

Este proyecto forma parte de



Financiado por
la Unión Europea

Agencias implementadoras



Entidades solicitantes



Papa, Familia y Clima

Proyecto Regional

**Mejoramiento genético para resistencia o
tolerancia a factores bióticos y abióticos
que afectan el cultivo de Papa.**

M. Gastelo, E. Salas Centro Internacional de la Papa, Lima – Perú
20 de Abril 2021

*Serie de Seminarios virtuales "BPA-CI en sistemas
agroalimentarios andinos basados en papa"*

2021

CONTENIDO:

- ✓ Introducción
- ✓ Mejoramiento Genético en el Centro Internacional de la Papa-CIP
- ✓ Resultados obtenidos
- ✓ Experiencias de aplicación exitosa
- ✓ Lecciones aprendidas
- ✓ Conclusiones y recomendaciones

I.- INTRODUCCION

- ✓ El cultivo de papa es el tercer cultivo consumido en el Mundo, después del trigo y el arroz.
- ✓ En los Andes Sudamericanos de Bolivia, Ecuador y Perú, es el principal cultivo para la alimentación y generador de ingresos a los agricultores, con un área sembrada de aproximadamente 500,000 hectáreas y con rendimientos promedios de 13-14 t/ha.
- ✓ Los rendimientos del cultivo es afectado por diferentes estrés bióticos y abióticos.

Principales estreses bióticos:

- ✓ Tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary)
- ✓ Virus PVX, PVY y PLRV.
- ✓ Gorgojo de los Andes (*Premnotrypes spp*)
- ✓ Polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*)
- ✓ Nematodo del quiste (*Globodera pallida*)
- ✓ Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*)

Principales estreses abióticos:

- ✓ Sequia
- ✓ Calor
- ✓ Heladas

Valor nutricional de la Papa:

Los tubérculos de papa poseen contenidos nutricionales importantes como Fierro y Zinc, que pueden contribuir en el control de la anemia que afecta a mas de dos millones de personas en el mundo principalmente a las poblaciones mas pobres y de recursos limitados.

Mejoramiento Genético en el CIP

- ✓ Resistencia al tizón tardío
Phytophthora infestans
(Mont) de Bary
- ✓ Precocidad
- ✓ Resistencia a los virus: PVX,
PVY, PLRV
- ✓ Tolerancia al calor
- ✓ Tolerancia a la sequía
- ✓ Micronutrientes: Fe, Zn,



Selección recurrente fenotípica – Ciclos de selección y recombinación



AMBIENTES DE EVALUACION EN EL PERU

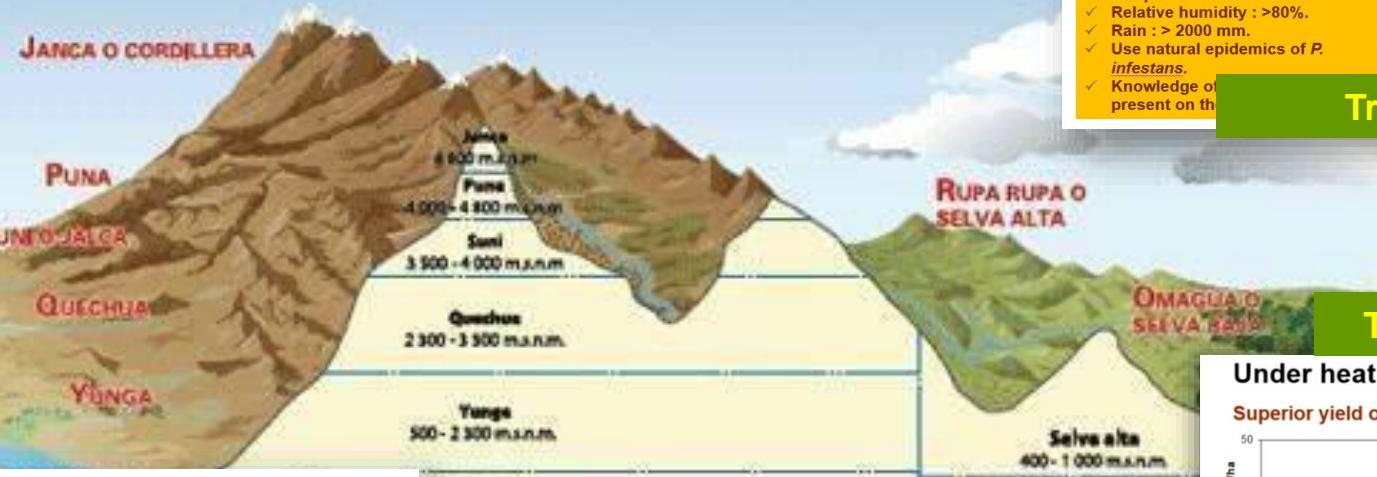
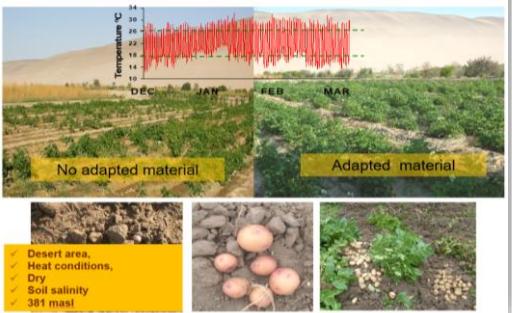


Zonas áridas-sub tropicales

Long day & Heat tolerant
LA MOLINA (SPRING-SUMMER)



Shorter cycle tuber production under warmer conditions: TACNA



Tolerance to heat and drought: MAJES



Late blight evaluation site in Peru : OXAPAMPA



- ✓ Temperature : 7 – 21° C.
- ✓ Relative humidity : >80%.
- ✓ Rain : > 2000 mm.
- ✓ Use natural epidemics of *P. infestans*.
- ✓ Knowledge of *P. infestans* present on the site.

Trópicos altos húmedos



Trópicos bajos humedos

Under heat conditions (70 dap; SAN RAMON)

Superior yield of selected clones (cycle 5)



Población de Resistencia a Virus de Tierras Bajas Tropicales (LTVR)

Productos

Candidatos para ser variedades

- ✓ **Resistencia a Virus**
PVY, PVX, PLRV
- ✓ **Período de crecimiento**
Precoces (90 dds)
- ✓ **Tolerancia a calor, sequía y salinidad**
- ✓ **Buenas características postcosecha**
Materia seca, calidad de cocción y hojuelas

Poblaciones

- ✓ **Lineas de parentales**
Programas regionales de mejoramiento
- ✓ **Semilla botánica**
Progenies segregantes



CLONE: 388615.22

REICHE

CLONE: 392797.22

UNICA

CLONE: 388615.22

C91.640

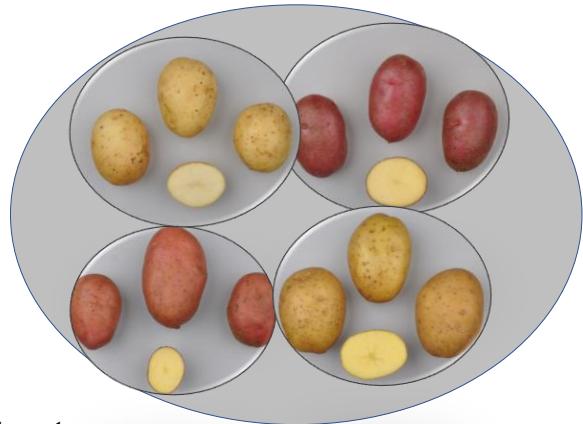
CLONE: 397073.16

CLONE: 399101.1

CLONE: 397077.16

Transferencia de Micronutrientes de la Población Diploide a Tetraploide

33 Progenitores Hembras
4x (LTVR y LB)



17 Progenitores Macho 2x del
Ciclo II (Biofortificación)



- Resistente a enfermedades
- Tolerante a Calor y sequía
- Alto rendimiento y estables
- Calidad Industrial
- Buena apariencia comercial

Semilla
botánica



230 familias 4x-2x
(11 829 genotipos)

- Altos Cont./ HCG Fe y Zn
- Alta frecuencia de pollen 2n



Mejoramiento Genético para la resistencia al Tizon Tardio



Seleccionados por:

- Resistencia horizontal al tizon tardio- TT
- Buenos caracteres agronomicos y de calidad
- Tolerancia a estreses bioticos y abioticos – Calor, Sequia
- Precocidad (inicio de tuberizacion, llenado rapido de tuberculos)
- Extrema resistencia a PVY, PVX
- Adaptacion to amplios ambientes (Longitud del dia).

Mejoramiento Poblacional

- ✓ Incrementar la frecuencia de genes y genotipos con resistencia al tizon tardio.
- ✓ Mantener la diversidad genetica para la resistencia y otros caracteres de importancia economica.
- ✓ Recombinar con otras resistencias a enfermedades o

Seleccion de clones con potencial para variedades

- ✓ Desarrollo de clones elite con alta productividad, altos niveles de resistencia al tizon tardio, amplia adaptacion, calidad para chips y tiras, tolerancia al calor y alto potencial para liberacion de nuevas variedades.

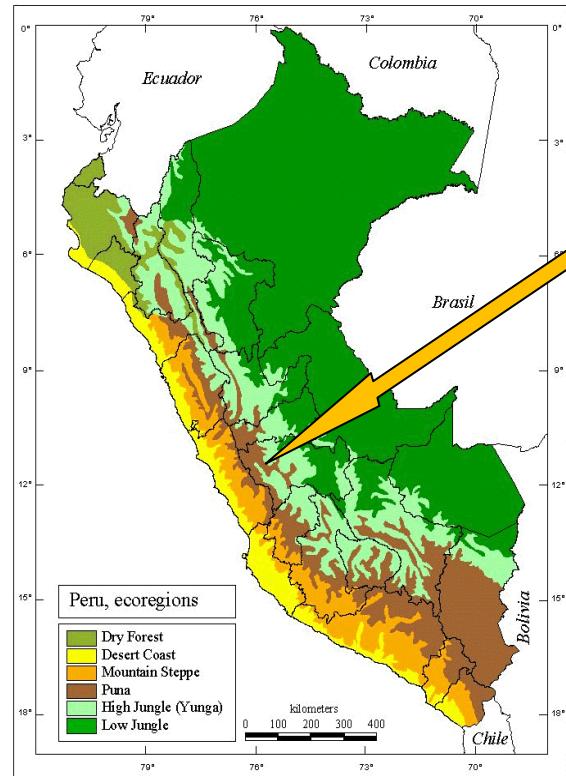
B1
adg x
adg
B1C5

B2
adg x tbr
B2C2

B3
S. demissum,
tbr, acaule
Bulb,
andigena
B3C3

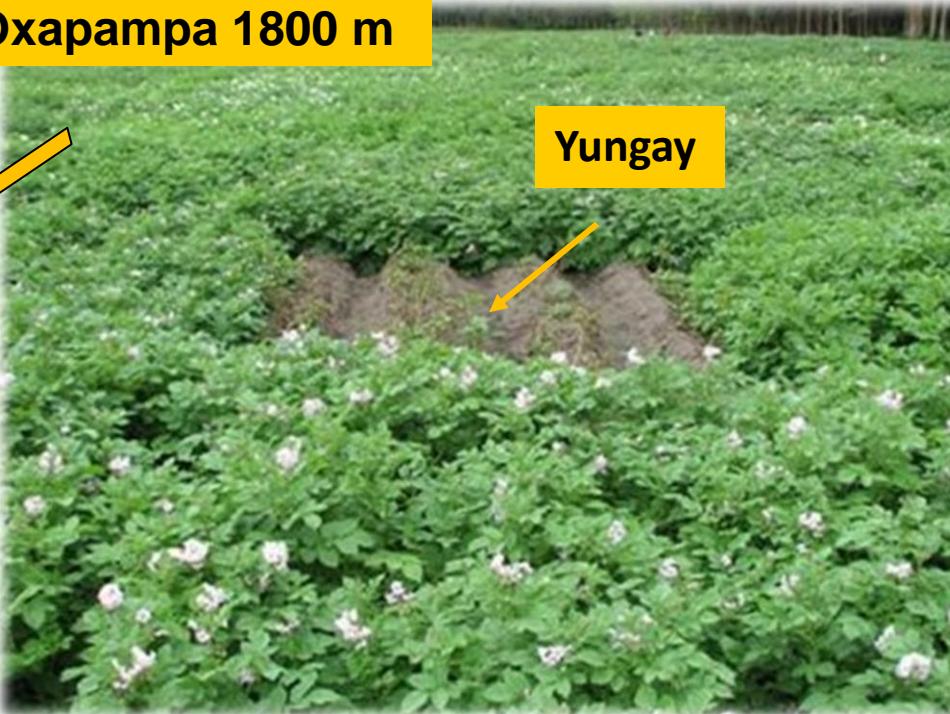
LBHT
B3C1, LBXY,
Var. tbr
TT, Calor

Evaluacion para resistencia al Tizon Tardio en Perú : OXAPAMPA



Oxapampa 1800 m

Yungay



- ✓ Temperatura : 7 – 21° C.
- ✓ Humedad Relativa : >80%.
- ✓ Lluvia : > 2000 mm.
- ✓ Infección Natural de *P. infestans*.
- ✓ Conocimiento de la población del patógeno presente

Distribución de Germoplasma Mejorado para apoyar a los Programas Nacionales

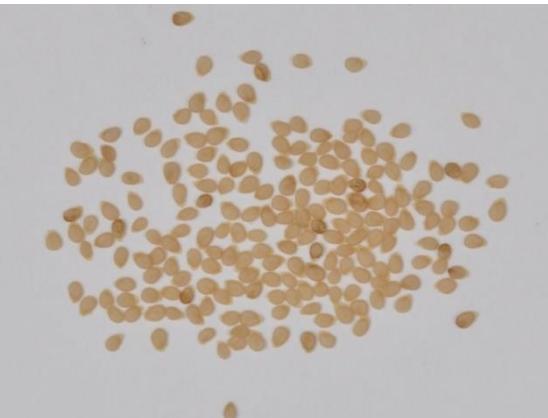
Clones y Progenitores – Plantas in-vitro



Catalogo Online de los Clones Avanzados del CIP
2019



Semilla botánica de progenies avanzadas



Sistema Global de Manejo de Información (GTDMs)

<https://research.cip.cgiar.org/gtdms/>

> Protocolos y videos

Home



Methods for Inoculation and Evaluation of Potato Clones for Virus Resistance

1. Introduction (Dr. Merideth Bonierbale)
2. Module 1: Inoculum propagation
3. Module 2: Evaluation of progenies for resistance to the viruses PVY and PVK
4. Module 3: Evaluation of the selected clones for the extreme resistance to the viruses PVY and PVK
5. Module 4: Evaluation of progeny and clones for resistance to the infection for the virus PLRV

English Tutorial Spanish Tutorial



Procedures and Crossing Techniques for CIP's Potato Breeding Program

1. Introduction
2. Module 1: Sanitary Measures
3. Module 2: Greenhouse Management
4. Module 3: Crosses
5. Module 4: Harvesting and Processing of Berries
6. Module 5: Pollen Viability Assessment

English Tutorial Spanish Tutorial

Metodologías de Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa

Módulo 2. Evaluación del rendimiento de tubérculos sanos de clones avanzados de papa
Manual para colaboradores internacionales



Procedures for Standard Evaluation and Data Management of Advanced Potato Clones

Practical Guide to Assessing Potato Clones for Drought Tolerance under Field Conditions
International Cooperators' Guide



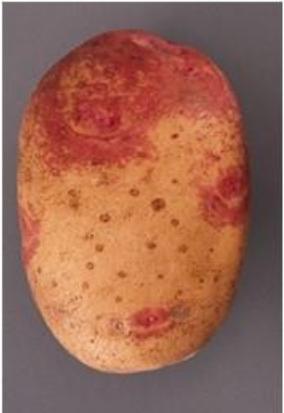
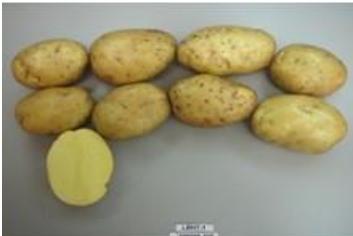
Protocol for tuber bulking
maturity assessment of elite and advanced potato clones

Selección Participativa de Variedades de Papa (SPV) usando el Diseño Mamá y Bebé
Una guía para capacitadores con perspectiva de género



Summary Guide to Selecting Potato Clones for Drought Tolerance under Field Conditions
International Cooperators' Guide

RESULTADOS OBTENIDOS



#	Poblacion	Clones Elite en HS2
1	B3C1	56
2	B3C2	57
3	B3C3	50
4	B1C5	71
5	LBHT	44
6	Variedades liberadas	± 70*

LTVR_ GRUPO LD: 64 nuevos clones resistentes a virus (PVY y PVX), precoces de 80 a 120 días y mejor tolerancia a calor y sequía.



309001.061



309007.007



309015.094



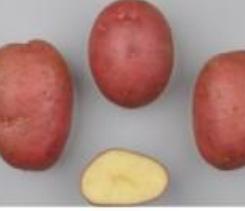
309008.081



309153.065



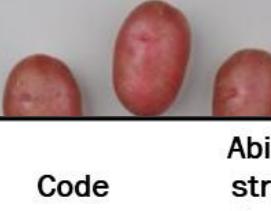
309022.032



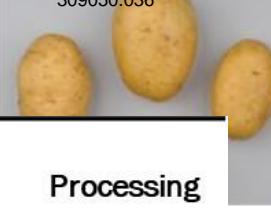
309024.114



309050.053



309050.036



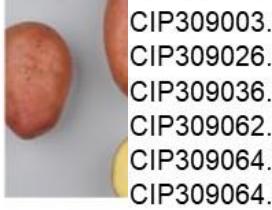
309052.084



309075.029

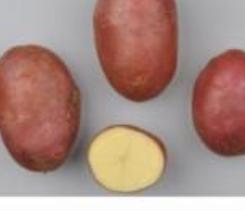


309056.005

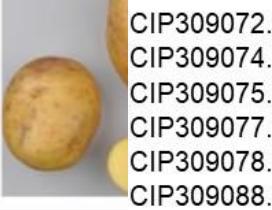


CIP Number	Code	Abiotic stress tolerance	Processing
CIP309003.011	VHT-003.011	LD&HT	Good
CIP309003.013	VHT-003.013	HT	Excellent
CIP309026.014	VHT-026.014	DT	Good
CIP309036.003	VHT-036.003	DT	Good
CIP309062.077	VHT-062.077	LD&HT	
CIP309064.042	VHT-064.042	HT	Excellent
CIP309064.076	VHT-064.076	DT	Good
CIP309068.004	VHT-068.004	HT	Excellent
CIP309068.007	VHT-068.007	DT	Excellent
CIP309072.046	VHT-072.046	LD&HT	Good
CIP309074.123	VHT-074.123	LD&HT	
CIP309075.004	VHT-075.004	HT	Good
CIP309077.105	VHT-077.105	HT	Excellent
CIP309078.056	VHT-078.056	HT	
CIP309088.060	VHT-088.060	DT	
CIP309105.041	VHT-105.041	DT	Good
CIP309108.007	VHT-108.007	LD&HT	Good
CIP309117.115	VHT-117.115	DT	
CIP309123.030	VHT-123.030	LD&HT	
CIP309151.091	VHT-151.091	HT	Good
CIP309156.005	VHT-156.005	LD&HT	

309052.098



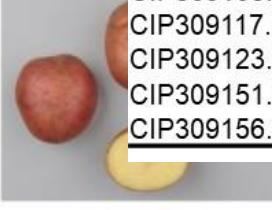
309088.125



309131.016



309132.037



309105.057



309153.120



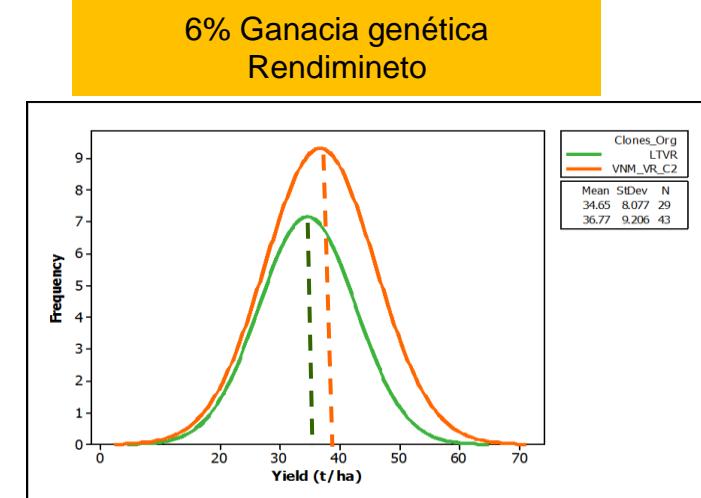
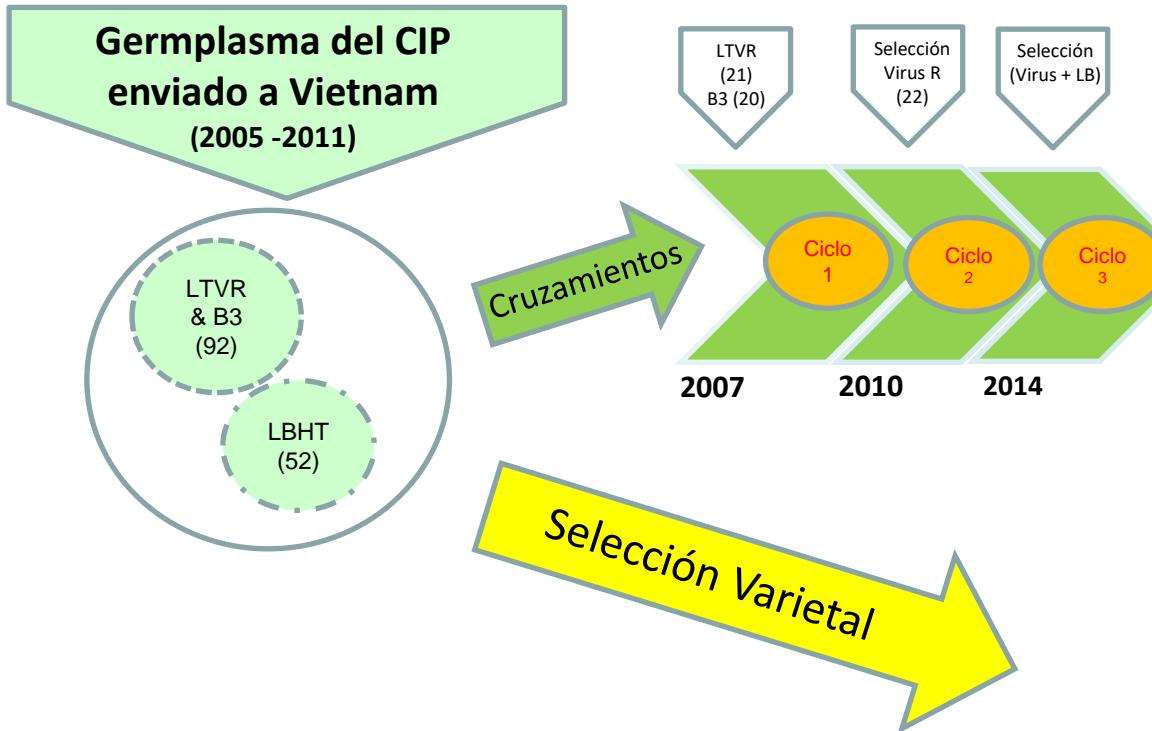
Nueva generación LTVR- Grupo VHT : Más de 60 clones precoces, resistentes a virus y mejor tolerancia a calor y sequía

**Más de 30 Clones Biofortificados Tetraploides con
> 50 % Hierro , > 24 % Zinc que las variedades comerciales
Resistentes a PVY, Tizón tardío y Tolerancia a Heladas**



Experiencias de Aplicación Exitosa

Caso 1: Vietnam



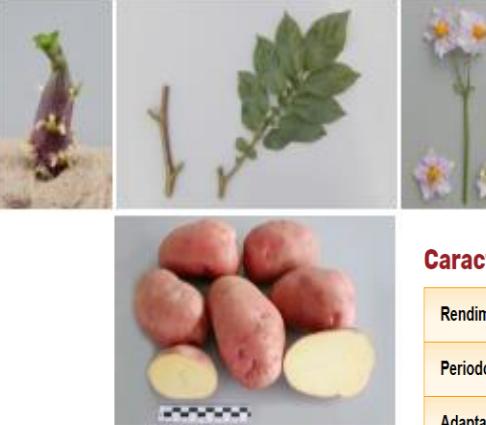
Los clones más promisorios identificados a partir de materiales introducidos por el CIP sugirieron que los clones avanzados generados y seleccionados en el CIP de Perú pueden adaptarse a un área de tierras bajas subtropicales como el delta del río Rojo en Vietnam.

Caso 2: UNICA: CIP392792.22

Catalogue of CIP Advanced Clones

Distribution Map Add to order Fingerprint

CIP392797.22 - C92.140
[CIP387521.3 x APHRODITE]



Resistencia a factores bióticos

Tizón tardío (LB)	Susceptible
El virus X de la papa (PVX)	Resistente
El virus Y de la papa (PVY)	Resistencia Extrema
El virus del enrollamiento de la hoja de papa (PLRV)	Resistente
Marchitez bacteriana (MB)	Moderadamente susceptible
Nemátodo del nódulo de la raíz (RKN)	Moderadamente resistente
Mosca minadora (LMF)	Altamente susceptible

Características agronómicas

Rendimiento de tubérculos (Kg/planta)	0.96
Periodo de dormancia - DLS en trópicos altos	109
Adaptabilidad	Trópicos bajos y altos
Patrones de brotamiento	AD
Viabilidad de polen (%)	80.90

Características después de la cosecha

Materia seca (%)	21
Absorción de aceites (%)	39
Color de hojuelas	Moderadamente claro

Variedad lanzada en Perú, Costa Rica, China, Tayikistán, Butan, Kenya, etc

Alto Rendimiento, Amplia Adaptación, Tolerante a Calor, Sequía y Resistente a Virus



Caso 3: Kufry Lima: CIP397065.28 - India



Distribution Map Add to order Fingerprint

CIP397065.28 - 141.28

(CIP391180.6 [C90.266] x CIP39280.1 [C93.154])

Población: Low Tropical Virus Resistant



Características morfológicas

Color predominante de piel del tubérculo	Blanco-crema
Color secundario de piel del tubérculo	Ausente
Distribución del color secundario del tubérculo	Ausente
Color predominante de pulpa del tubérculo	Crema
Color secundario de pulpa del tubérculo	Ausente
Distribución del color secundario de la pulpa	Ausente
Forma general del tubérculo	Oblongo
Variante de forma	Ausente
Profundidad de los ojos del tubérculo	Superficial

Variedad lanzada en India 2017 Precoz, Tolerante a Calor y Resistente a Virus

Resistencia a factores bióticos

Tizón tardío (LB)	Altamente susceptible
El virus X de la papa (PVX)	Resistencia Extrema
El virus Y de la papa (PVY)	Resistencia Extrema
El virus del enrollamiento de la hoja de papa (PLRV)	Susceptible
Marchitez bacteriana (MB)	Moderadamente susceptible
Nemátilo del nódulo de la raíz (RKN)	Moderadamente resistente
Mosca minadora (LMF)	Altamente susceptible

Características agronómicas

Rendimiento de tubérculos (Kg/planta)	1.13
Periodo de dormancia - DLS en trópicos altos	98
Periodo de crecimiento en trópicos bajos	Precoz
Periodo de crecimiento en trópicos altos	Tardio
Adaptabilidad	Trópicos bajos
Patrones de brotamiento	AD

Concentración de nutrientes en los tubérculos

Concentración de nutrientes en los tubérculos	Ranks		
	Minimum	Maximum	Average
Vitamina C (mg/100g, en peso seco)	69.69	127.73	90.08
Fe (mg/kg, en peso seco)	15.24	17.79	16.48
Zn (mg/kg, en peso seco)	12.93	17.66	15.73

CIP - International Germplasm Distribution (1979-2017)



Caso 4: Clon CIP393371.58

CIP393371.58 -

(CIP387170.16 x CIP389746.2)

Population: B3C1

This variety is resistant to late blight (horizontal) and extreme resistance to PVX. Intermediate between tbr and adg, medium size plant, semi-erect, strong stems, small to medium size leaves, white flower color and regular flowering habit. Tubers have oblong shape, cream flesh with superficial eyes, medium to large tuber sizes, intermediate tuber number per plant. Yield high under LB disease. Tubers are good for processing specially for chips (crisps) and French fry (chips). The

Variety was released in Peru in 2007



DESCRIPTION

ADD COMMENT

Morphological characters

Predominant tuber skin color	White-cream
Tuber skin secondary color	Pink
Distribution of secondary tuber skin color	In the eyebrows
Predominant tuber flesh color	Cream
Tuber flesh secondary color	Absent
Distribution of secondary flesh color	Absent
General tuber shape	Oblong
Unusual tuber shape	Absent
Tuber shape depth of eyes	Shallow

Resistance traits

Late blight (LB)	Resistant
Potato virus X (PVX)	Extreme Resistance
Potato virus Y (PVY)	Susceptible
Potato leaf roll virus (PLRV)	Susceptible
Bacterial wilt (BW)	Susceptible
Root knot nematode (RKN)	Susceptible
Leaf miner fly (LMF)	Susceptible

Agronomical performance

Tuber yield (kg/plant)	145
Dormancy period - DL 8 lowland	90
Dormancy period - DL 8 highland	90
Adaptability	Highland tropics

Post-harvest performance

Dry matter (%)	25
Oil absorption rate (%)	31
Chipping color	Moderately light
French fries	2
Cooking quality	Totally solid and firm
After cooking darkening	Light
Texture of tuber after cooking	Floamy
Flavour	Very good

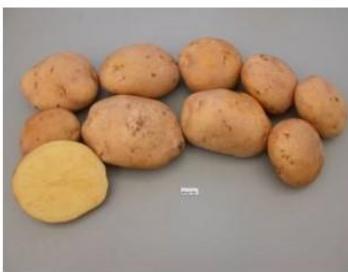
Este clon pertenece a la población B, grupo B3C1, con alto nivel de resistencia al tizón tardío, extrema resistencia a PVX, alto rendimiento de tubérculos, bajo contenido de glicoalcaloides, periodo vegetativo de 110-120 días

Se ha liberado como variedad en los sgtes países:

Peru	:	Chucmarina
Costa Rica	:	Kamuk
Bangladesh	:	BARI- Potato 46
Kenya	:	Kenya MPYA
Rwanda	:	Twihaze
Ethiopia	:	Belete



Caso 4: Variedades Liberadas en Peru



Amarilis



Pallayponcho



Serranita



Poderosa

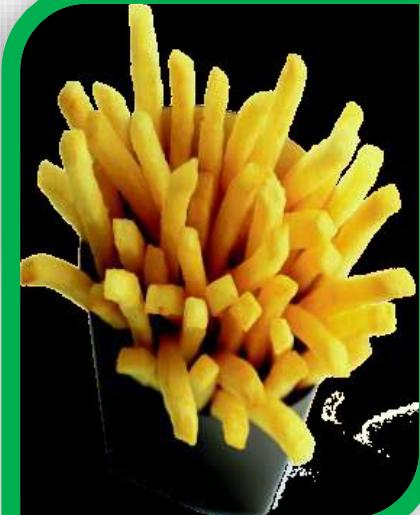


Serranita



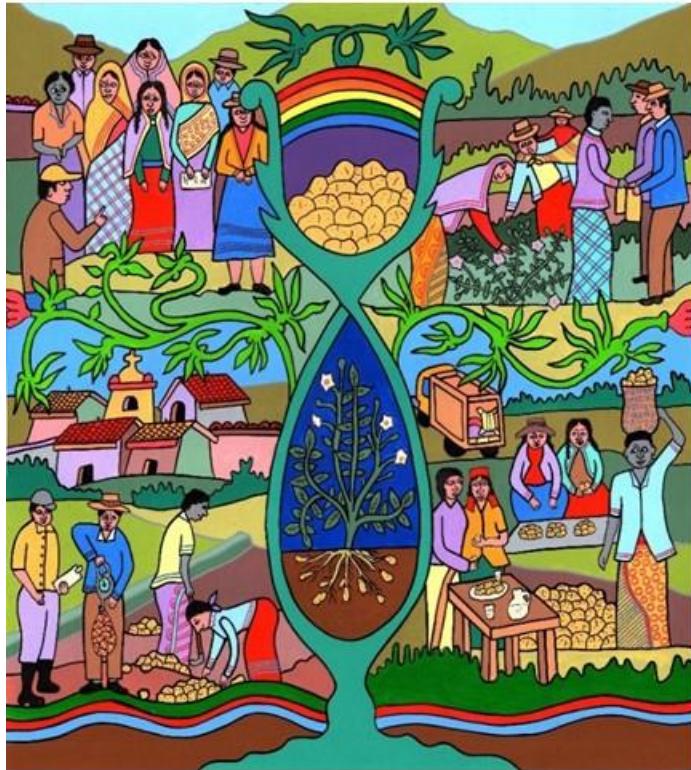
Variedades liberadas en el Mundo

#	Variety	Year	Country	CIPNUMBER
1	Shulay	2017	Peru	CIP387096.2
2	Poderosa	2014	Peru	CIP399049.22
3	Kawsay	2013	Peru	CIP399062.118
4	Konjo	2015	Kenya	CIP393077.159
5	Pasqui	2011	Costa Rica	CIP395015.6
6	Kamuk	2011	Costa Rica	CIP393371.58
7	Duran	2011	Costa Rica	CIP385524.9
8	Rosa	2013	Angola	CIP395015.6
9	IIA50	2013	Angola	CIP395015.6
10	Preferencia Chevron	2013	Angola	CIP395111.13
11	Barcelhina	2013	Angola	CIP396036.201
12	BARI potato-46	2014	Bangladesh	CIP393371.58
13	BAARI Potato-53	2014	Bangladesh	CIP393280.60
14	NOVA	2009	Colombia	CIP393399.7



#	País	Variedad	CIPNUMBER	#	País	Variedad	CIPNUMBER
1	Perú	Canchan	380389.1	19	Burundi	Jubile	382147.18
2		Amarilis	384866.5	20	Cameroon	Cipira	381381.13
3		Serranita	391691.96	21		Tubira	381406.6
4		Pucalliclla	399085.23	22	Ethiopia	Sissay	378501.16
5		Pallayponcho	399075.7	23	Kenya	Tigoni	381381.13
6		Chugmarina	393371.58	24		Asante	381381.2
7	Bolivia	Chaposa	385240.2	25	Rwanda	Nderera	381381.3
8	Ecuador	INIAP - Sta Rita	384638.1	26		Ngunda	381395.1
9		INIAP-Fripapa	388790.24	27		Kegega	392120.14
10		INIAP-Rosita	382119.2	28		Mugogo	383140.6
11		INIAP-Margarita	388749.36	29		Mizero	386003.2
12	Costa Rica	Birris	386040.9	30		Gikungu	387233.24
13		Floresta	386056.7	31	Uganda	Kisoro	381379.9
14	Panama	IDIAP 92	381381.13	32		Victoria	381381.2
15		IDIAFRIT	381390.3	33	Zaire	Kinigi	378699.2
16	Venezuela	Andina	380013.2	34		Baseko	380583.8
17	Burundi	Rukinzo	381381.13	35		Enfula	380606.6
18		Ingabire	381381.26	36		Nurula	386022.22

Selección Participativa de Variedades de Papa (SPV) usando el Diseño Mamá y Bebé: una guía para capacitadores con perspectiva de género



Las principales evaluaciones de la SPV durante el crecimiento del cultivo de la papa.

Evaluación a la Floración



Evaluación Poscosecha



Evaluación a la cosecha

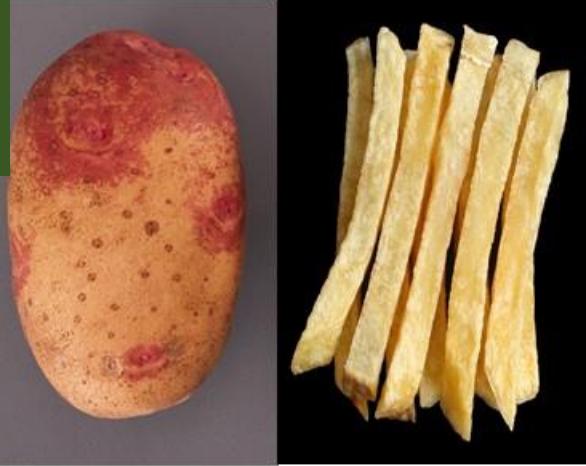
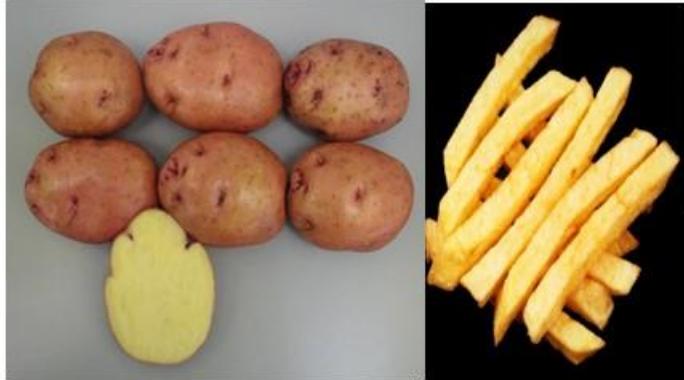


Fonseca, C. (2009). Huancayo-Perú.
Standard performance assessment: It is recommended to harvest the mother trial one day prior and to have each plot marked and replicated for field day evaluation with farmers.

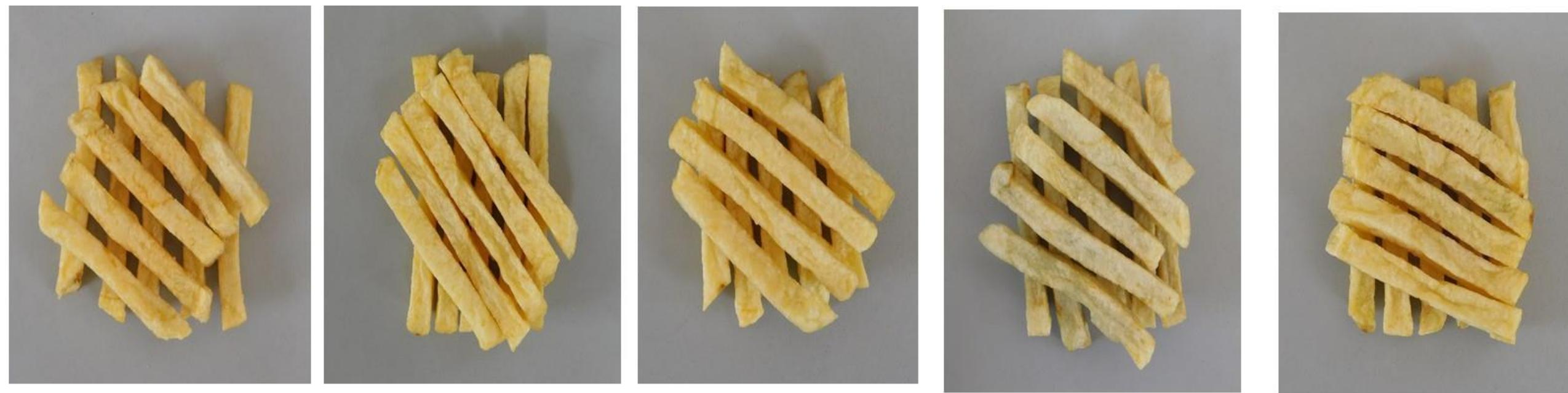
Análisis Estadísticos de los datos experimentales



Selección de clones de papa con aptitud para procesamiento industrial en bastones y horneado, resistencia a la Rancha y producción de semilla de alta calidad fitosanitaria







LECCIONES APRENDIDAS

- ✓ Mejorar la coordinación entre el CIP y las instituciones nacionales publicas y privadas, programas de investigación en papa, Universidades, ONGs. Para tener un retorno oportuno de la información de los ensayos realizados para registro de variedades, usando materiales del CIP, estableciendo una plataforma de intercambio de información.
- ✓ Crear una plataforma de producción de semilla de alta calidad, así cuando se libere una nueva variedad se cuente con suficiente semilla para los agricultores que desean sembrar las nuevas variedades.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Existen clones elite listos para distribución y atender las necesidades de los diferentes países para enfrentar a los factores que afectan al cultivo localmente, permitiendo obtener variedades resilientes al cambio climático y que ayuden a contribuir con la dieta humana especialmente para combatir la deficiencia de hierro y Zinc.
- ✓ También se tiene clones con alta calidad para procesamiento industrial en chips o bastones dándole un valor agregado, además de la resistencia o tolerancia a factores bióticos y abióticos respectivamente.

Este proyecto forma parte de



Financiado por
la Unión Europea

Agencias implementadoras



Entidades solicitantes



Papa, Familia y Clima

Proyecto Regional

GRACIAS



2021