

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO  
DE PLANTAS**



**“COMBINACIÓN DE TOLERANCIA A CALOR Y RESISTENCIA  
A VIRUS EN UNA POBLACIÓN DE PAPAS TETRAPLOIDES”**

**Presentada por:**

**GROVER FRAIRE MENDOZA JUAREZ**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN MEJORAMIENTO GENÉTICO  
DE PLANTAS**

**Lima – Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE  
PLANTAS**

**“COMBINACIÓN DE TOLERANCIA A CALOR Y RESISTENCIA  
A VIRUS EN UNA POBLACIÓN DE PAPAS TETRAPLOIDES”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**GROVER FRAIRE MENDOZA JUAREZ**

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

Dr. Félix Camarena Mayta  
PRESIDENTE

Fallecido  
Dr. Humberto Mendoza Zuñiga  
ASESOR

Fallecido  
Mg. Sc. Jorge Nakahodo Nakahodo  
MIEMBRO

M.S. Luz Gómez Pando  
MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

A Dios por su infinita bondad, por ser principal guía, por darme fuerza para seguir adelante.

A la memoria de mis padres Teófilo y Demetria; de mis hermanos Javier y Freddy.

A mi esposa Claudia y mis hijas Daphne, Ariadna, Doménica y Alexa.

A mis hermanos Walter, Gladys y Olga.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Doctor Humberto Mendoza, a quien le expreso mi más profundo agradecimiento, ya que me dio la oportunidad de trabajar con él y hacer posible la realización de este trabajo de investigación.

Al Centro Internacional de la Papa, por el apoyo económico, académico y por permitirme el uso de sus instalaciones en el desarrollo del presente trabajo.

A todas las personas que laboraron en el CIP en el periodo que se realizó esta investigación, y de manera especial a Jorge Espinoza, Walter Gómez, Walter Amorós, Raymundo Gutiérrez, Elisa Salas, Carmen Lara, Félix Gómez, Félix Sauma.

A los docentes de la escuela de Post-Grado de Mejoramiento Genético de las plantas de la Universidad Agraria La Molina.

A todas aquellas personas que han hecho posible la culminación de la presente Tesis.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1.	TOLERANCIA AL CALOR EN PAPA .....	3
2.1.1.	Efecto del calor en la fisiología del cultivo .....	3
2.1.2.	Mejoramiento por tolerancia a calor .....	5
2.2.	VIRUS DE LA PAPA .....	7
2.2.1.	Virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV) .....	7
2.2.2.	Virus Y de la Papa (PVY) .....	10
2.2.3.	Virus X de la Papa (PVX) .....	14
III.	MATERIALES Y METODOS .....	17
3.1.	PROGENITORES .....	17
3.1.1.	Progenitores femeninos (Líneas) con resistencia a PLRV .....	17
3.1.2.	Progenitores masculinos (Probadores) con resistencia extrema a PVX y PVY .....	19
3.2.	DISEÑO GENÉTICO .....	19
3.3.	CRUZAMIENTOS.....	20
3.4.	TAMIZADO POR INMUNIDAD A PVY Y PVX.....	21
3.5.	EXPOSICIÓN A PLRV .....	22
3.6.	EVALUACIÓN POR TOLERANCIA AL CALOR.....	23
3.6.1.	Evaluación de características agronómicas en Lima (Octubre 1991 – Enero 1992) .....	23
3.6.2.	Evaluación de características agronómicas en Tacna (Enero-Abril, 1992)....	23
3.7.	ANÁLISIS DE DATOS .....	24
3.7.1.	Modelo Aditivo lineal .....	24
3.7.2.	Análisis de variancia y cuadrados medios esperados .....	24
3.7.3.	Estimación de efectos de Habilidad Combinatoria General (HCG), para cada progenitor y Habilidad Combinatoria Específica (HCE).....	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	26
4.1.	TAMIZADO POR INMUNIDAD A PVY Y PVX.....	26
4.2.	EXPOSICIÓN A PLRV .....	30
4.3.	MULTIPLICACIÓN DE FAMILIAS DE TUBÉRCULOS Y DETERMINACIÓN DE HCG Y HCE PARA RESISTENCIA A PLRV .....	30

4.4. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN LA PRIMAVERA DE 1991 LIMA .....	33
4.5. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN EL VERANO DE 1992 – TACNA .....	36
4.6. SELECCIÓN DE CLONES .....	38
4.7. SELECCIÓN DE NUEVAS VARIEDADES COMERCIALES COMO COROLARIO DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA .....	40
4.7.1. Evaluación de clones promisorios .....	40
4.7.2. Evaluación de clones avanzados .....	40
4.7.3. Evaluación de clones élites.....	42
4.7.4. Identificación de progenitores .....	45
4.7.5. Descripción de las nuevas variedades .....	46
V. CONCLUSIONES .....	50
VI. RECOMENDACIONES .....	51
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VIII. ANEXOS.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de las líneas y los probadores .....	19
Tabla 2: Tamizado por inmunidad a PVX y PVY. Invernadero (La Molina) y Campo (Cañete), 1990-91 .....	28
Tabla 3: Efectos de HCG de los progenitores, para PLRV en Cañete, La Molina y Tacna .....	33
Tabla 4: Efectos de HCE, para PLRV en Cañete, La Molina y Tacna.....	34
Tabla 5: Efectos de HCG de los progenitores, para las diferentes características agronómicas en La Molina y Tacna .....	37
Tabla 6: Rendimiento de 18 clones evaluados en dos localidades de Ica, durante el verano 1993-94 .....	42
Tabla 7: Rendimiento (t/ha) de clones avanzados en varias localidades de la Costa Peruana. 1994-95.s .....	44
Tabla 8: Rendimiento (t/ha) de clones avanzados en diferentes localidades. 1995 .....	44
Tabla 9: Rendimiento promedio (t/ha) de los clones y/o variedades por localidad (1996).....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de trabajo dentro del programa de mejoramiento por resistencia a virus del centro internacional de la papa .....	18
Figura 2: Síntoma de Mosaico .....	27
Figura 3: Síntoma de Necrosis.....	27
Figura 4: Síntomas de PLRV .....	32
Figura 5: Combinación de Tolerancia a Calor y Resistencia a Virus.....	39
Figura 6: Esquema del uso de clones selectos en el programa de mejoramiento por resistencia a virus (por su aptitud para variedad y/o progenitor) .....	41
Figura 7: Pedigrí de la variedad "Reiche" .....	46
Figura 8: Pedigrí de la variedad "Primavera" .....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Infección Primaria en Cañete (Otoño '91) e Infección Secundaria en La Molina (Primavera '91) y Tacna (Verano '92).....	63
Anexo 2: Análisis de variancia para las diferentes características agronómicas en La Molina, durante Primavera 1991 .....	65
Anexo 3: Análisis de variancia para las diferentes características agronómicas en Tacna, durante Otoño 1992 .....	65
Anexo 4: Efectos de HCE, para las diferentes características agronómicas evaluadas en La Molina y Tacna.....	66
Anexo 5: Relación de 63 clones seleccionados en La Molina, con atributos de tolerancia al calor, resistencia a PLRV, PVX y PVY.....	68
Anexo 6: Relación de 27 clones seleccionados en Tacna, con atributos de tolerancia al calor, resistencia a PLRV, PVX y PVY. ....	69

## RESUMEN

En la costa peruana las temperaturas altas entre los meses de diciembre a febrero limitan la producción de papa. Adicionalmente, los virus de la papa (PLRV, PVY y PVX) causan la degeneración del cultivo. Los tubérculos-semillas infectados transmiten los virus de una generación a otra, reduciendo el rendimiento. Por esta razón el objetivo del presente trabajo fue mejorar el cultivo por tolerancia a calor y por resistencia a los tres principales virus. En un diseño genético línea por probador, se usaron 12 cultivares resistentes al PLRV como líneas y cinco clones, con resistencia extrema al PVY y PVX y tolerantes a calor, como probadores. Las cruzas produjeron 60 familias de progenies que fueron tamizados por PVX y PVY en invernadero, utilizando la técnica de inoculación masal con pistola asperjadora (IMPA), técnica desarrollada en el CIP (1990). Posteriormente, las 60 familias híbridas fueron expuestas en campo a la inoculación de PLRV por áfidos vectores, usando una hilera de plantas infectadas con PLRV de la variedad Tichuasi alternada, cada dos hileras de progenie. Dos experimentos fueron establecidos, en Lima y en Tacna, usando un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Como resultado de la investigación realizada se obtuvo dos nuevas variedades “Reiche” y “Primavera” aptas para procesamiento y de alta estabilidad. Además, se obtuvieron progenitores con resistencia extrema al PVX y PVY (C91.612 y C91.640), donde el clon C91.640 mostró resistencia a PLRV. En conclusión, estos dos clones junto con C91.628 y C91.645, los cuales presentaron buena HCG para rendimiento formarán parte del bloque de cruzamiento del Departamento de Mejoramiento Genético del CIP.

**Palabras claves** *Solanum tuberosum* L., tolerancia al calor, PLRV, PVY, PVX, procesamiento, variedad.

## ABSTRACT

Along the Peruvian coast, the high temperatures from December to February reduce potato yield and quality. Also, the potato viruses, PLRV, PVY and PVX are the most important biotic agents into the crop degeneration, which infect tuber seeds by transmitting diseases to the next generation. For this reason, the objective of this research was to improve the heat tolerance and resistance of potato cropping to the three viruses. Using line x tester mating design analysis, 12 cultivars resistant to PLRV were used as lines and five clones with extreme resistance to PVY and PVX and heat tolerance were used as testers. As result, the 60 progeny families obtained were screened by PVX and PVY in a greenhouse, using the mass inoculation technique with one sprinkling gun (IMPA) (CIP, 1990). Afterwards, the 60 hybrid families exposed to a field PLRV inoculation by vector aphids, were sown alternated a row of PLRV infected plants with Tichuasi variety, considering every two lines by progeny. Then, two experiments were established in Lima and Tacna, using a completely randomized block design with three replicates. Results showed “Reiche” and “Primavera” varieties had high stability. In addition, two parental material (C91.612 PVX and PVY (C91.612) with extreme resistance were obtained, where the C91.640 clone showed also resistance to PLRV. In conclusion, the latter clones, which showed, along with C91.628 and C91.645, good performance will be part of a plant-breeding program at CIP.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L., heat tolerance, PLRV, PVY, PVX, processing, variety.

## I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cuarto cultivo alimenticio más importante en el mundo después del trigo, arroz y maíz. Tiene alto valor nutritivo, posee proteínas comparables con las de la leche, alto contenido de vitamina C y algunos del grupo B, minerales como hierro, magnesio y otros, y niveles significativos de antioxidantes.

Esta importante especie de origen Andino, fue llevada a Europa por los españoles en el siglo XVI, donde luego de un largo proceso de adaptación a las condiciones climatológicas de las zonas templadas, se convirtió en alimento básico.

En el Perú, existe escasez de este tubérculo alimenticio en los meses de primavera-verano, debido a una serie de factores bióticos y abióticos. El medio ambiente tiene una gran influencia en el crecimiento y desarrollo de este cultivo. En la costa peruana las temperaturas altas entre los meses de diciembre a marzo, constituyen una barrera seria para la tuberización normal de las plantas.

Por otro lado, los virus de la papa (PLRV, PVY y PVX) son los agentes bióticos de mayor importancia en la degeneración del cultivo. Los tubérculos-semilla infectados transmitirán los virus de una generación a otra, reduciendo significativamente el rendimiento potencial. La papa fresca destinada al consumo humano es la modalidad de uso más importante. No obstante, existe una marcada tendencia a derivar un volumen cada vez mayor de papa a las plantas de procesamiento para satisfacer la creciente demanda de comida rápida, papas precocidas en tiras (French fries) y hojuelas (chips). La calidad industrial del tubérculo de papa está íntimamente relacionada con su composición química y en éstos influye diversos factores como: año agrícola, zona de procedencia, estado fisiológico, almacenamiento y fisiología post-cosecha principalmente.

El propósito del presente trabajo, es mejorar el comportamiento de la papa en climas cálidos, en especial para la costa peruana en los meses de primavera y verano, poniendo énfasis en la introducción de resistencia a los tres principales virus de la papa: PLRV, PVY y PVX.

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) Combinar resistencia al virus del enrollamiento (PLRV) y resistencia extrema a los virus X e Y (PVX y PVY), con precocidad, tolerancia al calor, caracteres agronómicos y de procesamiento; b) Determinar la Habilidad Combinatoria General (HCG) para resistencia al virus del enrollamiento de 12 clones, con antecedentes de resistencia al PLRV, cruzados con 5 probadores con resistencia extrema a PVY y PVX; c) Seleccionar progenitores para todos los caracteres estudiados; d) Seleccionar clones que posean esos atributos combinados y que, luego de las pruebas agronómicas y de calidad correspondientes, puedan ser usados como nuevas variedades cultivadas en la costa del Perú, y/o puedan servir como progenitores.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

El Centro Internacional de la Papa (CIP) reconoce los problemas múltiples y complejos existentes en el cultivo de la papa, así como las oportunidades para producir en climas cálidos. De esta manera, en 1977 el CIP inició la investigación de papa en climas cálidos y desde 1983 inició trabajos para introducir resistencia a virus, principalmente PVY, PVX y PLRV, que causan grandes Pérdidas en la producción (Mendoza y Sawyer 1985; Mendoza *et al.* 1989; Mendoza 1993)

### **2.1. TOLERANCIA AL CALOR EN PAPA**

#### **2.1.1. Efecto del calor en la fisiología del cultivo**

Mendoza (1976), Mendoza y Estrada (1979), y Midmore (1988), indican que el incremento de la temperatura tiene efecto acelerador sobre los procesos químicos y, con frecuencia, sobre los biológicos, hasta alcanzar un óptimo para la emergencia de los brotes de papa de aproximadamente 20 a 25 °C, con un grado de tolerancia menor para los tubérculos sin brotes que para los que tienen brotes.

La tasa de producción de los primordios aumenta con una temperatura media dentro de un intervalo de 10 a 30 °C, tal como lo describe Midmore (1988). En general, a temperaturas altas la planta de papa presenta hojas más pequeñas y numerosas que en temperaturas más frías. A temperaturas más altas la longevidad de la hoja es también mucho más corta.

Plaisted *et al.* (1987), describen que el número de tubérculos por planta, las tasas de crecimiento del tubérculo y el consiguiente índice de cosecha (relación del tubérculo con el peso seco total por planta), disminuyen a temperaturas altas, debido a los efectos directos de la temperatura sobre la fotosíntesis, respiración y tasas de conversión de azúcares a almidones dentro del tubérculo. Con frecuencia, además de los rendimientos más bajos en

peso fresco reportados para el cultivo de papa bajo condiciones cálidas, se reduce el porcentaje del contenido de materia seca dentro de los tubérculos promediando la disminución en 1% de materia seca por 1 °C de aumento de temperatura del ambiente, sobre una variación de temperatura media de 15 a 25 °C. En vista de la rápida disminución de la capacidad fotosintética de las hojas viejas y la senescencia más rápida bajo altas temperaturas, el calentamiento externo del suelo influye invariablemente en forma negativa en las tasas de crecimiento del tubérculo antes de la madurez final del cultivo.

Gregory (1956) estudió la interacción entre la longitud del día y las temperaturas diurnas y nocturnas, y encontró que bajo días cortos y altas temperaturas nocturnas (23 a 26 °C) no hubo formación de tubérculos. Went (1959) señaló, que las temperaturas nocturnas son muy importantes en el control de la tuberización. Bodlaender (1963) observó que el crecimiento de la parte aérea fue más importante que el desarrollo de la parte subterránea de la planta a altas temperaturas durante la noche, mientras que a bajas temperaturas ocurría lo contrario.

Bodlaender (1963), encontró que las variedades más precoces tienen tolerancia a las temperaturas altas. Al estudiar la influencia de la temperatura sobre el rendimiento de tubérculos y la formación de segundos crecimientos, sugirieron que, así como las variedades tienen una longitud crítica del día, debe existir también una temperatura crítica más allá de la cual la tuberización es mínima. Las variedades precoces tienen una alta longitud crítica del día y una temperatura crítica mayor que las variedades tardías.

Moreno (1970), señala que bajo condiciones de día corto (10 horas) el efecto de la temperatura es relativamente leve sobre el rendimiento de tubérculos y la eficiencia de la tuberización. Cuando la longitud del día se incrementó hasta 14 horas, independientemente de la temperatura, hubo una marcada reducción en el rendimiento de tubérculos y en la eficiencia de la tuberización. Además, las condiciones para tuberización fueron menos favorables con la longitud del día de 14 horas, temperatura nocturna de 24° C, pues se obtuvieron bajos rendimientos y poca eficiencia de tuberización.

### **2.1.2. Mejoramiento por tolerancia a calor**

Mendoza y Estrada (1979) y Plaisted *et al.* (1987), indican que la adaptación es un componente esencial para la selección de progenitores en un programa de desarrollo de variedades de papa. La mayoría de las nuevas variedades de papa seleccionadas tienen, por lo menos a una variedad previamente nominada, como progenitor. El uso de nuevas fuentes de variación genética está limitado en el grado en que estas fuentes irrumpen el delicado balance de características que componen la adaptación.

Wissar y Ortiz (1987) indican que la tolerancia al calor, sería la habilidad del genotipo de papa para iniciar la tuberización y continuar movilizandando materia seca hacia los tubérculos bajo condiciones de alta temperatura en las cuales son esenciales un follaje adecuado y la habilidad para movilizar sustancias de reserva hacia los tubérculos.

Midmore (1988) señala que para la elección del genotipo y las prácticas agronómicas que puedan contribuir a obtener la máxima producción es necesario un conocimiento claro de la respuesta de la papa a condiciones cálidas. Sin embargo, los procesos de desarrollo pueden ser modificados por otros factores, particularmente por la luz ambiental (duración y cantidad). De este modo, la combinación de días cortos con alta irradiación hace posible la tuberización bajo condiciones de temperatura alta en *Solanum tuberosum ssp. tuberosum* y clones Neo-tuberosum, particularmente en clones con exigencias de fotoperiodo crítico largo (clones que responden muy bien al efecto acelerador de la tuberización que poseen los días cortos).

El proceso de selección es acentuado por la habilidad de tuberización bajo la combinación de temperaturas altas y días largos, y se demostró que la tuberización sobre esquejes tomados de plantas expuestas a estas condiciones servía como un indicador útil de la habilidad de las plantas para tuberizar. Clones del programa de neo-tuberosum seleccionados por este método de evaluación, han tuberizado tan bien o mejor que los mejores clones tuberosum cuando fueron cultivados bajo condiciones extremas de calor, Plaisted *et al.* (1987). La habilidad de la planta para distribuir un alto porcentaje de los asimilados a los tubérculos bajo temperaturas cálidas es condición necesaria pero no suficiente para la tolerancia al calor. Otra característica importante es un buen vigor general, que da por resultado una alta producción de biomasa. Por lo tanto, se ha incorporado también la determinación del vigor

del follaje en los procedimientos de evaluación y selección, conforme la estableciera Ben Khedher (1983). Es interesante observar que los clones seleccionados para tuberización y vigor a altas temperaturas se han comportado bien en climas cálidos y días cortos, al igual que bajo climas fríos y días largos.

Plaisted *et al.* (1987) señalan que uno de los efectos adversos de cultivar papa en climas cálidos es la reducción en el porcentaje de materia seca del cultivo que es distribuida a los tubérculos. Cultivares con rendimientos satisfactorios en temperaturas bajas pueden tuberizar o no cuando se les cultiva en temperaturas altas, inclusive si el follaje creciera más que a temperaturas bajas. Este efecto del calor sobre el crecimiento y desarrollo es muy similar al de los días largos. Por lo tanto, no es sorprendente que la selección recurrente para la habilidad de producir un rendimiento temprano, bajo días largos, mejore simultáneamente la habilidad de la planta para tuberizar bajo condiciones cálidas de crecimiento.

Mendoza (1976) y Mendoza y Estrada (1979), indican que la alta heterocigocidad favorece la mayor producción y que han sido obtenidos materiales genéticos avanzados para las tierras bajas de la zona tórrida. La constitución genética de estos materiales se basa en selecciones de (*tuberosum* x *phureja*) x *tuberosum* x (*tuberosum* x *neotuberosum*). Dichos materiales han llegado a producir hasta un kilogramo de tubérculos por planta en un período de 60 – 70 días después de la siembra y han sido distribuidos para pruebas en Filipinas, Brasil, Costa Rica y Sri Lanka. La longitud del ciclo de crecimiento del cultivo de papa depende del tiempo entre la siembra y el inicio de la tuberización (precocidad de la tuberización), rapidez inicial de la tuberización y pendiente de la curva de tuberización durante la época del llenado de los tubérculos. Estas condiciones no están necesariamente correlacionadas con la maduración del follaje. Este patrón de crecimiento y desarrollo es intensamente afectado por el ambiente: La longitud del día, la temperatura y su interacción son los factores más importantes, pudiendo modificar la longitud del ciclo de crecimiento por efecto directo sobre los puntos mencionados anteriormente.

## 2.2. VIRUS DE LA PAPA

### 2.2.1. Virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV)

#### a. Características del virus

El virus del enrollamiento de la hoja de la papa es un Luteovirus (Matthews 1982), las que están restringidos al floema de las plantas y células circundantes del tejido en muy bajas concentraciones y debido a ello no pueden transmitirse por inoculación mecánica. El PLRV tiene una partícula isométrica de 26 nm de diámetro y perfil hexagonal (Salazar, 1995) y su material genético es una cadena simple de ARN. Estos virus son transmitidos por áfidos en forma persistente, el vector más eficiente es el *Myzus persicae*. Harrison 1984; García 1989, señalan que en condiciones controladas; el injerto es usado comúnmente para provocar una infección artificial. Este virus no es transmitido a través de la semilla botánica (Harrison 1984).

#### b. Síntomas

Los síntomas pueden variar mucho dependiendo del tipo (variante) de virus, variedad y fase del desarrollo del cultivo de la papa y las condiciones medioambientales (Beemster y De Bokx 1987). Sin embargo, todas las variantes de PLRV, son antigénicamente muy similares. Los síntomas primarios en el follaje, se manifiestan a las tres o cuatro semanas de la infección; presentando enrollamiento de hojas jóvenes, formación de hojas erectas en la parte apical de la planta y, pigmentación rojiza o púrpura en las márgenes y envés de los folíolos (Jones 1977; Abad *et al.* 1986; Salazar 1995).

En ciertas variedades el síntoma de enrollamiento se presenta en hojas jóvenes permaneciendo restringido a la base de los folíolos, pero cuando la enfermedad progresa este síntoma puede extenderse a las hojas viejas (Jayasinghe 1988). Las infecciones tardías pueden permanecer latentes y dificultar el reconocimiento de la enfermedad (Harrison 1984).

Los síntomas secundarios se desarrollan en plantas que provienen de tubérculos infectados. Estos síntomas se inician con enrollamiento de las hojas del tercio inferior de las plantas. Estas hojas se tornan de color pálido y coriáceo, que producen un sonido semejante al de un papel al ser estrujado. Algunos genotipos pueden mostrar necrosis severas especialmente en las márgenes de los folíolos (Beemster y De Bokx 1987; Salazar 1995). La especie *Solanum tuberosum* subespecie andígena y ciertas especies silvestres no muestran el típico enrollamiento de las hojas basales, sino más bien detención del crecimiento y una clorosis marginal e intervenal de las hojas jóvenes y una reducción del área foliar (Rodríguez y Jones 1976).

### **c. Pérdidas en la producción**

La respuesta en términos de producción a la infección de PLRV es muy variable, dependiendo principalmente de la susceptibilidad de la variedad y los niveles de infección. Marshall *et al.* (1988), notaron que las plantas infectadas interceptaban menos luz; tenían una baja eficiencia de conversión de la luz a peso seco y menor porcentaje de peso seco en los tubérculos. También existe una reducción en la altura de planta, menor número de tallos por planta, menor número de tubérculos por tallo y por planta, disminución en el peso del tubérculo y por lo tanto una disminución en el rendimiento total.

En una comparación de plantas sanas e infectadas de 9 cultivares de papa, se pudo observar que la reducción de la producción causada por la infección secundaria del PLRV fue en promedio de 60.8 por ciento en peso de tubérculos producidos (Cupertino y Costa 1970).

La disminución del rendimiento en los cultivos con infección primaria es mucho menor que en aquellos con infección secundaria. Si la infección primaria se da a fines del cultivo, no hay disminución del rendimiento. Guerrero y Martínez (1978) encontraron una reducción en la producción del 46 por ciento en el híbrido ICA-Puracé (*S. tuberosum* ssp. *tuberosum* x *S. tuberosum* ssp. *andigena*) Salazar (1982) mencionó pérdidas de más del 90 por ciento; Hossain *et al.* (1989) reportaron una reducción del 83 por ciento, en caso de plantas 100 por ciento infectadas; y Marshall *et al.* (1988) encontraron que la producción es reducida en promedio en 50 por ciento.

La disminución en la productividad es aún mayor cuando el PLRV es asociado con otros virus, como el PVY ó PVX. Jayasinghe y Chuquillanqui (1989) Realizaron estudios para determinar la razón por la cual cultivares con resistencia al PLRV pierden esa condición debido a infecciones previas con PVX y PVY. Los resultados fueron: la infección con PVX dos días antes de la inoculación con PLRV fue el periodo mínimo para inducir susceptibilidad al PLRV en los cultivares Pentland Crown y Mariva. Contrariamente, la susceptibilidad al PLRV fue inmediatamente después de la inoculación con PVY.

#### **d. Resistencia**

Russell (1978), indica que es posible distinguir al menos dos tipos de resistencia: Resistencia de campo o resistencia a la infección, e hipersensibilidad, que incluye resistencia extrema.

La resistencia a la infección denota un complejo de defensas contra el ataque, adherencia, acceso, crecimiento y propagación del parásito. Sin embargo, en plantas que poseen este tipo de resistencia, una vez ocurrida la infección, el virus se multiplica, se transloca, y se acumula de la misma forma que en plantas susceptibles (Jayasinghe 1990). Este tipo de resistencia usualmente es superada con concentraciones altas de virus, o por inoculación del virus por injerto (Salazar 1995)

La hipersensibilidad, incluyendo extrema resistencia es controlada casi exclusivamente por genes mayores, y es caracterizada por una reacción necrótica. En el caso de extrema resistencia, la sensibilidad es tan intensa que no se observa ninguna reacción después de la infección (Ross 1986).

En el caso de PLRV, la extrema resistencia no ha sido encontrada hasta ahora en las subespecies de *Solanum*, aunque existen niveles altos de resistencia en *S. brevidens* (Jones 1979), *S. etuberosum* (Brown 1983) y *S. acaule* (Brown 1983; Ross 1986) Esto podría ser una consecuencia de la ubicación del patógeno dentro del floema, que sólo se transporta a través del sistema de vasos conductores de la planta, sin pasar hacia el parénquima (Weidemann y Casper 1982).

Existe una forma de hipersensibilidad, hipersensibilidad sistémica o intolerancia, controlado por un solo gen mayor (NI) modificado por genes menores (Butkiewicz 1978; Zadina y Novak 1983; mencionados por Brandolini 1991). Algunas variedades europeas poseen este tipo de resistencia: Si es infectado, se vuelven necróticos, enanos, producen tubérculos con gran cantidad de ojos ciegos y tienden a auto eliminarse (Ross 1983).

La genética de la resistencia a la infección se ha descrito como poli génica o gobernada por varios genes dominantes (Swiezyнки *et al.* 1990), los que se expresan proporcionando una resistencia cuantitativa a la infección: el cruce de un progenitor susceptible, de alto rendimiento, con un progenitor resistente; tiende a reducir drásticamente la resistencia. Además, los genes relacionados a la resistencia del PLRV a menudo están ligados con genes que confieren expresiones de características negativas (por ejemplo, bajo rendimiento, forma y tamaño de tubérculos no deseables; Davidson 1980)

La resistencia encontrada en variedades cultivadas es originada principalmente por *S. demissum*, *S. tuberosum* ssp. andigena y *S. acaule* (Ross 1986) Otras fuentes de resistencia han sido detectados en *S. brevidens*, *S. etuberosum* y *S. fernandizantum* (Jones 1979; Brown *et al.* 1982), *S. stoloniferum* (Stelzner 1950) y *S. chacoense* (Beekman 1987).

### **2.2.2. Virus Y de la Papa (PVY)**

#### **a. Características del virus**

PVY es un Potyvirus consistente de partículas flexuosas y filamentosas que miden 730 nm de largo y 11 nm de ancho (Delgado-Sánchez y Grogan 1970) Puede ser transmitido por injerto, por inoculación mecánica y por áfidos (Beemster y De Bokx 1987). Entre los áfidos, el más importante es *Mysus persicae* (De Bokx 1980), que transmite este virus de forma no persistente. La adquisición e inoculación del virus pueden ser completadas en segundos o pocos minutos y, por ello, no existe un periodo de latencia detectable (Salazar 1995).

Se han reportado tres grupos de variantes de PVY de acuerdo a los síntomas en *Nicotiana tabacum*, *Physalis floridiana* y cultivares de papa (Beemster y De Bokx 1987). Los grupos más importantes son PVYo, PVYc y PVYn. PVYo comprende la variante más común transmitida por áfidos y está diseminado a nivel mundial. El PVYn que también es transmitido por áfidos, está presente en Europa, en parte de Africa y América del Sur. PVYc, se ha encontrado en Australia y en algunas partes de Europa (De Bokx 1980)

#### **b. Síntomas**

La expresión de los síntomas depende del cultivar de la papa, en todos los grupos de variantes de PVY.

Las variantes del PVYo induce, como infección primaria, necrosis, moteado, color amarillento del follaje, caída de las hojas por muerte prematura (Beemster y De Bokx 1987). Los síntomas secundarios incluyen empequeñecimientos de las plantas y arrugas y mosaicos en las hojas (De Bokx 1980).

PVYn produce necrosis severa en tabaco, pero solo moteados suaves y algunas veces puntos necróticos en plantas infectadas de papa. La infección secundaria también causa moteados ligeros o severos (Beemster y De Bokx 1987).

La infección primaria con PVYc induce la presencia de necrosis y mosaicos; mientras que los síntomas secundarios producen principalmente mosaicos, manchitas y líneas necróticas en el follaje; y necrosis de los tubérculos en algunos cultivares susceptibles (Beemster y De Bokx 1987)

#### **c. Pérdidas en la producción**

El PVY es considerado como una de las enfermedades virales más serias que afectan al rendimiento de la papa; debido a su fácil propagación y capacidad de reducir los rendimientos hasta en un 80 por ciento (Beemster y Rozendal 1980). Las Pérdidas en la producción, están influenciadas por el medio ambiente, el grado de resistencia de los cultivares, variantes del virus y el número de generaciones desde la infección.

Sangar *et al.* (1988) trabajando con tres cultivares con infección primaria encontraron que, inoculaciones en plantas viejas produce pocas Pérdidas y algunas veces no existía disminución en la producción, mientras que inoculaciones en plantas jóvenes la reducción puede alcanzar 4 a 32 por ciento. Khurana y Sing (1988), utilizando los mismos cultivares, detectaron Pérdidas durante el primer año de infección entre 36 y 48 por ciento; en el segundo año de infección las plantas presentaron reducciones de 40 a 58 por ciento, y en el tercer año la disminución de la producción alcanzó 45 a 61 por ciento.

Klinkowski y Schmelzer (1960) mencionan, que las pérdidas causadas por el PVYo varían de acuerdo a la susceptibilidad del cultivar entre 6 y 84 por ciento. Los mismos autores estiman que en general, el promedio de pérdidas por efecto del PVYo es del 50 por ciento, mientras que debido al PVYn, encontraron 13 por ciento de reducción en el rendimiento de variedades con infecciones asintomáticas y de 20 por ciento en variedades con síntomas definidos.

#### **d. Resistencia**

La resistencia al PVY utilizados en mejoramiento es esencialmente de dos tipos: resistencia a la infección y la hipersensibilidad (incluyendo resistencia extrema) (Brandolini 1991)

La resistencia a la infección es parcial, no protege a la planta contra la infección, pero es uniforme, brinda protección similar contra todas las variantes del virus (Venekamp *et al.* 1980). La herencia de este tipo de resistencia es poli génica y está basada en el efecto de genes menores (Ross 1958). Este tipo de resistencia ha sido encontrado en intercruzas derivadas de Pentland Crown, en *S. phureja*, (Davidson and Butzonitch 1978), *S. stenotomun* y *S. berthaultii* (Fernández-Northcote y Brown 1981).

La hipersensibilidad es denominada también como inmunidad de campo. La planta limita al virus dentro de una barrera necrótica en el lugar de entrada. El gene Ny (Ross 1983) gobierna la reacción hipersensible. Puede ser detectada por prueba de injerto, en la cual la planta reacciona produciendo una necrosis apical y algunas veces

total. La retro inoculación a plantas indicadoras es positiva aun cuando no siempre ocurre (Cockerham 1943). El gene Ny se hereda de una manera tetrasómica en cruzamientos entre tetraploides cultivados (Ross 1983).

La resistencia extrema (inmunidad) al virus Y de la papa fue detectado primero en 1944 por Stelzner (citado por Ross, 1986); la herencia resulto mono génica dominante (Ross 1958, 1960). La inmunidad al PVY en papa constituye un mejor nivel de resistencia (Fernández-Northcote, 1983), está gobernada por un gene Ry y es heredado en forma simple y dominante (Ross 1986; Beekman 1987). La inmunidad es estable, Barrera (1988) encontró que 11 clones inmunes, durante 4 exposiciones en campo se mantuvieron inmunes. Así también, García (1989) encontró que 5 clones inmunes a PVY expuestos a 3 exposiciones en campo no fueron infectados por el virus.

Ross (1957) realizó estudios en *S. stoloniferum* y en sus híbridos con *S. tuberosum*. Encontraron que la resistencia a PVY está condicionada por el gene Ry (sto); este gene es heredado en forma disómica característica para un anfidiplóide y presenta tres alelos en el locus: Ry para inmunidad; Ryn para hipersensibilidad (las lesiones locales son seguidas por invasión sistémica) y ry para susceptibilidad, en orden descendente de dominancia.

Muñoz (1974) y Muñoz *et al.* (1975) sugieren inmunidad a PVY en clones de *S. tuberosum* subespecie andigena, reportando que un gene dominante mencionado en la literatura como Ry adg controla la inmunidad a PVY y que es heredado tetrasómicamente. Las especies silvestres *S. hougasii* (Cockerham 1970) y *S. chacoense* (De Bokx 1980) poseen otros genes similares. Gálvez *et al.* (1992) determinaron resistencia extrema al PVY en trece clones derivados de *Solanum tuberosum* ssp. andigena mediante inoculación mecánica y por injerto usando un aislamiento de PVY.

El gen *stoloniferum* es ampliamente usado en mejoramiento y también confiere resistencia contra PVA (un virus emparentado con PVY) y es diferente al Ry adg,

pero los híbridos *stoloniferum-tuberosum* son estériles masculinos; y el uso de genes restaurados de fertilidad es requerida cuando van a ser utilizados como masculinos (Brown 1983).

### **2.2.3. Virus X de la Papa (PVX)**

#### **a. Características del virus**

El virus X de la papa (PVX) es un Potexvirus, tiene la forma de un filamento flexuoso de aproximadamente 515 nm de largo y 13 nm de ancho (Beemster y De Bokx 1987), con simetría helicoidal y un grado de inclinación 3.4 nm (Varma *et al.* 1968). El ácido nucleico viral está compuesto por una molécula de ARN de hebra simple (Bercks 1970) que constituye el 5-7 por ciento del peso total de la partícula (Knight 1963).

El PVX es transmitido en forma mecánica por contacto entre plantas en el campo, y se transporta en los implementos agrícolas, animales y el hombre. El uso de cuchillos para cortar tubérculos-semillas y el contacto entre raíces son otros de los posibles vectores de esta enfermedad (Munro 1980; Beemster y De Bokx 1987). Los áfidos no transmiten este virus.

Existen aislamientos de PVX, las cuales han sido agrupadas en variantes, siguiendo diferentes criterios: Matthews (1949) separó en dos grupos de acuerdo a su respuesta serológica, mientras Ladeburg *et al.* (1950) observando los síntomas producidos por el virus en plantas de tabaco también separó en dos grupos. Kohler (1952) en base a diferencias en el punto de inactivación térmica distingue tres grupos de variantes. Cockerham (1955) establece cuatro grupos de variantes de PVX en base a la capacidad que tienen para inducir reacción de hipersensibilidad, en determinados cultivares de papa que llevan diferentes genes de hipersensibilidad.

Trabajando principalmente con aislamientos andinos y usando NCM-ELISA, Fernández-Northcote y Lizarraga (1988) clasificaron los aislamientos de PVX en serotipos PVXo (comunes) y PVXa (andinos).

## **b. Síntomas**

En plantas susceptibles, el PVX puede estar en forma latente, es decir, sin causar síntomas visibles. Otras veces, sin embargo, presenta síntomas: como moteado de hojas, desde suave, severo o rugoso, dependiendo de la variante del virus, del cultivar y a los factores del medio ambiente. En pocos casos, la interacción de algunos genotipos con algunas variantes causan una necrosis localizada o apical, capaz de matar la planta (Munro 1980).

## **c. Pérdidas en la producción**

Reducciones en el rendimiento entre 12 al 22 por ciento fueron encontrados por Schultz y Bonde (1944) en un periodo de 4 años de trabajo con las variedades Norteamericanas Chippewa y Katahdin. Bawden *et al.* (1948) obtuvieron una reducción en la productividad entre 5 al 22 por ciento; dependiendo de la variante usada, en las variedades inglesas Majestic y Arran Banner. Khurana y Singh (1988) encontraron reducciones en el rendimiento en tres variedades Indues Kufri Chandramukhi, Kufri Jyoti y Kufri Sindhuri de 11-17 por ciento en el primer año, 17-24 por ciento en el segundo año y 29-36 por ciento en el tercer año. El cultivar de la papa, la variante del virus, las condiciones de crecimiento y porcentaje de plantas infectadas afectan a la producción: algunas variantes muy infecciosas causan pérdidas mayores del 50 por ciento en algunos cultivares (Beemster y De Bokx 1987).

Jones (1978) indica a PVX entre los virus que causa pocas pérdidas, pero en infecciones mixtas especialmente con PVY o PVA puede ocasionar fuertes pérdidas. El efecto de PLRV y PVX cuando se presentaron en las mismas variedades (Katahdin y Chippewa) redujeron la producción sobre los 46 por ciento (Wilkinson y Blodgett 1949). Guerrero y Martínez (1978) encontraron pérdidas de alrededor de 38 por ciento, en el caso de la presencia simultánea de PVX y PVY. La interacción del PLRV, PVY y PVX es probablemente la que induce las pérdidas más altas de producción (Jayasinghe 1989). Guerrero y Martínez (1978) reportaron una disminución en la producción del 60 por ciento en materiales infectados con estos tres virus que en los controles sanos.

#### **d. Resistencia**

La identificación de resistencia al PVX en plántulas de papa (Schultz y Raleigh 1933) y la demostración de la herencia de la inmunidad en el seedling USDA 41956 fueron seguidos a través de los años por el descubrimiento de varios genes controlando reacciones de hipersensibilidad y de extrema resistencia. La resistencia y la hipersensibilidad son obtenidos en forma simple y dominante (Cockerham 1945; Mills 1965); heredándose tetrasómicamente en cruces de tetraploides cultivados.

Cockerham (1945) describió dos genes dominantes simples, *Nx* y *Nb*, cada uno controlando una respuesta hipersensitiva a diversas variantes del virus X. El mismo autor (1970), trabajando en diferentes especies *Solanum*, encontró seis genes situados en cuatro ó posiblemente cinco loci; que reaccionaban a la presencia del virus. De estos, dos genes (*Rx adg* y *Rx acl*) mostraron una extrema resistencia para todas las variantes del PVX.

Sin embargo, Moreira y Jones (1980) descubrieron una variante, PVXHB (el PVXa de Fernández-Northcote 1989) capaz de romper todos los tipos de resistencia utilizados en mejoramiento. Esta variante aún es de poca importancia, limitada a una pequeña área en Bolivia; de todas maneras, Brown (1983) reportó la existencia de un gen dominante que da resistencia extrema aún contra esta variante en *S. sucrense*.

Las fuentes de extrema resistencia al PVX han sido encontradas en *S. tuberosum* subsp. *tuberosum* (Cockerham 1970), *S. tuberosum* subsp. *andigena* (Wiersema 1961), *S. acaule* (Cockerham 1970), *S. sparsipilum* (Ochoa y Schmiediche 1983), *S. verniei* (Ross 1986) y muchas otras especies silvestres (lista de prueba de patógenos del CIP 1990; Horvath y Hoekstra 1990)

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

El esquema de trabajo de la presente tesis se muestra en la Figura 1, en el que según se observa forma parte del esquema de mejoramiento por resistencia a virus del Centro Internacional de la Papa (CIP). Los materiales genéticos y los pasos seguidos del trabajo realizado son:

#### **3.1. PROGENITORES**

##### **3.1.1. Progenitores femeninos (Líneas) con resistencia a PLRV**

Se tomaron 12 progenitores, entre cultivares y clones avanzados de diferentes orígenes, con resistencia al PLRV y algunos de ellos con cierta tolerancia a calor:

1. B71.240.2
2. B71.74.49.12
3. B79.638.1
4. BR63.65
5. BZURA
6. CFC69.1
7. LT-7
8. MÉXICO-32
9. PIROLA
10. PW.31
11. SEDAFIN
12. SERRANA

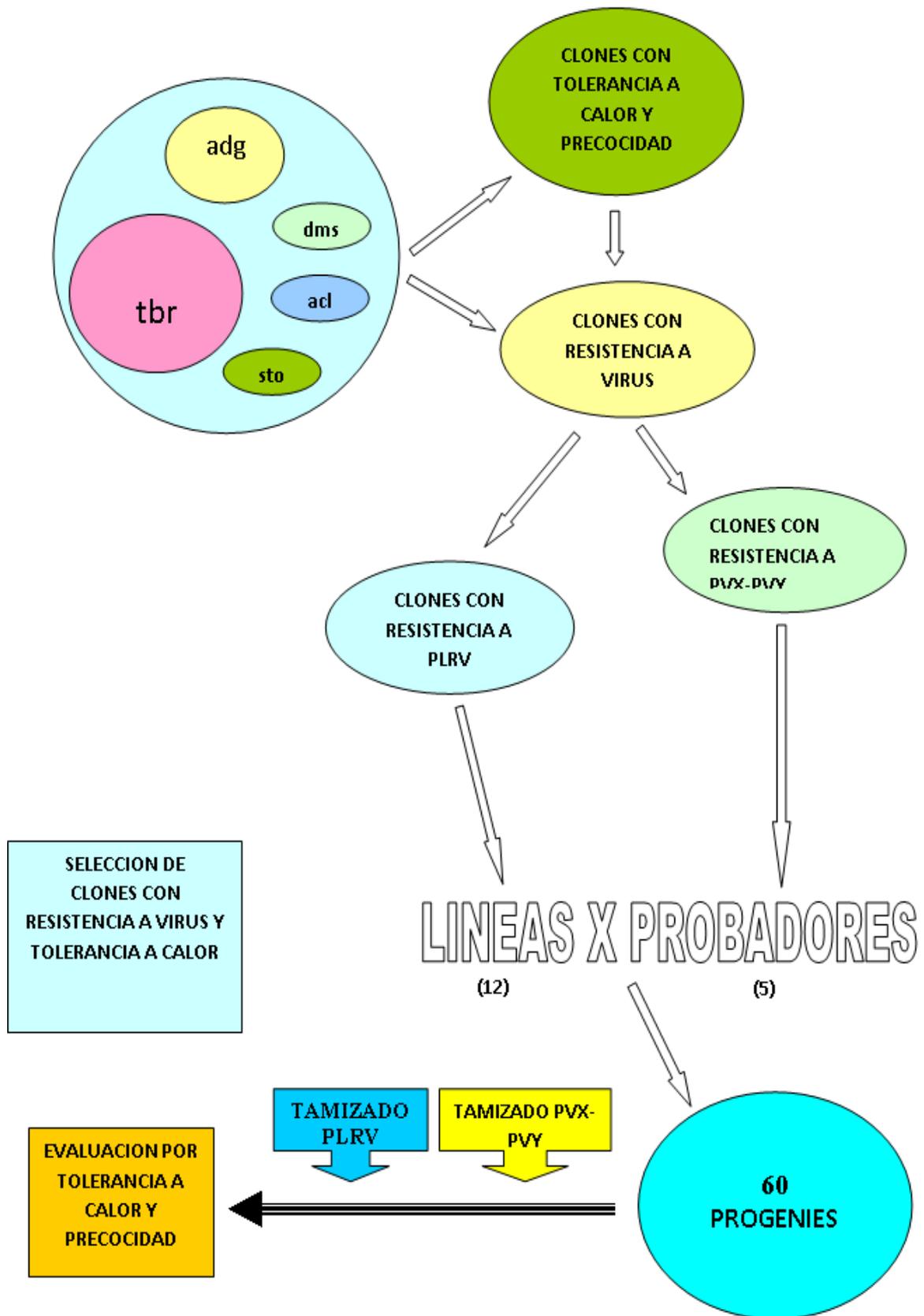


Figura 1: Esquema de trabajo dentro del programa de mejoramiento por resistencia a virus del centro internacional de la papa

### 3.1.2. Progenitores masculinos (Probadores) con resistencia extrema a PVX y PVY

Se utilizaron 5 progenitores del CIP con resistencia extrema al PVX y PVY, y con tolerancia al calor como probadores:

1. XY.09
2. XY.13
3. XY.14
4. XY.16
5. XY.20

**Tabla 1: Características de las líneas y los probadores**

	Progenitor	Pedigrí	Origen	Fondo genético	Resistencia PVX y PVY	Resistencia a PLRV	
						Infección	Multipl.
Líneas	B71.240.2	MPI 61.375/23 x B25.65	Argentina	sto, dms, adg, tbr		Bajo	Si
	B71.74.49.12	?	Argentina	sto, dms, adg, tbr		Si	
	B79.638.1	?	Argentina	sto, dms, adg, tbr		Si	
	BR63.65	ATZIMBA x A-1	USA	dms, phu, tbr		Si	Si
	BZURA	PG-232 x PG-295	Polonia	sto, acl	Inmune X e Y	Si	
	CFC69.1	(US146.26 x AMARILLA DE PUEBLA) x LOPEZ	México	dms, adg, tbr		Si	
	LT-7	ASC-77.055	CIP-Perú	Tbr		No	No
	MEX-32	?	México	dms, tbr		Si	
	PIROLA	[(MPI49.767/7 x EVA) x MPI185/14] x MPI175/28	Alemania	Tbr	Inmune Y	Si	
	PW.31	?	Polonia	sto, adg, tbr	Inmune Y	Si	
	SEDAFIN	?	Chile	Tbr		Si	
	SERRANA	DF-664 x B-2.63	Argentina	acl, sto, dms, adg, tbr	Hipers. X e Y	Si	
Probadores	XY.09	ATLANTIC x Y84.007	CIP-Perú	dms, adg, tbr	Inmune X e Y	No	No
	XY.13	LT-8 x 575049	CIP-Perú	dms, adg, tbr	Inmune X e Y	No	No
	XY.14	LT-8 x 378017.2	CIP-Perú	dms, adg, tbr	Inmune X e Y	No	No
	XY.16	Y84.007 x ATLANTIC	CIP-Perú	dms, adg, tbr	Inmune X e Y	No	No
	XY.20	LT-8 x 378017.2	CIP-Perú	dms, adg, tbr	Inmune X e Y	No	No

### 3.2. DISEÑO GENÉTICO

Kempthorne (1969), para la evaluación del valor parental plantea el apareamiento de un probador de amplia base genética con el conjunto de líneas en prueba. El análisis de línea por probador es una ampliación de este método en la cual se usan varios probadores. Esta ampliación provee información acerca de la habilidad combinatoria general (HCG) y

específica (HCE) disponible de los progenitores, y al mismo tiempo es útil en la estimación del tipo de acción génica que está controlando el carácter en estudio.

Se usó un diseño de apareamiento de línea x probador (12 x 5), donde se cruzaron todos los clones progenitores. Este diseño de apareamiento produce progenies que luego de ser evaluadas permite la identificación de progenitores que posean una alta HCG, tanto en las líneas como en los probadores. Se generó 60 progenies segregantes por resistencia a PLRV, resistencia extrema a PVX y PVY, y tolerancia a calor.

### **3.3. CRUZAMIENTOS**

En los invernaderos del Centro Internacional de la Papa, en La Molina – Lima, a 12° 05' S y 240 metros sobre el nivel del mar (msnm) y en Santa Ana – Huancayo, a 12° 02' S y 79° 19' O. 3316 msnm. Se realizaron los trabajos de cruzamiento entre los meses de Agosto a Diciembre de 1989.

Inicialmente los progenitores fueron evaluados por infección del viroide del tubérculo ahusado de la papa (PSTVd), mediante la hibridación de ácidos nucleicos (NASH). Siendo los resultados negativos.

Los bloques de cruzamiento fueron establecidos en invernaderos en las localidades de La Molina y Santa Ana, sembrándose en cada lugar seis tubérculos por cada progenitor. La mezcla del substrato utilizado en las macetas de 20 centímetros de diámetro, estuvo compuesta por 25 por ciento de suelo, 50 por ciento de musgo y 25 por ciento de arena. A los 30 días de la emergencia de brotes, se colocaron estacas de alambre para el soporte de las plantas. A los 60 días aproximadamente empezó la floración.

El estado óptimo de inflorescencia para cruzamiento se reconoce cuando se tiene tres flores abiertas en plena dehiscencia. Para iniciar el cruzamiento se abren las flores terminales y los botones en desarrollo con dirección hacia la base. Los botones pequeños se remueven debido a que no llegan a desarrollarse. Se tuvieron de 3 a 6 botones grandes por inflorescencia que se abrieron después de 1 a 3 días; los cuales fueron emasculados.

La emasculación de las hembras fue realizada eliminando las anteras con pinzas o agujas. De las plantas utilizadas como machos se extrajo el polen de las flores abiertas, en el momento en que las anteras están en dehiscencia; esto pudo observarse por la aparición de un área oscura en la parte apical de la antera.

El polen se extrajo por vibración y fue almacenado en cápsulas de gelatina, el que fue depositado en un ambiente seco y a una temperatura promedio de 4° C, para asegurar su viabilidad durante el tiempo que dura los cruzamientos.

La polinización se realizó durante la mañana hasta las 09:00. El éxito de un cruzamiento se confirmó por el desarrollo de las bayas. A los 30 días, las bayas fueron cosechadas y almacenadas en bolsas de papel en un ambiente caliente durante un mes, hasta que los frutos estuvieran blandos para facilitar la extracción de las semillas. Después de secar y limpiar las semillas, se separó aproximadamente entre 400 y 600 semillas por cruza.

#### **3.4. TAMIZADO POR INMUNIDAD A PVY Y PVX**

El tamizado de las progenies fue realizado en invernadero, utilizando la técnica de inoculación masal con pistola asperjadora (IMPA), que es una técnica desarrollada en el CIP.

El número de semillas por familia fueron variables de acuerdo a los antecedentes de los progenitores y la proporción esperada de resistencia:susceptibilidad (ver Anexo 1). Y obtener de este modo un número promedio de 120 individuos con resistencia a PVY y PVX por familia, para la evaluación por PLRV.

Las semillas fueron tratadas previamente durante 24 horas con ácido giberélico (1500 ppm) para romper la dormancia y lograr uniformidad en la germinación. La siembra se realizó en bandejas de plástico (42 x 28 x 5 cm.) que contenían una mezcla de arena y musgo en la proporción 1:2.

A los 20 días, las plántulas con 2 a 4 hojas verdaderas, fueron inoculadas por aspersión con una suspensión de los virus PVY y PVX al 5% (peso / volumen). El inóculo fue preparado macerando en un mortero 5 gramos de hojas de *Nicotiana occidentalis* infectadas con PVY

e igual cantidad de *Nicotiana glutinosa* infectadas con PVX. El jugo extraído, fue diluido en agua destilada hasta completar a 100 mililitros y mezclado con el polvo abrasivo carborundo al 1 por ciento. El inóculo fue mantenido a baja temperatura. Para la aspersión se utilizó un asperjador de taza (aerógrafo) y un compresor de aire para proveer la presión necesaria.

La inoculación fue realizada colocando la boquilla del asperjador a una distancia aproximada de 1 centímetro de la plántula y con una presión de 1.8 kg/cm<sup>2</sup>. La aspersión fue realizada hasta lograr la infiltración del inóculo en el envés de las hojas.

Las plántulas susceptibles fueron eliminadas y las que no mostraron síntomas, fueron trasplantadas a macetitas de substrato prensado (Jiffy-7), de esta manera asegurar la supervivencia de la mayor cantidad posible de plántulas. Las plántulas sobrevivientes fueron expuestas a campo para continuar con el tamizado a PVY Y PVX, y para evaluar por PLRV.

### **3.5. EXPOSICIÓN A PLRV**

Después del tamizado en invernadero por PVY y PVX realizado en invernadero, las plántulas sobrevivientes fueron expuestas al medio ambiente por 24 horas antes de ser trasladadas al campo. Las 60 familias híbridas fueron trasplantadas a campo en la estación experimental del INIA en Cañete en el otoño de 1990. Una hilera de plantas infectadas con PLRV de la variedad Ticahuasi fue alternada en cada dos hileras de progenie, para proveer una fuente de inoculación a los áfidos vectores. No se aplicaron insecticidas, ya que los resultados de la exposición en campo dependen de la población natural de áfidos; los que fueron colectados y clasificados entre Abril y Mayo de 1990.

Asimismo, éste experimento sirvió para seguir eliminando plantas con síntomas de PVY y/o PVX. La cosecha se realizó a los 90 días después del trasplante formando familias de tubérculos.

Las familias de tubérculos fueron nuevamente sembradas en Febrero de 1991, en La Molina; en un diseño de bloques completamente al azar con 3 repeticiones, con 35 tubérculos por familia; el sobrante de tubérculos se puso en parcelas de observación. Las plantas que mostraban síntomas de infección con PLRV fueron eliminados. A la cosecha se formaron

dos grupos de familias de tubérculos para continuar con el tamizado de PLRV y para la evaluación por tolerancia a calor.

### **3.6. EVALUACIÓN POR TOLERANCIA AL CALOR**

Con los tubérculos obtenidos de plantas asintomáticas, después del tamizado de PLRV, se llevaron a cabo dos experimentos en Lima y en Tacna.

#### **3.6.1. Evaluación de características agronómicas en Lima (Octubre 1991 – Enero 1992)**

Un primer experimento para evaluación de características agronómicas fue instalado en la primavera de 1991 en los campos del CIP (La Molina – Lima).

Las 60 familias fueron evaluadas en un diseño de bloque completamente al azar con 3 repeticiones, con 25 tubérculos por familia en promedio. El sobrante de tubérculos se puso en parcelas de observación.

El distanciamiento entre surcos fue de 90 centímetros y entre planta de 30 centímetros. La dosis de nitrógeno, fósforo y potasio fue de 180 – 180 – 180 Kg/Ha.

A los 45 días después de la siembra (dds) se evaluó el número de plantas. Las plantas que mostraban síntomas de PLRV fueron eliminadas. A los 60 días se registró el vigor de la familia, la uniformidad y tipo de planta. A los 75 días se evaluó precocidad. Y el experimento se cosechó a los 90 dds. Se tomaron datos de número de plantas cosechadas y rendimiento.

#### **3.6.2. Evaluación de características agronómicas en Tacna (Enero-Abril, 1992)**

El segundo experimento se instaló en Tacna (verano-1992); en diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y 25 tubérculos en promedio por familia. El campo experimental pertenece a la Universidad Nacional de Tacna y tiene alto contenido de sales. A la siembra se incorporó estiércol de ganado vacuno en una proporción de 25 a 30 toneladas por hectárea, para mejorar las condiciones físicas y químicas del campo; la dosis de abonamiento de nitrógeno, fósforo y potasio fue de 180 –180 –180 Kg/Ha.

A los 45 dds se registró el número de plantas emergidas; a los 60 dds se evaluó el vigor de la familia, la uniformidad y el tipo de planta; a los 75 dds se evaluó la precocidad. Las plantas que mostraron síntomas de PLRV fueron eliminados. La cosecha se realizó a los 95 dds. Se tomaron datos del número de plantas cosechadas, las características de los tubérculos y rendimiento.

### 3.7. ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.7.1. Modelo Aditivo lineal

El diseño Línea x Probador (12 x 5), tiene el modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = u + B_i + M_j + H_k + (MH)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Observación de la j-ésima hembra con el k-ésimo macho en la i-ésima repetición.

$u$  = Media de la población.

$B_i$  = Efecto de la i-ésimo bloque.

$M_j$  = Efecto del j-ésimo macho.

$H_k$  = Efecto de la k-ésima hembra.

$(MH)_{jk}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo macho con la j-ésima hembra.

$E_{ijk}$  = efecto aleatorio del error asociado a la ijk-ésima observación

#### 3.7.2. Análisis de variancia y cuadrados medios esperados

F.V.	gl	CM.	C.M.E.
Repetición	<b>(r-1)</b>		
Lineas (l)	<b>(l-1)</b>	<b>CMl</b>	<b><math>\sigma^2e + r\sigma^2l + r\sigma^2lp</math></b>
Probadores (p)	<b>(p-1)</b>	<b>CMp</b>	<b><math>\sigma^2e + r\sigma^2p + r\sigma^2lp</math></b>
L x P	<b>(p-1)(l-1)</b>	<b>CMlp</b>	<b><math>\sigma^2e + r\sigma^2lp</math></b>
Error	<b>(r-1)(lp-1)</b>	<b>CMe</b>	<b><math>\sigma^2e</math></b>
Total	<b>Rlp-1</b>		

### 3.7.3. Estimación de efectos de Habilidad Combinatoria General (HCG), para cada progenitor y Habilidad Combinatoria Específica (HCE)

Para obtener el valor parental de cada uno de los progenitores en estudio se estimará el efecto de cada progenitor (HCG), de acuerdo a Singh y Chaudary (1979).

De esta manera, la HCG representa el aporte medio de las líneas, cruzados con los probadores, a la media originada por todos las progenies.

Clon \ Prob	P1	P2	P3	P4	P5	$\bar{X}_i$
C1	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	$\bar{X}_1$
C2	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>24</sub>	X <sub>25</sub>	$\bar{X}_2$
C3	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>34</sub>	X <sub>35</sub>	$\bar{X}_3$
C4	X <sub>41</sub>	X <sub>42</sub>	X <sub>43</sub>	X <sub>44</sub>	X <sub>45</sub>	$\bar{X}_4$
C5	X <sub>51</sub>	X <sub>52</sub>	X <sub>53</sub>	X <sub>54</sub>	X <sub>55</sub>	$\bar{X}_5$
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
C12	X <sub>12 1</sub>	X <sub>12 2</sub>	X <sub>12 3</sub>	X <sub>12 4</sub>	X <sub>12 5</sub>	$\bar{X}_{12}$
$\bar{X}_j$	$\bar{X}_{.1}$	$\bar{X}_{.2}$	$\bar{X}_{.3}$	$\bar{X}_{.4}$	$\bar{X}_{.5}$	$\bar{X}_{..}$

Estimación de HCG de clones (Líneas):  $HCG(Ci) = \bar{X}_i - \bar{X}_{..}$

Estimación de HCG de Probadores:  $HCG(Pj) = \bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..}$

Estimación de HCE Líneas x Probadores:  $HCE(Pij) = \bar{X}_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..}$

Errores estándar:

$$\begin{aligned}
 \text{S.E. (g}_i) &= (\text{CME}/\text{rp})^{1/2} \\
 \text{S.E. (g}_j) &= (\text{CME}/\text{rl})^{1/2} \\
 \text{S.E. (s}_{jk}) &= (\text{CME}/\text{r})^{1/2} \\
 \text{S.E. (g}_j - \text{g}_{j'}) &= (2\text{CME}/\text{rp})^{1/2} \\
 \text{S.E. (g}_k - \text{g}_{k'}) &= (2\text{CME}/\text{rl})^{1/2} \\
 \text{S.E. (s}_{jk} - \text{s}_{j'k'}) &= (2\text{CME}/\text{r})^{1/2}
 \end{aligned}$$

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. TAMIZADO POR INMUNIDAD A PVY Y PVX**

Los resultados del tamizado por resistencia extrema al PVY y PVX se muestran en el Cuadro 01. Después de ocho días de la inoculación de los virus PVY y PVX, se empezaron a observar síntomas virales. Las plántulas susceptibles que mostraban necrosis de nervaduras, mosaicos suaves y severos fueron descartadas (Figuras 2 y 3).

Al finalizar la primera etapa del tamizado en Invernadero, solamente el 30 por ciento de las familias se aproximaron a las proporciones teóricas esperados (Tabla 2). Es probable que tales datos observados fueran influenciados por las temperaturas superiores a las óptimas registradas en el mes de Marzo de 1990. Timian *et al.* (1955 b), reportó que temperaturas menores 10° y mayores de 28 °C causan un menor expresión de los síntomas del PVX, comparada con temperaturas entre 16 a 24 °C. Esta hipótesis está de acuerdo con los resultados obtenidos, ya que posteriormente a temperaturas casi óptimas (alrededor de 20 a 24 °C), como se obtuvieron en Cañete, se encontró más plantas infectadas en campo. También la reacción de cada una de las progenies es diferente y algunas de ellas son muy susceptibles y expresan rápidamente sintomatología, mientras otras aun tardan en manifestarse.



**Figura 2: Síntoma de Mosaico**



**Figura 3: Síntoma de Necrosis**

**Tabla 2: Tamizado por inmunidad a PVX y PVY. Invernadero (La Molina) y Campo (Cañete), 1990-91**

HEMBRA	MACHO	TAMIZADO EN INVERNADERO (LA MOLINA)				EVALUACION EN CAMPO (CAÑETE)				ACUMULADO (INVERNADERO + CAMPO)							
		NUMERO	NUMERO DE	NUMERO DE		NUMERO	NUMERO DE	NUMERO DE		TOTAL DE	VALORES		PROPORC.	VALORES		X <sup>2</sup>	
		DE SEMILLAS	PLANTULAS	PLANTAS		DE SEMILLAS	PLANTAS	PLANTAS		PLANTAS	OBSERVADOS		RESIST:SUSC	ESPERADOS			
		A LA SIEMBRA	SOBREVIV.	SANAS	INFECT.	A LA SIEMBRA	SOBREVIV.	SANAS	INFECT.	EVALUADAS	SANAS	INFECT.		SANAS	INFECT.		
B71.240.2	XY.09	650	604	172	432	172	171	113	58	603	113	490	1:3	150.8	452.3	3.5	ns
B71.74.49.12	XY.09	650	612	224	388	224	216	141	75	604	141	463	1:3	151.0	453.0	0.3	ns
B79.638.1	XY.09	650	604	229	375	229	226	123	103	601	123	478	1:3	150.3	450.8	2.5	ns
BR63.65	XY.09	650	611	151	460	151	147	123	24	607	123	484	1:3	151.8	455.3	1.7	ns
BZURA	XY.09	450	312	177	135	177	165	135	30	300	135	165	1:1	150.0	150.0	1.6	ns
CFC69.1	XY.09	650	607	170	437	170	161	127	34	598	127	471	1:3	149.5	448.5	1.2	ns
LT-7	XY.09	650	627	168	459	168	161	115	46	620	115	505	1:3	155.0	465.0	3.7	ns
MEX-32	XY.09	650	609	160	449	160	152	129	23	601	129	472	1:3	150.3	450.8	1.0	ns
PIROLA	XY.09	450	395	123	272	123	119	103	16	391	103	288	3:5	146.6	244.4	39.5	**
PW.31	XY.09	450	304	110	194	110	107	71	36	301	71	230	3:5	112.9	188.1	10.4	**
SEDAFIN	XY.09	650	611	194	417	194	183	133	50	600	133	467	1:3	150.0	450.0	0.8	ns
SERRANA	XY.09	650	621	294	327	294	278	169	109	605	169	436	1:3	151.3	453.8	1.3	ns
B71.240.2	XY.13	650	605	241	364	241	234	172	62	598	172	426	1:3	149.5	448.5	1.8	ns
B71.74.49.12	XY.13	650	600	254	346	254	252	122	130	598	122	476	1:3	149.5	448.5	2.9	ns
B79.638.1	XY.13	650	608	243	365	243	237	145	92	602	145	457	1:3	150.5	451.5	0.1	ns
BR63.65	XY.13	650	609	169	440	169	160	129	31	600	129	471	1:3	150.0	450.0	1.0	ns
BZURA	XY.13	450	300	126	174	126	122	96	26	296	96	200	1:1	148.0	148.0	14.9	**
CFC69.1	XY.13	650	611	175	436	175	167	118	49	603	118	485	1:3	150.8	452.3	2.6	ns
LT-7	XY.13	650	605	212	393	212	210	138	72	603	138	465	1:3	150.8	452.3	0.5	ns
MEX-32	XY.13	650	606	165	441	165	161	123	38	602	123	479	1:3	150.5	451.5	1.8	ns
PIROLA	XY.13	450	422	237	185	237	209	141	68	394	141	253	3:5	147.8	246.2	1.4	ns
PW.31	XY.13	450	320	184	136	184	155	101	54	291	101	190	3:5	109.1	181.9	0.5	ns
SEDAFIN	XY.13	650	645	303	342	303	284	202	82	626	202	424	1:3	156.5	469.5	8.0	**
SERRANA	XY.13	650	613	244	369	244	229	113	116	598	113	485	1:3	149.5	448.5	4.5	*
B71.240.2	XY.14	650	609	173	436	173	166	125	41	602	125	477	1:3	150.5	451.5	1.6	ns
B71.74.49.12	XY.14	650	601	239	362	239	236	168	68	598	168	430	1:3	149.5	448.5	1.2	ns
B79.638.1	XY.14	650	605	254	351	254	245	177	68	596	177	419	1:3	149.0	447.0	2.8	ns
BR63.65	XY.14	650	616	197	419	197	192	162	30	611	162	449	1:3	152.8	458.3	0.2	ns
BZURA	XY.14	450	317	213	104	213	200	123	77	304	123	181	1:1	148.0	156.0	7.5	**
CFC69.1	XY.14	650	602	158	444	158	152	125	27	596	125	471	1:3	149.0	447.0	1.4	ns

«continuación»

HEMBRA	MACHO	TAMIZADO EN INVERNADERO (LA MOLINA)				EVALUACION EN CAMPO (CAÑETE)				ACUMULADO (INVERNADERO + CAMPO)							
		NUMERO DE SEMILLAS		NUMERO DE PLANTULAS		NUMERO DE PLANTAS		NUMERO DE PLANTAS		TOTAL DE PLANTAS	VALORES OBSERVADOS		PROPORC.	VALORES ESPERADOS		X <sup>2</sup>	
		A LA SIEMBRA		SOBREVIV.		SANAS		INFECT.		EVALUADAS	SANAS	INFECT.	RESIST:SUSC	SANAS	INFECT.		
LT-7	XY.14	650	606	163	443	163	160	113	47	603	113	490	1:3	150.8	452.3	3.4	ns
MEX-32	XY.14	650	608	228	380	228	226	183	43	606	183	423	1:3	151.5	454.5	3.3	ns
PIROLA	XY.14	450	434	159	275	159	154	87	67	429	87	342	3:5	160.9	268.1	23.2	**
PW.31	XY.14	450	316	185	131	185	155	104	51	286	104	182	3:5	107.3	178.7	0.5	ns
SEDAFIN	XY.14	650	609	239	370	239	231	186	45	601	186	415	1:3	150.3	450.8	4.3	*
SERRANA	XY.14	650	614	234	380	234	211	149	62	591	149	442	1:3	147.8	443.3	0.0	ns
B71.240.2	XY.16	650	604	267	337	267	255	149	106	592	149	443	1:3	148.0	444.0	0.0	ns
B71.74.49.12	XY.16	650	604	270	334	270	266	174	92	600	174	426	1:3	150.0	450.0	2.4	ns
B79.638.1	XY.16	650	609	325	284	325	322	243	79	606	243	363	1:3	151.5	454.5	39.2	**
BR63.65	XY.16	650	606	219	387	219	215	150	65	602	150	452	1:3	150.5	451.5	0.0	ns
BZURA	XY.16	450	323	174	149	174	155	101	54	304	101	203	1:1	152.0	152.0	17.4	**
CFC69.1	XY.16	650	605	193	412	193	188	119	69	600	119	481	1:3	150.0	450.0	2.7	ns
LT-7	XY.16	650	609	232	377	232	215	128	87	592	128	464	1:3	148.0	444.0	1.3	ns
MEX-32	XY.16	650	607	249	358	249	243	209	34	601	209	392	1:3	150.3	450.8	12.4	**
PIROLA	XY.16	450	402	125	277	125	114	89	25	391	89	302	3:5	146.6	244.4	47.3	**
PW.31	XY.16	450	303	223	80	223	222	133	89	302	133	169	3:5	113.3	188.7	7.3	**
SEDAFIN	XY.16	650	616	184	432	184	161	120	41	593	120	473	1:3	148.3	444.8	2.0	ns
SERRANA	XY.16	650	624	260	364	260	237	142	95	601	142	459	1:3	150.3	450.8	0.3	ns
B71.240.2	XY.20	650	601	170	431	170	168	126	42	599	126	473	1:3	149.8	449.3	1.4	ns
B71.74.49.12	XY.20	650	605	137	468	137	129	105	24	597	105	492	1:3	149.3	447.8	3.8	ns
B79.638.1	XY.20	650	611	271	340	271	264	187	77	604	187	417	1:3	151.0	453.0	4.9	*
BR63.65	XY.20	650	607	181	426	181	175	143	32	601	143	458	1:3	150.3	450.8	0.1	ns
BZURA	XY.20	450	312	137	175	137	128	109	19	303	109	194	1:1	151.5	151.5	10.0	**
CFC69.1	XY.20	650	607	122	485	122	111	107	4	596	107	489	1:3	149.0	447.0	2.9	ns
LT-7	XY.20	650	605	165	440	165	150	118	32	590	118	472	1:3	147.5	442.5	2.0	ns
MEX-32	XY.20	650	609	189	420	189	179	159	20	599	159	440	1:3	149.8	449.3	0.2	ns
PIROLA	XY.20	450	333	147	186	147	125	102	23	311	102	209	3:5	116.3	194.7	8.1	**
PW.31	XY.20	450	324	176	148	176	154	129	25	302	129	173	3:5	113.3	188.7	0.9	ns
SEDAFIN	XY.20	650	605	150	455	150	145	112	33	600	112	488	1:3	150.0	450.0	3.2	ns
SERRANA	XY.20	650	634	305	329	305	282	182	100	611	182	429	1:3	152.8	458.3	3.5	ns

De las 60 progenies que continuaron evaluándose en Cañete, 75 por ciento de estas progenies se ajustaron a las proporciones esperadas. Los probadores que no se ajustaron a la segregación esperada fueron: XY.16 en cinco cruzamientos, XY.13, XY.14 y XY.20 en tres cruzamientos cada una y finalmente XY.9 en un cruzamiento.

En el caso de las hembras: 4 progenies con progenitores Bzura y Pirola no presentaron las proporciones esperadas; 2 progenies de Sedafin, PW.31 y B79.638.1 no mostraron proporciones esperadas; y 1 progenie de Serrana y Mex-32 no tuvieron proporciones esperadas (Tabla 2). Estas proporciones que no coinciden con lo esperado, podría deberse en parte al efecto de doble reducción como lo señalan Mendoza *et al.* (1996). También pueden deberse al efecto de otros genes menores de resistencia al PVX y/o PVY que conjuntamente con los genes de inmunidad a estos virus, incrementarían el número de plántulas resistentes (Anguiz 1993).

#### 4.2. EXPOSICIÓN A PLRV

El proceso de exposición a pulgones vectores de PLRV fue bueno. El número de áfidos alados atrapados en trampas Moericke (Tremblay *et al.* 1985) fue como se describe en la siguiente tabla. *Mizus persicae* es el mejor vector de PLRV los otros géneros de áfidos, también son conocidos como transmisores de PLRV, pero con menor eficiencia (De Bokx 1987).

Fecha	Géneros				Otros
	Myzus	Macrosiphum	Aulacorthum	Aphis	
29 de Abril	6	5	1	44	3
05 de Mayo	12	9	3	152	15
12 de Mayo	6	33	2	264	31
19 de Mayo	2	27	5	201	37

#### 4.3. MULTIPLICACIÓN DE FAMILIAS DE TUBÉRCULOS Y DETERMINACIÓN DE HCG Y HCE PARA RESISTENCIA A PLRV

En el verano de 1991 se realizó un tamizado por PLRV. Las plantas que mostraron hojas enrolladas y coriáceas, que al estrujarlas daban un sonido similar al crujir del papel, fueron

eliminadas (Figura 4). En el Anexo 1, se muestran el número de plantas eliminadas. A la cosecha se formó dos grupos de familias de tubérculos, las cuales se guardaron en cámara fría, hasta los siguientes experimentos.

Además, se estimó la habilidad combinatoria general para resistencia al PLRV para la Primera y Segunda infección (Tabla 3). Entre las líneas; Pirola Sedafin y Bzura, mostraron los mejores valores para habilidad combinatoria general, pero con mayor consistencia estuvo Bzura, y los valores más bajos correspondieron a las líneas LT-7 y B79.638.1. Entre los probadores se observa que XY.13 fue el de mayor valor para HCG, los clones XY.09 y XY.20 presentan valores inconsistentes y los valores más reducidos son para XY.14 y XY.16.



**Figura 4: Síntomas de PLRV**

**Tabla 3: Efectos de HCG de los progenitores, para PLRV en Cañete, La Molina y Tacna**

Líneas	Cañete	La Molina	Tacna
BZURA	7.31	7.27	6.29
SEDAFIN	9.37	0.55	8.99
PIROLA	1.65	10.67	5.67
PW.31	7.39	7.03	1.49
MEX-32	4.27	2.97	7.43
CFC69.1	-0.71	8.57	1.17
B71.74.49.12	2.85	1.99	2.61
B71.240.2	1.27	-5.03	-1.09
SERRANA	-5.03	-3.15	-7.67
BR63.65	-4.25	-6.45	-11.55
B79.638.1	-15.63	-9.53	-5.37
LT-7	-8.45	-14.87	-7.95
S.E. $g_j$	2.40	2.95	3.20
$g_j - g_j'$ (Líneas)	3.39	4.18	4.52
Líneas	Cañete	La Molina	Tacna
XY.13	2.620	5.01	3.616
XY.09	0.44	4.36	0.016
XY.20	1.404	-2.00	3.258
XY.14	0.42	-6.05	-2.642
XY.16	-4.88	-1.31	-4.250
S.E. $g_k$	1.55	1.91	2.06
$g_k - g_k'$ (Probadores)	2.19	2.70	2.92

En cuanto a las HCE, mostradas en la Tabla 4, se puede observar que las mejores progenies fue B71.240.2 x XY.13, seguido de las progenies (B79.638.1 x XY.20), (SERRANA x XY.14), (SERRANA x XY.09), (PW.31 x XY.20), (PIROLA x XY.20) y (SEDAFIN x XY.20), también sobresalen las progenies (BR63.65 x XY.13), (B71.74.49.12 x XY.14) y (MEX-32 x XY.20), pero de menor inconsistencia en los ambientes probados.

#### **4.4. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN LA PRIMAVERA DE 1991 LIMA**

En la primavera de 1991, se instaló un experimento en La Molina - Lima, para evaluar las características agronómicas de 60 familias de tubérculos. El ANVA realizado (Anexo 2),

indica que para Vigor se observa diferencias altamente significativas en las fuentes de variación (FV) de Líneas y Probadores, y para la interacción Líneas por Probadores no se encontró diferencias significativas. Para el carácter agronómico Precocidad se halló diferencias altamente significativas para Líneas, diferencias significativas para Probadores y no se halló diferencias significativas para la interacción Líneas por Probadores. Para el porcentaje de sobrevivencias no se halló diferencias significativas en Líneas, Probadores ni en la interacción Líneas por Probadores. En el carácter segundo crecimiento sólo se encontró diferencias altamente significativas en Líneas más no así en Probadores ni en la interacción Líneas por Probadores. De similar manera en el carácter agronómico Rendimiento sólo se encontró diferencias altamente significativas para Líneas.

**Tabla 4: Efectos de HCE, para PLRV en Cañete, La Molina y Tacna**

Progenies		Cañete	La Molina	Tacna
B71.240.2	XY.13	15.40	26.82	28.28
B79.638.1	XY.20	18.40	15.53	19.13
CFC69.1	XY.16	11.90	16.12	15.38
SERRANA	XY.14	9.00	13.09	14.92
SERRANA	XY.09	14.48	8.38	10.36
PW.31	XY.09	5.06	13.10	14.70
PIROLA	XY.20	13.72	12.13	4.79
SEDAFIN	XY.20	9.30	8.55	7.67
BR63.65	XY.13	10.32	1.33	11.74
B71.74.49.12	XY.14	5.62	3.15	14.44
MEX-32	XY.20	5.90	10.13	6.23
PW.31	XY.13	7.98	6.35	5.50
BZURA	XY.13	7.06	10.12	1.50
CFC69.1	XY.14	2.18	10.17	6.18
MEX-32	XY.16	3.72	5.62	6.42
BR63.65	XY.09	7.50	12.38	-5.06
BR63.65	XY.16	5.04	-1.96	9.70
LT-7	XY.20	2.62	2.37	6.91
BR63.65	XY.14	4.52	12.09	-5.60
B71.74.49.12	XY.09	-0.20	4.04	5.48
PIROLA	XY.16	1.34	-1.28	7.08
PIROLA	XY.09	0.50	3.86	1.42
LT-7	XY.16	5.14	7.26	-7.40
B79.638.1	XY.13	5.50	-2.09	1.26

«continuación»

LT-7	XY.09	-2.10	1.90	3.24
LT-7	XY.13	2.72	-1.15	0.54
BZURA	XY.09	-0.36	7.76	-5.70
SEDAFIN	XY.14	4.00	7.19	-10.44
SEDAFIN	XY.09	2.18	-1.22	-0.50
B71.240.2	XY.09	7.78	-7.64	-0.02
B79.638.1	XY.14	-3.70	0.57	3.02
SEDAFIN	XY.13	-8.90	2.73	4.40
BZURA	XY.16	1.48	-2.68	-0.94
PIROLA	XY.14	-6.08	-2.33	5.28
B71.74.49.12	XY.20	0.92	-4.79	0.15
MEX-32	XY.14	6.10	-3.13	-6.88
B71.74.49.12	XY.16	0.24	6.20	-10.66
BZURA	XY.14	-0.44	-10.43	6.26
B79.638.1	XY.16	-1.68	4.12	-7.48
PW.31	XY.20	-0.52	-5.93	-0.83
CFC69.1	XY.13	1.18	-1.69	-8.38
SERRANA	XY.16	-4.38	-4.76	-1.38
PW.31	XY.16	-9.70	3.86	-6.74
BZURA	XY.20	-7.74	-4.77	-1.13
MEX-32	XY.09	-4.62	-5.24	-3.84
SERRANA	XY.20	-5.00	-2.65	-8.97
CFC69.1	XY.20	-3.52	-5.47	-9.01
MEX-32	XY.13	-11.10	-7.39	-1.94
LT-7	XY.14	-8.38	-10.39	-3.30
B71.240.2	XY.20	-6.70	-1.27	-14.15
B71.240.2	XY.14	-10.00	-2.63	-11.26
B71.74.49.12	XY.13	-6.58	-8.61	-9.42
B71.240.2	XY.16	-6.48	-15.28	-2.86
SEDAFIN	XY.16	-6.58	-17.26	-1.14
PW.31	XY.14	-2.82	-17.39	-12.64
CFC69.1	XY.09	-11.74	-19.14	-4.18
PIROLA	XY.13	-9.48	-12.39	-18.58
SERRANA	XY.13	-14.10	-14.07	-14.94
B79.638.1	XY.09	-18.52	-18.14	-15.94
BR63.65	XY.20	-27.38	-23.85	-10.79
S.E. $s_{jk}$		5.37	6.60	7.15
$s_{jk} - s_{jk'}$ (Líneas)		7.59	9.34	10.11

También se determinó los valores de Habilidad Combinatoria General de las Líneas y Probadores. En la Tabla 5 se presentan los efectos de HCG, tanto para las Líneas como para los Probadores. Para Rendimiento el mayor valor de HCG fue para las Líneas B71.74.49.12 y SEDAFIN, y las de menor valor fueron BR63.65 y CFC69.1. Entre los probadores, el efecto de HCG más alto fue para XY.13, mientras que el de menor valor fue XY.14. Las otras características muestran valores similares entre progenitores tanto Líneas como Probadores, sin embargo, en vigor solo la Línea B71.240.2 sobresalió con un estimado de HCG de 1.58, mientras que B79.638.1 fue la de menor valor (-2.02). Los estimados de HCE se encuentran en el Anexo 04.

#### **4.5. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN EL VERANO DE 1992 – TACNA**

En el verano de 1992 se instaló un experimento en Tacna para evaluar las características agronómicas y estimar los valores de HCG. El análisis de variancia (Anexo 3), muestra para Vigor diferencias altamente significativas en Líneas, Probadores y en la interacción Línea por Probador. Para el carácter Precocidad se halló diferencias altamente significativas para Línea por Probador, no así en la interacción Línea por Probador. En Porcentajes de Supervivencia no se encontraron diferencias significativas. En Segundo Crecimiento solo se encontró diferencias altamente significativas en Macho. Finalmente, en el carácter agronómico Rendimiento se encontró; diferencias significativas para Línea, altamente significativas para Probador, no encontrándose significación para la interacción Línea por Probador.

**Tabla 5: Efectos de HCG de los progenitores, para las diferentes características agronómicas en La Molina y Tacna**

LA MOLINA						TACNA				
LINEAS	VIGOR	PRECOCIDAD	SOBREVIV.(%)	SEGUNDO CRECIM.	RDTO (TON/HA)	VIGOR	PRECOCIDAD	SOBREVIV.(%)	SEGUNDO CRECIM.	RDTO (TON/HA)
BZURA	0.32	0.07	-0.25	-0.06	1.24	0.04	-0.47	1.26	0.08	-0.84
B71.240.2	1.58	-0.53	-0.31	1.01	0.93	0.71	-0.33	0.63	-0.18	1.18
B71.74.49.12	0.78	-0.40	-0.11	-0.19	5.63	-0.29	-0.13	1.30	-0.05	-0.54
B79.638.1	-2.02	0.27	0.80	-0.86	-0.97	-0.09	-0.33	-1.04	0.02	-0.32
BR63.65	-0.68	0.87	-0.68	-0.06	-9.91	-0.16	0.13	-1.01	0.22	-2.35
CFC69.1	-0.22	0.20	-0.30	-0.59	-8.05	-0.43	0.20	-0.07	0.08	-0.16
LT-7	-0.75	-0.67	1.10	-0.73	1.99	0.77	-0.87	-0.44	-0.72	0.30
MEX-32	-0.48	0.20	0.16	0.34	-3.06	-0.09	0.07	0.73	0.35	0.47
PIROLA	0.58	0.47	0.61	0.94	1.12	-0.23	0.20	0.23	-0.12	0.87
PW.31	0.05	0.07	0.12	-0.06	3.46	-0.76	0.73	0.96	0.22	-0.21
SEDAFIN	0.98	-0.47	-0.29	0.07	5.12	0.77	0.60	-1.00	0.35	1.02
SERRANA	-0.15	0.33	-0.89	0.21	2.51	-0.23	0.20	-1.55	-0.25	0.56
S.E. g <sub>j</sub>	0.30	0.26	0.68	0.10	2.10	0.30	0.25	0.60	0.07	0.77
g <sub>j</sub> - g <sub>j'</sub> (Líneas)	0.43	0.36	0.97	0.15	2.98	0.42	0.36	0.86	0.10	1.09

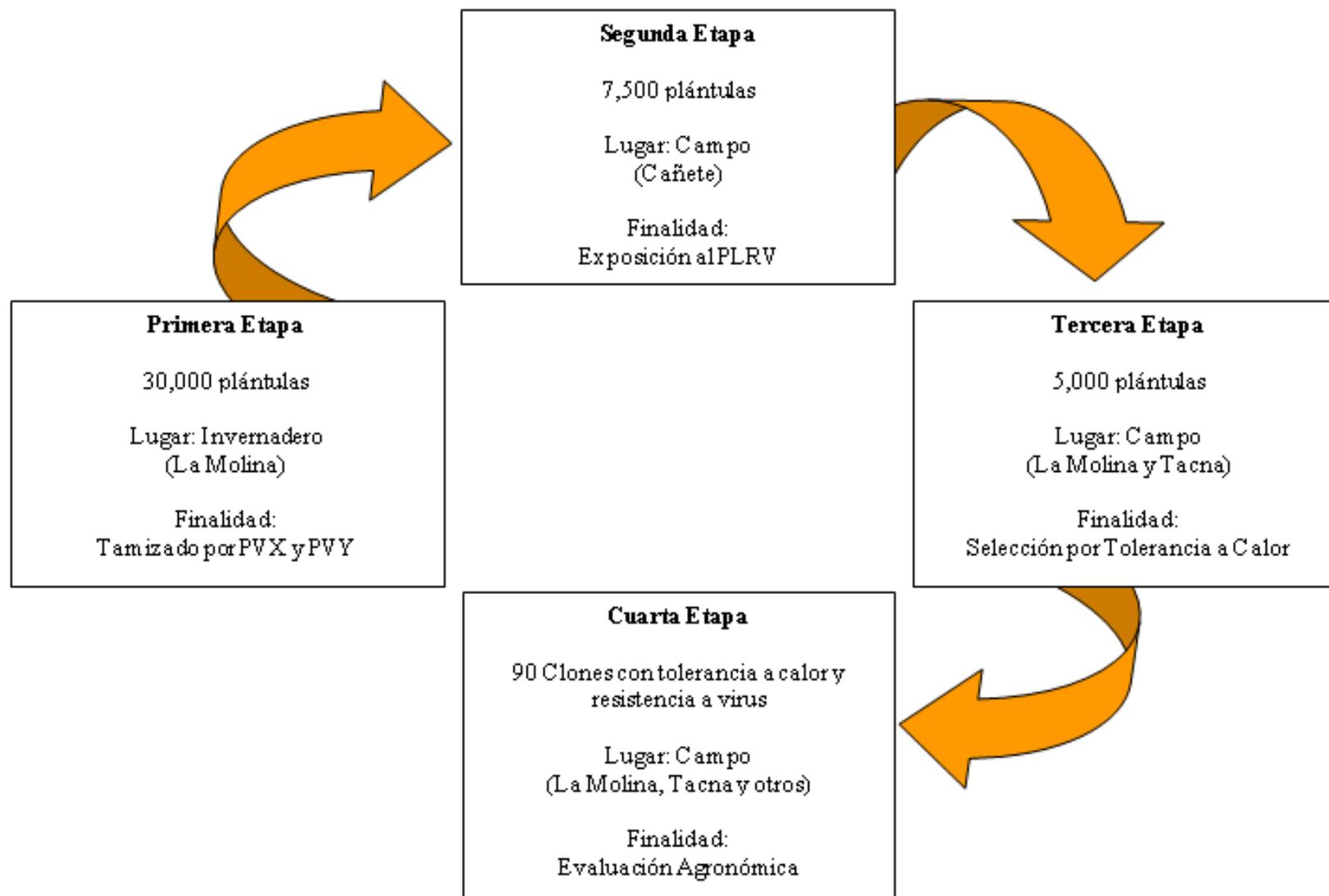
LA MOLINA						TACNA				
PROBADORES	VIGOR	PRECOCIDAD	SOBREVIV.(%)	SEGUNDO CRECIM.	RDTO (TON/HA)	VIGOR	PRECOCIDAD	SOBREVIV.(%)	SEGUNDO CRECIM.	RDTO (TON/HA)
XY.09	-0.14	-0.08	-0.03	0.23	0.41	-0.58	0.16	0.33	-0.06	-0.22
XY.13	-0.56	0.14	1.06	0.22	2.51	-0.28	0.41	0.56	0.58	-1.08
XY.14	0.11	-0.16	-0.45	0.01	-1.2	0.22	0.05	-0.79	0.06	-0.17
XY.16	0.38	0.39	-0.68	0.14	-0.57	-0.03	-0.06	-0.16	-0.39	0.14
XY.20	0.22	-0.3	0.11	-0.16	-1.15	0.67	-0.56	0.06	-0.19	1.33
S.E. g <sub>k</sub>	0.2	0.16	0.44	0.07	1.36	0.19	0.16	0.39	0.04	0.5
g <sub>k</sub> - g <sub>k'</sub> (Probadores)	0.28	0.23	0.62	0.09	1.92	0.27	0.23	0.55	0.06	0.71

También se determinó los efectos de Habilidad Combinatoria General para las Líneas y los Probadores. En la Tabla 5 se presentan los efectos de HCG, tanto para las Líneas como para los Probadores. En el caso de Rendimiento el mayor efecto de HCG fue obtenido por las Líneas B71.240.2 y SEDAFIN, y los más reducidos para BR63.65 y BZURA. De otro lado, entre los Probadores sobresalió XY.20, siendo el de menor valor XY.13. Las otras características muestran valores similares entre progenitores tanto Líneas como Probadores. Sin embargo, en vigor las Líneas LT-7 y SEDAFIN sobresalieron ambos con un efecto estimado de 0.77, y el de menor valor fue PW.31 (-0.76). Los estimados de HCE se presentan en el Anexo 02.

#### **4.6. SELECCIÓN DE CLONES**

A partir de las progenies que se evaluaron en La Molina (Primavera 91) y Tacna (Verano 92), se seleccionaron clones de buenos atributos agronómicos y tolerancia a calor (Figura 5).

Se seleccionaron en La Molina 63 clones y en Tacna 27 clones (Anexo 5 y Anexo 6), estos clones selectos fueron evaluados posteriormente en el Proyecto de tolerancia a calor.



**Figura 5: Combinación de Tolerancia a Calor y Resistencia a Virus**

#### **4.7. SELECCIÓN DE NUEVAS VARIEDADES COMERCIALES COMO COROLARIO DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA**

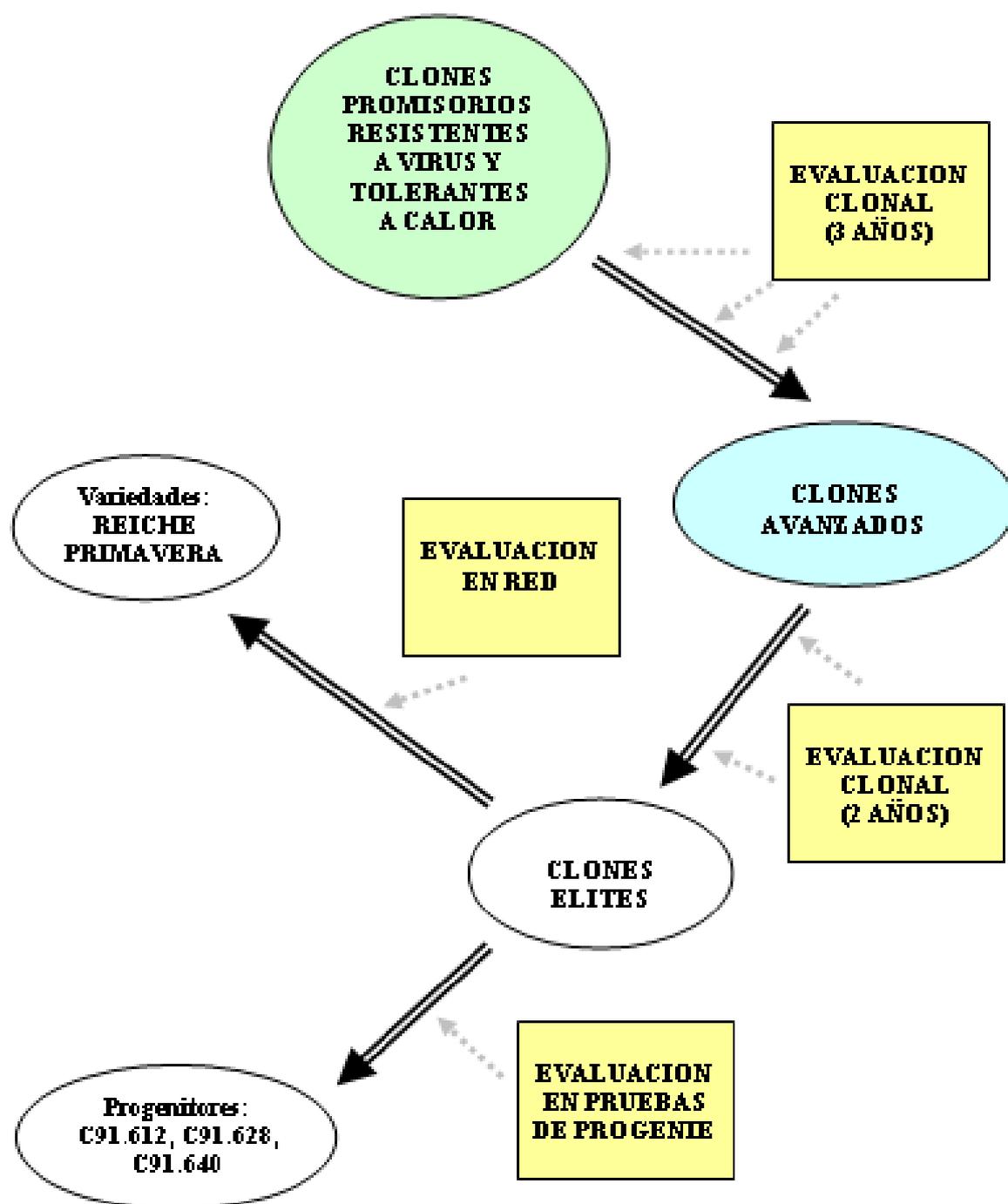
De acuerdo a la metodología empleada por el Departamento de Mejoramiento Genético, cuyo esquema se puede observar en la Figura 06, se ha llegado a establecer el aporte y la contribución de la tesis desarrollada. Mediante el cual se ha obtenido 2 nuevas variedades adaptadas a condiciones de calor y por otro lado se ha identificado clones progenitores de buena habilidad combinatoria. Un resumen de los pasos realizados para estos logros han sido:

##### **4.7.1. Evaluación de clones promisorios**

Durante los años 1992-1994, entre otros 200 clones, fueron evaluados 90 clones procedentes de la presente tesis (Anexo 5 y Anexo 6) y de los cuales fueron finalmente selectos 12 clones avanzados (Reportes Anuales del CIP 1992-1994).

##### **4.7.2. Evaluación de clones avanzados**

Durante el verano 1994-95 se evaluaron 18 clones avanzados por tolerancia a calor en Ica y Nasca, con el aporte de la Universidad Nacional de Ica y el Instituto Tecnológico de Nasca. Estos clones, resultado de la selección que se realizó durante 3 años, incluía 5 clones selectos de la presente tesis (C91.612, C91.640, C91.645 y C91.923). El ensayo para cada ambiente se llevó a cabo en Diseño Bloques Completos al Azar, con 3 repeticiones, 25 tubérculos por parcela.



**Figura 6: Esquema del uso de clones selectos en el programa de mejoramiento por resistencia a virus (por su aptitud para variedad y/o progenitor)**

Fueron selectos como clones élite para pruebas en red los clones C91.612 y C91.640 (Tabla 6). Asimismo, en 1993-1995, el Centro Internacional de la Papa, conjuntamente con la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, evaluaron clones por su tolerancia a

condiciones de sequía. Fueron considerados clones élite C91.906 y C91.628, que formarían parte de ensayos en red, en el sur del Perú (Chávez 2001).

#### 4.7.3. Evaluación de clones élites

Entre 1994 al 1996, el programa de Mejoramiento del Centro Internacional de la Papa, a través del proyecto “Selección y Utilización de Variedades de Papa con Resistencia a Enfermedades Para el Procesamiento Industrial de Latinoamérica”, estableció una red de ensayos a lo largo de la costa en la cual se incluyó entre otros los clones C91.612 (Reiche) y C91.640, obtenidos de la presente tesis. Los experimentos fueron instalados en 12 localidades divididos en dos grupos cada uno de 6, una evaluación realizada en Primavera 1994-95 (Cuadros 7 y 8) y el otro grupo de experimentos realizados durante el invierno de 1995. Estos ensayos permitieron revalidar al clon C91.612 como potencial nueva variedad lo que se consiguió liberar en 1998, bajo el auspicio de la Universidad Nacional de Ica y el Instituto Tecnológico de Nasca, con el nombre de “Reiche”, en honor a la científica alemana Maria Reiche.

**Tabla 6: Rendimiento de 18 clones evaluados en dos localidades de Ica, durante el verano 1993-94**

CLON	ICA		NASCA		Promedio	
	T/ha		T/ha		T/ha	
C91.640	21.26	a	32.7	a	26.98	a
C92.140	18.41	A	25.59	abc	22	ab
C91.028	10.48	bcd	31.82	a	21.15	bc
<b>C91.612 (Reiche)</b>	<b>12.19</b>	<b>b</b>	<b>29.93</b>	<b>ab</b>	<b>21.06</b>	<b>bc</b>
C90.266	9.82	bcd	24.96	abc	17.39	bcd
C91.949	9.85	bcd	22.19	bcd	16.02	bcd
C91.932	11.07	bc	20	cde	15.54	bcd
C89.108	9.48	bcd	21.41	bcd	15.44	bcd
C91.645	10.33	bcd	19.48	cde	14.91	cd
C89.224	12.67	B	15.33	de	14	cd
C89.110	7.7	bcde	19.85	cde	13.78	de
C89.017	10.56	bcd	15.22	de	12.89	de
C89.310	9.56	bcd	15.44	de	12.5	de
C90.094	4	e	19.67	cde	11.83	ef
C92.159	5.44	de	17.52	cde	11.48	ef
C91.750	9.19	bcde	11.78	e	10.48	ef

«continuación»

<b>C90.205</b>	<b>3.78</b>	<b>e</b>	<b>16.37</b>	<b>cde</b>	<b>10.07</b>	<b>ef</b>
<b>C91.759</b>	<b>6.04</b>	<b>cde</b>	<b>13.78</b>	<b>de</b>	<b>9.91</b>	<b>ef</b>
	<b>C.V.= 24.65 %</b>		<b>C.V.= 21.39 %</b>		<b>C.V.=23.27 %</b>	
	<b>Media: 11.9 t/ha</b>		<b>Media: 23.8 t/ha</b>		<b>Media: 17.9t/ha</b>	

FUENTE: Escate (1999)

**Tabla 7: Rendimiento (t/ha) de clones avanzados en varias localidades de la Costa Peruana. 1994-95.s**

Clon/Variedad	La Molina	Ica	Nasca	Tacna	Nasca	Tacna	Prom.	C.V. (%)
	Primavera '94	Primavera '94	Primavera '94	Otoño '95	Otoño '95	Primavera '95		
C92.140	36.09 a	23.86 ab	31.99 ab	26.13 a	35.09 a	33.16 a	31.06 a	16.09
C91.640	29.13 abc	29.09 a	41.33 a	25.39 a	20.43 ab	27.16 ab	28.76 a	24.33
<b>Reiche</b>	<b>35.39 a</b>	<b>19.83 b</b>	<b>37.06 a</b>	<b>24.09 a</b>	<b>26.66 ab</b>	<b>22.46 ab</b>	<b>27.59 a</b>	<b>25.36</b>
C91.028	33.59 ab	26.43 ab	36.93 a	15.19 b	27.09 ab	18.66 ab	26.33 a	31.64
Costanera	19.23 c	9.19 c	18.66 b	11.33 b	16.49 b	14.09 b	14.63 b	29.61
Media	30.69	21.69	33.19	20.19	25.16	23.09		

FUENTE: CIP (1998)

**Tabla 8: Rendimiento (t/ha) de clones avanzados en diferentes localidades. 1995**

Clon/Variedad	Yungay	La Molina	La Molina	Cañete	Mala	Canta	Prom.	C.V. (%)
	Invierno '95	Primavera '95	Invierno '95	Invierno '95	Invierno '95	Invierno '95		
C92.140	28.59 bc	34.33 ab	29.16 b	41.66 a	51.09 a	48.89 a	38.96 a	25.06
<b>Reiche</b>	<b>44.56 a</b>	<b>35.23 a</b>	<b>38.13 a</b>	<b>33.33 b</b>	<b>32.36 b</b>	<b>47.23 a</b>	<b>38.56 a</b>	<b>15.73</b>
C91.640	21.83 cd	29.13 ab	35.56 a	30.66 b	49.26 a	36.23 b	33.79 ab	27.22
C91.028	28.33 b	28.43 b	22.36 c	37.86 ab	21.66 c	30.83 c	28.26 ab	21.1
Costanera	19.93 cd	17.33 a	24.99 c	24.16 c	17.39 c	26.83 c	21.76 ab	18.84
Media	28.66	28.99	30.03	33.53	34.36	37.99	32.26	11.36

FUENTE: CIP (1998)

Asimismo, en 1996 se realizó una evaluación en red en el que participo el Programa Majes II, con la Comunidad Económica Europea (CEE). Varios clones élites, fueron evaluados por la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman de Tacna, entre los cuales figuraba el clon C91.906, para su evaluación en tres localidades del Sur (Tacna, Tambo y Nasca), durante la primavera 1996 (Tabla 9). Resultando como consecuencia, la liberación de la variedad “Primavera”, clon que debe su nombre a su adaptación a condiciones de primavera. La variedad fue liberada por la Universidad Nacional de Tacna y el Programa de Majes II – CEE.

#### 4.7.4. Identificación de progenitores

A través de pruebas para determinar resistencia extrema a virus PVX y PVY, se obtuvieron dos progenitores con resistencia extrema para ambos virus en los clones C91.612 y C91.640, adicionalmente se ha tenido resistencia a PLRV en el clon C91.640.

Estos dos clones conjuntamente con otros grupos en el que están incluidos; C91.628 y C91.645, que presentan buena HCG, para rendimiento forman parte del bloque de cruzamiento del Departamento de Mejoramiento Genético del CIP. Han originado progenies que han sido evaluados en otros países en los cuales el CIP desarrolla investigación en forma participativa (Reportes CIP).

**Tabla 9: Rendimiento promedio (t/ha) de los clones y/o variedades por localidad (1996)**

Clon/Variedad	Tacna	Tambo	Nasca	Promedio	
C91.640	29.20	11.50	38.80	26.50	a
C91.906 (Primavera)	28.10	15.80	34.20	26.03	a
C92.140	25.50	11.00	33.10	23.20	b
C91.612 (Reiche)	24.60	12.40	30.70	22.57	bc
C92.159	23.10	12.50	28.50	21.37	bc
Costanera	22.30	7.00	30.90	20.07	cd
C93.156	21.80	7.40	30.20	19.80	cd
C92.172	24.20	11.00	23.10	19.43	cd
C92.085	22.60	8.90	24.60	18.70	de
C93.169	20.40	10.50	23.00	17.97	de
M. Bonita	16.30	9.90	15.40	13.87	f
Promedio	33.10	11.40	46.00		
C.V. (%)	12.5	19.3	17.6		

#### 4.7.5. Descripción de las nuevas variedades

##### a. Variedad “Reiche”

La variedad “Reiche” tiene una amplia base genética que involucra *Solanum tuberosum* L. ssp. andigena y *tuberosum*. Además, posee genes de *S. acaule* y *S. demissum*.

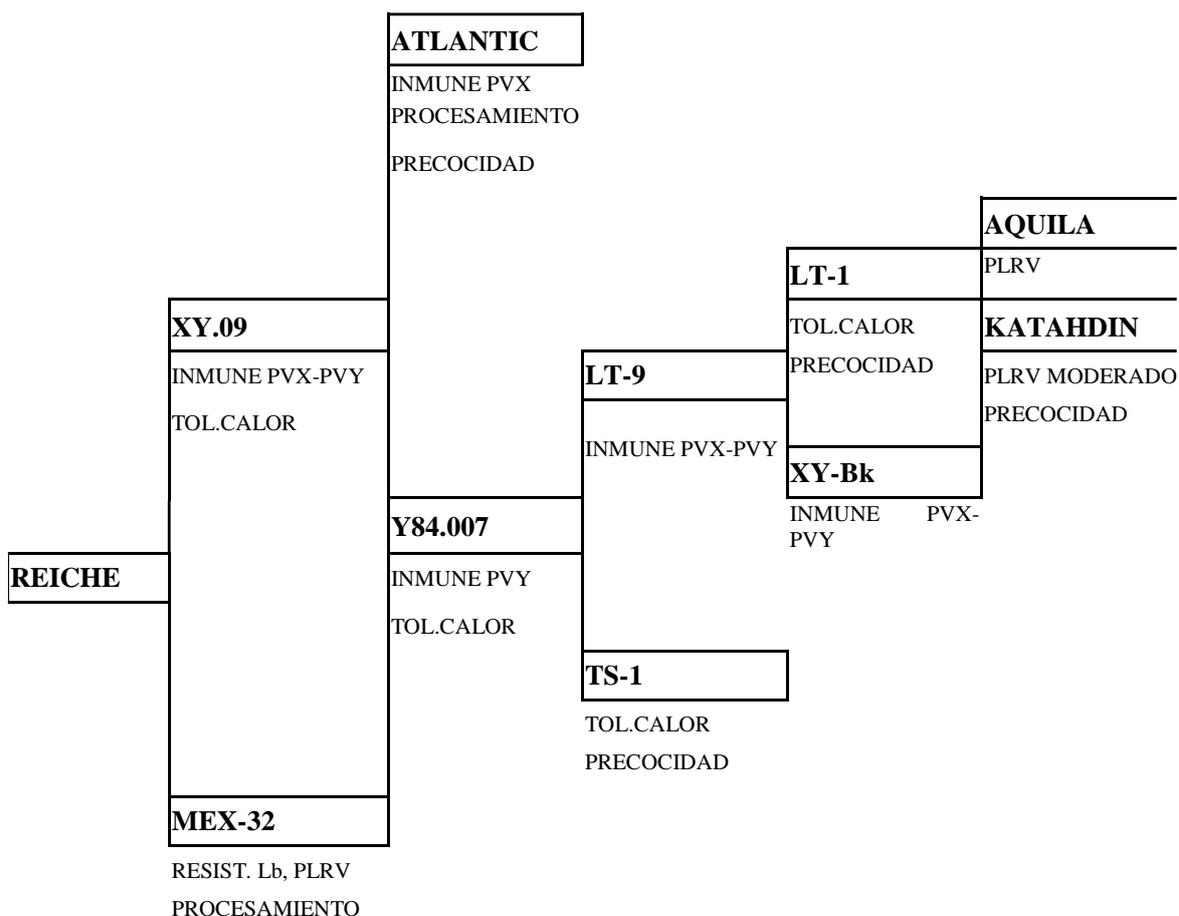


Figura 7: Pedigrí de la variedad "Reiche"

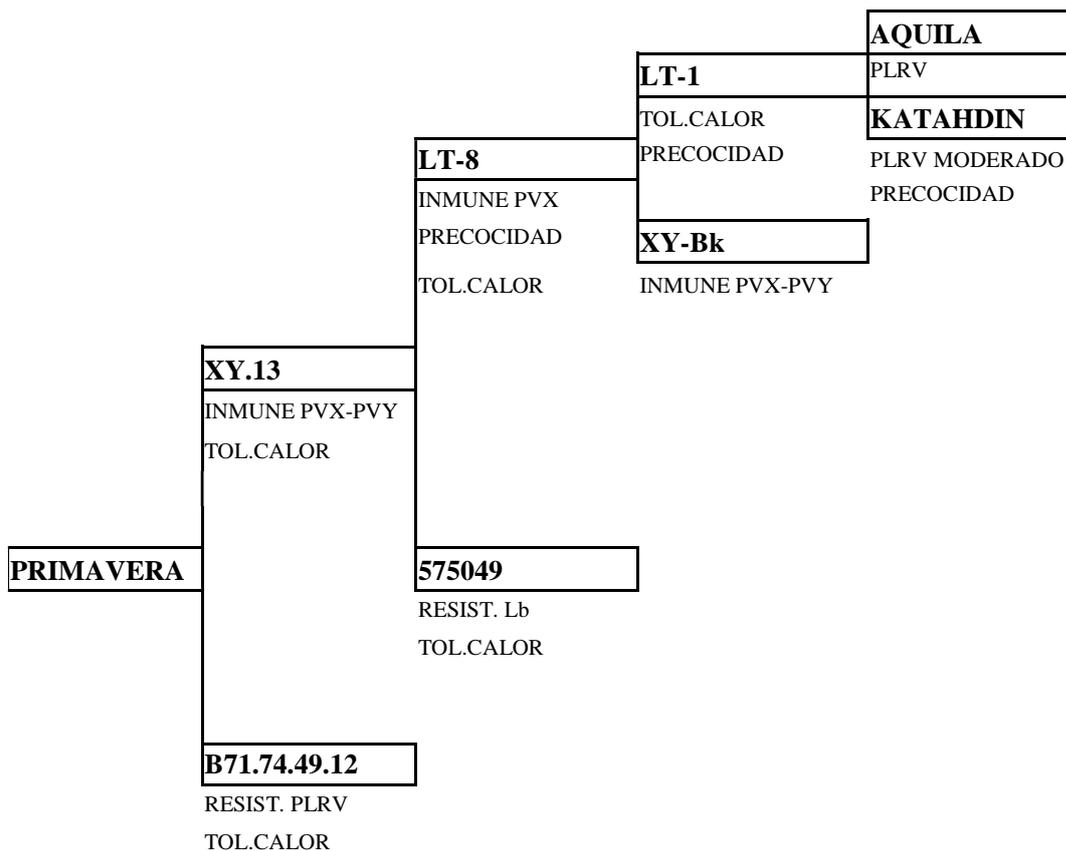
- **Características de la planta**

- Planta herbácea con hábito de crecimiento erecto, tallos gruesos de color verde oscuro, alcanzan una altura de 0.80 a 1.00 m.
- Floración profusa en la primavera, y ausencia de flores en invierno o en condiciones de Sierra, flores de color blanco.
- Estolones cortos.

- Tubérculos ovalados con ojos superficiales. Piel del tubérculo de color crema, y pulpa de color amarillo pálido.
- **Características agronómicas**
  - Período vegetativo varía entre 100 a 115 días de acuerdo a la estación y la localidad de cultivo.
  - Período de dormancia entre 30 a 45 días, presentando la dominancia apical.
  - Rendimiento promedio total de 40tn/ha y rendimiento comercial de 35 tn/ha.
- **Reacción a enfermedades y estrés**
  - Inmune a los virus PVY y PVX y resistencia moderada a PLRV.
  - Tolerancia moderada al ataque de la mosca minadora de las hojas.
  - Tolerante al calor pudiendo tuberizar con temperaturas nocturnas de hasta 20°C y tolerante a suelos con problemas de salinidad (hasta 6 dS/cm<sup>2</sup>)
  - Susceptible a Rhizoctonia y Erwinia.
- **Características de procesamiento**
  - Contenido de materia seca de los tubérculos es de 21% en promedio.
  - Contenido de azúcares reductores menor de 0.2%.
  - Longitud de corte obtenida de los tubérculos es mayor a los 6 cm.
  - Tubérculos muy adecuados al procesamiento en tiras (papas fritas)
  - Gravedad específica del tubérculo entre 1.085 y 1.100 lo que determina una buena textura interna (suavidad) y externa (firmeza) del procesado.
  - Porcentaje de pérdidas por el procesado es bajo, alcanzando el 18%.
  - Excelente calidad culinaria por su fácil cocción alta harinosidad y su exquisito sabor.

**b. Variedad “Primavera”**

La variedad Primavera tiene una amplia base genética que involucra *Solanum tuberosum* L. ssp. andigena y *tuberosum*. Además, posee genes de *S. acaule* y *S. demissum*.



**Figura 8: Pedigrí de la variedad "Primavera"**

- **Características de la planta**

- Planta con hábito de crecimiento erecto, tallos gruesos de color verde oscuro, que alcanzan una altura de 0.60 a 0.80 m.
- Floración abundante de color blanco, la fertilidad del polen es baja.
- Estolones cortos a medianos.
- Tubérculos de forma oval-redondeada con ojos superficiales. Piel del tubérculo de color crema-amarillento, y pulpa de color amarillo oscuro.

- **Características agronómicas**

- Período vegetativo varía entre 90 a 100 días, de acuerdo a la época y la localidad donde se cultiva.
- Período de dormancia entre 40 a 50 días, con presencia de dominancia apical.
- Rendimiento promedio de 30 tn/ha

- **Reacción a enfermedades y estrés**
  - Inmune a los virus PVY y PVX, resistencia moderada al PLRV.
  - Tolerancia moderada al ataque de la mosca minadora de las hojas.
  - Tolerante al calor pudiendo tuberizar con temperaturas nocturnas de hasta 20°C y tolerante a suelos con problemas de salinidad (hasta 6 dS/cm<sup>2</sup>)
  - Resistencia moderada de campo a la racha (*Phytophthora infestans*).  
Resistencia moderada de campo al tizón temprano (*Alternaria solani*)
  
- **Características de procesamiento**
  - Contenido de materia seca de los tubérculos maduros es de 19% en promedio.
  - Contenido de azúcares reductores menor de 0.1%
  - Tubérculos muy adecuados al procesamiento en hojuelas, el color y la calidad de las hojuelas fritas son muy buenas.
  - Buena calidad culinaria por su fácil cocción.

## V. CONCLUSIONES

- En el presente estudio después de la inoculación artificial en invernadero y para resistencia combinada al PVX y PVY, el 75 por ciento de las progenies se ajustaron a la proporción esperada. Las desviaciones de la segregación teórica son bastante comunes.
- En base a los efectos de Habilidad Combinatoria General, SEDAFIN, PIROLA, BZURA y MEX.32 son progenitores que mejor transmitieron a sus progenies resistencia al PLRV.
- La evaluación de los diferentes caracteres agronómicos muestra la gran variabilidad genética del material bajo estudio. En base a los efectos de HCG en rendimiento sobresalieron las progenies de B71.74.49.12; SEDAFIN, PW.31; SERRANA y XY.13 en La Molina y B71.240.2; SEDAFIN, PIROLA y XY.20 en Tacna.
- En La Molina se seleccionaron 63 clones con buenos atributos agronómicos, tolerancia al calor, precocidad, resistencia al PLRV y resistencia extrema a los virus PVX y PVY.
- En Tacna se seleccionaron 27 clones con buenos atributos agronómicos, tolerancia al calor, resistencia al PLRV y resistencia extrema a los virus PVX y PVY.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Usar los progenitores que mejor transmiten sus HCG a sus progenies: SEDAFIN, PIROLA, BZURA y MEX.32
- Usar SEDAFIN, en trabajos que busquen características de rendimiento estables.
- Las variedades obtenidas: REICHE y PRIMAVERA pueden servir para climas cálidos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, JA; Balbo, I; Salazar, LF. 1986. Diagnósis de virus y del viroide del tubérculo ahusado (PSTV) en el Centro Internacional de la Papa (CIP). Fitopatología, Perú. 21(1):19.
- Anguiz, RJ. 1993. Habilidad combinatoria general (HCG) y específica (HCE) para resistencia a la marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum* E.F. Smith) en papas autotetraploides inmunes a los virus X e Y. Tesis Mg.Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 69 p.
- Barrera, CE. 1988. Seguimiento virológico de clones de papa con genes para resistencia a PVX y PVY bajo condiciones de campo. Tesis Mg.Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 90 p.
- Bawden, FC; Kassanis, B; Roberts, FM. 1948. Studies on the importance and control of potato virus X. Ann. Appl. Biol. 35:250-265
- Beekman, AGB. 1987. Breeding for resistance. In: De Bokx, J.A. and J.P.H. Van der Want (Eds). Viruses of potato and seed-potato production. Second edition. Pudoc. Wageningen. p. 162-170.
- Beemster, ABR; De Bokx, JA. 1987. Survey of properties and symptoms. In: De bokx, J.A. and J.P.H. Van der Want (Eds). Viruses of potato and seed-potato production. Second edition. Pudoc. Wageningen pp. 84-113
- Beemster, AB; Rozendal, A. 1980. Propiedades y síntomas de los virus de la papa. p. 133-179. En De Bokx, J.A. Virosis de la papa y de la semilla de la papa. Hemisferio Sur Argentina.

- Ben Khedher, M. 1983. Physiological and morphological characteristics useful in selecting for heat tolerance in potato. Ph. D. Thesis, Cornell University, Ithaca (USA). 294 p.
- Bercks, R. 1970. Potato Virus X. In: CMI/AAB Descriptions of plant viruses, B.D. Harrison and A.F. Murant eds. Commonw. Mycol. Inst. Kew., Surrey, England and Assoc. Applied Biology No 4.
- Bodlaender, KB. 1963. Influence of temperature, radiation, and photoperiod on development and yield. In: The Growth of the potato. Butterworths, London. p. 199-22.
- Brandolini, AG. 1991. Breeding potato for resistance to leafroll virus combined with immunity to PVX and PVY. Ph. D. Thesis, University of Reading. Department of Agricultural Botany, Reading. (UK). 117 p.
- Brown, CR. 1983. Genetic studies and breeding of resistance to PLRV, PVY and PVX. In: International Potato Center (CIP): Present and future strategies for potato breeding and improvement. Report of the XXVI planning conference, December 12-14. Lima, Perú. p. 17-44.
- Brown, CR; Rizvi, SA; Fernández-Northcote, EN. 1982. Breeding for combined resistance to PVY and PLRV. Am. Potato Journal. 59:461.
- Butkiewicz, H. 1978. Intolerance of potato leafroll virus (PLRV) occurring in potato plants. Ziemiańska, Bonin. p. 5-38
- Cockerham, G. 1943. The reactions of potato varieties to viruses X,A,B and C. Annals of Applied Biology. 30:338-344
- Cockerham, G. 1945. Some genetical aspects of resistance to potato viruses. Ann. Appl. Biol. 32:280-281
- Cockerham, G. 1955. Strains of potato virus X. Proc. 2nd Conf. Potato Virus Dis. Lisse-Wageninngen. p. 89-92.

- Cockerham, G. 1970. Genetical studies on resistance to potato viruses X and Y. *Heredity*. 25:309-348
- Cupertino, FP; Costa, AS. 1970. Determinacao da disseminacao do virus do enrolamiento en batatal para semente pelo uso de plantas indicadoras. *Bragantia*, 29:127-138.
- Chavez, R. 2001. Mejoramiento genético de plantas tuberíferas para zonas árido-salinas. Tacna. 337p.
- Davidson, TMW; Butzonitch, IP. 1978. The grouping of some strains of virus Y in relation to resistant cultivars. European Association for Potato Research. Abstracts of Conference Papers Warsaw. p. 161.
- Davidson, TMW. 1980. Breeding for resistance to virus disease of potato (*Solanum tuberosum*) at the Scottish Plant Breeding Station. In: Rep. Scottish Plant Breeding Stn. p. 100-108.
- De Bokx, JA. 1980. Potato virus Y. In: W.J. Hooker (Ed.) Compendium of potato diseases. Am. Phytopath. Soc. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 144 p.
- De Bokx, JA. 1987. Viruses of potatoes and seed-potato production. In: J.A. De Bokx; J.P. Want (Eds.) Wageningen (Netherlands). p. 58-82
- Delgado-Sanchez, S; Grogan, RG. 1970. Potato virus Y. CMI/AAB Descriptions of plant viruses. 37: 4.
- Fernández-Northcote, EN. 1983. Reaction of potato clones “immune” to potato viruses A, X and to wide range of potato virus Y strains from the Andean region. *Phytopathology*. 73(5):788
- Fernández-Northcote, EN. 1989. Variability of PVX and PVY and its relationship to genetic resistance. In: International Potato Center (CIP). Control of virus and virus-like diseases of potato and sweet potato. Report of the 3rd planning conference, Lima, Perú. CIP. p. 131-139.

- Fernández-Northcote, EN. and Brown, CR. 1981. Resistance in diploid *Solanum phureja*. *S. stenotomum* and *S. berthaultii* intercroses to potato virus Y. *Phytopathology*. 71(8):873
- Fernández-Northcote, EN; Lizarraga, C. 1988. Detection of potato viruses X and Y serotypes in potato leaf extracts by enzyme-linked immunosorbent assay on nitrocellulose membranes (NCM-ELISA). In: 5th Int. Congr. Plant Pathology, Kyoto, Japan. Abstracts of papers. p. 48.
- Gálvez, R; Mendoza, HA; Fernández-Northcote, EN. 1992. Herencia de la inmunidad al virus Y de papa (PVY) en clones derivados de *Solanum tuberosum* ssp. andigena. *Fitopatología* 27:8-15.
- García, ER. 1989. Estabilidad de la resistencia a PVX, PVY y PLRV en clones de papa expuestos en campo y áfidos asociados con la transmisión. Tesis Mg.Sc. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 103 p.
- Gregory, LE. 1956. Some factors for the tuberization in the potato plant. *American Journal of Botany*. 43:281-288.
- Guerrero, O; Martínez, G. 1978. Síntomas y Pérdidas en papa, causadas por el “Potato virus X” (PVX), “Potato virus Y” (PVY), “Potato leaf roll virus” (PLRV) y sus interacciones. *Fitopatología Colombiana*. 7(2):1351-36
- Harrison, BD. 1984. Potato Leafroll Virus. Commonwealth Mycological Institute. Assoc. Appl. Biol. Description of plant viruses. 291.
- Horvath, J; Hoekstra, R. 1990. Reaction of newly-discovered Bolivian tuber-bearing *Solanum* species to virus. *Potato Res.* 33:145-146.
- Hossain, M D; Ali Kahn, MS; Mia, SA. 1989. Effect of leaf roll virus on the growth and yield of potato. *Bangladesh J. Bot.* 18: 15-21.

- Jayasinghe, U. 1988. El virus del enrollamiento de las hojas de papa (PLRV) Boletín informativo técnico No 22. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. 22 p.
- Jayasinghe, U; Chuquillanqui, C. 1989. Interacción de los virus de papa en la resistencia a la multiplicación del virus del enrollamiento de la hoja de papa (PLRV). *Fitopatología*. 24(2):45.
- Jayasinghe, U. 1990. Resistencia a los virus de la papa con especial énfasis en el virus del enrollamiento de las hojas. En: Avances en el mejoramiento genético de la papa en los países del cono sur. O.A. Hidalgo y H. Rincon (Eds). CIP. Lima. p. 121-131.
- Jones, RAC. 1977. Progress in leaf roll virus resistance work at CIP. In: Report of the Planning conference on development in the control of potato virus diseases. International Potato Center (CIP). 14-18 Nov. Lima, Peru. p. 5-26
- Jones, RAC. 1978. Los virus de la papa en América Latina y recomendaciones para su control. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. 22 p.
- Jones, R.A.C.1979. Resistance to potato leafroll virus in *Solanum brevidens*. *Potato Res.* 22:149-152.
- Kempthorne, O. 1969. An introduction to genetic statistics. Ames, Iowa, USA. Iowa State University Press. p. 468-470.
- Khurana, SMP; Singh, MN. 1988. Yield loss potential of potato virus X and Y in Indian potatoes. *J. Indian Potato Assoc.* 15:27-29.
- Klinkowski, M; Schmelzer, K. 1960. A necrotic type of potato virus Y. *American Potato Journal.* 37:221-228.
- Knight, CA. 1963. Chemistry of viruses, *Protoplasmatologia* 4. Wien: Springer-Verlag. 177 p.

- Kohler, E. 1952. Über die unterschiedlichen Temperaturempfindlichkeit von Typen und Stämmen des Kartoffel-X-Virus. *Phytopath. Z.* 44:189-199.
- Ladeburg, RC; Larson, RH; Walker, JC. 1950. Origin, interrelation and properties of ringspot strains of virus X in American potato varieties. *Wisconsin Agric. Exp. Stat. Res. Bull.* p. 165, 47.
- Marshall, B; Barker, H; Verrall, SR. 1988. Effects of potato leafroll virus on the crop processes leading to tuber yield in potato cultivars which differ in tolerance of infection. *Ann. Appl. Biol.* 113:279-305
- Matthews, REF. 1949. Studies on potato virus X. *Ann. Appl. Biol.* 36:449-474.
- Matthews, REF. 1982. Classification and nomenclature of viruses. *Intervirology.* 17:1- 199.
- Mendoza, HA. 1976. Adaptation of cultivated potatoes to the lowland tropics. In: J. Cock (Ed.) *Proceeding 4th Symp. Int. Soc. for Tropical Root Crops.* Cali, Colombia. p. 50-53.
- Mendoza, HA; Estrada, RN. 1979. Breeding potatoes for tolerance to stress: heat and frost. In: *Stress Physiology in Crop Plants.* Ed. Mussell and Staples. Pub. J. Wiley & Sons, Inc. p. 228-262.
- Mendoza, HA; Sawyer, RL. 1985. The Breeding Program at the International potato Center. In: *Plant Breeding Progress Reviews.* (1):117-137.
- Mendoza, HA; Fernández-Northcote, E; Jayasinghe, U; Salazar, LF; Galvez, R; Chuquillanqui, C. 1989. Breeding for resistance to potato viruses Y, X and Leafroll. In: *International Potato Center. Control of viruses and virus-like diseases of potato and sweet potato.* p. 155-172.
- Mendoza, HA. 1993. Experiences, difficulties, and prospects for durable resistance breeding in potatoes. In: Th. Jacobs and J.E. Parlevliet (Eds). *Durability of disease resistance.* p. 249-257.

- Mendoza, HA; Mihovilovich, EJ; Saguma, F. 1996. Identification of Triplex (YYYy) Potato Virus Y (PVY) immune progenitors derived from *Solanum tuberosum* ssp. andigena. Am. Potato J. 73:13-19
- Midmore, DJ. 1988. Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación CIP 24. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. 15 p.
- Mills, WR. 1965. Inheritance of immunity to potato virus X. Am. Potato J. 42:294.
- Moreira, A; Jones, RAC. 1980. Properties of a resistance-breaking strain of PVX. Ann. Appl. Biol. 95:93-103.
- Moreno, U. 1970. Physiological investigations on the potato plant with special reference to the effects of different environments. Ph. D. Thesis, Cornell University, Ithaca, USA. 317 p.
- Munro, J. 1980. Potato Virus X. In: W. J. Hooker (Ed.), Compendium of potato diseases. Am. Phytopath. Soc., St. Paul, Minnesota, U. S. A. 144 p.
- Muñoz, FJ. 1974. Resistance to potato virus Y in *Solanum tuberosum* ssp. andigena. Thesis. Ithaca, USA. Cornell University. 50 p.
- Muñoz, FJ; Plaisted, RL. 1975. Resistance to potato virus Y in *Solanum tuberosum* ssp. andigena. In: American Potato Journal. 52:107-115.
- Ochoa, C; Schmiediche, P. 1983. Systematic exploitation and utilization of wild potato germplasm. In: W. J. Hooker (Ed.). Research for the potato for the year 2000. CIP. Lima, Peru.
- Plaisted, RL; Mendoza, HA; Thurston, HD; Ewing, EE; Brodie, BB; Tingey, WM. 1987. Broadening the range of adaptation of Andigena (Neo-tuberosum) germplasm. CIP Circular – International Potato Center. Lima, Peru. 15(2):1-5.

- Rodriguez, A; Jones, RAC. 1976. Symptomatology of potato leaf roll virus in Andigena potatoes. *American Potato Journal* 53:400.
- Ross, H. 1957. Inheritance of extreme resistance to virus Y in *Solanum stoloniferum* and its hybrids with *Solanum tuberosum*. 3rd Conference of Potato Virus Disease. Wageningen (Netherlands). pp 204-211.
- Ross, H. 1958. The Breeding of Virus-resistant Potatoes. *European Potato Journal* (Netherlands). 1(4): 1-19.
- Ross, H. 1960. The practice of breeding for resistance to infection and extreme resistance (Immunity) to virus Y. *Potato Research* (Netherlands). 3(4):296-306.
- Ross, H. 1983. Major and minor genes in breeding virus resistant varieties. In: W. J. Hooker (Ed.). *Research for potato in the year 2000*. International Potato Center. p. 165-166.
- Ross, H. 1986. *Potato breeding – Problems and perspectives*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 132 p.
- Russell, G. 1978. *Plant breeding for pest and disease resistance*. Butterworths, London-Boston.
- Salazar, L. F. 1982. Virus detection in potato seed production. *Technical Information Bulletin* 18. International Potato Center. Lima, Peru. 14 p.
- Salazar, LF. 1995. *Los virus de la papa y su control*. Centro Internacional de la papa (CIP) Lima, Perú. 226 p.
- Sangar, RBS; Agrawal, HO; Nagaich, BB. 1988. Effect of age on potato yield in plants inoculated with potato viruses X and Y. *Indian Phytopath.* 41:327-331.
- Schultz, ES; Bonde, R. 1944. The effect of latent mosaic (virus X) on yield of potatoes in Maine. *Am. Potato J.* 21:278-283.
- Schultz, ES; Raleigh, WP. 1933. Resistance of potato to latent mosaic. *Phytopath.* 23:32.
- Stelzner, G. 1950. Virusresistenz der Wildkartoffeln. *Z. Pflanzenzuch.* 29:135-158.

- Swiezynki, KM; Diewonska, MA; Ostrowska, K. 1990. Inheritance of the resistance of the potato leafroll virus (PLRV) in the potato. In: Abstracts of conference papers and posters. European Assoc. Potato Res. Edinburgh, U.K. p. 538-539.
- Singh, RK; Chaudary, BD. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publishers. Dehli, India. 303 p.
- Timian, RG; Hooker, WJ; Peterson, CE. 1955b. Immunity to Virus X in Potato: Studies of clonal lines. *Phytopathology*. 45(6):313-319.
- Tremblay, E; Micieli De Biase, L; Bultrini, A; Adinolfi, A. 1985. Il controllo degli afidi vettori delle virosi della patata da seme. *L'Italia Agricola*. 122(3): 97-109.
- Varma, A; Gibbs, AJ; Woods, RD; Finch, JT. 1968. Some observations on the structure of the filamentous particles of several plant viruses. *Journal of General Virology (UK)* 2:107-114.
- Venekamp, JH; Schepers, A; Bus, CB. 1986. Mature plant resistance of potato against some virus diseases. III. Mature plant resistance against potato. *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 86(6):301-309.
- Weidemann, HL; Casper, R. 1982. Immunhistologische über das Vorkommen von Kartoffelblattrollvirus in Knolle und Spross der Kartoffelpflanze. *Potato Res.* 25:99-106.
- Went, FW. 1959. Effects of environment of parent and grandparent generations on tuber production by potatoes. *American Journal of Botany*. 40:277-282.
- Wiersema, HT. 1961. Methods and means used in breeding potato with extreme resistance to virus X and Y. In: Proc. 4th Conf. Pot. Vir- Dis. Braunschweig, p. 30-36.
- Wilkinson, RE; Blodgett, FM. 1949. Effect of the leaf roll and X viruses on stand and yield of potatoes. *Am. Potato J.* 26:104.

Wissar, R; Ortiz, R. 1987. Mejoramiento de papa en el CIP por adaptación a climas cálidos tropicales. Guía de Investigación 22. 50 p.

Zadina, J; Novak, F. 1983. The inheritance of extreme intolerance to potato leaf roll. Sbornic Uvtiz, Genetica a Slechteni. 19:189-194.

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1: Infección Primaria en Cañete (Otoño '91) e Infección Secundaria en La Molina (Primavera '91) y Tacna (Verano '92)**

PROGENIES		INFECCION PRIMARIA				INFECCION SECUNDARIA								
HEMBRA	MACHO	LA MOLINA			LA MOLINA			INF. PRIM. +		TACNA		INF. PRIM. +		
		NUMERO DE PLANTAS	PORCENTAJE	ASINTO MATICO PLRV	NUMERO DE PLANTAS	PORCENTAJE	ASINTO MATICO PLRV	INF. SEC.	ASINTO MATICO PLRV	NUMERO DE PLANTAS	PORCENTAJE	ASINTO MATICO PLRV	INF. SEC.	
														ASINTO MATICO PLRV
BZURA	XY.09	117	88.1	11.9	101	95.2	4.8	83.8	16.2	94	70.2	29.8	61.8	38.2
BZURA	XY.13	84	97.7	2.3	76	88.9	11.1	86.8	13.2	75	74.3	25.7	72.6	27.4
BZURA	XY.14	110	88.0	12.0	93	62.7	37.3	55.2	44.8	94	80.8	19.2	71.1	28.9
BZURA	XY.16	85	75.4	24.6	62	87.0	13.0	65.6	34.4	61	82.4	17.6	62.1	37.9
BZURA	XY.20	97	90.9	9.1	79	73.7	26.3	67.0	33.0	82	76.8	23.2	69.8	30.2
B71.240.2	XY.09	102	90.2	9.8	87	62.2	37.8	56.1	43.9	84	66.7	33.3	60.1	39.9
B71.240.2	XY.13	154	100.0	0.0	143	91.2	8.8	91.2	8.8	147	92.0	8.0	92.0	8.0
B71.240.2	XY.14	108	72.4	27.6	70	70.0	30.0	50.7	49.3	71	63.7	36.3	46.2	53.8
B71.240.2	XY.16	138	70.4	29.6	87	80.8	19.2	56.8	43.2	88	59.3	40.7	41.7	58.3
B71.240.2	XY.20	118	76.9	23.1	82	54.8	45.2	42.1	57.9	83	78.8	21.2	60.5	39.5
B71.74.49.12	XY.09	130	83.8	16.2	105	89.2	10.8	74.8	25.2	105	82.6	17.4	69.3	30.7
B71.74.49.12	XY.13	106	79.6	20.4	78	78.9	21.1	62.8	37.2	81	72.8	27.2	58.0	42.0
B71.74.49.12	XY.14	163	89.6	10.4	137	70.9	29.1	63.5	36.5	144	84.4	15.6	75.6	24.4
B71.74.49.12	XY.16	152	79.6	20.4	119	75.8	24.2	60.3	39.7	112	75.0	25.0	59.7	40.3
B71.74.49.12	XY.20	98	85.2	14.8	82	82.9	17.1	70.6	29.4	81	66.2	33.8	56.4	43.6
B79.638.1	XY.09	113	47.0	53.0	51	87.5	12.5	41.1	58.9	49	84.8	15.2	39.9	60.1
B79.638.1	XY.13	138	73.2	26.8	100	79.0	21.0	57.8	42.2	50	83.0	17.0	60.7	39.3
B79.638.1	XY.14	170	61.8	38.2	100	80.0	20.0	49.4	50.6	54	91.0	9.0	56.2	43.8
B79.638.1	XY.16	238	78.6	21.4	183	88.0	12.0	69.1	30.9	85	90.0	10.0	70.7	29.3
B79.638.1	XY.20	175	64.8	35.2	110	88.0	12.0	57.0	43.0	102	79.6	20.4	51.6	48.4
BR63.65	XY.09	109	84.4	15.6	91	88.5	11.5	74.7	25.3	89	52.8	47.2	44.6	55.4
BR63.65	XY.13	113	89.4	10.6	92	72.0	28.0	64.3	35.7	99	72.7	27.3	65.0	35.0
BR63.65	XY.14	145	81.4	18.6	109	78.7	21.3	64.0	36.0	118	50.8	49.2	41.4	58.6
BR63.65	XY.16	134	44.2	55.8	58	74.2	25.8	32.8	67.2	58	78.1	21.9	34.6	65.4
BR63.65	XY.20	129	82.9	17.1	96	65.2	34.8	54.0	46.0	98	75.4	24.6	62.6	37.4
CFC69.1	XY.09	113	68.7	31.3	75	84.8	15.2	58.2	41.8	72	84.8	15.2	58.2	41.8
CFC69.1	XY.13	110	83.8	16.3	87	91.1	8.9	76.3	23.7	88	68.8	31.3	57.6	42.4
CFC69.1	XY.14	119	82.6	17.4	91	93.3	6.7	77.1	22.9	89	79.7	20.3	65.9	34.1
CFC69.1	XY.16	115	71.6	28.4	79	92.5	7.5	66.2	33.8	76	68.6	31.4	49.1	50.9

«continuación»

CFC69.1	XY.20	97	93.3	6.7	88	93.3	6.7	87.1	12.9	90	86.8	13.2	81.0	19.0
LT-7	XY.09	109	70.6	29.4	73	79.0	21.0	55.8	44.2	75	80.0	20.0	56.5	43.5
LT-7	XY.13	126	77.6	22.4	89	68.8	31.2	53.4	46.6	97	73.9	26.1	57.4	42.6
LT-7	XY.14	110	64.3	35.7	70	51.5	48.5	33.1	66.9	70	73.6	26.4	47.3	52.7
LT-7	XY.16	112	70.0	30.0	75	72.2	27.8	50.6	49.4	72	79.8	20.2	55.9	44.1
LT-7	XY.20	104	78.8	21.2	77	69.5	30.5	54.8	45.2	77	62.3	37.7	49.1	50.9
MEX-32	XY.09	119	80.8	19.2	91	82.4	17.6	66.5	33.5	91	80.2	19.8	64.8	35.2
MEX-32	XY.13	109	76.5	23.5	77	85.0	15.0	65.0	35.0	79	91.9	8.1	70.3	29.7
MEX-32	XY.14	164	91.5	8.5	139	63.6	36.4	58.2	41.8	144	64.6	35.4	59.1	40.9
MEX-32	XY.16	189	86.0	14.0	152	88.5	11.5	76.2	23.8	160	82.1	17.9	70.6	29.4
MEX-32	XY.20	151	90.1	9.9	134	78.8	21.2	71.0	29.0	135	86.9	13.1	78.3	21.7
PIROLA	XY.09	94	83.3	16.7	71	100.0	0.0	83.3	16.7	71	82.0	18.0	68.3	31.7
PIROLA	XY.13	122	75.5	24.5	88	89.7	10.3	67.7	32.3	83	68.7	31.3	51.9	48.1
PIROLA	XY.14	80	76.7	23.3	60	87.0	13.0	66.7	33.3	60	90.6	9.4	69.5	30.5
PIROLA	XY.16	77	91.2	8.8	69	94.1	5.9	85.9	14.1	67	73.9	26.1	67.4	32.6
PIROLA	XY.20	85	85.1	14.9	68	84.4	15.6	71.8	28.2	66	90.8	9.2	77.2	22.8
PW.31	XY.09	63	93.6	6.4	55	95.0	5.0	88.9	11.1	58	82.7	17.3	77.4	22.6
PW.31	XY.13	85	98.7	1.3	81	83.9	16.1	82.8	17.2	75	72.7	27.3	71.8	28.2
PW.31	XY.14	87	85.7	14.3	74	56.0	44.0	48.0	52.0	67	55.3	44.7	47.4	52.6
PW.31	XY.16	125	82.7	17.3	99	77.6	22.4	64.2	35.8	102	69.6	30.4	57.6	42.4
PW.31	XY.20	115	79.8	20.2	89	91.8	8.2	73.3	26.7	91	74.3	25.7	59.2	40.8
SEDAFIN	XY.09	124	92.7	7.3	104	73.4	26.6	68.1	31.9	113	75.2	24.8	69.7	30.3
SEDAFIN	XY.13	175	83.8	16.2	143	86.7	13.3	72.7	27.3	145	93.3	6.7	78.2	21.8
SEDAFIN	XY.14	182	94.5	5.5	163	69.9	30.1	66.1	33.9	154	60.4	39.6	57.1	42.9
SEDAFIN	XY.16	109	94.5	5.5	92	76.4	23.6	72.2	27.8	103	77.9	22.1	73.6	26.4
SEDAFIN	XY.20	98	84.9	15.1	78	53.8	46.2	45.7	54.3	77	85.1	14.9	72.3	27.7
SERRANA	XY.09	159	90.6	9.4	142	81.7	18.3	74.0	26.0	129	70.5	29.5	63.9	36.1
SERRANA	XY.13	101	64.2	35.8	62	81.3	18.8	52.2	47.8	60	65.7	34.3	42.2	57.8
SERRANA	XY.14	135	85.1	14.9	106	80.2	19.8	68.3	31.7	110	77.3	22.7	65.8	34.2
SERRANA	XY.16	120	65.8	34.2	75	87.1	12.9	57.3	42.7	75	61.2	38.8	40.3	59.7
SERRANA	XY.20	165	72.7	27.3	118	75.0	25.0	54.5	45.5	118	76.3	23.7	55.4	44.6

**Anexo 2: Análisis de variancia para las diferentes características agronómicas en La Molina, durante Primavera 1991**

FV	gl	C.M.									
		VIGOR		PRECOCIDAD		% SOBREV.		2DA CREC.		Rdto./ha	
BLOQUE	2	33.95	**	0.35	ns	86.20	**	0.15	ns	321.33	**
LINEA	4	13.54	**	3.20	**	5.14	ns	0.59	**	350.50	**
PROBADOR	11	4.87	**	2.69	*	16.18	ns	0.15	ns	86.04	ns
L x P	44	1.34	ns	1.16	ns	4.03	ns	0.12	ns	56.13	ns
ERROR	118	1.37		0.98		6.99		0.16		66.42	
C.V.		22.14		20.59		2.74		29.36		25.37	
MEDIA		5.28		4.80		96.42		1.99		32.13	

**Anexo 3: Análisis de variancia para las diferentes características agronómicas en Tacna, durante Otoño 1992**

FV	gl	C.M.									
		VIGOR		PRECOCIDAD		% SOBREV.		2DA CREC.		Rdto./ha	
BLOQUE	2	1.11	ns	1.27	ns	378.22	**	0.16	ns	289.22	**
LINEA	4	3.67	**	3.07	**	14.85	ns	0.10	ns	14.32	*
PROBADOR	11	8.21	**	4.64	**	9.67	ns	0.34	**	27.41	**
L x P	44	1.34	**	0.95		5.49	ns	0.07	ns	8.97	ns
ERROR	118	0.63		0.76		13.26		0.07		7.18	
C.V.		16.84		20.81		4.13		14.25		27.10	
MEDIA		4.69		4.20		88.11		3.58		9.88	

**Anexo 4: Efectos de HCE, para las diferentes características agronómicas evaluadas en La Molina y Tacna**

PROGENIES		VIGOR	PREC.	SOBREV. (%)	SEGUNDO CRECIM.	RDTO (TON/HA)	VIGOR	PREC.	SOBREV. (%)	SEGUNDO CRECIM.	RDTO (TON/HA)
BZURA	XY.09	-0.79	0.54	1.64	0.17	-1.64	-0.82	0.11	-0.81	0.72	-0.78
B71.240.2	XY.09	-0.06	0.48	0.44	0.44	4.43	-0.48	-1.03	1.19	-0.34	-1.44
B71.74.49.12	XY.09	-0.26	-0.99	-1.83	0.31	5.38	1.18	-0.56	-0.85	0.19	0.25
B79.638.1	XY.09	0.21	-0.32	2.81	-0.36	-4.70	0.32	-0.03	0.10	-0.21	1.01
BR63.65	XY.09	0.54	-0.59	-1.27	0.17	-1.25	-0.62	0.17	-0.40	-0.08	-0.68
CFC69.1	XY.09	-0.59	0.08	1.13	-0.63	-1.37	0.32	0.77	0.16	0.06	1.10
LT-7	XY.09	0.94	0.28	-1.93	-0.49	-4.06	-0.22	0.51	-1.33	0.19	-1.06
MEX-32	XY.09	0.01	-0.52	-0.99	-0.89	-3.89	-0.02	-0.43	0.83	-0.21	0.41
PIROLA	XY.09	-0.72	-0.52	0.16	-0.16	-0.87	0.12	-0.23	1.37	-0.41	-0.77
PW.31	XY.09	-0.19	0.54	-1.87	0.17	7.21	-0.02	-0.43	-1.50	-0.08	0.25
SEDAFIN	XY.09	0.21	0.08	0.57	0.04	0.25	0.45	0.37	0.34	-0.21	1.81
SERRANA	XY.09	0.68	0.94	1.12	1.24	0.52	-0.22	0.77	0.89	0.39	-0.11
BZURA	XY.13	0.63	-0.34	0.10	0.62	4.58	-0.79	-0.48	-0.87	0.08	-3.78
B71.240.2	XY.13	0.69	0.26	-1.61	0.22	1.98	0.21	0.06	-1.52	-0.98	-0.56
B71.74.49.12	XY.13	-1.17	0.12	-0.03	-0.58	-0.87	-0.12	1.19	1.25	0.22	0.42
B79.638.1	XY.13	-0.37	-0.21	-0.24	0.08	-0.48	-0.66	0.06	0.37	0.15	-0.89
BR63.65	XY.13	-0.04	0.19	-0.13	-0.05	4.96	0.08	0.26	1.24	-0.72	4.25
CFC69.1	XY.13	0.83	0.52	-0.59	0.48	-2.07	0.01	-0.14	-1.24	0.08	-0.33
LT-7	XY.13	0.03	-0.94	0.24	-0.05	9.02	1.48	-0.08	-0.45	0.22	2.40
MEX-32	XY.13	0.09	-0.08	-0.30	0.88	-1.56	0.01	-0.34	0.35	0.48	-0.70
PIROLA	XY.13	-0.31	-0.41	0.76	-0.38	-8.31	-0.52	-0.48	-1.11	0.28	-1.40
PW.31	XY.13	0.89	-0.34	1.17	-0.05	-0.49	0.68	-0.01	-0.46	-0.72	0.70
SEDAFIN	XY.13	-0.71	0.52	0.59	-0.18	-3.56	-0.19	0.79	1.22	0.48	0.03
SERRANA	XY.13	-0.57	0.72	0.03	-0.98	-3.18	-0.19	-0.81	1.22	0.42	-0.15
BZURA	XY.14	0.29	0.63	-1.28	-0.94	0.98	1.38	0.22	1.42	-0.72	2.65
B71.240.2	XY.14	0.36	-0.44	0.05	-0.01	-3.99	1.04	0.08	0.58	0.88	1.65
B71.74.49.12	XY.14	0.49	0.09	0.81	-0.14	-2.27	-0.29	-0.45	-1.95	0.08	0.14
B79.638.1	XY.14	-0.04	0.09	-0.69	-0.14	-2.91	0.18	-0.25	-1.10	0.01	1.35
BR63.65	XY.14	-0.04	-0.84	0.26	1.06	-3.74	-0.09	0.62	-1.86	-0.86	-1.05
CFC69.1	XY.14	-0.17	-0.17	-0.12	0.26	0.86	-0.49	-0.45	0.38	0.61	1.64
LT-7	XY.14	-0.64	0.36	-0.03	0.39	-2.69	-1.02	-0.38	0.20	-0.59	0.79
MEX-32	XY.14	-0.57	-0.11	-0.57	-0.01	1.97	-0.16	1.02	-0.27	0.34	-0.72

«continuación»

PIROLA	XY.14	0.36	0.56	0.08	-0.61	9.99	-0.69	0.22	2.45	0.14	-2.58
PW.31	XY.14	-0.77	-0.04	1.19	-0.27	-2.73	-0.49	0.35	1.11	1.14	-2.06
SEDAFIN	XY.14	0.96	0.16	-0.13	0.26	3.68	-0.36	-0.85	0.35	-0.32	-2.18
SERRANA	XY.14	-0.24	-0.31	0.43	0.13	0.85	0.98	-0.12	-1.32	-0.72	0.37
BZURA	XY.20	-0.98	-0.59	-0.33	0.26	-0.39	-0.04	-0.01	0.79	0.39	-0.11
B71.240.2	XY.20	-0.25	-0.33	1.04	-0.14	-3.28	-1.04	0.19	-0.35	-0.01	0.52
B71.74.49.12	XY.20	0.22	0.87	-0.07	-0.28	1.91	-0.37	-0.34	-1.47	-0.14	-1.07
B79.638.1	XY.20	0.35	0.21	-0.11	-0.28	0.76	0.09	0.53	2.21	-0.21	-0.04
BR63.65	XY.20	-0.98	0.94	1.43	-1.08	1.64	-0.17	0.06	0.40	0.26	-0.18
CFC69.1	XY.20	0.88	-0.73	-0.77	0.12	3.33	-0.57	0.33	-1.21	-0.28	-2.20
LT-7	XY.20	-0.25	0.47	0.50	0.26	3.95	-0.11	0.06	1.08	-0.14	-1.64
MEX-32	XY.20	0.15	1.01	1.88	-0.14	2.72	0.09	0.13	-0.90	-0.54	1.25
PIROLA	XY.20	-0.25	-0.99	-0.83	0.92	-0.87	0.89	-0.01	-0.52	0.92	0.46
PW.31	XY.20	0.62	-0.26	-0.30	-0.41	-2.63	0.76	-0.54	1.09	-0.41	1.00
SEDAFIN	XY.20	0.35	-0.06	-2.12	0.12	-4.77	0.56	-0.07	-1.39	0.12	1.41
SERRANA	XY.20	0.15	-0.53	-0.34	0.66	-2.37	-0.11	-0.34	0.27	0.06	0.60
BZURA	XY.16	0.85	-0.23	-0.13	-0.11	-3.54	0.27	0.16	-0.54	-0.47	2.02
B71.240.2	XY.16	-0.75	0.03	0.08	-0.51	0.87	0.27	0.69	0.09	0.46	-0.17
B71.74.49.12	XY.16	0.72	-0.10	1.11	0.69	-4.14	-0.40	0.16	3.02	-0.34	0.26
B79.638.1	XY.16	-0.15	0.23	-1.78	0.69	7.33	0.07	-0.31	-1.58	0.26	-1.44
BR63.65	XY.16	0.52	0.30	-0.30	-0.11	-1.62	0.80	-1.11	0.62	1.39	-2.34
CFC69.1	XY.16	-0.95	0.30	0.35	-0.24	-0.74	0.73	-0.51	1.90	-0.47	-0.21
LT-7	XY.16	-0.08	-0.17	1.22	-0.11	-6.21	-0.13	-0.11	0.49	0.33	-0.50
MEX-32	XY.16	0.32	-0.30	-0.02	0.16	0.75	0.07	-0.37	-0.01	-0.07	-0.23
PIROLA	XY.16	0.92	1.37	-0.18	0.23	0.06	0.20	0.49	-2.19	-0.94	4.29
PW.31	XY.16	-0.55	0.10	-0.18	0.56	-1.36	-0.93	0.63	-0.24	0.06	0.10
SEDAFIN	XY.16	-0.82	-0.70	1.09	-0.24	4.41	-0.47	-0.24	-0.51	-0.07	-1.08
SERRANA	XY.16	-0.02	-0.83	-1.25	-1.04	4.18	-0.47	0.49	-1.06	-0.14	-0.72
S.E. $S_{jk}$		0.68	0.57	1.53	0.23	4.71	0.67	0.56	1.35	0.15	1.73
$S_{jk} - S_{jk}'$ (Líneas)		0.96	0.81	2.16	0.33	6.65	0.95	0.80	1.91	0.22	2.45

**Anexo 5: Relación de 63 clones seleccionados en La Molina, con atributos de tolerancia al calor, resistencia a PLRV, PVX y PVY**

CODIGO PEDIGRI					CODIGO PEDIGRI				
1	C91.603	PIROLA	x	XY-9	33	C91.635	B71-7449.12	x	XY-14
2	C91.604	SERRANA	x	XY-9	34	C91.636	B71-7449.12	x	XY-14
3	C91.605	SERRANA	x	XY-9	35	C91.637	LT-7	x	XY-14
4	C91.606	SERRANA	x	XY-16	36	C91.638	B71-240.2	x	XY-16
5	C91.607	SERRANA	x	XY-16	37	C91.639	B71-7449.12	x	XY-16
6	C91.608	SEDAFIN	x	XY-9	38	C91.640	B71-240.2	x	XY-16
7	C91.609	CFC-69.1	x	XY-9	39	C91.641	LT-7	x	XY-16
8	C91.610	CFC-69.1	x	XY-9	40	C91.642	LT-7	x	XY-16
9	C91.611	MEX-32	x	XY-9	41	C91.643	SEDAFIN	x	XY-16
10	C91.612	MEX-32	x	XY-9	42	C91.644	B79-638.1	x	XY-20
11	C91.613	MEX-32	x	XY-9	43	C91.645	B79-638.1	x	XY-20
12	C91.614	MEX-32	x	XY-9	44	C91.646	B71-7449.12	x	XY-20
13	C91.615	B79-638.1	x	XY-9	45	C91.647	B79-638.1	x	XY-20
14	C91.616	B71-7449.12	x	XY-9	46	C91.648	B79-638.1	x	XY-20
15	C91.617	B71-240.2	x	XY-9	47	C91.649	B71-7449.12	x	XY-20
16	C91.618	B71-240.2	x	XY-13	48	C91.650	BR-63.65	x	XY-20
17	C91.619	B79-638.1	x	XY-13	49	C91.651	MEX-32	x	XY-20
18	C91.620	B79-638.1	x	XY-13	50	C91.652	SERRANA	x	XY-20
19	C91.621	SEDAFIN	x	XY-13	51	C91.653	SERRANA	x	XY-20
20	C91.622	SEDAFIN	x	XY-13	52	C91.654	LT-7	x	XY-20
21	C91.623	SERRANA	x	XY-13	53	C91.655	LT-7	x	XY-20
22	C91.624	SERRANA	x	XY-13	54	C91.656	LT-7	x	XY-20
23	C91.625	SERRANA	x	XY-13	55	C91.657	SEDAFIN	x	XY-20
24	C91.626	LT-7	x	XY-13	56	C91.658	SEDAFIN	x	XY-20
25	C91.627	LT-7	x	XY-13	57	C91.659	MEX-32	x	XY-20
26	C91.628	SERRANA	x	XY-14	58	C91.660	B71-7449.12	x	XY-20
27	C91.629	SERRANA	x	XY-14	59	C91.661	MEX-32	x	XY-20
28	C91.630	SEDAFIN	x	XY-14	60	C91.662	MEX-32	x	XY-20
29	C91.631	SEDAFIN	x	XY-14	61	C91.663	B71-240.2	x	XY-9
30	C91.632	SEDAFIN	x	XY-14	62	C91.664	SEDAFIN	x	XY-14
31	C91.633	SEDAFIN	x	XY-14	63	C91.665	MEX-32	x	XY-16
32	C91.634	BR-63.65	x	XY-14					

**Anexo 6: Relación de 27 clones seleccionados en Tacna, con atributos de tolerancia al calor, resistencia a PLRV, PVX y PVY.**

	<b>CÓDIGO</b>	<b>PEDRIGRI</b>		
1	C91.901	B71-7449.12	x	XY-14
2	C91.902	B71-7449.12	x	XY-9
3	C91.903	B71-7449.12	x	XY-20
4	C91.906	B71-7449.12	x	XY-13
5	C91.910	CFC-69.1	x	XY-14
6	C91.912	CFC-69.1	x	XY-9
7	C91.913	PIROLA	x	XY-9
8	C91.914	PIROLA	x	XY-20
9	C91.916	PIROLA	x	XY-20
10	C91.917	PIROLA	x	XY-13
11	C91.918	PIROLA	x	XY-13
12	C91.919	PIROLA	x	XY-13
13	C91.921	SEDAFIN	x	XY-9
14	C91.922	SEDAFIN	x	XY-13
15	C91.923	SEDAFIN	x	XY-16
16	C91.924	SEDAFIN	x	XY-16
17	C91.930	SERRANA	x	XY-13
18	C91.931	B71-240.2	x	XY-13
19	C91.932	B71-240.2	x	XY-20
20	C91.933	B71-240.2	x	XY-9
21	C91.934	B71-240.2	x	XY-9
22	C91.936	BR-63.65	x	XY-13
23	C91.938	BZURA	x	XY-20
24	C91.940	BZURA	x	XY-20
25	C91.944	PW-31	x	XY-13
26	C91.947	LT-7	x	XY-16
27	C91.949	B71-240.2	x	XY-16