., Ochoa, J., Barrera, V. (2013). Diagnóstico del manejo de tizón tardío en la provincia del Carchi, Ecuador. V Congreso Ecuatoriano de la papa. Riobamba, Ecuador.
- Villavicencio, V., & Vásquez, W. (2008). Guía técnica de cultivos. INIAP. Quito, Ecuador. Manual N° 73. 444p.
- Yuen, J., & Forbes, G. (2009). Estimating the Level of Susceptibility to *Phytophthora infestans* in Potato Genotypes. *Phytopathology*, 99, 782-786p

Zúñiga, F., Buenaño, M., & Risco, D. (2016). Caracterización física y química de suelos de origen volcánico con actividad agrícola, próximos al volcán Tungurahua (en línea). Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias 2016: 1 (1) 5-10. Consultado 08 oct. 2019. Disponible en <http://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/reiagro/article/view/68/60>

Zúñiga, L., Molina, J., Cadena, M., Rivera, A. (2000). Resistencia al Tizón Tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en Cruzamientos de Cultivares y Clones de Papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 18, núm. 1, enero-junio, 2000, pp. 1-9 Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México. 10p

7.2. Anexos

Anexo 1. Preparación de terreno



Anexo 2. Emergencia de plantas



Anexo 3. Parcelas deshierbadas



Anexo 4. Parcelas rotuladas y aporcadas



Anexo 5. Desarrollo del cultivo



Anexo 6. Madurez de plantas



Anexo 7. Cosecha de materiales



Anexo 8. Toma del número de tubérculos por planta



Anexo 9. Toma del rendimiento por planta

