



ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

INFORME ANUAL PROGRAMA NACIONAL DE RAÍCES Y TUBÉRCULOS - PAPA



Diciembre, 2020



INFORME ANUAL 2020

1. **Departamento/Programa:** Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-papa (PNRT-papa)

2. **Nombre director de la Estación Experimental:** Luis Rodríguez (enero-octubre); Karla Tinoco (noviembre-diciembre).

3. **Responsable del Departamento / Programa en la Estación Experimental:** Xavier Cuesta
Equipo técnico multidisciplinario I+D:
PNRT-papa: Cecilia Monteros, Jorge Rivadeneira, Marcelo Racines, Néstor Castillo, David Ortega, David Ramos.
Biotecnología: Eduardo Morillo, Lizabeth Ojeda, Johanna Buitrón, Santiago Meneses.
Protección Vegetal: María Insuasti, Cristina Tello, Carmen Castillo, Sandra Garcés
Nutrición y Calidad: Iván Samaniego, Elena Villacrés
Suelos y Aguas: Yamil Cartagena, Rafael Parra
Producción de Semillas: José Velásquez, Andrés Araujo, Ney Paula
Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos: César Tapia, Alvaro Monteros
Transferencia de tecnología: Diego Peñaherrera, Galo Tabango, Jovanny Suquillo, José Camacho, Fausto Yumisaca, Verónica Quimbiamba
Invernadero Automatizado: Verónica Andrade, Pablo Jaramillo

4. **Financiamiento:**
 Gasto corriente Estación Experimental Santa Catalina
 Proyecto EUROCLIMA IICA-CIP
 Proyecto UE-AECID

5. **Proyectos:** (Incluir información de los proyectos ejecutados en el año, incluir fuente de financiamiento, presupuesto, fecha de inicio y fin del proyecto).
 - Desarrollo de germoplasma de papa con resistencia al tizón tardío, nematodo del quiste y con calidad para consumo en fresco y procesado para mejorar la productividad del rubro papa utilizando herramientas biotecnológicas. UE-AECID. 305.000 USD. Septiembre/2020 a mayo/2022.
 - EUROCLIMA: Biodiversidad y buenas prácticas de agricultura climáticamente inteligente para mejorar la resiliencia y productividad de la agricultura familiar
 -



- en sistemas alimentarios andinos basados en papa. IICA-CIP. 12,232 USD. Febrero/2020 – mayo/2021.

6. Socios estratégicos para investigación (Incluir la información de los socios fuera de INIAP con los que se han realizado las actividades:

- CIP: Claudio Velasco y Nancy Panchi
- Universidad San Francisco de Quito: Antonio León
- NEIKER-Tecnalia (España): Enrique Ritter
- Ecuaquímica: Darío Barona
- ADAMA: Cesar Huashi
- HORTALEG: Carlos Proaño

7. Publicaciones:

Indexadas:

- Cuesta, X., Monteros, J., Racines, M. y Rivadeneira, J. (2020). INIAP-Fátima nueva variedad de papa precoz. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 24(2), 3-16.
- Rivadeneira, J., Andrade-Bolaños, H., Cachipundo-Alvear, W., Gualoto-Ramírez, M. y Cuesta-Subía, X. (2020). Respuesta de UCE Premium y UCE Allipacha al ataque de *Phytophthora infestans*, *Rhizoctonia solani* y *Pectobacterium* sp. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 24(1), 13-30.
- Samaniego, I., Espin, S., Cuesta, X., Arias, V., Rubio, A., Llerena, W., Angos, I. & Carrillo, W. (2020). Analysis of environmental conditions effect in the phytochemical composition of potato (*Solanum tuberosum*) Cultivars. *Plants*. 9(7):815.
- Rivadeneira, J., Jaramillo, P., Fernández-Northcote, E. y Cuesta, X. (2020). Identificación de genotipos de papa con tolerancia al déficit hídrico. *Revista Manglar*. 17(4), 321-329.
- Rivadeneira, J., López, R., Villavicencio, M. y Cuesta, X. (en prensa). Generación y selección de mutantes de papa (*Solanum tuberosum*) con resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*). *Revista ACI Avances en Ciencia e Ingenierías*.
- Vasquez-Castillo, W., Sevilla-Rivadeneira, A., Rivadeneira, J. y Cuesta, X. (2020). La resistencia genética, una estrategia para el control de *Phytophthora infestans* en papa (*Solanum tuberosum*). Artículo entregado para publicación.

Trabajos completos en Congresos Internacionales:

- Rivadeneira, J., Yáñez, E., López, R. y Cuesta, X. (2020). Evaluación y selección de plantas mutantes con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en la



variedad Superchola (*Solanum* sp.) a nivel de campo obtenida mediante radiación ionizante gamma en Mejía, Provincia de Pichincha. En Memorias del II Simposio Latinoamericano de Aplicaciones Nucleares en la Agricultura. Archivos académicos USFQ. Quito del 5 al 6 marzo del 2020. Quito Ecuador.

- Villavicencio, M., Rivadeneira, J., Benítez, J. y Cuesta, X. (2020). Generación de mutantes de papa (*Solanum tuberosum*) de la variedad “Superchola” con resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*), mediante exposición a radiaciones gamma, con fuente de Co-60. En Memorias del II Simposio Latinoamericano de Aplicaciones Nucleares en la Agricultura. Archivos académicos USFQ. Quito del 5 al 6 marzo del 2020. Quito Ecuador.

Técnicas:

- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., Racines, M. y Castillo, C. (en prensa). Guía de manejo de la punta morada de la papa. Segunda edición. Manual Técnico No. 104. Mejía-Pichincha-Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 20 p.
- Racines, M., Cuesta, X. y Castillo, C. (eds). (en prensa). Manual del cultivo de papa para pequeños productores. Tercera edición. Manual No. 78. INIAP. Mejía-Pichincha-Ecuador.
- Reimpresión (2020) de la Publicación Miscelánea No. 426. Cuesta, X., Rivadeneira, J., Monteros, C. 2015. (Reimpresión 2020). Mejoramiento genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. Quito (Ecuador), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 62p.

Capítulo de libro:

- Garófalo, J., Ponce-Molina, L., Cuesta, X., Rivadeneira, J., Campaña, D., Noroña, P., Monteros, C., Racines, M., Coronel, J. y Jiménez, C. (en prensa). Inducción de mutaciones en cultivos de seguridad alimentaria, cebada y papa, en Ecuador. En: Avances en el fito-mejoramiento de cultivos agrícolas en Latinoamérica y el Caribe mediante la técnica de inducción de mutaciones. Editorial Fontamara. 208 p.

8. Participación en eventos de difusión científica, técnica o de difusión:

- Carmen Castillo, Néstor Castillo, Marcelo Racines. Expositores en el: Taller de promotores agrícolas en el rubro Papa; Módulo 2: Manejo integrado de plagas y enfermedades. CIP – Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (Campus Experimental Salache - CEASA). Latacunga, 3 de febrero.



9. **Propuestas presentadas:** (Incluir la información de los programas, proyectos o propuestas elaboradas por el personal técnico del programa o departamento y presentadas para financiamiento; incluir la información detallada en el cuadro siguiente; en el caso de que la propuesta esté aprobada indicar la fecha probable de inicio de la ejecución).

Propuesta 1

Título: Sistema integrado de toma de decisiones para el manejo de *Phytophthora infestans* y PYVV en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Colombia y Ecuador

Tipo propuesta: Perfil de proyecto

Fondos o Convocatoria: FONTAGRO 2020

Fecha presentación: abril - 2020

Responsable: Xavier Cuesta

Equipo multidisciplinario: PNRT-papa; Protección Vegetal.

Socios: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -AGROSAVIA, Universidad Nacional de Colombia (UNAL), McCain (Colombia), CIP (Perú, Ecuador, Colombia), ESPOL.

Estado: No aprobado

Propuesta 2

Título: Evaluación de la resistencia a *Spongospora subterranea* en germoplasma de papa (*Solanum tuberosum*) bajo condiciones controladas.

Tipo propuesta: Protocolo

Fondos o Convocatoria: INIAP

Fecha presentación: abril-2020

Responsable: Jorge Rivadeneira, Xavier Cuesta

Equipo multidisciplinario: José Velásquez (DPS), Marcelo Racines (PNRT-papa), Departamento de Biotecnología

Presupuesto: USD 8 253

Duración proyecto: 18 meses

Estado: Aprobado

Fecha probable inicio ejecución: julio 2021

Propuesta 3

Título: Fomento del Agronegocio asociativo en papa para mejorar la productividad y seguridad alimentaria de pequeños agricultores de AGROPAPA-Tungurahua

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: GIZ – Fondo de innovación

Fecha presentación: mayo - 2020

Responsable: Cecilia Monteros

Equipo multidisciplinario:

PNRT-papa: Jorge Rivadeneira, Marcelo Racines
Protección Vegetal: Carmen Castillo
Socios: Asociación de Productores Agrícolas del rubro papa CONPAPA Tungurahua
 "AGROPAPA"; TRIAS
Presupuesto: USD 100 000
Duración proyecto: 18 meses
Estado: No aprobado

Propuesta 4

Título: Evaluación de productos biorracionales para el manejo del psílido de la papa
Bactericera cockerelli en condiciones de campo.
Tipo propuesta: Protocolo
Fondos o Convocatoria: INIAP
Fecha presentación: mayo-2020
Responsable: Marcelo Racines, Jorge Rivadeneira
Equipo multidisciplinario:
PNRT-papa: Xavier Cuesta, Cecilia Monteros, Néstor Castillo, Carmen Castillo
Protección Vegetal: Carmen Castillo
Presupuesto: USD 13 000
Duración proyecto: 12 meses
Estado: Aprobado
Fecha probable inicio ejecución: abril 2021

Propuesta 5

Título: Evaluación de la transmisión de síntomas de punta morada por tubérculo
 semilla y el efecto sobre el rendimiento en plantas hijas de la variedad Superchola
 (segundo ciclo de evaluación).
Tipo propuesta: Protocolo
Fondos o Convocatoria: INIAP
Fecha presentación: abril 2020
Responsable: Cecilia Monteros
Equipo multidisciplinario PNRT-papa: Marcelo Racines, Néstor Castillo
Producción semillas:
Socios: José Velásquez, Andrés Araujo, Ney Paula

Presupuesto: USD 12 643
Duración proyecto: 12 meses
Estado: Aprobado
Fecha inicio ejecución: mayo 2021



Propuesta 6

Título: Evaluación y difusión de genotipos precoces de papa con resistencia a tizón tardío y estrés por sequía en las provincias de Pichincha, Tungurahua y Chimborazo

Tipo propuesta: Protocolo

Fondos o Convocatoria: INIAP

Fecha presentación: marzo 2020

Responsable: Cecilia Monteros, Fausto Yumisaca, José Camacho

Equipo multidisciplinario PNRT-papa: Marcelo Racines, Jorge Rivadeneria

Protección Vegetal:

Socios: Carmen Castillo

Presupuesto: USD 25 712

Duración proyecto: 12 meses

Estado: Aprobado

Fecha inicio ejecución: noviembre 2020

Propuesta 7

Título: Evaluación y selección de genotipos de papa precoces con calidad para consumo en fresco y/o procesamiento en Carchi, Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua

Tipo propuesta: Protocolo

Fondos o Convocatoria: INIAP-Ecuaquímica

Fecha presentación: marzo 2020

Responsable: Cecilia Monteros, Xavier Cuesta

Equipo multidisciplinario PNRT-papa: Xavier Cuesta, Marcelo Racines, Jorge Rivadeneria

Protección Vegetal:

Socio: Carmen Castillo

Invernadero Automatizado:

Socio: Verónica Andrade

Departamento de Nutrición y Calidad

Socio: Elena Villacrés

ECUAQUIMICA:

Socio: Darío Barona

Centro Internacional de la Papa

Socio: Jorge Andrade-Piedra

Presupuesto: USD 132 865

Duración proyecto: 36 meses

Estado: Aprobado

Fecha inicio ejecución: marzo 2021



10. Hitos/Actividades por proyecto ejecutadas por el programa o departamento:
(Describir los hitos o actividades que se han ejecutado en el año por el programa o departamento independientemente de la fuente de financiamiento)

ACTIVIDAD: P1A1 - Ensayos de premejoramiento

RESPONSABLE: Xavier Cuesta

COLABORADORES: David Ortega, Jorge Rivadeneira

ANTECEDENTES

La papa es uno de los cultivos más importantes en el mundo, sin embargo, se ve afectado por factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (sequía, bajas temperaturas, calor, entre otros) que afectan la producción y calidad (Al-Safadi y Arabi, 2003; Gabriel *et al.*, 2018). En el Ecuador el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) es una de las principales enfermedades, en condiciones de alta humedad puede producir pérdidas del rendimiento de hasta el 100% en variedades susceptibles (Cuesta *et al.*, 2014). Otro problema importante en este cultivo es el causado por el nematodo del quiste (*Globodera pallida*) que afecta la calidad y el rendimiento del tubérculo ocasionando pérdidas de hasta el 30% del rendimiento (Cuesta *et al.*, 2014; Mejía y Valverde, 2011; Revelo, 2003). Las variedades de papa disponibles en el mercado son susceptibles a tizón tardío y al nematodo del quiste. Para su control se realizan más de 20 aplicaciones en el caso de tizón tardío y en el caso del nematodo del quiste el uso de productos con mucha toxicidad para la salud humana y el ambiente (Yáñez y Cuesta, 2006; Unda *et al.*, 2013). El mejoramiento genético de la papa es una alternativa para combatir estas plagas, se basa en un sistema convencional mediante cruzamientos entre progenitores con características complementarias que permiten obtener variedades mejoradas con resistencia/tolerancia a plagas y calidad. (Cuesta *et al.*, 2015).



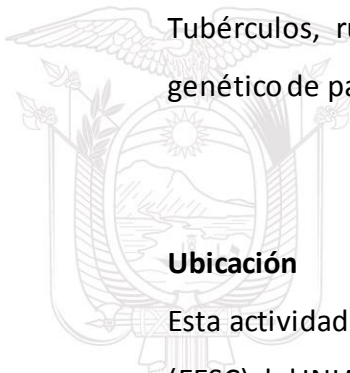


OBJETIVOS

- Seleccionar progenitores con resistencia/tolerancia a tizón tardío, nematodo del quiste y calidad.
- Generar poblaciones con características de resistencia/tolerancia a tizón tardío, nematodo del quiste y calidad.

METODOLOGÍA

Esta investigación está enmarcada dentro de las actividades del plan operativo anual del 2020, dentro del esquema de mejoramiento del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa, dentro de las actividades establecidas en mejoramiento genético de papa, aprobada según memorando No. INIAP-DI-2015-0447-MEM.



Ubicación

Esta actividad se realizó en los invernaderos de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP, ubicada en el cantón Mejía, provincia de Pichincha a una altura de 3050 metros.

Selección de progenitores

Los progenitores fueron seleccionados de acuerdo a la información técnica de los materiales evaluados en el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa (INIAP, 2017; 2018;2019)

Siembra progenitores

Se sembró 8 macetas de cada progenitor. Las primeras 3 macetas fueron sembradas el 16 de octubre del 2020 con la intención de obtener flores y extraer polen viable y las otras 5 macetas fueron sembradas 15 días después de la primera siembra para poder emasculas las flores y polinizarlas con el polen previamente recolectado (Anexo 1). Se



usó sustrato esterilizado con tierra negra, pomina y turba en una proporción 2-1-1 respectivamente. Se colocó un tubérculo por cada maceta con una capacidad de 5 kg.

Fertilización

Al momento de la siembra se colocó 5 gramos por maceta de 15-30-15 (NPK). Una vez que las plantas emergieron se procedió con la fertilización usando sales minerales descritas en la Tabla 1.

Tabla 1.

Fuentes de sales nutricionales y dosis usadas para la fertilización en el invernadero de cruzamientos. Cutuglahua, Pichincha

Fuentes de nutrientes	Dosis (g) para 200 litros de agua
Nitrato de calcio	212.4
Nitrato de potasio	60.6
Fosfato monopotásico	27.2
Sulfato de potasio	52.2
Sulfato de magnesio	49.2
Tradecorp ¹	8

¹Micronutrientes en gránulos solubles en agua quelatados por EDTA (Fe 7.5%, Mn 3.5%, Zn 0.7%, Cu 0.28%, B 0.65% y Mo 0.3%); Fuente: Departamento de Manejo de Suelos y Agua

La fertilización se realizó al mismo momento del riego manteniendo el sustrato de cada maceta siempre en capacidad de campo. Se inició con 2 riegos por semana, usando 120 ml de solución nutritiva por maceta, actualmente se fertiliza y riega 3 veces por semana usando 240 ml de solución nutritiva por cada maceta.

Tutoreo y aporque de progenitores

El tutoreo se realizó a través de un amarre del tallo principal y secundarios de cada planta con la ayuda de una piola sujeta en la malla metálica de la parte superior del invernadero para mantener firmes a las plantas. Adicionalmente una vez que las plantas alcanzaron aproximadamente los 25 cm de altura se les aporca induciendo de esta forma que la planta pase a la fase de floración.



Controles fitosanitarios

Se realizó la aplicación a partir de la emergencia cada 15 días y de forma alternada el uso de *Trichoderma* y *Bacillus subtilis*. Además, del beneficio de controlar enfermedades causadas por hongos patógenos de suelo, estos microorganismos estimulan la formación de raíces y la absorción de nutrientes (Lisboa, 2003). El uso de estos agentes ha reducido la aplicación de productos químicos, se usó algunos ingredientes activos por tres ocasiones para el control de plagas (Tabla 2).

Tabla 2.

Número de controles fitosanitarios e ingredientes activos usados para el control de plagas en el invernadero de cruzamientos. Cutuglahua, Pichincha.

Nºcontroles	Ingrediente activo	Dosis
Primero	Azozistrobina	2 cc/l
	Profenofos	2 cc/l
	Dimethmorpho + Ametoctradin	1.5 cc/l
Segundo	Tiametoxan + Lambacialotrina	1.5 cc/l
Tercero	Ácidos húmicos	5 cc/l
	Ciromazina	0.5 g/l

Fuente: Cuesta *et al.*, 2014

Semilla Sexual

Los cruzamientos se realizaron inicialmente con algunos progenitores seleccionados para aspectos de resistencia a tizón tardío y calidad. Se sembró la semilla sexual para obtener sus progenies (Tabla 3).

Tabla 3.

Semilla sexual sembrada a partir de las cruzas realizada en la EESC. Cutuglahua, Pichincha.

Familias	Cruzas	No. semilla sembradas
1	95-3-2 x INIAP-Fripapa	25
2	95-69-7 x 95-43-9	80
3	Chaucha amarilla x Yema de huevo	80
4	95-102-7 x 95-43-9	25
5	95-51-1 x 95-37-1	50
6	98-46-8 x 98-19-4	25
7	Chaucha amarilla x Chaucha negra	150
8	Chacha negra x Chaucha amarilla	80

Fuente: Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-rubro papa



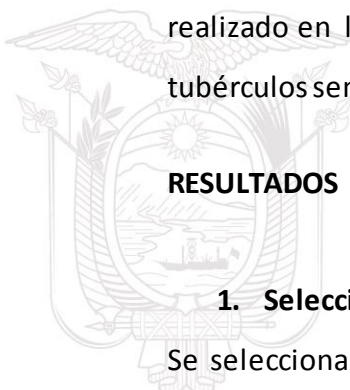


Siembra de progenies en bandejas germinadoras

La semilla germinada en cajas petri se trasplantó a bandejas germinadoras. Se usó sustrato esterilizado mezclado con turba. El riego en esta fase se realizó por capilaridad, evitando de esta manera que las hojas se mojen y que las plantas se maltraten. Este proceso tomo unas ocho semanas (Anexo 2).

Siembra de progenies en maceta

Alcanzado un tamaño aproximado de entre 10 a 15 cm de largo, las plantas fueron trasladadas a macetas. Se usó sustrato esterilizado mezclado con tierra, pomina y turba en proporción 2:1:1 respectivamente. Al momento de la siembra se añadió 5 g de fertilizante 15-30-15 (NPK) en cada maceta. El manejo de las familias será similar al realizado en los progenitores con resistencia a tizón tardío y calidad hasta alcanzar tubérculos semilla para posteriormente multiplicar en campo (Anexo 2).



RESULTADOS

1. Selección de progenitores

Se seleccionaron 17 progenitores que mostraron resistencia/tolerancia al ataque del tizón tardío, nematodo del quiste y de calidad (Tabla 4).

Tabla 4.

Progenitores seleccionados con resistencia/tolerancia a tizón tardío, nematodo del quiste y calidad. Cutuglagua, Pichincha.

Clones con resistencia a tizón tardío	Clones tolerantes a nematodo del quiste	Variedades con características de calidad
11-9-91	07-32-15	INIAP-Josefina
11-9-112	07-31-11	INIAP-Gabriela
11-9-12	08-1-6	INIAP-Fripapa
11-9-131	09-1-1	Superchola
11-9-34	98-38-12	
11-9-1		
11-9-90		
12-5-39		

Fuente: Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-rubro papa



Se seleccionaron 8 progenitores con características de resistencia a tizón tardío, 5 progenitores con tolerancia al nematodo del quiste y 4 progenitores con características de calidad en invernadero. Se inició la recolección de flores para la extracción de polen y posteriormente la emasculación para el inicio de cruzamientos.

2. Progenies

La semilla sexual de las 8 familias sembradas en cajas petri solo 2 germinaron, las cuales corresponden a los cruzamientos de Chaucha amarilla x Chaucha negra y Chaucha negra x Chaucha amarilla. Del cruzamiento Chaucha amarilla x Chaucha negra se obtuvieron 124 progenies y 51 progenies del cruzamiento Chaucha negra x Chaucha amarilla, los cuales se tienen sembradas en macetas para obtener la primera generación clonal.

CONCLUSIONES

- Diecisiete progenitores fueron seleccionados por características de resistencia/tolerancia a tizón tardío, nematodo del quiste y calidad para la generación de nuevas poblaciones.
- Chaucha amarilla y Chaucha negra fueron progenitores compatibles que permitieron obtener progenies.

RECOMENDACIONES

- Realizar paralelamente cruzamientos mediante el método de botella para disponer de otra opción para la obtención de nuevas poblaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Al-Safadi, B. & Arabi, M. (2003). In vitro induction, isolation and selection of potato mutants resistant to late blight. *J.Genet & Breed.* 57:364-359.

Cuesta, X., Rivadeneira, J., Pumisacho, M., Montesdeoca, F., Velásquez, J., Reinoso, I. y Monteros, C. (2014). Manual del cultivo de papa para pequeños productores. 2da Ed. INIAP, Quito. 98 p.

Cuesta, X., et al. (2009). Desarrollo de nuevas estrategias de Manejo Integrado de Tizón tardío en papa In: Informe anual de actividades INIAP-PNRT-papa. 2009, INIAP: Quito.



Cuesta, X., Rivadeneira J. y Monteros C. (2015). Mejoramiento Genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. Quito (Ecuador), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 62p.

Gabriel, J., Ruiz, I. & Cuesta, X. (2018). Ampliando la frontera agrícola de la papa (*Solanum tuberosum* L.) para disminuir los efectos del cambio climático. Universidad y Sociedades. 10(1):46-51. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

INIAP (2017) Informe anual. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-papa. Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4780>

INIAP (2018) Informe anual. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-papa. Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5314>

INIAP (2019) Informe anual. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-papa. Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5527>

Lisboa, M. (2003). Efectividad de *Bacillus subtilis* y de una cepa nativa de *Trichoderma harzianum* sobre la incidencia y severidad de pudrición gris (*Botrytis cinerea*) en vid vinífera. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. p. 45.

Mejía, M. and W. Valverde, Comportamiento de 24 accesiones de papa (nativa, comerciales y clones promisorios), al parasitismo del nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*) en Invernadero, in Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. 2011, Universidad Técnica de Cotopaxi: Latacunga - Cotopaxi. p. 149 p.

Revelo, J. (2003). Manejo integrado del nematodo del quiste de la papa, *Globodera pallida* en Ecuador. XXXV Reunión anual de la organización de nematólogos de los Trópicos Americanos (ONTA). Guayaquil -Ecuador p 27-28.

Unda, J., Suquillo, J., Sevillano, C., Pumisacho, M., Ochoa, J. y Barrera, V. (2013). Diagnóstico del manejo de Tizón tardío en la provincia del Carchi, Ecuador. Riobamba, Ecuador: V Congreso Ecuatoriano de la papa.

Yáñez, E. y Cuesta X. (2006). Estudio de línea base de las variedades de papa en el Ecuador, in Informe Final de actividades del Proyecto BMZ. INIAP: Quito. p. 40 p.



ANEXOS

Anexo 1. [Fotografías de David Ortega] (Estación Experimental Santa Catalina, 2020). Archivos fotográficos del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa, Mejía, Cutuglagua. (a) siembra de progenitores; (b) Etiquetado de progenitores; (c) Desarrollo de progenitores; (d) Formación de flores.



(a)



(b)



(c)



(d)

Anexo 2. [Fotografías de David Ortega] (Estación Experimental Santa Catalina, 2020). Archivos fotográficos del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa, Mejía, Cutuglagua. (a) siembra de semilla sexual; (b) trasplante en bandejas germinadoras; (c) desarrollo de las progenies; (d) Trasplante en maceta



(a)



(b)



(c)



(d)

ACTIVIDAD: P1A2 - Ensayos de selección de clones en campo

RESPONSABLE: Jorge Rivadeneira

COLABORADORES: Marcelo Racines, David Ramos, Xavier Cuesta

ANTECEDENTES

La papa es uno de los principales cultivos a nivel mundial debido a su gran producción y a la diversidad de formas en las que se puede preparar ya sea en sopas, papa cocinada, tortillas, puré, fritas, entre otras (Devaux *et al.*, 2020; Monteros *et al.*, 2011). En Ecuador, la producción de papa en el 2019 fue de 275346 toneladas, cultivadas en 19675 hectáreas, con un rendimiento promedio de 13.99 t/ha (INEC, 2019). El cultivo de papa es afectado por factores bióticos, como insectos plaga, enfermedades, factores abióticos como la sequía y heladas, las cuales reducen la producción y afectan la calidad (Dahal *et al.*, 2019). Los agricultores ecuatorianos realizan hasta 23 aplicaciones de fungicidas en variedades susceptibles como es Superchola (Unda *et al.*, 2013). Es por ello que se requiere de variedades resistentes a esta enfermedad con buenas características agronómicas.

OBJETIVO

- Seleccionar clones de papa con resistencia a *Phytophthora infestans* y altos rendimientos

METODOLOGÍA

Esta investigación está enmarcada dentro de las actividades del plan operativo anual del 2020, dentro del esquema de mejoramiento del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa, dentro de las actividades establecidas en Mejoramiento genético de papa, aprobada según memorando No. INIAP-DI-2015-0447-MEM.

Ubicación

La investigación se realizó en el lote B3 de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP, ubicada en el cantón Mejía, provincia de Pichincha a una altura de 3050 metros.

Germoplasma

Se evaluaron clones de las poblaciones 11, 12 y 14 con dos variedades testigo (INIAP-CIP-Libertad y DIACOL-Capiro) distribuidos en tres ensayos (Tabla 1).





Tabla 1.

Clones y variedades a evaluarse para resistencia a tizón tardío (Phytophthora infestans) y altos rendimientos en la EESC, cantón Mejía, 2020.

Clones/Variedades		
Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
12-14-53	11-9-108	11-9-71
12-5-39	11-8-6	11-9-170
11-9-90	11-9-106	11-9-175
12-4-145	11-9-172	11-9-101
12-4-173	11-9-77	11-9-9
12-14-3	14-4-16	11-9-11
12-4-143	14-4-40	11-9-34
12-4-35	11-9-133	11-9-1
12-4-37	14-4-34	11-9-112
12-4-172	14-4-169	11-9-91
98-38-12	INIAP-CIP-Libertad	INIAP-CIP-Libertad
12-2-6	DIACOL-Capiro	DIACOL-Capiro
Superchola		
INIAP-Victoria		
INIAP-Fripapa		
INIAP-CIP-Libertad		
DIACOL-Capiro		

Fuente: Programa Nacional de Raíces y Tubérculos - rubro papa (PNRT-papa)



Unidad Experimental

Los tratamientos de cada ensayo estuvieron constituidos por tres surcos de tres metros de largo y 1.40 metros de ancho, con 10 tubérculos por surco, 30 tubérculos por parcela. Cada parcela fue de 13.05 m² y la parcela neta 3.48 m².

Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico se realizará una prueba de normalidad de la información, mediante la prueba de Shapiro Wilk, en caso de que se distribuyan normalmente se procederá con el análisis de la varianza. Se implementó en cada ensayo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%. La información se analizó mediante el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2011).



Variables

Las variables evaluadas fueron severidad de tizón tardío y se expresó en valores de área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), número de tubérculos por planta (NTP), rendimiento por planta (RP) en kilogramos y rendimiento por hectárea (RHA) en toneladas según lo descrito por Cuesta, Rivadeneira y Monteros (2015).

RESULTADOS

Ensayo 1. Evaluación del rendimiento en clones de la población 12

Número tubérculos por planta

El análisis de varianza determinó ninguna significancia para genotipos. El promedio general fue de 19 tubérculos por planta y el coeficiente de variación fue de 23.15% (Tabla 2). El clon 12-14-53 y la variedad INIAP-Fripapa mostraron 22 tubérculos por planta, mientras INIAP-CIP-Libertad tuvo 14 tubérculos por planta (Tabla 3).

Tabla 2.

Análisis de varianza para las variables de NTP, RP, RHA en clones y variedades de papa en la EESC, cantón Mejía, 2020.

Fuente de variación	GL	NTP	RP	RHA
Total	50	-	-	-
Genotipos	16	17.17 ^{ns}	0.15 ^{ns}	98.94 ^{ns}
Repetición	2	99.37 ^{ns}	0.17 ^{ns}	47.72 ^{ns}
Error	32	18.96	0.14	75.93
CV (%)		23.15	24.30	29.34
PG		19	1.52	29.70

GL=grados de libertad; CV=coeficiente de variación; PG=promedio general; NTP=número de tubérculos por planta; RP=rendimiento por planta; RHA=rendimiento por hectárea; ^{ns} = no significativo

Rendimiento por planta

El análisis de varianza determinó ninguna significancia estadística para clones y variedades. El promedio general fue 1.52 kg/planta y un coeficiente de variación de 24.30%. Los promedios de RP estuvieron entre 1.84 kg/planta con el clon 12-14-53 y 1.09 kg/planta con el clon 98-38-12.



Rendimiento por hectárea

No se determinaron diferencias significativas para RHA en clones y variedades. El promedio general fue de 29.70 t/ha con un coeficiente de variación de 29.34%. Los promedios de RHA estuvieron comprendidos entre 38.55 y 20.34 kg/ha de los clones 12-14-53 y 12-2-6 respectivamente.

Tabla 3.

Promedio para las variables NTP, RP, RHA en clones y variedades en la EESC, cantón Mejía, 2020.

Clones/Variedades	NTP	RP (kg/planta)	RHA (t/ha)
11-9-90	20	1.34	26.51
12-14-3	19	1.69	31.74
12-14-53	22	1.84	38.55
12-2-6	15	1.20	20.34
12-4-143	19	1.71	36.45
12-4-145	20	1.56	30.77
12-4-172	17	1.80	37.36
12-4-173	20	1.75	38.43
12-4-35	18	1.73	34.62
12-4-37	18	1.63	26.85
12-5-39	20	1.37	28.90
98-38-12	17	1.09	22.20
DIACOL-Capiro	19	1.29	23.88
INIAP-Fripapa	22	1.58	26.72
INIAP-CIP-Libertad	14	1.46	24.14
Superchola	23	1.31	27.99
INIAP-Victoria	17	1.51	29.39

NTP=número de tubérculos por planta; RP=rendimiento por planta; RHA=rendimiento por hectárea

Ensayo 2. Selección de clones para resistencia a *P. infestans* en clones de la población 11 y 14.

Área bajo la curva de progreso de la enfermedad

El análisis de varianza determinó diferencias significativas al 1% para genotipos y ninguna significancia estadística para repeticiones. El coeficiente de variación fue de 42.02% y un promedio general de 86.17 unidades de ABCPE (Tabla 4).

Al realizar la prueba de Tukey al 5% se determinaron 4 rangos de significación, el clon 11-9-77 y la variedad resistente INIAP-CIP-Libertad se ubicaron en el primer rango de significación con un valor de cero de ABCPE, mientras la variedad DIACOL-Capiro se ubicó en el último rango de significación con 690.33 unidades de ABCPE (Tabla 5).

Número de Tubérculos por planta

Al realizar el análisis de varianza se determinó ninguna significancia para genotipos y repeticiones. El coeficiente de variación fue de 23.96% y un promedio general de 13 tubérculos por planta (Tabla 4). El promedio del NTP estuvo entre 18 tubérculos por planta que presentó la variedad INIAP CIP Libertad y 9 tubérculos que obtuvo el clon 14-4-169 (Tabla 5).

Rendimiento por planta

El análisis de varianza determinó significancia estadística al 5% para genotipos y ninguna significancia estadística para repeticiones. El coeficiente de variación fue de 24.25% con un promedio general de 1.35 kg/planta (Tabla 4). Al realizar la prueba de Tukey al 5% se determinó dos rangos de significación donde el clon 14-4-16 se ubicó en el primer rango con 1.98 kg/planta, mientras el clon 14-4-40 se encontró en el último rango con 1.00 kg/planta (Tabla 5).

Rendimiento por hectárea

Al realizar el análisis de varianza encontró significancia estadística al 5% para genotipos y ninguna significancia estadística para repeticiones. El coeficiente de variación fue de 24.30% y un promedio general de 29 t/ha (Tabla 4). La prueba de Tukey al 5% presentó dos rangos, el clon 14-4-16 se ubicó en el primer rango con un rendimiento de 42.45 t/ha mientras el clon 14-4-40 con 21.36 t/ha se ubicó en el último rango (Tabla 5).



Tabla 4.

Análisis de varianza para ABCPE, NTP, RP y RHA para resistencia a P. infestans en la EESC, cantón Mejía, 2020.

Fuente de variación	GL	ABCPE ^α	NTP	RP	RHA
Total	35	-	-	-	-
Genotipos	11	151.78**	20.67 ^{ns}	0.29*	131.97*
Repeticiones	2	16.68 ^{ns}	1.00 ^{ns}	0.09 ^{ns}	40.47 ^{ns}
Error	22	6.19	10.33	0.11	49.63
CV (%)		42.02	23.96	24.25	24.30
PG		86.17	13	1.35	29.00

GL=grados de libertad; CV=coeficiente de variación; PG=promedio general; ABCPE= área bajo la curva de progreso de la enfermedad; NTP=número de tubérculos por planta; RP=rendimiento por planta; RHA=rendimiento por hectárea; ^α Datos transformados mediante raíz cuadrada; ^{ns} no significativo; * significativo al 5%

Tabla 5.

Promedios y prueba de Tukey al 5% para ABCPE, NTP, RP y RHA para resistencia a P. infestans en clones y variedades, en la EESC, cantón Mejía, 2020.

Clones/Variedades	ABCPE	NTP	RP (kg/planta)	RHA (t/ha)
11-9-77	0 a ^β	14	1.05 ab	22.36 ab
INIAP-CIP-Libertad	0 a	18	1.65 ab	35.40 ab
11-9-106	5.83 ab	15	1.19 ab	25.55 ab
11-9-172	5.83 ab	14	1.23 ab	26.38 ab
11-9-133	11.67 ab	11	1.02 ab	21.79 ab
14-4-34	28.00 abc	10	1.40 ab	30.02 ab
14-4-16	28.50 abc	13	1.98 a	42.45 a
11-9-108	33.33 abc	17	1.17 ab	25.14 ab
11-8-6	44.33 abc	15	1.43 ab	30.55 ab
14-4-169	75.67 bc	9	1.74 ab	37.36 ab
14-4-40	110.50 c	12	1.00 b	21.36 b
DIACOL-Capiro	690.33 d	13	1.38 ab	29.60 ab

ABCPE= área bajo la curva de progreso de la enfermedad; NTP=número de tubérculos por planta; RP=rendimiento por planta; RHA=rendimiento por hectárea; ^β Letras diferentes indican diferencias significativas entre genotipos según la prueba Tukey al 5 %

Ensayo 3. Selección de clones para resistencia a *P. infestans* en clones de la población

11

Área bajo la curva de progreso de la enfermedad

El análisis de varianza mostró significancia estadística al 1% para genotipos y ninguna significancia para repeticiones. El coeficiente de variación fue de 43.16% y un promedio general de 112.20 unidades de ABCPE (Tabla 6).



Tabla 6.

Análisis de varianza para ABCPE, NTP, RP y RHA en clones y variedades para resistencia a P. infestans en la EESC, cantón Mejía, 2020.

Fuentes de variación	GL	ABCPE ^α	NTP	RP ^α	RHA ^α
Total	35	-	-	-	-
Genotipos	11	217.29**	8.45 ^{ns}	0.38**	139.14**
Repeticiones	2	3.69 ^{ns}	3.58 ^{ns}	1.30E-03 ^{ns}	0.49 ^{ns}
Error	22	7.62	6.22	0.09	31.67
CV (%)		43.16	19.43	11.58	11.58
PG		112.20	13	1.19	22.73

GL=grados de libertad; CV=coeficiente de variación; PG=promedio general; ABCPE= área bajo la curva de progreso de la enfermedad; NTP=número de tubérculos por planta; RP=rendimiento por planta; RHA=rendimiento por hectárea; ^α Datos transformados mediante raíz cuadrada; ^{ns} no significativo; * significativo al 1%

La prueba de Tukey al 5% determinó 3 rangos, 8 clones y la variedad INIAP-CIP-Libertad se ubicaron en el primer rango con valores entre 5 a 20.83 unidades de ABCPE, mientras la variedad susceptible DIACOL-Capiro se ubicó en el último rango con 920.67 unidades de ABCPE (Tabla 7).

Número de tubérculos por planta

Al realizar el análisis de varianza presentó ninguna significancia estadística para genotipos y repeticiones. El coeficiente de variación fue de 19.43% y un promedio general de 13 tubérculos por planta (Tabla 6). El promedio del NTP estuvo entre 16 tubérculos que obtuvo el clon 11-9-71 y 11 tubérculos que presentaron los clones 11-9-101, 11-9-112 y 11-9-34 (Tabla 7).

Rendimiento por planta

El análisis de varianza presentó significancia estadística al 1% para genotipos. El coeficiente de variación fue de 11.58% y un promedio general de 1.19 kg/planta (Tabla 6). La prueba de Tukey al 5% determinó 3 rangos, los clones 11-9-71, 11-9-175, 11-9-170 y la variedad INIAP CIP Libertad con rendimientos superiores a 1.10 kg/planta se ubicaron en los primeros rangos, mientras la variedad DIACOL Capiro se ubicó en el último rango con 0.82 kg/planta (Tabla 7).



Rendimiento por hectárea

Al realizar el análisis de varianza se determinó significancia estadística al 1% para genotipos, el coeficiente de variación fue de 11.58% y un promedio general de 22.73 t/ha (Tabla 6).

variación fue de 11.58% y un promedio general de 1.19 kg/planta (Tabla 6).

La prueba de Tukey al 5% determinó 3 rangos, los clones 11-9-71, 11-9-175, 11-9-170 y la variedad INIAP CIP Libertad con rendimientos superiores a 21.20 t/ha se ubicaron en los primeros rangos, mientras la variedad DIACOL Capiro se ubicó en el último rango con 15.66 t/ha (Tabla 7).

Tabla 7.
Promedio y prueba de Tukey al 5% para ABCPE, NTP, RP y RHA en clones y variedades para resistencia P. infestans en la EESC, cantón Mejía, 2020.

Clones	ABCPE	NTP	RP (kg/planta)	RHA (t/ha)
11-9-101	5.00 a ^β	11	1.10 bc	21.06 bc
11-9-11	5.00 a	14	1.10 bc	20.89 bc
11-9-112	10.00 a	11	0.97 bc	18.56 bc
11-9-175	10.00 a	12	1.11 abc	21.21 abc
11-9-9	10.00 a	12	1.10 bc	20.99 bc
11-9-34	11.00 a	11	1.06 bc	20.30 bc
INIAP-CIP-Libertad	11.00 a	14	1.80 ab	34.31 ab
11-9-170	20.50 a	12	1.22 abc	23.22 abc
11-9-1	20.83 a	13	1.05 bc	20.10 bc
11-9-91	73.17 ab	15	0.93 bc	17.67 bc
11-9-71	249.17 b	16	2.04 a	38.81 a
DIACOL-Capiro	920.67 c	12	0.82 c	15.66 c

ABCPE= área bajo la curva de progreso de la enfermedad; NTP=número de tubérculos por planta; RP=rendimiento por planta; RHA=rendimiento por hectárea; ^β Letras diferentes indican diferencias significativas entre genotipos según la prueba Tukey al 5%

Las condiciones de temperatura, humedad, precipitación y heliofanía para el ciclo del cultivo de los clones y variedades de los ensayos, presentaron una temperatura promedio de 12.84°C, una temperatura máxima promedio de 19.31°C y una temperatura mínima promedio de 6.92°C. La precipitación en el ciclo del cultivo fue de 1203.90 mm, una humedad relativa promedio de 77.67% y una heliofanía 1408.90 horas (Anexo 1).

CONCLUSIONES

- Los clones mostraron variación en su resistencia a *P. infestans*.
- Se identificaron ocho clones con buenos rendimientos potenciales y resistencia a *P. infestans*.

RECOMENDACIONES

Los clones seleccionados deberán continuar las evaluaciones de acuerdo a lo previsto en el esquema de mejoramiento del PNRT papa.

BIBLIOGRAFÍA

Cuesta, X., Rivadeneira J. y Monteros C. (2015). Mejoramiento Genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. Quito (Ecuador), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 62p.

Dahal, K., Li, X.Q., Tai, H., et al. (2019). Improving potato stress tolerance and tuber yield under a climate change scenario- a current overview. *Frontiers in Plants Science* 10:563.

Devaux, A., Goffart, J., Petsakos, A., Kromann, P., Gatto, M., Okello, J., Suarez, V. & Hareau. (2020). Global Food Security, Contributions from Sustainable Potato Agri-Food Systems. En *The Potato Crop, Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*. (1st ed., p.32). Lima, Perú. Campos, H., Ortiz, O. 518 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5>

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. & Robledo C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

INEC - Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2019). Encuesta y superficie y producción agropecuaria continua. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

Monteros, C., Navarrete, M. y Reinoso, I. (2011). Las papas nativas en la gastronomía andina. INIAP, Primera Edición. 165 p. ISBN: 9942-07-113

Unda, J., Suquillo, J., Sevillano, C., Pumisacho, M., Ochoa, J. y Barrera, V. (2013). Diagnóstico del manejo de Tizón tardío en la provincia del Carchi, Ecuador. Riobamba, Ecuador: V Congreso Ecuatoriano de la papa.

ANEXOS

Anexo 1.

*Datos meteorológicos registrados en los ensayos de evaluación de clones para resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en la EESC, cantón Mejía, 2020.*

Meses	TM °C	TMM °C	TMm °C	Precipitación (mm)	HR	Heliofanía (horas)
Diciembre 2019	12.80	19.60	7.20	131.80	81.00	144.40
Enero 2020	13.00	19.90	7.50	175.20	77.00	182.20
Febrero 2020	14.80	19.90	7.60	148.10	78.00	160.20
Marzo 2020	12.70	19.30	7.20	158.60	82.00	143.40
Abril 2020	12.70	19.00	7.40	222.00	81.00	119.00
Mayo 2020	12.90	19.40	7.10	197.90	79.00	146.50
Junio 2020	12.40	18.60	6.60	41.20	77.00	151.30
Julio 2020	11.70	18.00	5.90	67.10	76.00	142.40
Agosto 2020	12.60	20.10	5.80	62.00	68.00	219.50
Promedio ¹ /Total ²	12.84 ¹	19.31 ¹	6.92 ¹	1203.90 ²	77.67 ¹	1408.90 ²

Fuente: Estación meteorológica de Izbamba del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI); TM= temperatura media; TMM=temperatura media máxima; TMm= Temperatura media mínima; HR=humedad relativa; ¹Valores promedios; ²Valor total

ACTIVIDAD: P1-A3 Ensayos de resistencia de antixenosis y antibiosis para *Bactericera cockerelli*

RESPONSABLE: Jorge Rivadeneira

COLABORADORES: Carmen Castillo, Sandra Garcés, Xavier Cuesta

ANTECEDENTES

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la sierra ecuatoriana es una de las principales actividades económicas de la región. En Ecuador, la producción de papa en el 2019 fue de 275346 toneladas, cultivadas en 19675 hectáreas, con un rendimiento promedio de 13.99 t/ha (INEC, 2019). Sin embargo, este cultivo enfrenta problemas causados por factores bióticos (patógenos e insectos-plagas) y abióticos (sequía, bajas temperaturas) (Cuesta *et al.*, 2015). Una de las enfermedades en la actualidad es la punta morada de la papa (PMP) la cual se constató su presencia de síntomas en las variedades de papas cultivadas en especial en Superchola, en la provincia del Carchi en el 2014 (Rivadeneira *et al.*, 2015); posteriormente, se identificó la presencia de dos fitoplasmas como agentes causales de PMP, *Candidatus* Phytoplasma aurantifolia 16SII (Caicedo *et al.*, 2015) y el fitoplasma16SrIF (Castillo *et al.*, 2018). Recientemente se identificó la presencia de *Candidatus* Liberibacter solanacearum (CaIso) en plantas con síntomas de PMP en Ecuador (Caicedo *et al.*, 2020). Además, se identificó la presencia de *Bactericera cockerelli* (Šulc) en Ecuador (Castillo *et al.*, 2019). Una alternativa para combatir este vector de PMP es la búsqueda de materiales con resistencia genética, para ello las especies silvestres emparentadas con los cultivos son fuentes importantes de diversidad genética.

OBJETIVO

- Determinar la resistencia genética de antixenosis y antibiosis a *B. cockerelli* en especies silvestres de *Solanum* spp.

METODOLOGÍA

Esta investigación está enmarcada dentro de las actividades del plan operativo anual del 2020, dentro del protocolo aprobado en Memorando Nro. INIAP-EESC_DIR-2019-0704-MEM del 31 de mayo de 2019.



Ubicación

La investigación se realizó en el invernadero de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP, ubicada en el cantón Mejía, provincia de Pichincha a una altura de 3050 metros.

Germoplasma

Se evaluaron 7 especies silvestres de *Solanum* spp. (Tabla 1).

Tabla 1.

Especies silvestres para determinar la resistencia genética de antixenosis y antibiosis a B. cockerelli en la EESC, cantón Mejía, 2020.

Número	Especies Silvestres
1	<i>Solanum albicans</i> ¹
2	<i>Solanum albornozii</i> ¹
3	<i>Solanum andreanum</i> ¹
4	<i>Solanum chilliasense</i> ¹
5	<i>Solanum chomatophilum</i> ¹
6	<i>Solanum colombianum</i> ¹
7	<i>Solanum galapagense</i> ²

¹especies silvestres de papa; ²especies silvestres de tomate

Fuente: Departamento Nacional de Recursos Filogenéticos (DENAREF)

Población de *Bactericera cockerelli* para los ensayos

Se colectaron los insectos adultos de *B. cockerelli* de acuerdo a lo establecido en el protocolo “Caracterización de la resistencia a la plaga, *Bactericera cockerelli* en germoplasma de papa (*Solanum* spp.)”.

Unidad Experimental

La unidad experimental estuvo constituida por una planta sembrada en maceta.

Análisis estadístico

Para los ensayos de antibiosis y antixenosis se utilizó un diseño completamente al azar con 4 y 5 observaciones respectivamente. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%.

Variables

Las variables evaluadas para antixenosis fue número de insectos adultos (NA) y huevos (NH) de *B. cockerelli* contados después de 48 horas después de la infestación de 100 adultos por observación. Para antibiosis se contó el número de huevos (NH), ninfas (NN) y adultos (NA) cada dos días de una generación de *B. cockerelli* a partir de 10 insectos adultos infestados por planta.

RESULTADOS

Antixenosis

Número de insectos adultos y huevos

El análisis de varianza determinó diferencias significativas al 5% para NA y ninguna significancia para NH. El coeficiente de variación para NA y NH fue de 22.33% y 35.11% respectivamente. El promedio general para NA y NH fue de 12 insectos adultos y 146 huevos de *B. cockerelli* respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2.
Análisis de varianza para las variables NA y NH para resistencia de antixenosis a *B. cockerelli* en especies silvestres (*Solanum spp.*). EESC, Pichincha.

Fuentes de Variación	GL	NA ^α	NH ^α
Total	29	-	-
Especies silvestres	5	1.93*	18.20 ^{ns}
Error	24	0.54	16.09
CV (%)		22.33	35.11
PG		12	146

GL=grados de libertad; CV=coeficiente de variación; PG=promedio general; NA=número de adultos; NH=número de huevos; ^αDatos transformados mediante raíz cuadrada; ^{ns}no significativo; *significativo al 5%

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para NA se determinó 2 rangos ubicándose en el primer rango la especie silvestre *S. colombianum* con 6 insectos adultos, mientras la especie *S chilliasense* se ubicó en el último rango con 17 insectos adultos (Tabla 3). Los promedios para NH estuvieron entre 193 a 99 huevos, *S. albicans* mostró el menor NH con 99 huevos y *S. andreanum* con el mayor promedio con 193 huevos de *B. cockerelli* (Tabla 3).



Tabla 3.

Promedio y prueba de Tukey al 5% para NA y NH para resistencia de antixenosis a *B. cockerelli* en especies silvestres (*Solanum spp.*). EESC, Pichincha.

Especies Silvestres	NA	NH
<i>S. colombianum</i>	6 a ^β	133
<i>S. albicans</i>	9 ab	99
<i>S. albornozii</i>	10 ab	103
<i>S. andreanum</i>	13 ab	193
<i>S. chomatophilum</i>	14 ab	161
<i>S. chilliasense</i>	17 b	190

NA= Número de adultos; NH=número de huevos; ^β Letras diferentes indican diferencias significativas entre especies silvestres según la prueba de Tukey al 5%

Antibiosis

Número de huevos de *B. cockerelli* dos días después de la infestación

El análisis de varianza para NH dos días después de la infestación de 10 adultos de *B. cockerelli* por planta mostro diferencias significativas al 1% para especies silvestres. El promedio general fue de 133 huevos por planta (Tabla 4).

Tabla 4.

Número de huevos ovipositados por planta de *B. cockerelli* para resistencia de antibiosis en las especies silvestres (*Solanum spp.*). EESC, Pichincha

Fuente de Variación	GL	NH ^α
Total	27	
Especies Silvestres	6	112.76**
Error	21	24.82
CV		52.60
PG		133

GL=grados de libertad; CV=coeficiente de variación; PG=promedio general; NH=número de huevos; ^αDatos transformados mediante raíz cuadrada; **no significativo; *significativo al 5%

La prueba de Tukey al 5% para NH mostró dos rangos, las especies *S. albicans* y *S. galapagense* se ubicaron en el primer rango con 23 y 41 huevos por planta respectivamente, mientras *S. albornozii* se ubicó en el último rango con 248 huevos por planta (Tabla 5).



Tabla 5.

Prueba de Tukey al 5% para NH para resistencia de antibiosis de *B. cockerelli* en especies silvestres (*Solanum* spp.). EESC, Pichincha.

Especies	NH
<i>Solanum albicans</i>	23 a ^β
<i>Solanum galapagense</i>	41 a
<i>Solanum colombianum</i>	46 ab
<i>Solanum andreanums</i>	159 ab
<i>Solanum chomatophilum</i>	192 ab
<i>Solanum chilliasense</i>	219 ab
<i>Solanum albornozii</i>	248 b

NH=número de huevos; ^β Letras diferentes indican diferencias significativas entre especies silvestres según la prueba de Tukey al 5%

Número de ninfas durante 21 días

Se tomaron 9 lecturas de NN durante 21 días después de la infestación de 10 insectos adultos de *B. cockerelli*, las especies *S. albornozii*, *S. chilliasense* y *S. chomatophilum* mostraron un mayor número de ninfas a partir de la lectura tomada llegando a obtener hasta 506 ninfas por planta (Figura 1). Las especies *S. albicans*, *S. galapagense*, *S. colombianum* y *S. andreanums* mostraron el menor número de ninfas con menos de 82 ninfas por planta en las lecturas tomadas (Figura 1).

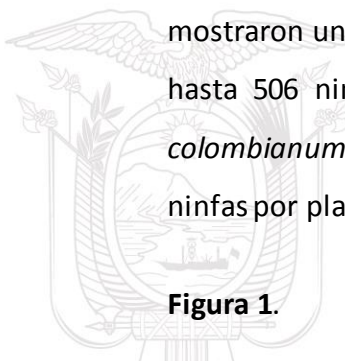
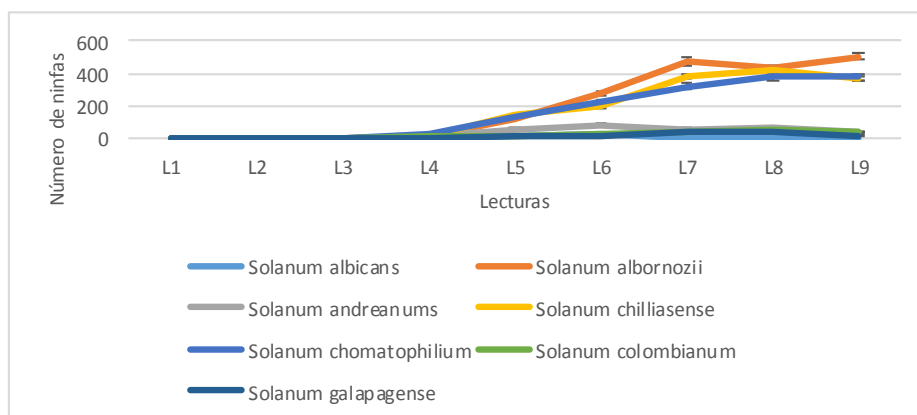


Figura 1.

Número de ninfas durante 21 días después de la infestación con insectos machos y hembras de *B. cockerelli* para resistencia de antibiosis en especies silvestres (*Solanum* spp.). EESC, Pichincha.



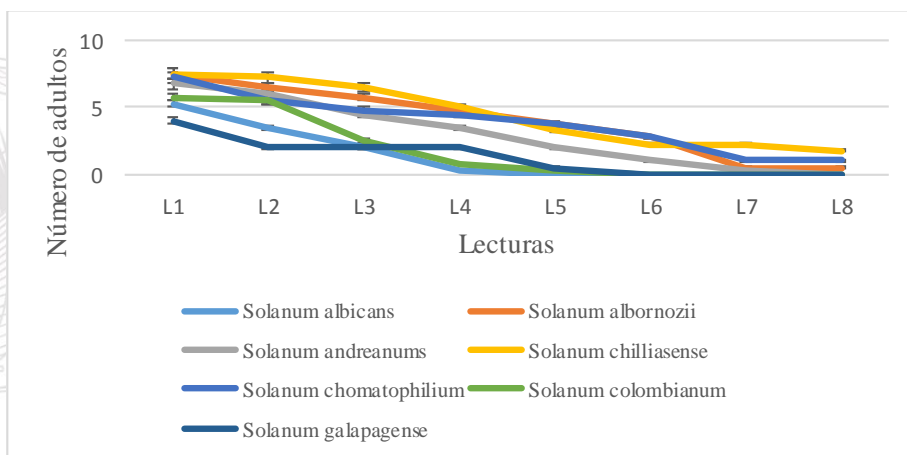


Mortalidad de insectos adultos

Para la mortalidad de insectos adultos se tomaron 8 lecturas cada dos días después de la infestación de 10 adultos de *B. cockerelli* por planta, las especies *S. albicans*, *S. colombianum*, *S. galapagense*, y *S. andreanums* mostraron una mayor mortalidad de NA, donde a partir de la lectura 4 mostraron entre 4 a 0 adultos, mientras *S. albornozii*, *S. chilliasense* y *S. chomatophilum* mostraron una menor mortalidad de adultos (Figura 2).

Figura 2.

Número de adultos durante 21 días después de la infestación con insectos machos y hembras de B. cockerelli para resistencia de antibiosis de especies silvestres (Solanum spp.). EESC, Pichincha.



CONCLUSIONES

- Las especies silvestres mostraron variación de resistencia de antixenosis y antibiosis. Las especies *S. albicans*, *S. galapagense*, *S. colombianum* y *S. andreanums* mostraron respuesta de resistencia de antibiosis y antixenosis.

RECOMENDACIONES

- Las especies identificadas con características de resistencia de antibiosis y antixenosis deben seguir un segundo ciclo de evaluación para poder ser utilizados como progenitores para un programa de cruzamientos.

BIBLIOGRAFÍA



- Caicedo J., Crizón M., Pozo A., Cevallos A., Simbaña L., Rivera L. & Arahana V. (2015). First report of *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel-Carchi, Ecuador. *New Disease Reports* 32, 20.
- Caicedo, J. D., Simbaña, L. L., Calderón, D. A., Lalangui, K. P. & Rivera-Vargas, L. I. (2020). First report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' in Ecuador and in South America. *Australasian Plant Disease Notes*, 15(1), 6.
- Castillo C., Paltrinieri S., Buitron J. & Bertaccini A. (2018). Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple top disease in Ecuador. *Australasian Plant Pathology*. (47) 3.
- Castillo C., Fu, Z. & Burckhardt, D. (2019). First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psylloidea) from South America. *Bulletin of Insectology*. In press.
- Cuesta X., Rivadeneira J. y Monteros C. (2015). *Mejoramiento Genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos*. Quito (Ecuador), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 62p.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC. (2019). *Encuesta y superficie y producción agropecuaria continua*. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Rivadeneira J., Bolaños C., Garcés S., Tello C., Bonilla V., Ochoa J., Insuasti M., Suquillo J., Orbe K. y Cuesta X. (2015). ¿La punta morada de la papa en la sierra norte del Ecuador?. *Memorias del VI Congreso Ecuatoriano de la Papa*. Ibarra, Ecuador. pp. 80-81.

ACTIVIDAD: P1-A4 Ensayo regional de adaptación

RESPONSABLE: Jorge Rivadeneira

COLABORADORES: Carmen Castillo, Xavier Cuesta

ANTECEDENTES

En Ecuador, la producción de papa en el 2019 fue de 275346 toneladas, cultivadas en 19.675 hectáreas, con un rendimiento promedio de 13.99 t/ha (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2019). La papa es parte importante de la dieta de la población sobre todo en las provincias de la Sierra. El consumo per cápita promedio en la sierra ecuatoriana es de 22.25 kg/año (Domínguez, 2019; Mejía, 2016; MAG 2019).

Una de las principales enfermedades que afecta al cultivo de papa es *Phytophthora infestans*, causada por un Oomicete, esta enfermedad puede causar pérdidas en el rendimiento superiores al 70% (Fry *et al.*, 2015). En Ecuador la mayoría de variedades de papa son susceptibles a esta enfermedad, es por esta razón que se plantea esta investigación para evaluar y seleccionar clones de papa con resistencia a tizón tardío.

OBJETIVO

- Seleccionar clones de papa con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en la provincia de Carchi.

METODOLOGÍA

Esta investigación está enmarcada dentro de las actividades del plan operativo anual del 2020, dentro del esquema de mejoramiento del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa, dentro de la publicación “Mejoramiento genético de papa” (Cuesta *et al.*, 2015), aprobada según memorando No. INIAP-DI-2015-0447-MEM.

Ubicación

Esta investigación se la realizó en la provincia del Carchi, cantón Bolívar, parroquia Bolívar, localidad Pistud Chambudes, ubicado a una altura de 2632 metros.



Germoplasma

Se evaluaron seis clones y cuatro variedades como testigos (Tabla 1).

Tabla 1.

Clones y variedades testigo evaluados para resistencia a tizón tardío, cantón Bolívar, provincia del Carchi. 2020.

Genotipos	Pedigrí
DIACOL-Capiro	Tuquerreña (CCC 61) x 1967 (C) (9) (CCC751)
INIAP-CIP-Libertad	380479-15 X Bk Precoz/84
11-8-6	BOM 540 x HSO 198
Superchola	[(Rosita x Curipamba) x <i>S. phureja</i>] x Chola normal) x Chola)
11-9-1	[(Unknow x Rubí-5) x (ASO-778 x HSO-155)]
11-9-8	[(Unknow x Rubí-5) x (ASO-778 x HSO-155)]
11-9-112	[(Unknow x Rubí-5) x (ASO-778 x HSO-155)]
98-38-12	(ASO788xHSO164) x (HSO 164 x HSO 154)
INIAP-Josefina	Bolona x (<i>S. phureja</i> x <i>S. pausissectum</i>)
11-9-90	[(Unknow x Rubí-5) x (ASO-778 x HSO-155)]

Fuente: Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa

Unidad Experimental

Cada tratamiento estuvo constituido por cuatro surcos de tres metros, el ancho de surco fue de 1.20 metros con un área de 14.40 m². La parcela neta tuvo un área de 5.76 m². El área total del ensayo fue de 600 m².

Análisis estadístico

Se implementó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Para la separación de medias se efectuó la prueba de Tukey al 5%. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks para determinar la normalidad de los datos utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

Variables

Las variables evaluadas fueron severidad de tizón tardío y se expresó en valores de área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), número de tubérculos por planta (NTP), rendimiento por planta (RP) en kilogramos y rendimiento por hectárea (RHA) en toneladas según lo descrito en Cuesta, Rivadeneira y Monteros (2015).





RESULTADOS

Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

Al realizar el análisis de varianza para ABCPE se determinó diferencias significativas al 5% para genotipos. El promedio general fue de 531.48 y el coeficiente de variación fue de 21.33% (Tabla 2).

Los clones se ubicaron en el mismo rango junto con las variedades INIAP-Josefina, Superchola, e INIAP-CIP-Libertad con valores entre 297.33 y 667.83 unidades de ABCPE, mientras la variedad DIACOL-Capiro se ubicó en el segundo rango con 1400.50 unidades de ABCPE (Tabla 3).

Número de tubérculos por planta

El análisis de varianza no se determinó diferencias significativas para genotipos. El promedio general fue de 27 tubérculos por planta y un coeficiente de variación de 17.89% (Tabla 2). El número de tubérculos por planta de los genotipos estuvo entre 24 a 33 tubérculos, la variedad INIAP-CIP-Libertad mostró un mayor NTP (33) tubérculos mientras el clon 11-8-6 con 24 tubérculos por planta presentó el menor promedio (Tabla 3).

Rendimiento por planta

El análisis de varianza no se determinó diferencias significativas para genotipos. El promedio general fue de 1.49 kg/planta y un coeficiente de variación de 18.69% (Tabla 2). El clon 11-9-112 con 1.91 kg/planta presentó el mejor promedio, mientras el clon 98-38-12 con 1.05 kg/planta mostró el menor promedio.

Rendimiento por hectárea

El análisis de varianza no se determinó diferencias significativas para genotipos. El promedio general fue de 33.16 t/ha y un coeficiente de variación de 18.69% (Tabla 2). El clon 11-9-112 con 42.45 kg/planta presentó el mejor promedio, mientras el clon 98-38-12 con 23.26 t/ha mostró el menor promedio.



Tabla 2.

Análisis de varianza para las variables de RP, RHa NTP, ABCPE, ABCPEr para resistencia a tizón tardío (Phytophthora infestans) en clones y variedades de papa, Bolívar, Carchi.

Fuente de Variación	GL	ABCPE	NTP	RP (kg/planta)	RHa t/ha
Total	29	-	-	-	-
Genotipos	9	102.70*	22.36 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.83 ^{ns}
Repetición	2	8.16 ^{ns}	1.23 ^{ns}	0.81 ^{ns}	18.05 ^{ns}
Error	18	22.14	23.46	0.05	1.09
PG		531.48	27	1.49	33.16
CV		21.33	17.89	18.69	18.69

GL=grados de libertad; CV=coeficiente de variación; ABCPE=área bajo la curva de progreso de la enfermedad; NTP=número de tubérculos por planta; RP=rendimiento por planta; RHa=rendimiento por hectárea; *Significativo al 5%; ^{ns}No significativo.

Tabla 3.

Promedio y prueba de Tukey al 5% para rendimiento por planta (RP), número de tubérculos por planta (NTP), área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), Bolívar, Carchi.

Clones	ABCPE	RP kg/planta	NTP	RHa t/ha
11-9-90	297.33 a	1.11	26	24.61
INIAP-Josefina	330.33 a	1.83	30	40.65
98-38-12	332.00 a	1.05	25	23.26
11-9-112	369.33 a	1.91	26	42.45
11-9-8	409.83 a	1.27	26	28.32
11-9-1	470.50 a	1.33	26	29.56
Superchola	475.17 a	1.62	29	36.10
11-8-6	562.00 a	1.55	24	34.50
INIAP-CIP-Libertad	667.83 a	1.74	33	38.73
DIACOL-Capiro	1400.50 b	1.50	26	33.44

ABCPE=área bajo la curva de progreso de la enfermedad; NTP=número de tubérculos por planta; RP=rendimiento por planta; RHa=rendimiento por hectárea

CONCLUSIONES

- Los clones mostraron resistencia a *Phytophthora infestans* bajo las condiciones ambientales evaluadas.

RECOMENDACIONES

- Los clones deben evaluarse en otros ambientes donde exista incidencia de *P. infestans*.

BIBLIOGRAFÍA

- Cuesta, X., Rivadeneira J. y Monteros C. (2015). Mejoramiento Genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. Quito (Ecuador), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 62p.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. & Robledo C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Domínguez, J. (2019). Competitividad del sector papa en el Ecuador. VIII Congreso Ecuatoriano de la Papa. Ambato, Ecuador. pp. 150.
<https://hdl.handle.net/10568/107871>
- Fry, W., Birch, P., Judelson, H., Grünwald, N., Danies, G., Everts, K., Gevens, A., Gugino, B., Johnson, D., Johnson, S. et al. (2015). Five reasons to consider *Phytophthora infestans* a Reemerging Pathogen. *Phytopathology*. 105: 966-981.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC. (2019). *Encuesta y superficie y producción agropecuaria continua*. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Mejía, D. (2016). Pérdidas poscosecha en la cadena de valor de rubro papa, un estudio de caso en la provincial del Carchi. (Tesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador). Repositorio Institucional PUCE.
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14224/Tesis%20Pos%20cosecha%20Alejandro%20Mej%C3%ADa%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG. (2019). Boletín Situacional Papa. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/papa/boletines-situacionales-papa-ecuador>



ACTIVIDAD P2-A1: Limpieza de virus y multiplicación de semilla de clones promisorios para consumo en fresco y procesamiento.

RESPONSABLES: Santiago Meneses, Cecilia Monteros

ANTECEDENTES

Se han reportado la existencia de 40 virus diferentes, de los cuales el PVX, PVA, PVY, PVS, PVM y PLRV son las más importantes a nivel mundial (Valkonen, 2007), en el Ecuador los virus de mayor incidencia son PVX, PVY, PVS y PLRV (Insuasti *et al.*, 2015). La pérdida de rendimiento por efecto de PVX suelen ser bajas (10%), pero si hay infecciones mixtas (PVX y PVY) las pérdidas pueden llegar hasta 70%, por PLRV pueden llegar hasta un 90%, y por PVY dependiendo de la variedad entre 10 y 60% (Gul *et al.*, 2011; Burrows y Zitter, 2005; Asamenew, 2007).

En el 2019, el INIAP realizó el lanzamiento oficial de la variedad INIAP-Fátima, con características de precocidad, con altos rendimientos sobre las 30t/ha, con resistencia a lancha (INIAP, 2019). El INIAP dispone de siete clones promisorios para consumo en fresco y procesamiento (Monteros *et al.*, 2018, Yumisaca *et al.*, 2017) y el reto es liberar al menos una nueva variedad. Por lo anteriormente mencionado se planteó la presente actividad con la finalidad de limpiar de virus estos clones y la variedad INIAP-Fátima para contar con semilla de alta calidad.

OBJETIVOS

- Limpiar de virus a ocho variedades / clones promisorios de papa.
- Multiplicar semilla libre de virus de ocho variedades / clones promisorios de papa.

METODOLOGÍA

Esta investigación está enmarcada dentro de las actividades establecidas en el esquema de mejoramiento del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa, dentro de la publicación "Mejoramiento genético de papa" (Cuesta *et al.*, 2015), aprobada según memorando No. INIAP-DI-2015-0447-MEM.



La limpieza de virus de los ocho clones/ variedades de papa (Tabla 1), se realizó en los laboratorios del Departamento de Biotecnología de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), según procedimientos descritos por Meneses y Murillo (2017).

La multiplicación de semilla de las plantas *in vitro* de los clones promisorios/ variedades, se realizó en el invernadero del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa (Tabla 2). En vista que no se disponía de plantas libres de virus, se procedió a multiplicar las plantas *in vitro* disponibles, se sembró las plantas bajo un sistema autotrófico y luego se trasplantó las plantas a macetas con la finalidad de tener al menos 100 tubérculos de los clones promisorios

Tabla 1.
Variedades y clones promisorios para limpieza de virus.

Genotipos	Características clones/variedades
12-4-35 12-4-45 12-4-143 12-4-175 12-6-29	Clones con pulpa de colores para procesamiento de hojuelas fritas
11-9-91 98-38-12	Clones promisorios pulpa amarilla resistentes a tizón tardío
INIAP-Fátima	Variedad resistencia moderada tizón tardío precoz

Fuente: Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa

Tabla 2.
Características ambientales del invernadero para multiplicación de plantas libre de virus de cuatro clones promisorios de papa de pulpa de colores. Pichincha, 2020.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES ¹	DESCRIPCIÓN
Temperatura máxima promedio	31.0 °C
Temperatura mínima promedio	8.0 °C
Temperatura promedio	19.5 °C
Humedad relativa	80.0 %

¹ Datos tomados con sensores de temperatura y humedad relativa, 2020



RESULTADOS

Limpieza de virus

Debido a los problemas con los testigos positivos del Kit del CIP en noviembre del 2019, se reinició en marzo del 2020 la micro propagación y se efectuó las nuevas pruebas de DAS-Elisa en las variedades/clones de papa (Tabla 3, Fotografía 1). Se espera tener libre de virus para enero del 2021 los clones promisorios de pulpa de colores y la variedad INIAP-Fátima y los clones 98-38-12 y 11-9-91 para junio del 2021 (Tabla 4).

Tabla 3.
Brotos establecidos y virus identificados en genotipos de papa.

Genotipos	No. Brotes establecidos	Virus
12-4-35	10	PVY, PVS
12-4-45	10	PVY, PVS
12-4-143	10	PVY, PVS
12-4-175	10	PVY, PVS
12-6-29	10	PVY, PVS
11-9-91	10	PVS
98-38-12	12	PVS
INIAP-Fátima	10	PLRV, PVS

Fuente: Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa; Departamento Nacional de Protección Vegetal

Fotografía 1.

[Fotografías de Cecilia Monteros] (Estación Experimental Santa Catalina, 2020). Archivos fotográficos del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa, Mejía, Cutuglahua. (a) siembra de materiales; (b) Crecimiento de materiales.

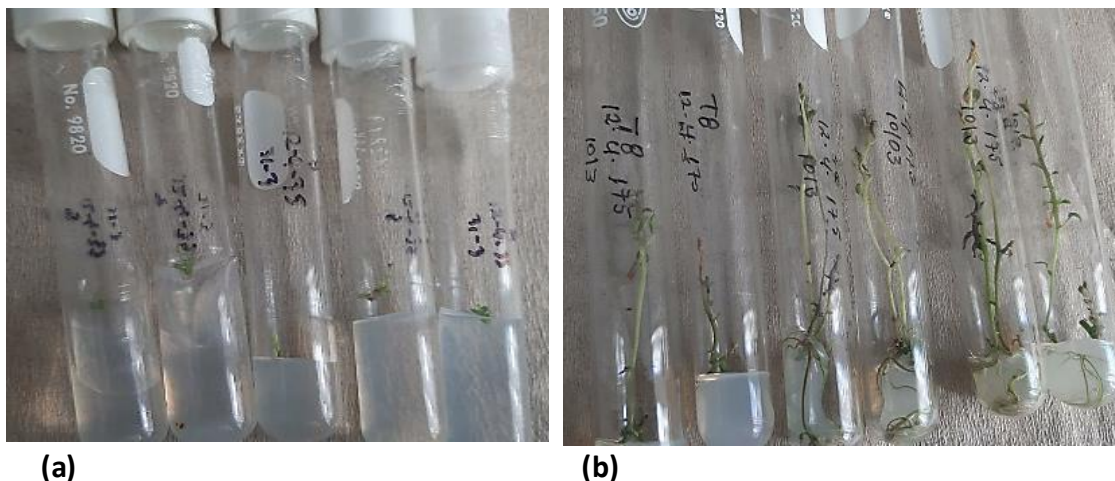


Tabla 4.

Estado actual del material de papa en proceso de limpieza de virus de variedades y clones de papa. Pichincha, 2020.

Genotipos	No de plantas en termoterapia		No. Meristemos cultivados		Meta ^{1/}
	Sometidas	Sobrevivientes	Cultivados	Sobrevivientes	
12-4-35	50	13	13		Enero 2021
12-4-45	50	10	10		
12-4-143	50	9	9		
12-4-175	50	17	17		
12-6-29	50	15	15		
11-9-91	50				Junio 2021
98-38-12	50				
INIAP-Fátima	50	10			Enero 2021

^{1/}Plazo estimado para la obtención de material libre de virus

Multiplicación semilla libre de virus.

En vista que no se disponía de plantas libres de virus, se procedió a sembrar las plantas *in vitro* que disponía el Departamento de Biotecnología, al momento se tiene 264 mini tubérculos de 4 clones promisorios de pulpa de colores (Tabla 5, Fotografía 2), estos mini tubérculos se los volvió a sembrar en macetas en agosto del 2020 y se espera cosechar en marzo del 2021.

Tabla 5.

Número y peso de mini tubérculos provenientes de plantas in vitro de 4 clones promisorios de pulpa de colores. Pichincha, 2020.

Clones promisorios	No. tubérculos cosechados	Rendimiento Total (g)	Peso promedio tubérculos (g)
12.4.35	132.0	625.2	4.7
12.4.45	88.0	384.0	4.4
12.4.175	23.0	1000	4.3
12.4.143	21.0	110	5.2
Total^{1/}/promedio²	264.0¹	1219.2¹	4.7²



Fotografía 2.

[Fotografías de Cecilia Monteros] (Estación Experimental Santa Catalina, 2020). Archivos fotográficos del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa, Mejía, Cutuglahua. (a) Siembra de las plantas in vitro en vaso; (b) Trasplante de plantas a macetas; (c) cosecha de plantas; (d) Formación de flores.



(a)



(b)



(c)

CONCLUSIONES

- En los clones de pulpa de color se identificaron los virus PVY y PVS, en la variedad INIAP-Fátima los virus PRRV y PVS, y en los clones 98-32-12 y 11-9-1 el virus PVS.
- Se dispone de 264 mini tubérculos provenientes de plantas *in vitro*.

RECOMENDACIONES

- Continuar con la multiplicación y limpieza de las variedades y clones de papa

BIBLIOGRAFÍA

Asamenew, T. (2007). A study of vascular movement of *Potato virus X* (PVX) TGBp1, TGBp2 and CP using the Commelina yellow mottle virus promoter and GFP. Ph.D. Dissertation, Faculty of the Graduate College of the Oklahoma State University, USA.

Burrows, M. & Zitter, T. (2005). Virus Problems of Potatoes. USDA-ARS and Department of Plant Pathology Cornell University Ithaca, NY. URL: http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Potato_Virus.htm

INIAP (2019). Informe anual de actividades. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos – papa. Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Insuasti, M., Garcés, S., Llumiquinga, P. y Castillo, N. (2015). Diagnóstico de la incidencia de virus en variedades nativas y mejoradas de papa. En J.L. Zambrano, C. Iglesias, V. Sánchez, y M. Herrera-Défaz (Eds.), Memorias de los Eventos Científicos Organizados por el INIAP en el año 2015 (pp. 117-118). Quito, Ecuador: INIAP. ISBN: 978-9942-22-013-4

Gui, Z., Khann, A. & Jamil, K. (2011). Study of Potato leaf roll virus (PLRV) of Potato in Pakistan. Canadian Journal on Scientific and Industrial Research 2, (1): 24-34

Monteros, C., Cedeño, J., Comina, P., Villacrés, E., Rivadeneira, J. y Cuesta, X. (2018). Selección Participativa de Clones Promisorios de Papa con Pulpa de Colores con Actores de la Cadena de Valor. En: Yáñez, Carlos., Racines, Marcelo., Sangoquiza, Carlos., Cuesta, Xavier, (Eds.). Artículos del Primer Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 13 y 14 de junio de 2018. Quito, Ecuador. pp 204.

Meneses, L. y Morillo, E. (2017). Estado actual de la indexación por medios biotecnológicos de variedades comerciales y nativas de papa en el INIAP. En P. Kromann, X. Cuesta, B.R. Montero, P. Cuasapaz, A. León-Reyes, y A. Chulde (Eds.), VII Congreso Ecuatoriano de la Papa: Memorias (pp. 63-65). Tulcán, Ecuador: CIP/INIAP.

Valkonen, J. (2007). Potato biology and biotechnology advances and perspectives: Viruses economical losses and biotechnological potential. Vreugdenhil, D. (ed.). Amsterdam, The Netherlands. Elsevier. pp. 619–641.

Yumisaca, F., Cuesta-Subía, H.X., Rivadeneira-Ruales, J.E. y Villacrés, E. (2016). Evaluación y selección participativa de clones de papa (*Solanum tuberosum*) con resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en dos localidades en la provincia de Chimborazo. En Informe anual 2016 (pp. 1-50). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Núcleo de Desarrollo Tecnológico/Unidad de Desarrollo Tecnológico Chimborazo.



ACTIVIDAD P2-A2: Multiplicación de semilla de variedades y clones promisorios para consumo en fresco y procesamiento

RESPONSABLE: Cecilia Monteros, Fausto Yumisaca

COLABORADORES: Néstor Castillo

ANTECEDENTES

Una de las causas de la baja productividad del cultivo de papa es la baja calidad de la semilla de papa (Devaux *et al.*, 2010). La papa es susceptible a una serie de enfermedades que reducen la productividad y la calidad de los tubérculos, por lo que el uso de una semilla de calidad es importante para tener buenos rendimientos y no diseminar plagas y enfermedades (Montesdeoca, 2005). Andrade, 2015, menciona que las pérdidas de rendimiento causadas por degeneración de semilla varían con el patógeno o plaga que la cause, pero en general se estima que son cercanas al 30%, además menciona que las causas de la degeneración de semilla incluyen a patógenos y plagas que son transmitidos por la semilla como virus (e.g., PVY, PLRV, PVX), hongos (e.g., *Rhizoctonia solani*), bacterias (e.g., *Pectobacterium*), nematodos (e.g., *Globodera* spp.), insectos (e.g., polillas de la papa) y fitoplasmas (e.g., punta morada).

Por lo anteriormente mencionado el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro Papa (PNRT-papa), planteo la presente actividad con la finalidad de disponer de semilla de buena calidad para implementar ensayos de evaluación de genotipos de papa con la participación de agricultores y la industria.

OBJETIVO

- Multiplicar variedades y clones promisorios para la implementación de ensayos con agricultores y la industria.



METODOLOGÍA

Esta actividad se desarrolló en el marco de la carta de acuerdo de cooperación técnica firmado entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y el Centro Internacional de la Papa, el protocolo de la presente actividad fue aprobada con memo INIAP-EESC_DIR-20181245-MEM.

Con el fin de disponer de semilla de calidad para los ensayos planificados para el 2021 se implementó dos parcelas de multiplicación de semilla:

- 1) En la Estación Experimental Santa Catalina, se sembró una parcela de multiplicación de 352.8 m² con siete genotipos de papa con pulpa de colores para implementar ensayos de evaluación y validación con agricultores y la industria (Tabla 1).
- 2) En la comunidad Santa Isabel, cantón Riobamba, provincia Chimborazo, se sembró una parcela de multiplicación de semilla de 1500 m² con el clon 98-38-12 (Tabla 1), con la finalidad de tener semilla de calidad para implementar ensayos Mamá-Bebé en 9 localidades de las provincias de Pichincha, Tungurahua y Chimborazo.

Tabla 1.

Características de las localidades, superficie de las parcelas de multiplicación de semillas de 8 genotipos de papa en Pichincha y Chimborazo. 2020

Localidades	Superficie m ²	No. tubérculos sembrados ^{1/}	Características Localidad
LOCALIDAD 1. EESC			
12-4-35	50.4	120	Pichincha Cutuglagua-EESC. Altitud: 3050 m
12-4-143	50.4	120	
12-4-45	50.4	120	
12-6-29	50.4	120	
12-6-158	50.4	120	
INIAP-Yana Shungo	50.4	120	
INIAP Puca Shungo	50.4	120	
Subtotal	352.8	840	
LOCALIDAD 2. Sta. Isabel			
98-38-12	1500.0	6	Chimborazo, Riobamba comunidad Santa Isabel. Altitud: 3473 m

^{1/} Tubérculos de 80 a 120 gr sin plagas y enfermedades.



Se utilizaron las técnicas de selección positiva que consiste en marcar las mejores plantas (sanas, con características propias de la variedad y buen desarrollo) cosecharlas por separado y seleccionar los tubérculos con mejor sanidad (Montesdeoca *et al.*, 2012), y la selección negativa (roguing) que consiste en eliminar plantas en campo y tubérculos en bodega que presenten plagas o enfermedades (Thomas-Sharma *et al.*, 2016).

RESULTADOS

Genotipos de papa con pulpa de colores

Con la finalidad de tener semilla de calidad se eliminaron 230 plantas que presentaron síntomas de virus y punta morada, y a la cosecha se eliminaron los tubérculos que presentaron deformaciones y presencia de patógenos en el tubérculo (sarna polvorienta, costra negra, pudrición húmeda). La tasa de extracción de semilla fue del 33.4% y se obtuvo 212.7 kg de semilla de calidad (Tabla 2).

En la Figura 1 y en la Tabla 2 se observa que los mayores rendimientos presentaron la variedad INIAP–Puca Shungo y los clones 12-4-143 y 12-6-29 con un rendimiento promedio sobre 1.18 kg/planta y un rendimiento total sobre 100 kg/parcela (Tabla 1).

Tabla 2.

Rendimiento total y tasa de extracción de semilla de siete genotipos de papa con pulpa de colores. Pichincha, EESC, 2020.

Genotipos	No Plantas eliminadas ^{1/}	Rendimiento total (kg/parcela)	Papa semilla 60-120 g (kg) ^{2/}	Tasa extracción semilla (%)	Rendimiento (kg/pt)
12-4-143	39	104.1	39.8	38.3	1.28
12-4-35	33	76.7	24.0	31.3	0.88
12-4-45	34	71.2	21.5	30.2	0.83
12-6-158	34	77.8	24.7	31.7	0.85
12-6-29	28	101.5	33.6	33.1	1.18
INIAP-Puca Shungo	34	110.9	54.8	49.4	1.29
INIAP-Yana Shungo	28	72.4	14.2	19.6	0.79
Total ^a /promedio ^b	230 ^a	614.6 ^a	212.7 ^a	33.4 ^b	1.01 ^b

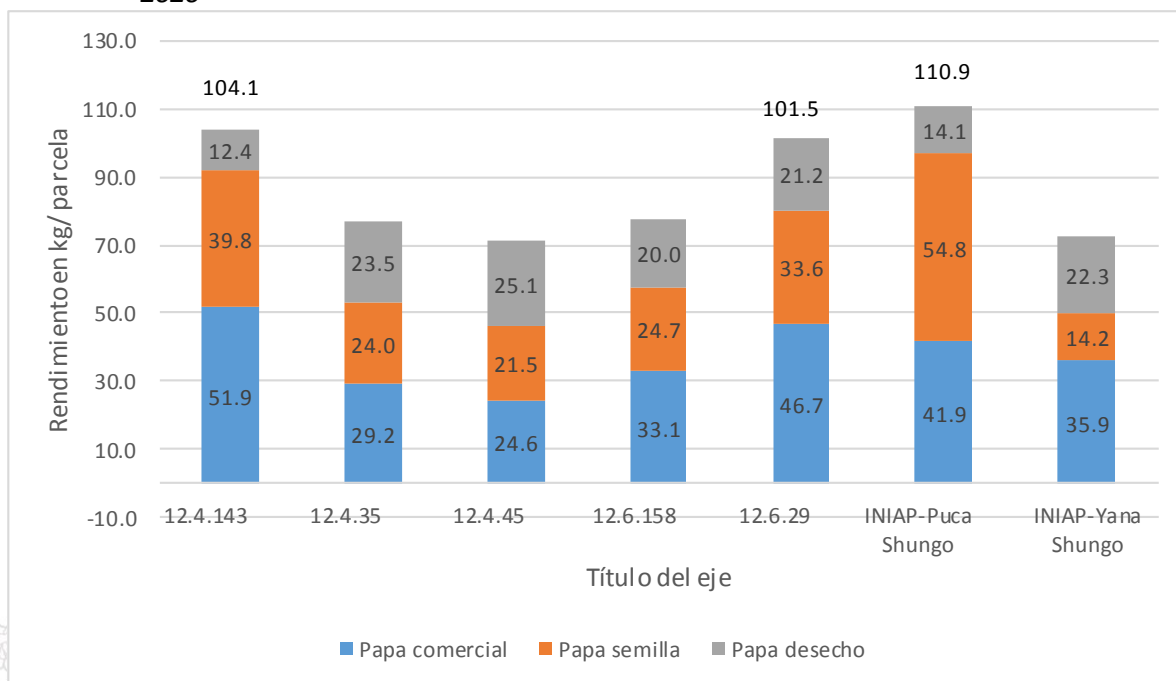
^{1/} Plantas que presentaron síntomas de virus y punta morada.

^{2/} Tubérculos sin deformaciones y libre de enfermedades (sarna polvorienta, costra negra, pudrición húmeda).



Figura 1.

Rendimiento total de siete genotipos de papa con pulpa de colores. Pichincha, EESC, 2020



Multiplicación del clon 98-38-12

Con la finalidad de tener semilla de calidad se realizó selección positiva en campo y a la cosecha se eliminó los tubérculos que presentaron deformaciones y presencia de patógenos en el tubérculo (sarna polvorienta, costra negra, pudrición húmeda). La tasa de extracción de semilla fue del 53% y se obtuvo 24 qq de semilla de calidad (Tabla 3).

En floración se realizó la práctica de selección positiva a fin de seleccionar las mejores plantas para la obtención de semilla. Se presentó una helada en el mes de agosto, afectando en 40% al cultivo, además, se presentó un foco de infección de la nueva enfermedad COVID-19 en la zona, por lo que no se pudo realizar las actividades de manejo de la parcela en forma oportuna, debido a que no se pudo contar con la participación de toda la comunidad, las labores se realizaron en turnos (para evitar aglomeraciones y nuevos contagios).

Se retiró el doble de la cantidad de semilla sembrada, el resto de la producción quedó con la comunidad. La semilla seleccionada se almacenó en la misma comunidad para



mantener en condiciones apropiadas para obtener una buena brotación. De la semilla obtenida y seleccionada del proceso de mantenimiento, 5 qq se destinó para pruebas de calidad y establecimiento de parcelas de multiplicación de semilla en la Estación Experimental Santa Catalina, debido a que se proyecta hacer el lanzamiento oficial de este clon promisorios como una nueva variedad precoz con resistencia a tizón tardío en el 2021. Además, se destinó 7 qq para la implementación de ocho ensayos en el marco del proyecto EUROCLIMA- CIP/INIAP en las provincias de Pichincha, Tungurahua y Chimborazo.

Tabla 3.

Rendimiento total y tasa de extracción de semilla del clon 98-38-12. Chimborazo, 2020.

	Rendimiento total (qq)	Papa semilla (qq)	Tasa extracción semilla (%) ^{1/}	Rendimiento (t/ha)
98-38-12	45	24	53	13.63

^{1/} Tubérculos sin deformaciones y libre de enfermedades (sama polvorienta, costra negra, pudrición húmeda).

CONCLUSIONES

- Se dispone de 212.7 kg de semilla de calidad de 7 genotipos de papa con pulpa de colores.
- Se dispone de 24 qq de semilla de calidad del clon promisorios 98-38-12.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar multiplicando la semilla de los genotipos de pulpa de colores con semilleristas de papa de ASOPAPA- Tungurahua para tener cantidad y calidad de semilla para continuar con los procesos de evaluación con agricultores y la industria.



BIBLIOGRAFÍA

Andrade-Piedra, J. y Kromann, P. (2015). Semilla de papa: Perspectivas para el Ecuador y otros países en desarrollo. En: Brown, D. Ortega -Andrade, SM Yaguana. G. (eds). Memorias del evento.VI. Congreso Ecuatoriano de la Papa. Ibarra (Ecuador).8-11 de julio de 2015. Ibarra, Ecuador. 2 p

Cuesta, X., Rivadeneira, J. y Monteros, C. (2015). Mejoramiento Genético de Papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. Quito (Ecuador) Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 62p.

Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A. y Flores, R. (2010) El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Centro Internacional de la Papa. 385 p.

Montesdeoca, M.F. (2005). Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad. PNTR-INIAP-Proyecto Fortipapa. Primera edición.

Thomas-Sharma, S. (2016). Seed degeneration in potato: the need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries. *Plant Pathology*. 65:3–16

