

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Caracterización y selección molecular de accesiones de Papas
Nativas (*Solanum* spp.) con genes para resistencia a
Phytophthora infestans, La Mar, Ayacucho, 2022**

**Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniero Agrónomo**

**Presentado por:
Bach. Ruben Edgar Muñoz Dipaz**

**Asesor:
Ph.D. Germán Fernando De La Cruz Lapa**

**Co-asesores
M. Sc. Eugenia Rocío Quispe Medina
Ph.D.(c) Edgar Neyra Valdéz**

**Ayacucho - Perú
2024**

A Dios, quien me dio la vida y salud, por su inmenso amor infinito y por ser mi fortaleza cotidiana.

A mis padres, Felipe Muñoz y Graciela Dipaz, por su apoyo incondicional, por haberme enseñado a ser persona de bien y humilde; sobre todo, por haber confiado en mí.

A mis hermanos, Juan R, Marisol y Ruth Karina, por haberme acompañado siempre y ser parte de la alegría de nuestra familia.

A mis maestros, por adiestrarme y haberme compartido sus conocimientos, por sus consejos del bien y sabiduría que me transmitieron durante mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros del aula, Estudiantina Universitaria de Agronomía (EUA), con quienes compartimos momentos únicos durante todo el desarrollo de mi vida universitaria.

Rubén E.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), Alma Máter de mi adiestramiento e instrucción profesional. A mis docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), por haberme inculcado y compartido sus conocimientos y experiencias profesionales.

Al **Ph.D. Germán De La Cruz Lapa**, gestor y asesor del presente trabajo de investigación, quien me dio la confianza y oportunidad de realizar mi proyecto de tesis bajo su asesoría; asimismo, por su apoyo y sugerencias oportunas que me permitieron concluir satisfactoriamente mi investigación.

Al **Dr. Edgar L. Neyra Valdés**, Docente Investigador de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), co-asesor de este trabajo de investigación, por sus sugerencias a cerca del desarrollo del presente proyecto de investigación, los cuales me han sido de mucha ayuda.

Al **M. Sc. Eugenia Rocío Quispe Medina**, co-asesora de este trabajo de investigación, por la orientación y ayuda incondicional que me brindó para la realización del presente trabajo.

Al equipo de trabajo de **Círculo de Estudios e Investigaciones de Genética, Genómica y Biotecnología (CEIGB)**, por haberme acogido en sus filas, por las sugerencias en cada reunión del Círculo de estudios, los cuales han sido de mucha ayuda.

A mis compañeros tesisistas de Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal, con quienes nos hemos brindado ayuda mutua durante todo el proceso de desarrollo y culminación de nuestro trabajo de investigación.

Al Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal (LGBV) de la Escuela Profesional de Agronomía, por la disposición inmediata y plena de sus instalaciones para todos los tesisistas.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	5
1.1. ANTECEDENTES	5
1.2. LA PAPA (<i>Solanum</i> spp.)	6
1.2.1. Generalidades	6
1.2.2. Clasificación taxonómica de papa cultivada	7
1.2.3. Origen, evolución y domesticación	8
1.2.4. Descripción botánica de la papa	8
1.2.5. Fases fenológicas de la papa.....	10
1.3. TIZÓN TARDÍO	11
1.3.1. <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary	11
1.3.2. Clasificación taxonómica	11
1.4. MARCADORES GENÉTICOS	12
1.4.1. Marcadores morfológicos	12
1.4.2. Descriptores morfológicos para Papas Nativas	13
1.4.3. Marcadores moleculares	14
1.5. REACCIÓN EN CADENA DE POLIMERASA (PCR) Y FUNDAMENTOS ...	14
1.5.1. Etapas de PCR	15
1.5.2. Los primers	15
1.5.3. Extracción del ADN	16
1.5.4. Estructura de ácido desoxirribonucleico (ADN)	16
1.5.5. Métodos de evaluación de la calidad de ADN	16
1.6. VARIABLES.....	17

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA.....	18
2.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO	18
2.1.1. Ubicación política.....	18
2.1.2. Ubicación geográfica.....	18
2.1.3. Ubicación hidrográfica	18
2.1.4. Ubicación ecológica	18
2.2. ANTECEDENTES DEL TERRENO EXPERIMENTAL	19
2.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS	20
2.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO	21
2.5. MATERIALES.....	21
2.5.1. Colección y almacenamiento de materia genético	21
2.5.2. Material genético y tratamientos	22
2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23
2.7. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	24
2.8. INSTALACIÓN Y MANEJO DEL EXPERIMENTO	26
2.8.1. Preparación del suelo.....	26
2.8.2. Replanteo del diseño experimental.....	26
2.8.3. Abonamiento	26
2.8.4. Siembra.....	26
2.8.5. Aporque	27
2.8.6. Deshierbo.....	27
2.8.7. Control fitosanitario.....	27
2.8.8. Cosecha.....	27
2.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
2.10. MÉTODOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN AGROMORFOLÓGICA.....	28
2.10.1. Materiales empleados	28
2.10.2. Caracterización morfológica	28
2.10.3. Evaluaciones agronómicas	29
2.11. MÉTODO Y CRITERIO DE EVALUACIÓN PARA SELECCIÓN MOLECULAR....	30
2.11.1. Materiales para extracción de ADN y PCR.....	30
2.11.2. Marcador molecular empleado	31
2.11.3. Extracción de ADN	31
2.11.4. Control de calidad de ADN extraído	32

2.11.5. Pre PCR	33
2.11.6. PCR (Reacción en cadena de polimerasa).....	34
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	35
3.1.1. Elaboración de datos pasaporte	35
3.1.2. Cuantificación de caracteres morfológicos.....	36
3.2. CONSTRUCCIÓN DE DENDOGRAMA.....	44
3.2.1. Análisis de agrupamiento	44
3.2.2. Contribución de los componentes principales	47
3.2.3. Análisis de correspondencia (CA).....	49
3.3. ANÁLISIS DE EVALUACIÓN AGRONÓMICA.....	49
3.3.1. Caracteres de precocidad	49
3.3.2. Análisis de caracteres de productividad	53
3.3.3. Correlación de los caracteres agronómicos	64
3.4. SELECCIÓN MOLECULAR	65
3.4.1. Resultados de extracción de ADN, cantidad y calidad.....	65
3.4.2. Selección molecular mediante PCR para el gen Rpi-phu1	66
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Especies de papa cultivada según el tratamiento taxonómico tradicional, reclasificación moderna	7
Tabla 1.2. Lista de secuencia de descriptores morfológicos básicos de Papa Nativa	13
Tabla 2.1. Resumen de condiciones climáticas tomando referencia a los datos de estación meteorológica de Cuchuquesera, de similar altitud	20
Tabla 2.2. Interpretación de los resultados de análisis de suelo de la parcela experimental a 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas (Anexo Putacca), San Miguel, La Mar, Ayacucho	21
Tabla 2.3. Lista de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.), colectadas en la comunidad campesina Virgen de Cocharcas de Cochas, distrito San Miguel, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho.....	22
Tabla 2.4. Descripción de las características de las unidades experimentales (UE), bajo condiciones de Virgen de Cocharcas de Cochas, 3760 m.s.n.m., La Mar, Ayacucho	25
Tabla 2.5. Especificación de marcador molecular empleado para gen de resistencia a tizón tardío.....	31
Tabla 2.6. Secuencias del cebador en dirección 5'-3' para marcador molecular específico GP94	31
Tabla 2.7. Mezcla de Master mix para amplificación en PCR, para 65 reacciones (23/01/2023).....	34
Tabla 3.1. Distribución de frecuencias de hábito de crecimiento, color de los tallos y forma de alas de los tallos de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.).....	36
Tabla 3.2. Distribución de frecuencias de la forma de las hojas en las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.)	37
Tabla 3.3. Distribución de frecuencias de grado de floración, forma de la corola, color de cáliz de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.)	38
Tabla 3.4. Distribución de frecuencias de color de la flor en las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.).....	38
Tabla 3.5. Distribución de frecuencias de la pigmentación de las anteras y pistilo de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.).....	39

Tabla 3.6.	Distribución de frecuencias del color de pedicelo y baya de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>)	40
Tabla 3.7.	Distribución de frecuencias de la forma de las bayas de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>)	40
Tabla 3.8.	Distribución de frecuencias del color de piel de tubérculos de las accesiones de Papa nativa (<i>Solanum spp.</i>)	41
Tabla 3.9.	Distribución de frecuencias de la forma de tubérculos de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>)	42
Tabla 3.10.	Distribución de frecuencias del color de la pulpa de tubérculos de las accesiones de papas nativas (<i>Solanum spp.</i>)	42
Tabla 3.11.	Distribución de frecuencias del color del brote de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>)	43
Tabla 3.12.	Contribución en la variabilidad de los 32 componentes presentada en forma multidimensional	47
Tabla 3.13.	Datos de precocidad de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>), en condiciones de 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	51
Tabla 3.14.	LS de precocidad de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>), solo para observar la diferencia numérica	52
Tabla 3.15.	Muestra el promedio máximo, mínimo y desviación estándar de los caracteres de precocidad de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>)	53
Tabla 3.16.	ANOVA de los caracteres de productividad y cálculos complementarios para las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>)	53
Tabla 3.17.	Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para el número de tallos aéreos de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	55
Tabla 3.18.	Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para la altura de los tallos de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	57
Tabla 3.19.	Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para el diámetro de follaje de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	59

Tabla 3.20. Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para el diámetro de follaje de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	61
Tabla 3.21. Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para el rendimiento por planta y hectárea de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	63
Tabla 3.22. Coeficientes de correlación de los 9 caracteres agronómicos de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	64
Tabla 3.23. Resultado del scoreado de las bandas (presencia (1) y ausencia (0)) del gen Rpi-phu1 catalogado como resistente contra <i>P. infestans</i>	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Mapa de ubicación de la comunidad campesina “Virgen de Cocharcas de Cochas”, lugar donde se instaló el experimento. Elaborado en ArcGIS 10.5., a partir de las cartas nacionales en shapefile de GEOGPSERÚ.....	19
Figura 2.2. Climograma de referencia para el anexo de Putacca. La flecha indica tiempo fenológico de papa sembrada que empezó en mes de noviembre (2021) hasta junio del 2022	20
Figura 2.3. Representación gráfica de los bloques del experimento y aleatorización para las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.)	24
Figura 2.4. Diagrama y dimensiones del diseño y unidades experimentales, utilizados en el campo definitivo	25
Figura 3.1. Distribución de frecuencias de color predominante de la flor en las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.). En este trabajo, no se encontró los caracteres sin valor numérico.....	39
Figura 3.2. Distribución de frecuencias de color predominante de la piel de tubérculos de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.). En este trabajo, no se encontró los caracteres 3 y 4, anaranjado y marrón, respectivamente	41
Figura 3.3. Distribución de frecuencias de color predominante de la pulpa de tubérculos, para las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.). En este trabajo, no se encontró los caracteres 5, 6 y 8	43
Figura 3.4. Distribución de frecuencias de color predominante del brote de los tubérculos, de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.).....	43
Figura 3.5. Método del codo para determinar el número de clústeres óptimo. Según esta figura, el número adecuado de clúster es 4.....	44
Figura 3.6. Clúster jerárquico con método Ward de las accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.), mediante los 32 descriptores morfológicos. En condiciones de 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	45
Figura 3.7. Clúster mediante el método de K-medias, agrupados en 4 grupos de las 64 accesiones de Papa Nativa (<i>Solanum</i> spp.). En condiciones de 3760	

	m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochabamba, San Miguel, La Mar, Ayacucho.....	46
Figura 3.8.	Porcentaje de contribución de cada componente en la variabilidad morfológica de las 64 accesiones de <i>Solanum</i> spp	48
Figura 3.9.	Correlación indirecta de los componentes principales (los 32 descriptores) de acuerdo a su nivel de contribución en la variabilidad morfológica.....	48
Figura 3.10.	Correspondencia en un plano bidimensional de las distancias genéticas entre las accesiones de papas nativas (<i>Solanum</i> spp.)	49
Figura 3.11.	Grado de correlación indirecta de los 9 caracteres agronómicos representada en función de los variables y distribución individual de las accesiones.....	65
Figura 3.12.	Fotodocumentación de ADN extraído en una muestra de 19 accesiones de papa nativa (<i>Solanum</i> spp.), los números corresponden a las accesiones, B es el control (blanco).....	66
Figura 3.13.	Las figuras a y b muestran las bandas (350pb) presente que corresponde al marcador GP94 ligado al gen Rpi-phu1, para resistencia a <i>P. infestans</i> . B: blanco, MP: marcador de peso molecular de 100pb - 1000pb	67
Figura 3.14.	Distribución de las 64 accesiones de <i>Solanum</i> spp., con y sin presencia del gen Rpi-phu1.....	69
Figura 3.15.	Clúster de agrupamiento de las accesiones portadoras (verde) y no portadoras (rojo) del gen Rpi-phu1.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Datos de colección de las accesiones de papa nativa (<i>Solanum</i> spp.), de la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.....	80
Anexo 2. Datos pasaporte de las accesiones de papa nativa (<i>Solanum</i> spp.), de la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.....	81
Anexo 3. Caracterización morfológica de las accesiones de papa nativa (<i>Solanum</i> spp.), de la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	82
Anexo 4. Datos de los caracteres de productividad de las accesiones papa nativa, provenientes de Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.....	84
Anexo 5. Estimación del número de clúster mediante métodos silueta (silhouetthe) y análisis de brechas (GAP statistic).....	85
Anexo 6. ANOVA de 5 caracteres de productividad para accesiones de papa nativa (<i>Solanum</i> spp.), diseño experimental Láttice Simple, analizadas en software R.....	86
Anexo 7. Datos de caracteres de productividad, tomados del campo en los dos bloques	88
Anexo 8. Fotodocumentación de ADN extraído para las accesiones de papas nativas, provenientes de la comunidad Virgen de Cochercas de Cochas, distrito San Miguel, provincia La Mar, región Ayacucho	90
Anexo 9. Fotodocumentación de fragmentos asociados con resistencia a <i>P. infestans</i> , encontrados para el marcador GP94 ligado al gen Rpi-phu1. B: blanco, MP: marcador de peso molecular	91
Anexo 10. Catálogo de fotos de hojas, tallos, flores, frutos y tubérculos de las accesiones de papa nativa.....	92
Anexo 11. Catálogo de fotos del proceso de elaboración de la tesis	98
Anexo 12. Análisis de caracterización del suelo del terreno experimental, Virgen de Cochas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho	101

RESUMEN

La papa, cultivo de importancia mundial, es afectado severamente por Tizón tardío, enfermedad producida por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Con el objetivo de realizar caracterización agro-morfológica y selección molecular en las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), en la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, La Mar, Ayacucho; se evaluó caracteres morfológicos cualitativos mediante 32 descriptores, caracteres agronómicos cuantitativos (precocidad y productividad) y se hizo selección de accesiones resistentes a *Phytophthora infestans*, utilizando marcador molecular específico GP94 que está ligado con el gen *Rpi-phu1*. Se utilizó un diseño experimental Lattice Simple de 8x8, el análisis estadístico se realizó mediante software R. Como resultado, en diversidad genética se encontró clúster de 4 grupos con coeficiente de similitud 13.5%. En precocidad a la madurez, se encontró que la papa silvestre (T30) es más precoz con 103 días; mientras, las accesiones de madurez tardía resultaron T1 (Carrasco), T2 (Peruanita), T11 (PN4), T12 (PN1), T15 (Puka sawinto 1), todos con 180 días. En productividad, según el ANOVA, los tratamientos fueron altamente significativos estadísticamente; en número de tallos aéreos, la T32 (Amarilla larga) alcanzó valor máximo de 11.165 unidades; en altura de planta, la T19 (Ruyru ritipa sisan) alcanzó 101.103 cm; en diámetro de follaje, T32 (Amarilla larga) alcanzó 77.121 cm; en número de tubérculos por planta, T25 (Cuchi pelo) alcanzó 22.992 unidades; en rendimiento, T54 (Yana wairu) alcanzó 41.852 t/ha. De los 9 caracteres agronómicos, número de tubérculos por planta y el rendimiento presentaron una correlación 72%. En la selección molecular, en el escoreo, se observó una banda del producto PCR de tamaño 350 pb, que se amplificaron para las accesiones seleccionadas como portadores de este gen. Se encontró 65.63% (42) de accesiones portadores del gen *Rpi-phu1* ligado al marcador molecular GP94; mientras el 34.37% (22) de las accesiones resultaron ser no portadores del gen *Rpi-phu1*.

Palabras clave: Papa Nativa, Caracterización Agro-morfológica, selección molecular, *Phytophthora infestans*.

INTRODUCCIÓN

La papa, es un recurso alimenticio muy importante, por tanto, se ubica como tercer cultivo, tan solo después de arroz y trigo a nivel mundial. En el Perú, el cultivo de la papa forma parte de la historia, cultura, eje fundamental de la agricultura y sustento familiar; por su diversidad de especies y variedades, nos brinda una alternativa para afrontar a los problemas de seguridad alimentaria (Ministerio de Ambiente [MINAM], 2019). El Perú es uno de los centros de origen y domesticación de la papa, “donde existen 8 especies que se cultivan, que son: *S. stenotomum* (2x), *S. goniocalix* (2x), *S. phureja* (2x), *S. ajanhuiri* (2x), *S. juzepczsukii* (3x), *S. chaucha* (3x), *S. tuberosum* (4x) y *S. curtilobum* (5x)”(Huamán, 1986, citado por Ponce, 2013, p.4). Nuestra región Ayacucho es uno de los microcentros de origen, domesticación y diversidad, poseyendo una riqueza genética de recurso natural.

Uno de los problemas más devastadores causados por tizón tardío fue en Irlanda en 1845-1849, donde se perdió toda la producción de papa que era la fuente principal de alimento de la población, causando la muerte y migración de miles de personas (Pérez & Forbes, 2008). El tizón tardío, causado por el patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es uno de los problemas más importantes y devastadoras para el cultivo de papa en el mundo. Cuando se presentan condiciones favorables para el patógeno, este puede ocasionar en pocas semanas una defoliación completa en la planta de la papa. En tal sentido, una de las alternativas más económicas y ecológicas para mitigar las pérdidas de la cosecha es el uso y despliegue de accesiones resistentes genéticamente (Yang et al., 2017). Este patógeno causa pérdidas de 15% en rendimiento anual y daño económico que incluyen gastos en productos químicos; asimismo, en regiones endémicas puede destruir 70 – 100% de producción total (Fadina et al., 2017). Se puede utilizar fungicidas, sin embargo, aparte de que su aplicación es cara, no siempre es eficaz, ya que pueden surgir cepas resistentes a los fungicidas (Stefańczyk et al., 2017). En el Perú, su distribución y gran variabilidad hace que este patógeno sea difícil de controlar, llegando

a superar la resistencia de la planta. Una de las formas de controlar es mediante uso de variedades resistentes seleccionadas, ya sea generada por cruza naturales o por ingeniería genética. Los agricultores no conocen que la enfermedad es causada por microorganismos y, muchas veces, ellos atribuyen al efecto de sol, castigo de Dios, etc. En las zonas altas Andinas, en los últimos años, sobre las 4225 m.s.n.m ya existe la incidencia de tizón tardío, cosa que antes no ocurría; este cambio se atribuye al efecto del cambio climático (Gamboa & Pérez, 2021).

La diversidad de papas nativas autóctonas de zonas altoandinas, tradicionalmente está caracterizado por los propios campesinos mediante una amplia gama de nomenclaturas basadas en las características morfológicas de la papa y que les permite distinguir a cada accesión con cierta precisión (Quiros et al., 1990). No obstante, ciertas zonas que tiene la riqueza en diversidad de papas nativas cultivadas, consideradas como microcentros de diversidad, aún no están siendo estudiadas (Rojas, 2007). Existen ciertos genes resistentes a *P. infestans*, presentes especialmente en accesiones de papas nativas y en sus parientes silvestres. Para Smilde et al. (2005), integrar o transferir nuevos genes de parientes silvestres a las nuevas variedades cultivadas, es una alternativa de solución. Como señala Brylinska et al. (2015), la solución sostenible sería cultivar papas con genes de carácter cuantitativo (QTL) que soportan muy bien a patógenos como *P. infestans* a largo plazo.

La comunidad campesina del Centro Poblado “Virgen de Cocharcas de Cochas”, no es exento de este problema, por lo que es indispensable realizar trabajos de investigación al respecto, con el propósito de contrarrestar el impacto negativo de esta enfermedad, desplegando genotipos resistentes como una alternativa de solución. La diversidad morfológica, caracteres agronómicos y selección molecular en las papas nativas de esta comunidad, no han sido estudiadas y no existen referencias de trabajo científico de esta región de Ayacucho.

La selección molecular en las accesiones con resistencia a los patógenos, son una tecnología moderna, reciente y eficiente, que permite evaluar en corto tiempo; este método se basa en el ADN de las plantas (Papas Nativas). El tizón tardío, genera reducción considerable del rendimiento de la papa poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y económica; por lo tanto, hay la necesidad de hacer trabajos preliminares (caracterización agro-morfológica) que nos permita conocer las características

cuantitativas y cualitativas de las papas nativas. Una de las principales razones que conllevan a hacer esta investigación en papas nativas es, que para el agricultor altoandino representan su fundamental sustento alimenticio, económico, fuente de trabajo y parte de sus tradiciones. Los conocimientos generados a través de esta investigación, beneficiarán a los propios agricultores de la zona como elemento de consulta; del mismo modo, a las futuras generaciones. La información generada servirá a los profesionales para realizar los programas de fito-mejoramiento y para conocer la riqueza que existen en estas zonas que son considerados como microcentros de domesticación de papas nativas.

El objetivo general del trabajo fue evaluar y caracterizar agro-morfológica y molecularmente el germoplasma de papas nativas de la región de Ayacucho, con fines de selección y mejoramiento genético para elevar el rendimiento y productividad en este recurso genético de la región.

Los objetivos específicos son:

1. Caracterizar agro-morfológicamente la diversidad genética de las 64 accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), utilizando marcadores morfológicos en la comunidad campesina Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.
2. Seleccionar en 64 accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.) de la comunidad campesina Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar - Ayacucho, con presencia de genes de resistencia a tizón tardío (*P. infestans*) mediante marcadores moleculares.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

Gamboa (2019), evaluó la diversidad morfológica en 44 accesiones de Papas Nativas provenientes de Chiara, Ayacucho. El objetivo del trabajo fue caracterización agromorfológica con 24 descriptores e identificación de duplicidad de las accesiones. El diseño experimental empleada fue bloques completos al azar; como resultado, reportó 8 grupos mediante dendrograma jerárquico con coeficiente de similitud de 33%, el rendimiento más alto reportado fue de 31.550 t/ha. Asimismo, Aparco (2017) evaluó la diversidad morfológica en condiciones de Huancavelica, 31 morfotipos de Papas Nativas con 34 descriptores. El objetivo de la investigación fue evaluar la diversidad genética; como resultado, reportó un dendrograma de 8 grupos con coeficiente de similitud de 0.50%.

Gabriel et al. (2016), evaluaron en condiciones de invernadero (Cochabamba, Bolivia), en 15 familias de papas diploides que corresponden a 824 genotipos provenientes de cruza interespecíficas de *Solanum stenotomun*, *S. goniocalyx* y *S. phureja*; muestras obtenidas del programa de mejoramiento genético de CIP Lima. El objetivo fue asociar marcador molecular específico GP94 que co-localiza con el gen *Rpi-phu1* para resistencia a tizón tardío. Como resultado, se seleccionó 311 genotipos candidatos con presencia del gen de resistencia (*Rpi-phu1*). Además de ello, se evaluó 9 caracteres morfológicos y agronómicos con descriptores recomendados por Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

Por otra parte, Zurita et al. (2016) evaluaron 265 clones, provenientes de cruza interespecíficas de *S. phureja* bajo invernadero (Cochabamba, Bolivia) para resistencia al *P. infestans*. El objetivo de la investigación fue determinar la resistencia genética en papas híbridos mediante el marcador molecular GP94. Utilizaron diseño experimental de filas

y columnas, mientras el diseño genético fue Carolina del Norte I. Como resultado, encontraron que el 20.38% de los clones eran candidatos para la resistencia a *P. infestans*.

1.2. LA PAPA (*Solanum spp.*)

1.2.1. Generalidades

Las papas cultivadas y silvestres pertenecen a una sección Petota, donde “el término papa designa a especies del género *Solanum* L. sección Petota Dumort del continente americano, que pueden cultivarse o no, para el aprovechamiento de sus tubérculos en la alimentación humana o en la industria”(MINAM, 2019, p.18). Según Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2017), la producción de la papa en el Perú, de los 150 países productores, ocupa el puesto 14 y el puesto segundo en América, después de Estados Unidos, con una área de 318 380.0 hectáreas; asimismo, siendo el primero en América del sur. Además, se estima un rendimiento promedio de 14,778 kg/ha, sustento de más de 710 mil familias, según el IV Censo Nacional Agropecuario en 2012; aportó 33.4 millones de jornales, generando 4.0% del PBI agrícola. Como señalan Tapia y Fries (2007), cada una de las especies cultivadas tiene su particular fenotipo y adaptaciones a diferentes pisos altitudinales que llegan hasta los 4300 m.s.n.m., en los Andes existe alta concentración de variedades; del mismo modo, están distribuidos por lo menos en 120 países del mundo formando parte de la alimentación. En los Andes del Perú y Bolivia, existen más de 2,000 variedades de Papas Nativas.

Referente a las especies cultivadas de papa, según “la clasificación taxonómica tradicional adoptada por el CIP existen 8 especies, que son: *S. stenotomum* (2x), *S. goniocalix* (2x), *S. phureja* (2x), *S. ajanhuiri* (2x), *S. juzepczukii* (3x), *S. chaucha* (3x), *S. tuberosum* (4x) y *S. curtilobum* (5x)”(Huamán, 1986, citado en Ponce, 2013, p.4). No obstante, según la reclasificación de papa cultivada por Spooner et al. (2007), en el último tratamiento realizado, propone solo 4 especies: *S. ajanhuiri* (diploide), *S. juzepczukii* (triploide), *S. curtilobum* (pentaploide), *S. Tuberosum* con dos subgrupos (grupo Andigena con cultivares diploides, triploides y tetraploides; y grupo Chilotanum con cultivares tetraploides).

Tabla 1.1. Especies de papa cultivada según el tratamiento taxonómico tradicional, reclasificación moderna.

Autor	Especies	N° Cromosomas	Nivel de ploidía
Huamán (1986, citado por Ponce, 2013)	<i>S. stenotomum</i> Juz. Et Buk.	2n=2x=24	Diploide
	<i>S. goniocalix</i>		
	<i>S. phureja</i> Juz. Et Buk.		
	<i>S. ajanhuiri</i> Juz. Et Buk.		
	<i>S. juzepczukii</i> Buk.	2n=3x=36	Triploide
	<i>S. chaucha</i> Juz. Et Buk.		
	<i>S. tuberosum</i> L.		
	spp. <i>andigena</i>	2n=4x=48	Tetraploide
	spp. <i>tuberosum</i>		
	<i>S. curtilobum</i> Juz. Et Buk.	2n=5x=60	Pentaploide
Spooner et al., (2007)	<i>S. ajanhuiri</i> Juz. Et Buk.	2n=2x=24	Diploide
	<i>S. juzepczukii</i> Buk.	2n=3x=36	Triploide
	<i>S. tuberosum</i> L.		
	<i>Grupo Andigena</i>	2n=2x=24	Diploide
		2n=3x=36	Triploide
		2n=4x=48	Tetraploide
	<i>Grupo Chilotanum</i>	2n=4x=48	Tetraploide
<i>S. curtilobum</i> Juz. Et Buk.	2n=5x=60	Pentaploide	

1.2.2. Clasificación taxonómica de papa cultivada

Las especies de papa cultivada, están clasificadas en la escala taxonómica de la siguiente manera en el sistema de Engler (Ochoa, 1999, citado por Ponce, 2013):

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Subdivisión	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledóneas
Subclase	: Simpétala
Sección	: Anisocárpeas
Orden	: Tubifloríneas (solanales)
Familia	: Solanaceae
Género	: Solanum
Sección	: Petota
Subsección	: Potatoe
Especies	: <i>Solanum</i> spp.

1.2.3. Origen, evolución y domesticación

Según Morales (2007), los primeros evidencias arqueológicas de la presencia de la papa en Perú remonta al año 4900 a.C. en cañón de Chilca, Lima y Valle de Casma, Ancash 1800 a.C.; también muestra el descubrimiento de la papa amarga en Pachamachay, Junín, que evidenciaría que la papa ya estuvo siendo cultivada en las regiones centrales de los Andes peruanos durante el periodo Formativo. De igual forma, Huaman (2008), menciona que la Papa ha sido domesticado y cultivada en los Andes del centro de Perú y Bolivia desde hace 7,000 años aproximadamente, y con el transcurrir de los años se intensificó en los demás países de América Latina. Además, menciona que después del descubrimiento de América, la papa fue introducida a Europa por los conquistadores. Por otra parte, Rodríguez (2010), afirma que es posible que las papas cultivadas han sido seleccionadas desde hace 6,000 y 7,000 años, donde geográficamente estuvieron ubicados al norte de Lago Titicaca y en los Andes del sur del Perú. Los parientes silvestres, *Solanum bukasovii*, *S. canasense* y *S. multissectum* habrían dado origen a *S. stenotomum* (primera papa domesticada); a su vez, este dio origen a *S. andigena* a través de poliploidización sexual. Según Estrada (1999), la mujer fue quien domesticó la papa hace 10,000 años y la mayor variabilidad genética de parientes silvestres de papa se encuentra en los cercanos de Lago Titicaca.

1.2.4. Descripción botánica de la papa

a. El brote

Egúsquiza (2000), menciona que el brote forma parte del tallo, que brota a partir del ojo del tubérculo. Posee características muy variables de forma natural o afectada por condiciones ambientales, durante la siembra se origina varios brotes de un solo tubérculo, al salir a la superficie se convierten en tallos aéreos fotosintéticos. Cuando se comercializa el tubérculo, normalmente, se quita el brote, mientras en tubérculos para semillas si es deseable tener brotes.

b. El tallo

Como señala Egúsquiza (2000), se encuentran formados por conjunto de tallos aéreos y subterráneo. Se clasifican en tallo principal, originado por brotes del tubérculo madre o semilla; tallo secundario, formado a partir de yema subterránea del tallo principal; tallo estolonífero, formado a partir del estolón que toma contacto con la luz; la rama, formado a partir de tallo principal aéreo; el estolón y el tubérculo comestible. Inostroza et al.

(2016), considera que la semilla sexual forma solo un tallo, generalmente de color verde y marrón rojizo en otras variedades.

c. La raíz

Egúsquiza (2000), menciona que es subterránea y es una estructura que absorbe agua y sales minerales, se forma a partir de los nudos de tallo subterráneo, llegando a formar un sistema fibroso. Inostroza et al. (2016), menciona que la raíz de la papa, cuando crece de las semillas es axomórfica, posee una raíz débil y por lo que requiere condiciones de suelos sueltos; primero se forman raíces tipo adventicias en la parte basal de brote.

d. La hoja

Egúsquiza (2000), asevera que la hoja es una estructura que tiene una actividad fotosintética, son imparipinnadas, lanceoladas. Los elementos de la hoja están integrados por: raquis o peciolo, interhojuela (hoja secundaria), folíolos laterales, folíolo terminal. Según Inostroza et al. (2016), las hojas son compuestas y se distribuyen en espiral, cada folíolo se une al raquis mediante peciolulo, en la base de cada folíolo se observa dos hojuelas laterales denominadas pseudoestípulas.

e. La flor

Egúsquiza (2000), menciona que las flores se presentan en grupos para formar inflorescencia, son pentámeras unidas por sus bordes, son estructuras aéreas, cumplen la función de reproducción y se utiliza para reconocer variedades. La fertilidad de polen y del óvulo puede ser modificada por el ambiente. Como dice Inostroza et al. (2016), las flores de papa son bisexuales, posee cuatro elementos básicos de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo.

f. Fruto y la semilla

Para Egúsquiza (2000), el fruto es de tipo baya, formado a partir del desarrollo del ovario. El fruto contiene semilla sexual fecundada y madura, el número de semillas es muy variable que puede llegar hasta 400 por fruto. Cada semilla puede originar una planta nueva que puede tener buenas cosechas. Como afirma Inostroza et al. (2016), el fruto es más esférico, ovoides o cónicos, tiene coloración verde, con áreas o franjas pigmentadas. Puede haber entre 1000-1500 semillas por gramo.

g. El estolón

Egúsquiza (2000), indica que es subterránea, formado a partir de yema subterránea, en su extremo tiene la forma de gancho, tiene la función de transporte de fotosintatos hacia los tubérculos en forma de almidones, tiene longitud variable que depende de la variedad. Por su parte, Inostroza et al. (2016) también menciona que estos crecen horizontalmente, se presentan estolones largos en papas silvestres, en papas cultivadas forman tubérculos por agrandamiento de su extremo terminal.

h. El tubérculo

Según afirma Egúsquiza (2000), el tubérculo es tallo subterráneo que almacena almidón, se forma en la porción distal del estolón. Tiene crecimiento fuerte, comprimido y orientado hacia los costados, tiene forma y tamaño variable para cada variedad. Inostroza et al. (2016), afirma que el tubérculo es tallo modificado, tiene extremo basal y apical, los ojos se distribuyen sobre la superficie del tubérculo en forma espiral, los ojos y cejas representan nudos y hojas respectivamente. En tubérculo maduro, los ojos están en dormancia un cierto tiempo; en corte longitudinal muestra sus partes como: peridermo o piel, corteza, sistema vascular, parénquima de reserva y tejido medular o medula.

1.2.5. Fases fenológicas de la papa

Según MINAM y MINAGRI (2014), las fases fenológicas de la papa son las siguientes:

- a. Brotamiento:** en esta fase, la planta empieza a brotar y después emerge.
- b. Formación de estolones:** para esta fase, se considera desde el momento en que las yemas subterráneas de los tallos comienzan su elongación horizontalmente formando ramificaciones laterales.
- c. Inicio de floración:** para esta fase, se considera desde que se abre completamente la corola de la primera inflorescencia de la planta.
- d. Inicio de tuberización:** se considera desde el comienzo de agrandamiento de los primeros estolones en su parte distal.
- e. Final de floración:** se considera desde que empieza el marchitamiento de la última flor de la planta.
- f. Final de tuberización:** se considera cuando el último estolón en su parte distal extremo empieza su engrosamiento para formar tubérculo.

- g. Maduración fisiológica:** se verifica el cambio de color a amarillamiento en sus follajes de la planta, se reduce la tasa fotosintética; en los tubérculos, la cáscara está bien adherida que no se desprende con simple tacto con los dedos.

1.3. TIZÓN TARDÍO

1.3.1. *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

Según sostiene Pérez y Forbes (2008), etimológicamente la palabra *Phytophthora* viene de los vocablos griegos, Phyto = planta y phthora = destructor; este patógeno está dentro del reino Cromista. La pared celular de los Oomycetes está compuesta por celulosa y β -glucanos, no tienen capacidad de sintetizar esteroides; por consiguiente, estas particularidades hacen suponer que los Oomycetes han coevolucionado de líneas distintas a comparación con los hongos superiores (Ascomycetos y Basidiomycetos). Este patógeno tiene micelio cenocítico, esporangios ovoides y elipsoidales, tiene reproducción asexual (zoosporas biflageladas) y sexual a partir de gametangios distintos.

1.3.2. Clasificación taxonómica

Reino: Chromista

Phylum: Oomycota

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora*

Especie: *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

Fuente: (Erwin & Ribeiro, 1995, citado por Rojas, 2021).

Según Pérez y Forbes (2008), la presencia de alto humedad en el ambiente es adecuado para que el patógeno desarrolle su tubo germinativo y penetrar a la hoja a través de los estomas a formar apresorio. Una vez que las hifas ingresan dentro del huésped, se desarrollan intercelularmente formando haustorios dentro de la célula; también excepcionalmente forman haustorios extracelulares. Como síntomas importantes, presenta manchas de color marrón a oscuro, con aspecto húmedo, con figura irregular, a veces con borde o halo amarillento; inicialmente aparecen en los bordes y ápice de las hojas que posteriormente se aprecia vellosidades (esporangióforos y esporangios) en el

envés de las hojas. Las lesiones con el pasar del tiempo se expanden y se necrosan rápidamente, causando la muerte del tejido.

Según afirma Bernaola (2008), *P. infestans* ataca a la papa en diferentes órganos como las hojas, tallos, raíces, tubérculos y frutos; donde, en las hojas y tallos se presentan las mayores áreas necróticas, luego estas áreas infectadas serán cubiertas por el micelio del patógeno. Cuando las hojas son infectadas, causa disminución de la tasa fotosintética de la planta con repercusiones en el rendimiento de la planta.

1.4. MARCADORES GENÉTICOS

Según Delgado-Azofeifa (2006), hay dos tipos de marcadores genéticos que se aplican en las plantas, que son los marcadores morfológicos y moleculares; además de estos dos tipos, Masuelli (1999) considera también los marcadores bioquímicos; asimismo, Delgado-Azofeifa (2006) afirma que el primero está relacionado con la caracterización e identificación tradicional de caracteres morfológicos y agronómicos en las plantas. Los tipos de marcadores basados en isoenzimas o aloenzimas (proteínas) son variantes de las enzimas y funcionalmente son semejantes, comparten el sustrato común, pero se diferencian de las enzimas en su movilidad electroforética. Mientras, los marcadores moleculares se basan en el uso de fragmentos de ADN, se pueden clasificar en técnicas basadas y no basadas en PCR. Para Velasco (2005), las técnicas basadas en PCR defieren en la longitud y secuencia de los cebadores empleados, condiciones del PCR; de igual modo, se pueden emplear cebadores de secuencia arbitraria, semiarbitraria o específico.

1.4.1. Marcadores morfológicos

Según Delgado-Azofeifa (2006) y Masuelli (1999), los marcadores morfológicos pueden presentar varias limitaciones debido a que están expuestas a factores ambientales y finalmente estos influyen en la expresión de sus características fenotípicas. También recomienda que lo más adecuado para su evaluación es en estado adulto, teniendo en cuenta a una planta entera, donde sus características están expresadas. Para Yasmin et al. (2006), el método de tipificación morfológica es crucial y primer paso en fitomejoramiento y programas de conservación, esta técnica se ha venido ampliamente utilizado para establecer bases para identificar y diferir variedades de plantas como las papas. Esto indica la importancia del estudio de la caracterización morfológica para poder conocer y entender la distancia y diferencia génica entre las accesiones de papa nativa.

1.4.2. Descriptores morfológicos para Papas Nativas

Según Huaman (2008), la toma de datos de las características de los tallos, hojas y flores se realiza cuando la planta estén en estado fenológico de plena floración, mientras las características relacionadas con mediciones del tamaño, se debe realizarse basándose en el promedio de las mediciones en varias plantas. Gómez (2014), define que para poder realizar la caracterización de la papa se utiliza descriptores morfológicos externos e internos. Los descriptores de la papa, principalmente son las características más estables que se manifiestan en cada planta y que se presentan en las flores, tallos, frutos, tubérculos y brotes. Todo este estudio tiene por finalidad mostrar la diversidad genética, tipificar materiales genéticos vegetativos para mejoramiento vegetal. En los trabajos relacionados, Onamu et al. (2012) concluyeron que los marcadores morfológicos fueron capaces de detectar la diversidad genética entre los cultivares en cuestión.

Tabla 1.2. Lista de secuencia de descriptores morfológicos básicos de Papa Nativa.

Etapa	Descriptores
1. Floración:	
I.	Hábito de crecimiento de la planta
II.	Forma de la hoja
III.	Color del tallo
IV.	Forma de las alas del tallo
V.	Grado de floración
VI.	Forma de la corola
VII.	Color de la flor
VIII.	Pigmentación en anteras
IX.	Pigmentación en pistilo
X.	Color del cáliz
XI.	Color de pedicelo
2. Fructificación:	
XII.	Color de la baya
XIII.	Forma de la baya
XIV.	Madurez
3. Tubérculos de la cosecha	
XV.	Color de piel de tubérculo
XVI.	Forma de tubérculo
XVII.	Color de carne de tubérculo
4. Brotamiento:	
XVIII.	Color de brote

Fuente: Gómez (2004).

1.4.3. Marcadores moleculares

Según Abriata et al. (2011), Los marcadores moleculares son “simplemente un segmento de ADN con una ubicación específica en una cromosoma (punto de referencia), cuya herencia puede seguirse en individuos de una población. La secuencia puede pertenecer a regiones codificantes (genes) o sin función conocida” (p. 75). Actualmente, con los métodos modernos existentes se puede obtener marcadores en sinfín de organismos vivientes y de manera ilimitada, a su vez, estos métodos permiten analizar la información genética de ese organismo con mayor fiabilidad. También, por su parte, Simpson (2017) afirma que los marcadores moleculares son biomoléculas (proteínas, ADN) que sirven para poder aislar y localizar genes de interés en estudio, estas biomoléculas se pueden asociar a una cualidad genética. Existen múltiples métodos de marcadores que se distinguen cada uno por su virtud de detectar polimorfismos en loci únicos o múltiples y, a su vez, si son de tipo dominante o co-dominante.

Como mencionan Onamu et al. (2012), su importancia radica en que se puede obtener información valiosa y reproducible que va a servir para conservación de germoplasma, mejoramiento genético, etc. Asimismo, Ramadan y Kenta (2018) afirman que son importantes para la identificación y caracterización precisa de los patógenos, para desarrollar variedades resistentes a las enfermedades en corto tiempo, para detectar genes resistentes. Para Velasco (2005), los marcadores moleculares que se relacionan con las características específicas son muy importantes porque permiten identificar o revelar individuos con ese carácter particular y defiriendo del resto.

Los marcadores basados en PCR, son métodos de detección de polimorfismo genético directamente a nivel de ADN, para ello se debe realizar el proceso del PCR, lo cual es una técnica enzimática que a partir de un fragmento corto y pequeño de ADN puede multiplicar exponencialmente mediante las copias, así logrando amplificar. Consta de tres etapas indispensables: denaturación de ADN, apareamiento de los iniciadores y extensión de las cadenas de ADN (Bernaola, 2008).

1.5. REACCIÓN EN CADENA DE POLIMERASA (PCR) Y FUNDAMENTOS

Es una técnica *in vitro* de la biología molecular, que consiste en una reacción enzimática que es capaz de amplificar a partir de una secuencia diana de ácido desoxirribonucleico (ADN) en millones de veces y en muchos ciclos reiterativos; gracias a la acción de enzima

ADN polimerasa que tiene la capacidad de sintetizar naturalmente el ADN (Tamay de Dios et al., 2013). Esta técnica se fundamenta en la replicación celular, donde son partícipes bastantes proteínas para poder sintetizar dos nuevas hebras de ADN partiendo de un molde (Serrato et al., 2014). Para las tres etapas de PCR, que son desnaturalización, hibridación y extensión, se requieren los siguientes componentes que son: molde (ADN), enzima, los cebadores o iniciadores, desoxirribonucleótidos trifosfatados que se abrevian dNTPs (A, T, C, G), ion magnesio, solución buffer, agua libre de nucleasas (Tamay de Dios et al., 2013).

1.5.1. Etapas de PCR

- a. Desnaturalización.** Es la etapa en donde la doble hélice de ADN se separa en dos hebras monocatenarias a una temperatura de 94-96 °C, este proceso dura entre 20-30 segundos que depende del porcentaje de G-C en su secuencia de templado. Finalmente, las hebras servirán de molde para el siguiente paso (Tamay de Dios et al., 2013 & Serrato et al., 2014).
- b. Hibridación.** En esta etapa, los primers se unen a una secuencia específica delimitándolos. Esta etapa requiere una temperatura de 50-65 °C para que se forme complejo primers-templado. Esta sección de secuencia es de interés y será amplificado (Mas et al., 2001).
- c. Extensión.** En esta etapa se sintetiza una nueva cadena en sentido 5' a 3', comúnmente a una temperatura de 70-72 °C debido a que la enzima es funcional a esta temperatura. El Taq polimerasa se une al complejo templado-primers e inicia su función a una velocidad variable, agrega dNTPs complementarios a las hebras monocatenarias para formar cadenas completas de ADN (Tamay de Dios et al., 2013).

1.5.2. Los primers

También son denominados iniciadores, partidores o cebadores. Para Tamay De Dios et al. (2013) y Mas et al. (2001), los primers son par de secuencias de oligonucleótidos sintetizados y que delimitan un segmento diana específico de interés en el ADN, a partir de ello se puede amplificar mediante protocolos de PCR, obteniendo copias en cada ciclo 2ⁿ veces (n = núm. de ciclo). En el diseño de primers se deben cumplir ciertas reglas

como: proporción guanina: citosina debe estar entre 40-60%, la longitud entre 15-30 pb, se recomienda que los extremos terminen en G o C, evitar la complementariedad entre la pareja de primers para evitar formación de bucles.

1.5.3. Extracción del ADN

Es un proceso que consiste en el aislamiento y purificación de moléculas del ADN manteniendo su integridad y pureza, se basa en características fisicoquímicas de la molécula. El grupo fosfato de los nucleótidos están cargadas negativamente y son polares, este carácter le da al ADN una carga negativa, a su vez, esta particularidad se aprovecha para su extracción. A lo largo del tiempo han empleado diferentes protocolos y actualmente se puede observar métodos con kits de extracción y extracción tradicional que tiene cinco etapas: homogenización del tejido, lisis celular, separación de proteínas y lípidos, precipitación y redisolución del ADN (Alejos et al., 2015). La etapa de extracción es muy fundamental, porque depende de ello el resultado de los posteriores trabajos y los resultados esperados (Bernaola, 2008).

1.5.4. Estructura de ácido desoxirribonucleico (ADN)

El ADN está constituido por doble cadena helicoidal, unida por doble puente de hidrógeno (adenina y timina) y por triple puente de hidrógeno (guanina y citosina); mientras el nucleótido está unido por enlace fosfodiéster entre el grupo fosfato (H_3PO_4) y azúcar. El grupo fosfato es de carácter hidrofílico con carga negativa, como consecuencia, el ADN también posee una carga negativa (Alejos et al., 2015).

1.5.5. Métodos de evaluación de la calidad de ADN

a. Electroforesis

La electroforesis puede llevarse a cabo en geles de agarosa o poliacrilamida. Mediante geles de agarosa estándar, se puede separar y purificar fracciones grandes que no requerimos como los ácidos nucleicos a través de matriz sólida que cumple la función de filtro. En un campo eléctrico, el ADN (-) migra hacia el cátodo (Tamay de Dios et al., 2013). En esta etapa se evalúa la integridad de ADN extraído; para catalogar como ADN integro, se debe observarse bandas definidas estrechas. La velocidad de migración de ADN es de acuerdo a su tamaño a través del gel, permitiendo que las moléculas se agrupen en función de su tamaño. Cuando se observa bandas muy anchas, quiere decir que está fragmentado y esto afecta la amplificación durante el PCR (Alejos et al., 2015).

b. Espectrofotometría

El ADN posee la característica de absorber la luz UV a 260 nm, lo cual permite estimar su concentración en ng/uL. Para determinar su pureza y calidad se emplea los rangos de absorbancia de 260 nm y 280 nm, donde, el rango aceptable es de 1.8, considerándose como ADN puro (Alejos et al., 2015). Para Bancoadn (2020), la relación A260/A280 de 1.8-2.0 es considerado de pureza óptima y aceptable de ADN.

1.6. VARIABLES

Variables dependientes	Variables independientes	Variables intervinientes
Características morfológicas, agronómicas y genéticas. Marcadores moleculares polimórficos para resistencia a <i>Phytophthora infestans</i> .	Accesiones de papa nativa.	Altitud, latitud y longitud geográfica, humedad relativa, temperatura y luminosidad de la zona.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO

2.1.1. Ubicación política

Departamento	: Ayacucho
Provincia	: La Mar
Distrito	: San Miguel
Centro poblado	: Virgen de Cocharcas de Cochas
Anexo	: Putacca

2.1.2. Ubicación geográfica

Latitud	: 13°1'21.22" S
Longitud	: 73°51'20.32" O
Altitud	: 3760 m.s.n.m.
Región natural	: Región Suni

2.1.3. Ubicación hidrográfica

Cuenca	: Rio Apurímac
Sub cuenca	: Rio Torobamba
Microcuenca	: Rio Putacca

2.1.4. Ubicación ecológica

Según el diagrama bioclimático para la clasificación de zonas de vida por Holdridge, anexo Putacca pertenece a la zona de vida Bosque Húmedo - Montano subtropical (bh-MS) que abarca desde 2800 a 3800 m.s.n.m. de altitud.

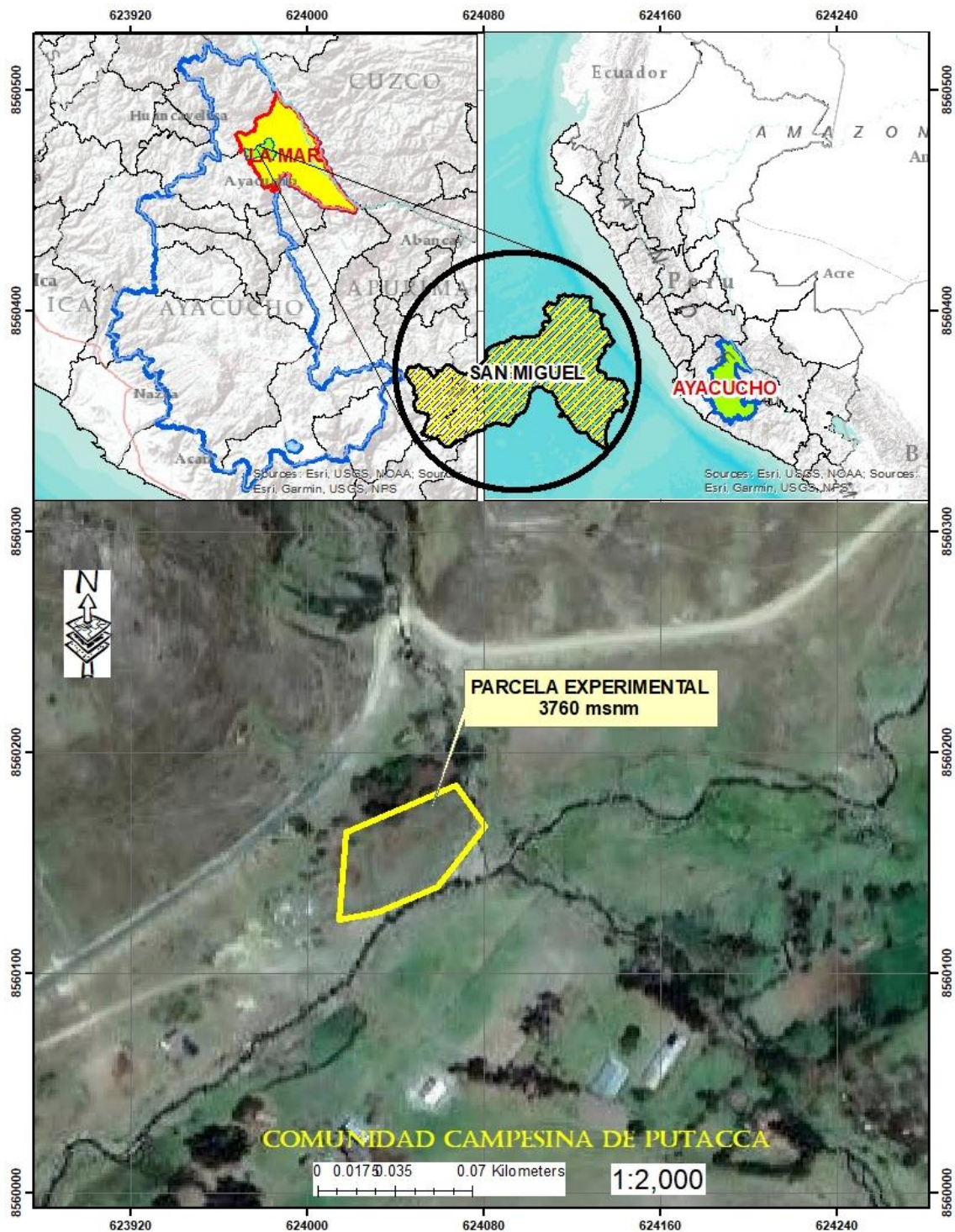


Figura 2.1. Mapa de ubicación de la comunidad campesina “Virgen de Cocharcas de Cochas”, lugar donde se instaló el experimento. Elaborado en ArcGIS 10.5., a partir de las cartas nacionales en shapefile de GEOGPSERÚ.

2.2. ANTECEDENTES DEL TERRENO EXPERIMENTAL

El terreno experimental fue una parcela cultivable con descanso de 13 años (2008-2021), con una profundidad entre 18-40 cm, cuya pendiente media aproximada es de 2%.

Anteriormente, en este terreno se ha cultivado principalmente oca, papa, olluco, haba, todos de manera natural y mediante prácticas de agricultura tradicional.

2.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS

La temperatura media mínima es $-1.06\text{ }^{\circ}\text{C}$, media máximo de $19.85\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura promedio $9.40\text{ }^{\circ}\text{C}$. La precipitación anual de 890.30 mm resulta mayor que la evapotranspiración (ETC), 584.73 mm ; por lo tanto, no se ajusta la ETC.

Tabla 2.1. Resumen de condiciones climáticas tomando referencia a los datos de estación meteorológica de Cuchuquesera, de similar altitud.

ESTACIÓN : CUCHOQUESERA		DISTRITO : CHUSCHI		ALTITUD : 3750.0 msnm									
		PROVINCIA : CANGALLO		LATITUD : 13°25'54" S									
		DEPARTAMENTO : AYACUCHO		LONGITUD : 74°20'40" W									
DESCRIPCIÓN	UNID	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
T° max. Media mensual	°C	20.69	21.52	20.02	19.07	18.78	18.70	19.04	18.99	18.85	19.98	20.81	21.77
T° min. Media mensual	°C	-0.92	0.11	0.77	0.88	1.18	0.18	-2.25	-3.24	-3.96	-2.34	-2.04	-1.05
T° media mensual	°C	9.89	10.82	10.40	9.98	9.98	9.44	8.40	7.87	7.44	8.82	9.39	10.36
Factor de multiplicacion		4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96
ETP	mm	47.45	53.66	51.56	44.70	49.52	45.30	41.65	37.78	36.92	43.74	45.05	51.39
Precipitación	mm	106.30	116.80	62.80	11.70	5.60	0.00	6.60	3.10	53.40	22.60	36.70	54.90
Humedad del suelo	mm	58.85	63.14	11.24	-33.00	-43.92	-45.30	-35.05	-34.68	16.48	-21.14	-8.35	3.51
Exceso	mm	58.85	63.14	11.24						16.483			3.51
Déficit	mm				-33	-43.92	-45.3	-35.05	-34.68		-21.14	-8.35	

Nota. Precipitación anual: 890.3mm, ETP anual: 548.73mm, datos tomados del récord de 17 años.

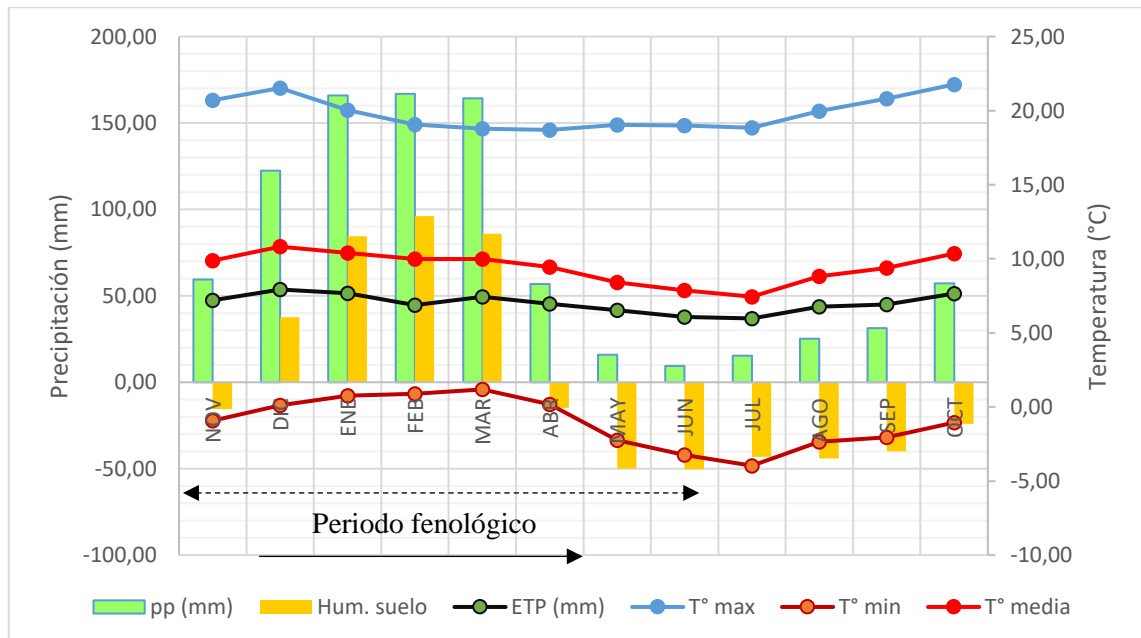


Figura 2.2. Climograma de referencia para el anexo de Putacca. La flecha indica tiempo fenológico de papa sembrada que empezó en mes de noviembre (2021) hasta junio del 2022.

2.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO

Según los resultados de análisis del suelo, referido a la fertilidad del suelo de la parcela experimental, el suelo ofrece niveles de nutrientes de medio a muy alto, lo cual es indicio de que el cultivo tendrá una buena productividad. El terreno estuvo con descanso durante 13 años consecutivos.

Tabla 2.2. Interpretación de los resultados de análisis de suelo de la parcela experimental a 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochabamba (Anexo Putacca), San Miguel, La Mar, Ayacucho.

Descripción	Valores	Unidad	Interpretación
pH	5.69	-.-	Moderadamente ácido
C.E.	0.40	dS/m	Normal
CO ₃ --	0.0	%	Normal
MO	13.3	%	Muy rico
P	77.3	Ppm	Muy alto
K	657	Ppm	Muy alto
CICe	20	Cmol(+)/kg	Medio
Nt	0.65	%	Muy alto
Textura	S. Orgánico	-.-	Suelo orgánico
<u>Cationes cambiables</u>			
Ca ⁺⁺	14.90	Cmol(+)/kg	Alto
Mg ⁺⁺	2.55	Cmol(+)/kg	Medio
K ⁺	1.82	Cmol(+)/kg	Muy alto
Na ⁺	0.73	Cmol(+)/kg	Alto

Nota. Reporte de análisis de caracterización del suelo, por laboratorio Multiservicios Agrolab, 2022.

2.5. MATERIALES

2.5.1. Colección y almacenamiento de materia genética

Las accesiones han sido colectadas y seleccionadas del propio almacén, de los familiares y de los productores de las zonas aledañas. Las accesiones preseleccionadas han sido lavadas con detergente comercial, posteriormente fueron secados mediante el calor directo del sol, finalmente fueron almacenados en cajas y bolsas de cartón debidamente etiquetadas. Los tubérculos semilla, fueron tratados con insecticida en polvo (Tifón 2.5 PS) para evitar ataque de las larvas de las polillas.

2.5.2. Material genético y tratamientos

El material genético estuvo conformado por 60 accesiones de Papa Nativa, y como control 3 variedades de papa mejorada, Canchan, Mariva y Yungay; más una especie de papa silvestre (*Atuqpa papan*). Los tratamientos están conformados por las 64 accesiones de *Solanum* spp., de la comunidad campesina “Virgen de Cocharcas de Cochas”, la codificación de cada tratamiento se observa en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Lista de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), colectadas en la comunidad campesina Virgen de Cocharcas de Cochas, distrito San Miguel, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho.

TRAT.	ACCESIONES	PLOIDÍA	TRAT.	ACCESIONES	PLOIDÍA
T1	Carrasco	2n=4X=48	T33	PN5	2n=4X=48
T2	Peruanita	2n=2X=12	T34	Sangre de toro macho	2n=3X=36
T3	Palta mindez	2n=5X=60	T35	Sangre de toro	2n=4X=48
T4	Lenguas	2n=4X=48	T36	Peruanita larga	2n=4X=48
T5	Duraznillo	2n=4X=48	T37	Camotillo	2n=3X=36
T6	Huantina	2n=3X=36	T38	Yuraq wirapasña	2n=3X=36
T7	Yuraq winchina	2n=2X=12	T39	Yana llunchuy waqachi	2n=3X=36
T8	Qellu runtus	2n=3X=36	T40	Puka carrasco	2n=2X=12
T9	Allqa carrasco	2n=4X=48	T41	kunkantullu	2n=4X=48
T10	Ruyaq suytu	2n=3X=36	T42	Lengua de vaca	2n=4X=48
T11	PN4	2n=3X=36	T43	PN6	2n=3X=36
T12	PN1	2n=3X=36	T44	Huamampa uman 2	2n=5X=60
T13	Ruyru mindez	2n=4X=48	T45	Blanca andina	2n=3X=36
T14	Moro panchaela	2n=3X=36	T46	Tumbay	2n=4X=48
T15	Puka sawinto 1	2n=4X=48	T47	PN9	2n=3X=36
T16	Mariva	2n=4X=48	T48	Taragallo	2n=2X=12
T17	Yana carrasco	2n=5X=60	T49	Puka sawinto 2	2n=4X=48
T18	PN2	2n=4X=48	T50	Chanchamayina	2n=4X=48
T19	Ruyru ritipa sisan	2n=3X=36	T51	Chiqchi wiksa	2n=3X=36
T20	Chaulina	2n=3X=36	T52	Huevo del indio	2n=3X=36
T21	Huamampa uman	2n=2X=12	T53	PN7	2n=5X=60
T22	Puka huayru	2n=3X=36	T54	Yana wairu	2n=2X=12
T23	Ritipa sisan	2n=3X=36	T55	PN8	2n=2X=12
T24	Piñacha	2n=3X=36	T56	Corazón de cuy	2n=4X=48
T25	Cuchi pelo	2n=4X=48	T57	Qachirva	2n=4X=48
T26	Wiara pasña morado	2n=5X=60	T58	Papa fuerte	2n=4X=48
T27	Puka turnillo	2n=3X=36	T59	PN3	2n=3X=36
T28	Sangre de cristo	2n=2X=12	T60	Puca ñawi	2n=2X=12
T29	Wincuello	2n=2X=12	T61	Qori sunqu	2n=2X=12
T30	Atuqpa papan	2n=3X=36	T62	Qellqay wiksa	2n=3X=36
T31	Uru puñoichi	2n=4X=48	T63	Yungay	2n=4X=48
T32	Amarilla larga	2n=2X=12	T64	Canchan	2n=4X=48

Nota. La ploidía se determinó mediante la técnica de conteo de cloroplastos en las células estomáticas. PN: papa nativa (PN) con nombre no identificado.

2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tubérculos semilla de las accesiones de *Solanum* spp., fueron distribuidos en el campo mediante el diseño experimental Latice Simple (8x8) con dos repeticiones por cada accesión y dos bloques. La distribución en el campo se realizó mediante randomización particular para este diseño (Figura 2.3) y en un croquis definido previamente para el diseño elegido.

Modelo aditivo lineal (MAL), según las modificaciones por Talamantes (1986), en experimentación agrícola:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + S_k + ee_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Rendimiento del i-ésimo tratamiento en la j-ésimo repetición, del k-ésimo bloque incompleto.

μ : Es el promedio de las unidades experimentales

T_i : Es el efecto del i-ésimo tratamiento

B_j : Es el efecto del j-ésimo bloque o repetición

S_k : Es el k-ésimo bloque incompleto

ee_{ijk} : Es el error experimental del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima repetición, del k-ésimo bloque incompleto.

i : varia de 1,2,3,...,t (subíndice de variación de tratamientos)

j : varia de 1,2,3,...,r (subíndice de variación de bloques o repeticiones)

k : número de bloques incompletos

BLOQUE I								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08
2	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
3	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24
4	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32
5	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40
6	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48
7	T49	T50	T51	T52	T53	T54	T55	T56
8	T57	T58	T59	T60	T61	T62	T63	T64

BLOQUE II								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	T01	T09	T17	T25	T33	T41	T49	T57
2	T02	T10	T18	T26	T34	T42	T50	T58
3	T03	T11	T19	T27	T35	T43	T51	T59
4	T04	T12	T20	T28	T36	T44	T52	T60
5	T05	T13	T21	T29	T37	T45	T53	T61
6	T06	T14	T22	T30	T38	T46	T54	T62
7	T07	T15	T23	T31	T39	T47	T55	T63
8	T08	T16	T24	T32	T40	T48	T56	T64

Figura 2.3. Representación gráfica de los bloques del experimento y aleatorización para las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

2.7. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Las características y dimensiones de cada unidad experimental (UE) se muestran en la Tabla 2.4 de manera detallada.

Tabla 2.4. Descripción de las características de las unidades experimentales (UE), bajo condiciones de Virgen de Cocharcas de Cochas, 3760 m.s.n.m., La Mar, Ayacucho.

Descripción	Unidad	Medida
Ancho de la UE	m	2.00
Largo de la UE	m	2.70
Área de la UE	m ²	5.40
Largo del bloque	m	21.6
Área de cada bloque	m ²	345.6
Ancho de bloque	m	16.0
Distancia entre golpes	m	0.40
Número de surcos/UE	unidades	3.00
Distancia entre surcos	m	0.90
Número de tubérculos/UE	unidades	15.0
Número de tubérculos/surco	unidades	5.0

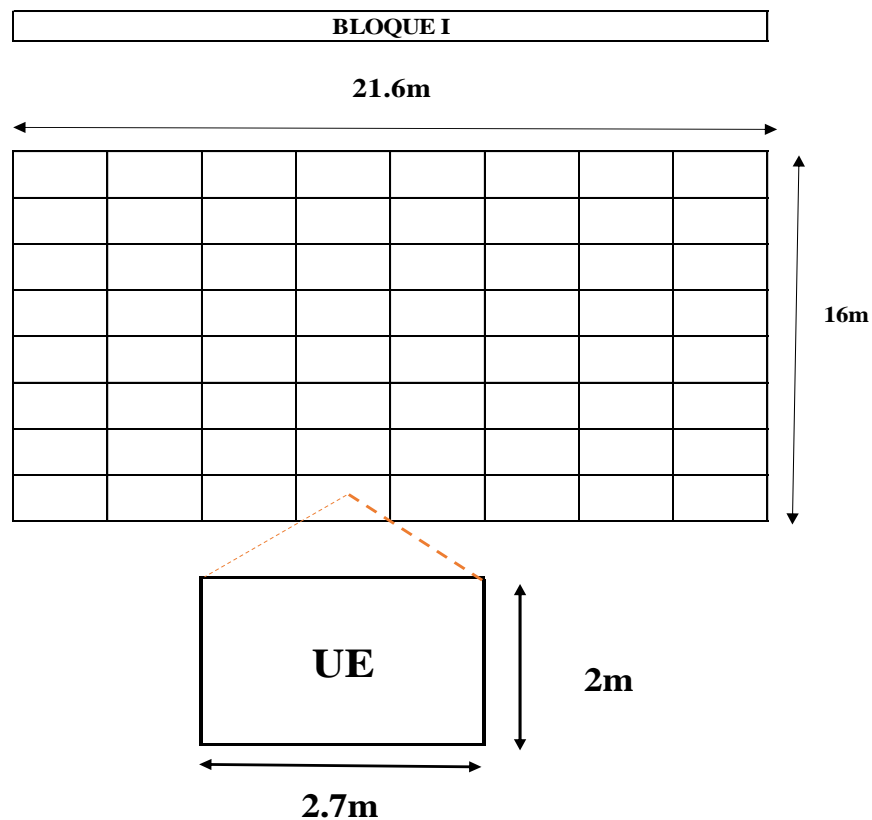


Figura 2.4. Diagrama y dimensiones del diseño y unidades experimentales, utilizados en el campo definitivo.

2.8. INSTALACIÓN Y MANEJO DEL EXPERIMENTO

Tanto la instalación y su manejo, se realizó mediante la práctica de la agricultura tradicional de la zona durante la campaña grande bajo secano, entre los meses de noviembre 2021 a mayo 2022.

2.8.1. Preparación del suelo

Se hizo limpieza general del suelo removiendo las piedras, arbustos secos, ortigas y otras plantas aledañas. Dado que el suelo es llano, no hubo necesidad de evacuar aguas de escorrentía superficial pluvial mediante zanjas en las cabeceras del terreno experimental.

2.8.2. Replanteo del diseño experimental

El proceso se realizó conforme el diseño experimental (croquis dibujado), delimitando las parcelas para cada accesión y bloques incompletos (k), distribuyéndolas con sus respectivas calles o caminos. Para la elaboración se ha empleado flexómetro de 5 m, varillas de madera, pequeñas estaquillas para ubicar puntos, pico y con la ayuda de dos familiares.

2.8.3. Abonamiento

Según el análisis de laboratorio, el suelo resultó ser fértil en los macronutrientes y algunos oligoelementos, durante la campaña solo se aplicó refuerzos vía foliar. El producto que se utilizó fue NEW WORLD (11-8-6) a razón de 1L/200L o 1L/cilindro, se aplicó dos veces en las mismas fechas en que se aplicó fungicida e insecticida (ver control fitosanitario). El producto aporta, además de NPK, el Fe, Cu, B, Mg, Mo, Zn, S, Mn.

2.8.4. Siembra

La siembra se realizó mediante la labranza cero (*chuki*), empleando *Chakitaklla*, se procedió a abrir los pequeños hoyos por golpe y en cada surco, luego se depositó los tubérculos semilla en cada hoyo y luego fueron cubiertos o enterrados inmediatamente. El proceso de siembra se realizó conforme a la randomización y distanciamientos de 0.40 m entre golpes, 0.90 m entre surcos y profundidad de 8-10 cm en promedio. La siembra se efectuó el 21 de noviembre del 2021. Hubo una excepción en la siembra de papa silvestre (*Atuqpa papan*), dado que no se contaba con los tubérculos semilla, por lo cual se hizo trasplante de sus plántulas (10-15 cm); esta actividad se realizó durante el segundo aporque (17/01/22).

2.8.5. Aporque

Primer aporque. Se efectuó el llamado *Pakchay* o *wachu* que consistió en formar surcos de una altura de 0.20 m en promedio y acomodando los terrones sin tapar demasiado los hoyos de siembra. Toda esta actividad se realizó 8 días después de la siembra (29/11/22), antes que los brotes de los tubérculos emergieran para poder evitar malograr los brotes. Se empleó la *chakitaklla* como herramienta principal de ayuda.

Segundo aporque. Se efectuó la actividad llamada *wischupay*, se realizó a los 57 días después de la siembra (17/01/22) cuando el tallo de las plantas estuvo entre 0.15-0.20 m de altura en promedio. El objetivo del aporque fue cubrir los estolones aglomerando tierra a la base de las plantas de la papa y a lo largo del surco, así para poder evitar que los estolones generen nuevas plantas. La herramienta principal que se ha usado fue la lampa.

2.8.6. Deshierbo

Esta actividad se realizó conjuntamente con el primer y segundo aporque. La finalidad de esta actividad fue disminuir la competencia por los nutrientes, por la iluminación y evitar proliferación de enfermedades.

2.8.7. Control fitosanitario

Se aplicó dos controles fitosanitarios durante la campaña de la siguiente manera: en el primer control se aplicó la fungicida preventivo y curativo, LESSICK 72WP (cymoxanil + mancozeb) de modo de acción sistémico y por contacto, a razón de 0.5 kg/200L contra tizón tardío. Mientras, para control de los insectos se ha fumigado con TIFON 4E, fosforado de amplio espectro a razón de 3L/200L, de modo de acción por contacto y vapor fumigante. Además, se aplicó una goma adherente llamado NEW WORLD ADHERENTE a razón de 100 mL/200L con el objetivo de evitar lavado de los productos aplicados por la lluvia; estas actividades se realizaron a los 49 días después de la siembra (09/01/22) cuando las plantas de las papas estuvieron 10-15 cm de altura. En la segunda aplicación se fumigó con los mismos productos mencionados a los 121 días después de la siembra (22/03/22), cuando las plantas estuvieron 50-80 cm de altura en promedio.

2.8.8. Cosecha

Se efectuó a los 11 días del mes de junio del 2022 (11/06/22) a los 203 días desde la siembra. Esta actividad se realizó durante la madurez de cosecha, cuando el 85-90% de

las hojas estuvieron secos. Se cosechó de cada unidad experimental separadamente, luego estos fueron pasados para medir su productividad; luego se ha seleccionado tubérculos muestra para seguir evaluando sus características morfológicas en los tubérculos de cada accesión.

2.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos de caracteres cualitativos se realizó agrupamiento jerárquico (clúster), análisis de componentes principales (PCA), análisis de correspondencia (AC); mientras, para los datos cuantitativos, se realizó análisis de varianza (ANOVA, $\alpha=0.05$) y análisis de comparación de medias DLS (diferencia mínima o límite de significancia) con los datos de los tratamientos sin ajustar. Para estos análisis se utilizó el software R, versión 4.2.0.

El análisis estadístico de los datos perdidos o faltantes, se evaluó mediante la técnica de imputación de datos, con la finalidad de no perder información. Para datos cuantitativos, se reemplazó con la media de cada variable. En el caso de los datos de caracteres cualitativos, se reemplazó con el código del descriptor próximo a la media resultante.

2.10. MÉTODOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN AGROMORFOLÓGICA

2.10.1. Materiales empleados

Se utilizó los siguientes materiales para la caracterización morfológica:

- ✓ Lista impresa de los descriptores morfológicos de Papa Nativa en matrices
- ✓ Tabla de colores impresa para la caracterización de las flores
- ✓ Cámara fotográfica (celular Motorola e5 Plus)
- ✓ Lápiz y borrador
- ✓ Flexómetro de 5m
- ✓ Libreta de campo.

2.10.2. Caracterización morfológica

La caracterización de cada accesión se ha realizado mediante los descriptores morfológicos establecidos por Gómez (2004) y CIP, dichos descriptores (32 en total) estuvieron agrupados y ordenados en una matriz para la toma de datos correspondientes.

Durante la evaluación en el campo (*in situ*), en plena floración, se registró 4 características de la hoja; 1, de hábito de crecimiento; 2 características de tallos; 10, de la flor; 2, de la

baya (momento de fructificación, cuando las bayas estuvieron 1.0-1.5 cm de diámetro), en postcosecha se evaluó 10 características de los tubérculos y 3 del brote. Cada descriptor morfológico tiene su codificación en números arábigos.

2.10.3. Evaluaciones agronómicas

a. Caracteres de precocidad

- ✓ **Días a la emergencia (dds).** Se contabilizó los días que han transcurrido desde la siembra hasta la emergencia del 50% de las accesiones sembradas
- ✓ **Días a la floración (dds).** Se contabilizó los días que han transcurrido desde la siembra hasta la floración del 50% de las accesiones sembradas
- ✓ **Días a la madurez de cosecha (dds).** Se contabilizó los días que han transcurrido desde la siembra hasta que el 50% de las accesiones hayan mostrado madurez de cosecha, es decir, cuando las hojas hayan alcanzado un promedio 80% de marchitez.
- ✓ **Días al brotamiento (ddc).** Se contabilizó los días que han transcurrido desde la cosecha hasta el brotamiento del 50% de las accesiones.

b. Caracteres de productividad

- ✓ **Número de tallos aéreos (tallos).** Durante la floración, se contabilizó el número de tallos aéreos primarios a nivel de cuello de la planta, donde se evaluó en total de 5 plantas por cada accesión y por repetición.
- ✓ **Altura de la planta (cm).** Durante la plena floración se midió la altura en 5 plantas por cada accesión y repetición. Se determinó la altura desde el cuello de la planta hasta la yema apical más alta del mismo tallo utilizando flexómetro (Wincha).
- ✓ **Diámetro de follaje (cm).** Durante la plena floración, se midió el diámetro del follaje de las 5 plantas por cada accesión y repetición utilizando flexómetro (Wincha de 5m). Se midió en forma de cruz para promediar los valores.
- ✓ **Número de tubérculos por planta (tub/planta).** En el momento de la cosecha, se contabilizó el número total de los tubérculos en 5 plantas por cada accesión y repetición. El conteo incluyó tubérculos grandes, medianas y los más pequeños.
- ✓ **Peso de tubérculos por planta (Kg/planta).** En el momento de la cosecha, se determinó el peso del número total de los tubérculos en las 5 plantas por cada accesión y repetición.

- ✓ **Rendimiento (Kg/ha).** Se determinó relacionando el rendimiento promedio de las dos repeticiones por cada U.E y el área total de una hectárea de terreno.

2.11. MÉTODO Y CRITERIO DE EVALUACIÓN PARA SELECCIÓN MOLECULAR

2.11.1. Materiales para extracción de ADN y PCR

La extracción de ADN se realizó a partir de hojas jóvenes y frescas de buen estado (hojas apicales) de las plantas de *Solanum* spp., que crecieron en condiciones de campo. Los materiales para esta actividad y para el PCR fueron:

Instrumentos y equipos

- ✓ Juego de micropipetas Eppendorf (2-10uL, 100-500uL, 100-1000uL) y sus respectivos tips
- ✓ Mortero y pilón
- ✓ Tubos de 1.5 y 2.0 ml (Eppendorf)
- ✓ Puntas de 10, 200, 1000 μ l (Fisher, Sigma)
- ✓ Espectrofotómetro Eppendorf
- ✓ Mini Bortex
- ✓ Computadora
- ✓ Balanza electrónica.
- ✓ Probeta de 100mL
- ✓ Papel aluminio
- ✓ Cámara de electroforesis horizontal
- ✓ Termociclador Eppendorf
- ✓ Termo mixer eppendorf
- ✓ Autoclave
- ✓ Cámara de flujo de aire
- ✓ Foto documentador UV solo imaging system.
- ✓ Centrifugador eppendorf (5430R) para spin
- ✓ Horno microondas
- ✓ Potenciómetro inoLab
- ✓ Matraz Erlenmeyer de 500mL

Materiales químicos

- ✓ Agua libre de nucleasas NFW (Sigma)
- ✓ Bromuro de etidio (BrEt)
- ✓ Cloroformo (Merck)
- ✓ Primers
- ✓ Alcohol isoamílico y etanol
- ✓ Cloruro de sodio (NaCl) (Merck)
- ✓ Buffer CTAB
- ✓ Isopropanol frío
- ✓ β mercaptoetanol
- ✓ ARNasa
- ✓ T₁₀E₁ (buffer)
- ✓ Loading 6X
- ✓ Buffer de corrida TBE
- ✓ Agarosa de grado molecular (Gibco)
- ✓ Master Mix (NFW, Buffer 5X, MgCl₂, dNTPs, Primers, Taq ADN polimerasa, ADN molde.

2.11.2. Marcador molecular empleado

Para la selección molecular se utilizó el marcador molecular GP94, ligado al gen *Rpi-phu1*, catalogado como resistente a tizón tardío (Tabla 2.5 y 2.6).

Tabla 2.5. Especificación de marcador molecular empleado para gen de resistencia a tizón tardío.

N°	Crom.	Gen	MF	Factor	Referencia
1	IX	<i>Rpi-phu1</i>	GP94	P.i.	(Śliwka et al., 2010)

Nota. P.i: *Phytophthora infestans*, phu1: gen que proviene de *solanum phureja*; MF: marcador flanqueante para el gen; IX: representa la posición del gen en cromosoma 9 de la papa.

Tabla 2.6. Secuencias del cebador en dirección 5'-3' para marcador molecular específico GP94.

Marcador	Cebador	T° A (°C)	Tamaño (pb)	Protocolo
GP94	F: ATGTATCACAATCACATTCTTGCTC R: TGTA AAAACCAACAAGTAGTGTGTC	56	350	PCR

Nota. TA: temperatura de anillamiento, pb: pares de bases; F: forward (adelante) y R: reverse (reverso) que indican la dirección de las secuencias del cebador.

2.11.3. Extracción de ADN

Antes de la floración, se colectaron del campo ramas con hojas apicales, tiernas y sanas de cada accesión debidamente etiquetada. Se siguió el protocolo del método CTAB 2X (hexadecil bromuro de trimetil amonio) de Doyle y Doyle (1990), modificado por CIP (1998), se describe a continuación:

- Se pesó 100 mg (3 hojas aprox.) de tejido de la hoja de cada accesión y luego fueron molidos en morteros esterilizados. En este trabajo no se utilizó nitrógeno líquido, en su reemplazo se utilizó 700 µL de CTAB 2X.
- Luego se transfirió en un microtubo eppendorf esterilizado de 2mL de capacidad. Luego se adicionó 700 µL de buffer de extracción CTAB 2X y 2 µL de β-mercaptoetanol, luego se agitó en Vórtex. Seguidamente, se incubaron al baño maría de 65°C durante 45 minutos agitando el tubo cada 15 minutos, luego de la incubación se retiró los tubos para enfriarlas a temperatura de ambiente 2 minutos.
- Para la separación de proteínas y polisacáridos primero se le agregó 700 µL de cloroformo: alcohol isoamílico (24:1) y luego se agitaron en vórtex hasta homogenizar el contenido.
- Luego se centrifugó a 12,700 rpm por 5 minutos y después se transfirió el sobrenadante a un nuevo microtubo eppendorf estéril; se etiquetó el tubo. Luego se descartó el cloroformo: alcohol isoamílico remanente.

- e. Luego se le agregó 50 μL de CTAB 10X (en NaCl 0.7M) y luego vórtex para homogenizar.
- f. Se repitió los pasos c y d.
- g. Para la precipitación de ácidos nucleicos se añadió igual volumen de 400-500 μL de isopropanol frío a cada tubo y luego se mezcló por inversión para homogenizar. Luego se incubaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 15 minutos
- h. Después se centrifugó a 12,700 rpm durante 20 minutos. Luego se vació el sobrenadante (isopropanol) cuidadosamente evitando perder el pellet de ADN, después se dejó invertido los tubos en papel toalla por 2 minutos.
- i. Para poder purificar el pellet de ADN, se añadió 1000 μL de etanol al 70%, luego se centrifugó por 30 minutos a 12,700 rpm, luego se decantó el etanol. Luego se agregó 1mL de etanol al 90%, luego se centrifugó a 12,700 rpm durante 30 minutos y se eliminó el etanol. Después se dejó que el precipitado se seque toda la noche en posición invertida.
- j. Para disolver al ADN se le añadió 150 μL de T_{10}E_1 y vórtex, finalmente se incubó a 37°C durante 1h. En este trabajo no se ha utilizado ARNasa.
- k. Luego se conservaron las muestras a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.11.4. Control de calidad de ADN extraído

a. Por espectrofotometría

La concentración de ADN se calculó teniendo en cuenta el valor de absorbancia obtenido a una longitud de onda de 260 nm. Para determinar la pureza, se utilizó la razón de ADN/proteínas, mediando a una absorbancia de 280 nm (proteínas). Según Bancoadn (2020), el ADN puro y de calidad deberá tener un valor de la relación A_{260}/A_{280} en los rangos de 1.8-2.0. A continuación se describe el protocolo de trabajo estandarizado por Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal de la E. P. Agronomía:

- a. Primero se disolvió el pellet de ADN extraído con 150 μL de T_{10}E_1 , luego se incubó a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 1h para completar disolver.
- b. Se tomó 1.5 μL de T_{10}E_1 para blanqueo y el mismo volumen de ADN muestra disuelto para la lectura en espectrofotómetro. Se homogenizó cada muestra antes de hacer lectura con leves agitaciones. El blanqueo se realizó con la misma solución con la que se disolvió el pellet.

- c. Finalmente, se hizo la lectura correspondiente de la concentración de ADN en ng/ μ L. Esta concentración será homogenizada para ADN molde, lo cual se empleará para amplificar en PCR.

b. Por densitometría (electroforesis)

Se evaluó la integridad y calidad, a continuación, se describe el protocolo de trabajo estandarizado por Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal de la E. P. Agronomía:

- a. Primero se preparó gel de agarosa al 1% en 80mL de buffer TBE 1X con 2 μ L de BrEt.
- b. Luego se colocó gel preparado en la cubeta con peine para solidificar.
- c. Luego se colocó gel solidificado a la cámara de electroforesis, después se cargó con buffer de corrida TBE 1X hasta cubrirlo dicho gel, después se retiró el peine para dejar pocillos libres.
- d. Luego se preparó el Cocktail-Mix de corrida con 2 μ L de NFW + 1 μ L de loading 6X + 3 μ L de ADN muestra, obteniendo al final un volumen total de 6 μ L.
- e. Luego se procedió a servir los mix en el orden correcto en los pocillos de gel, posteriormente se corrió en electroforesis a 90v por 1h, luego se procedió a observar en transiluminador UV, finalmente se capturó la imagen del gel para verificar.

2.11.5. Pre PCR

a. Homogenización de la concentración de ADN

Primero se homogenizó las concentraciones de ADN extraído a una concentración de trabajo (ADN molde) de 15 ng/ μ L; para homogenizar se utilizó agua libre de nucleasas (NFW). La concentración inicial fueron los valores obtenidos del Espectrofotómetro en unidad de nanogramos por microlitro (ng/ μ L).

b. Preparación de la mezcla Master Mix

Se preparó la mezcla de master mix para el marcador molecular GP94. En la Tabla 2.7 se muestra la mezcla master mix para 65 reacciones. Primero se realizó los cálculos para una reacción (1Rxx), luego se multiplicó estos resultados por la cantidad de reacciones necesarias; es decir, para las 64 accesiones, más una reacción extra por el gasto que se da por contacto con los tips de micropipetas, acumulando al final un total de 64 reacciones.

Tabla 2.7. Mezcla de Master mix para amplificación en PCR, para 65 reacciones (23/01/2023).

Reactivos	[]°	[]f	Volumen 1Rxx (μL)	Volumen "65" Rxx (μL)
NFW	--	--	1.65	107.25
buffer 5X	5X	1X	2.00	130.00
MgCl ₂	25 mM	2.5 mM	1.00	65.00
dNTPs	10 mM	0.2 mM	0.20	13.00
Forward (GP94)	10 μM	0.5 pM/μL	0.50	32.50
Reverse (GP94)	10 μM	0.5 pM/μL	0.50	32.50
Taq DNA polimerasa	5 U/μL	0.025U/μL	0.15	9.75
DNA molde	x	15 ng/μL	4.00	(*)
Volumen total			10.00 μL	390.00 μL

Nota. (*) Se agrega 4.00uL de ADN molde, independientemente para cada accesión al momento de servir para la amplificación de PCR. 1Rxx: una reacción, 65Rxx: 65 reacciones.

2.11.6. PCR (*Reacción en cadena de polimerasa*)

Se realizó PCR para el marcador molecular GP94, basándose en los tamaños de pares de bases del primers (Tabla 2.6). Se usó el siguiente perfil térmico: temperatura de desnaturalización a 94 °C por 5 minutos, 35 ciclos de desnaturalización a 94 °C por 1 minuto, temperatura de anillamiento a 56 °C (Tabla 2.6) por 45 segundos, extensión a 72 °C por 5 minutos, más una extensión final de 5 minutos.

Luego, los productos PCR fueron visualizados mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.8%; para eso se preparó un mix de corrida con 3 μL de producto amplificado, 1 μL de loading 6X, 2 μL de NFW, haciendo una sumatoria de 6 μL entre todos. Mientras, para ladder o marcador de peso molecular (Gen ruler) se preparó un mix según las especificaciones de fabricante (4 μL NFW, 1 μL DNA ladder, 1 μL DNA loading 6X). La tensión de corrida fue de 100V (4V/cm) durante 2h, el termociclador utilizado fue de marca Eppendorf pro S y transluminador UVstar 312 nm

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

3.1.1. *Elaboración de datos pasaporte*

a. Datos de colección

Los datos de colección fueron registrados durante el proceso de recolección. Para la numeración de las colecciones se utilizó las primeras 3 letras del primer nombre del colector, seguido por números de 3 dígitos en forma ascendente (RUB001 – RUB064). El nombre vernacular hace referencia al nombre con el que se conoce cada accesión por los agricultores de la zona. La fecha de colección se ha registrado en el orden día/mes/año, formando seis dígitos, donde los primeros pares de dígitos corresponde al día, los segundos pares al mes y los terceros pares al año. La procedencia de colección de accesiones hace referencia al área geográfica donde se cultiva, el material viviente colectado hace referencia al tipo de semilla que se colectó y se ha utilizado en la siembra (Anexo 1).

La asignación de los datos pasaporte de las accesiones de entrada se hizo en el Laboratorio de la Genética y Biotecnología Vegetal de la E.P. Agronomía. Considerando datos mínimos en RNP (Registro Nacional de Papa Nativa Peruana) e IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos) se elaboró los datos de pasaporte. Para el número de entrada se le asignó letras iniciales de la institución responsable que es la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), seguida por las letras iniciales del Laboratorio de la Genética y Biotecnología Vegetal (LGBV); los números arábigos después de las letras representan el código del país (Perú) (604) según ISO 3166-1 y región (05). Las letras que siguen (SPP) después de los códigos, representan el nombre científico de la especie y seguido por el número de colección (001-064) y año en la que se trabajó dicho germoplasma (2021). El resultado final después de la asignación completa quedó de la siguiente manera: UNSCHLGBV60405SPP001-21 (dato de entrada

de la accesión núm. 1). En la papa, según reportes más aceptadas, existen 8 especies cultivadas, en este trabajo no se ha identificado a cuál de ellos pertenecen las accesiones y, por lo tanto, se le asignó como *Solanum* spp., que indica especies no identificadas del género *Solanum*. La fecha de la última multiplicación está dada por día, mes y año de la última cosecha, que en total forman 6 dígitos; el nombre del donante corresponde al productor que lo cultiva a dichas accesiones y, por último, el número del donante se le asignó en orden correlativo (Anexo 2).

3.1.2. Cuantificación de caracteres morfológicos

a. Hábito de crecimiento. Se evaluó cuando las plantas estuvieron en plena floración.

Se encontró 5 tipos de hábito de crecimiento, siendo el más abundante, el semi-erecto en 54.69% de accesiones; seguido por decumbente, 32.81%; erecto, 7.81%; postrado, 3.13% y arrosetado, 1.56% (Tabla 3.1).

b. Color de los tallos. Se evaluó en plena floración de la planta. Se encontró 5 tipos de pigmentación de los tallos; siendo el predominante, el color verde con pocas manchas, en 50.0% de accesiones; seguido por verde, 25%; pigmentado con muchas manchas, 10.94%; pigmentado con poco verde, 9.38% y morado con 3.13% (Tabla 3.1).

c. Forma de alas de tallos. Se evaluó en plena floración de las plantas. Se encontró 4 tipos de alas de los tallos, siendo el más abundante, el de tipo recto en 57.81%; seguido por ondulado y dentado, 20.31% cada uno; sin alas de tallo (ausente), 1.56% (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Distribución de frecuencias de hábito de crecimiento, color de los tallos y forma de alas de los tallos de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

Hábito de crecimiento	Cant.	%	Color de los tallos	Cant.	%	Forma de alas de tallos	Cant.	%
1 Erecto	5	7.81	1 Verde	16	25.00	0 Ausencia	1	1.56
2 Semi-erecto	35	54.69	2 Verde con pocas manchas	32	50.00	1 Recto	37	57.81
3 Decumbente	21	32.81	3 Pigmento con muchas manchas	7	10.94	2 Ondulado	13	20.31
4 Postrado	2	3.13	4 Pigmento con abundante verde	1	1.56	3 dentado	13	20.31
5 Semi-arrosetado	0	0.00	5 Pigmento con poco verde	6	9.38		64	100
6 Arrosetado	1	1.56	6 Rojizo	0	0.00			
	64	100	7 Morado	2	3.13			
				64	100			

d. Forma de hoja. Se evaluó durante la plena floración en la parte intermedia del tallo principal de la planta (Tabla 3.2).

d.1. Tipo de disección. Solo se encontró el de tipo disectada en 100% de las accesiones evaluadas.

d.2. Número de foliolos laterales. Se encontró 4 tipos de pres de foliolos laterales, donde predomina el de 5 pares en 46.88%; seguido por 4 pares, 45.31%; 6 pares, 4.69% y 2 pares, 3.13%.

d.3. Número inter-hojuelas entre foliolos laterales. Se encontró 4 diferentes pares de inter-hojuelas, donde el más abundante es de 4 pares a más en 62.50%; seguido por 3 pares, 21.88%; 2 pares, 14.06%; 1 par, 1.56%.

d.4. Número de inter-hojuelas sobre peciolulos. Se encontró 4 tipos de pares de inter-hojuelas sobre peciolulos, donde abunda el de 1 par en 37.50%; seguido por 3 pares y 4 pares a más, 6.25% cada una; 2 pares, 4.69%; finalmente la ausencia de ellos está en 45.31% de las accesiones (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Distribución de frecuencias de la forma de las hojas en las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

Morfología y Formas de distribución de la hoja											
Tipo de disección	Número de foliolos laterales		Número inter-hojuelas entre foliolos laterales		Número inter-hojuelas sobre peciolulos						
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%					
1 Entera	0	0	0 Ausente	0	0.00	0 Ausente	0	0.00	0 Ausente	29	45.31
2 Lobulada	0	0	1 Par	0	0.00	1 Par	1	1.56	1 Par	24	37.50
3 Disectada	<u>64</u>	<u>100</u>	2 Pares	0	0.00	2 Pares	9	14.06	2 Pares	3	4.69
			3 Pares	2	3.13	3 Pares	14	21.88	3 Pares	4	6.25
			4 Pares	29	45.31	4 O más pares	40	62.50	4 O más pares	4	6.25
			5 Pares	30	46.88		<u>64</u>	<u>100</u>		<u>64</u>	<u>100</u>
			6 Pares	3	4.69						
			7 O más pares	0	0.00						
				<u>64</u>	<u>100</u>						

e. Grado de floración. Se evaluó durante la plena floración. Se encontró 3 tipos de grados de floración, donde el más abundante es de la floración moderada en 59.38%; seguido por floración escasa, 23.44%; aborte de botones, 1.56%. El 15.63% de las accesiones no ha presentado la floración por diferentes factores climáticos y patológicos (Tabla 3.3).

f. Forma de la corola. Se encontró 3 tipos de forma de la corola, donde predomina el tipo pentagonal en 35.9% de accesiones; seguido por semi-estrellada, 25.0%; rotada, 23.44%. El 15.63% de las accesiones no ha presentado la floración por diferentes factores climáticos y patológicos (Tabla 3.3).

g. Color de cáliz. Se encontró 6 tipos de colores de cáliz, donde predomina el pigmentado con poco verde en 31.25% de accesiones; verde con abundante mancha, 23.44%; el resto se muestra en menores proporciones (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Distribución de frecuencias de grado de floración, forma de la corola, color de cáliz de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

GRADO DE FLORACION	Cant.	%	FORMA DE LA COROLA	Cant.	%	COLOR DE CALIZ	Cant.	%
0 Sin botones	0	0.00	1 Estrellada	0	0.00	1 Verde	4	6.25
1 Aborto de botones	1	1.56	3 Semi-estrellada	16	25.00	2 Verde con pocas manchas	11	17.19
3 Floración escasa	15	23.44	5 Pentagonal	23	35.94	3 Verde con abundante manchas	15	23.44
5 Floración moderada	38	59.38	7 Rotada	15	23.44	4 Pigmentado con abundante verde	2	3.13
7 Floración profusa	0	0.00	9 Muy rotada	0	0.00	5 Pigmentado con poco verde	20	31.25
SD (sin dato)	10	15.63	SD (sin dato)	10	15.63	6 Rojizo	0	0.00
	64	100.0		64	100.0	7 Morado	2	3.13
							10	15.63
							64	100.0

h. Color de la flor. Se evaluó en plena floración. Se describió las características principales del color predominante, intensidad de color predominante, color secundario y distribución del color secundario. En la coloración predominante se encontró 6 tipos de colores, donde el más abundante fue violeta en 31.25% de las accesiones; seguido por morado y blanco, 15.63% cada uno; lila, 21.88%. El 15.63% de las accesiones no ha presentado la floración por diferentes factores climáticos y patológicos. El resto se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Distribución de frecuencias de color de la flor en las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

COLOR DE LA FLOR DE LA PAPA											
Color predominante		Inten. De color predominante		Color secundario		Distrib. Del color secundario					
	Cant.	%		Cant.	%		Cant.	%			
1 Blanco	10	15.63	1 Pálido/claro	25	39.06	0 Ausente	21	32.81	0 Ausente	21	32.81
2 Rojo -rosado	0	0.00	2 Intermedio	13	20.31	1 Blanco	28	43.75	1 Acumen (blanco)-haz	0	0.00
3 Rojo-morado	0	0.00	3 Intenso/oscurο	16	25.00	2 Rojo-rosado	0	0.00	2 Acumen (blanco)-envés	14	21.88
4 celeste	0	0.00		54	84.38	3 Rojo-morado	2	3.13	3 Acumen (blanco)-ambos	11	17.19
5 Azul-morado	0	0.00				4 Celeste	0	0.00	4 En estrella	0	0.00
6 Lila	14	21.88				5 Azul-morado	0	0.00	5 Bandas en el haz	0	0.00
7 Morado	10	15.63				6 Lila	1	1.56	6 Bandas en el envés	3	4.69
8 Violeta	20	31.25				7 Morado	1	1.56	7 Bandas en ambas caras	1	1.56
SD (sin dato)	10	15.63				8 Violeta	1	1.56	8 Manchas salpicadas (*)	2	3.13
	64	100.0				9 Pocas manchas o puntos	0	0.00	9 Pocas manchas o puntos	2	3.13
						SD (sin dato)	10	15.63	SD (sin dato)	10	15.63
							64	100.0		64	100.0

i. Pigmentación de anteras. Se evaluó durante la plena floración de las plantas. Se encontró 3 diferentes tipos de pigmentación: bandas y ápice pigmentado en 23.44% de las accesiones; seguido por mancha pigmentada en el ápice, 20.31%; bandas laterales pigmentadas, 6.25%; anteras sin antocianina, 34.38% y el 15.63% de las accesiones se reporta sin dato (SD) porque no ha presentado la floración por diferentes factores climáticos y patológicos (Tabla 3.5).

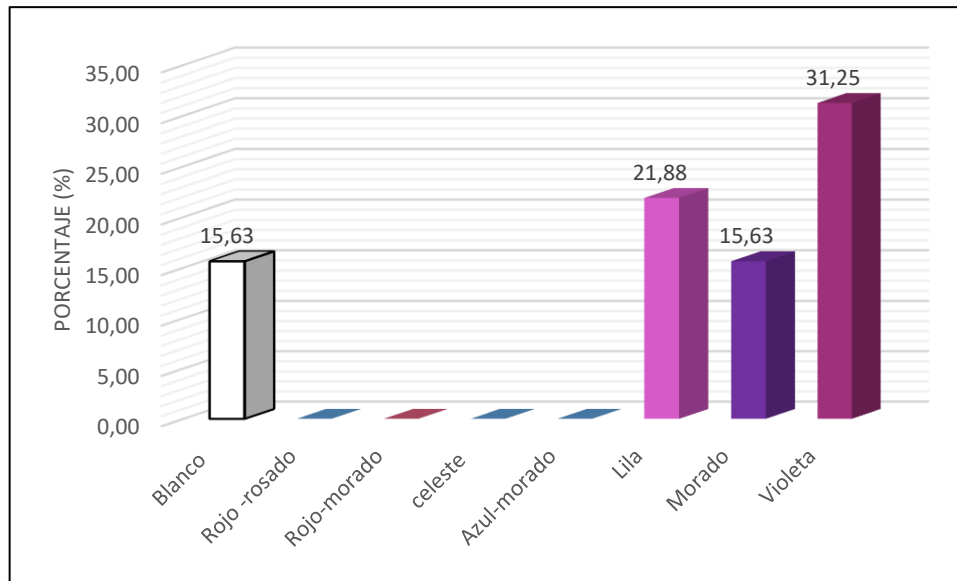


Figura 3.1. Distribución de frecuencias de color predominante de la flor en las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.). En este trabajo, no se encontró los caracteres sin valor numérico.

j. Pigmentación de pistilo. También se evaluó durante la plena floración; se encontró en mayor cantidad a los pistilos sin pigmentación en 75% de accesiones; ovario pigmentado, 4.69%; estilo pigmentado, 3.13%. El 15.63% de las accesiones se reporta sin dato (SD) porque no ha presentado la floración por diferentes factores climáticos y patológicos (Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Distribución de frecuencias de la pigmentación de las anteras y pistilo de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

PIGMENTACION EN ANTERAS			PIGMENTACION EN PISTILO		
	Cant.	%		Cant.	%
0 Sin antocianinas	22	34.38	0 Sin antocianinas	48	75.00
1 Bandas laterales pigmentados (PAS)	4	6.25	1 Estigma pigmentado (PS)	0	0.00
2 Mancha pigmentada en el ápice (PAT)	13	20.31	2 Ovario pigmentado (PO)	3	4.69
3 Bandas y ápice pigmentadas (PAS+PAT)	15	23.44	3 Pigm. en pared interna del ovario (POW)	0	0.00
4 Anteras rojo-marrón	0	0.00	4 Pigmentación PS+PO	0	0.00
SD (sin dato)	10	15.63	5 Pigmentación PS+POW	1	1.56
	64	100.0	6 Pigmentación PO+POW	0	0.00
			7 Pigmentación PS+PO+POW	0	0.00
			8 Otro (estilo pigmentado)	2	3.13
			SD (sin dato)	10	15.63
				64	100.0

k. Color de pedicelo. Se encontró con mayor predominancia a pedicelos ligeramente pigmentada a lo largo y en la articulación en 50% de las accesiones; el 15.63% de las

accesiones se reporta sin dato (SD) porque no ha presentado la floración por diferentes factores climáticos y patológicos (Tabla 3.6).

- l. Color de la baya.** Se encontró en mayor cantidad los de color verde en 45.31% de accesiones; seguido por verde con bandas blancas, 21.88%; predominantemente pigmentado, 7.81%. El 25.0% de las accesiones se reporta sin dato (SD) porque no ha presentado la floración por diferentes factores climáticos y patológicos (Tabla 3.6).
- m. Forma de la baya.** Se encontró 3 formas de baya; el más abundante fue la globosa en 45.31% de accesiones; seguido por ovoide, 21.88%; periforme, 7.81%. El 25.0% de las accesiones se reporta sin dato (SD) porque no llegó a formar baya (Tabla 3.7).

Tabla 3.6. Distribución de frecuencias del color de pedicelo y baya de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

COLOR DE PEDICELO		Cant.	%	COLOR DE LA BAYA		Cant.	%
1 Verde		4	6.25	1 Verde		29	45.31
2 Solo articulación pigmentada		1	1.56	2 Verde con pocos puntos blancos		0	0.00
3 Ligeramente pigmentada a lo largo s/artic.		1	1.56	3 Verde con bandas blancas		14	21.88
4 Lig. Pig. A lo largo y en la articulación		32	50.00	4 Verde con abundantes puntos blancos		0	0.00
5 Pigmentación sobre la articulación		6	9.38	5 Verde con áreas pigmentadas		0	0.00
6 Pigmentación debajo de la articulación		1	1.56	6 Verde con bandas pigmentadas		0	0.00
7 Mayormente pigmentado y articulación verde		0	0.00	7 Predominantemente pigmentado		5	7.81
8 Completamente pigmentado		9	14.06	SD (sin dato)		16	25.00
SD (sin dato)		10	15.63			64	100.0
		64	100.0				

Tabla 3.7. Distribución de frecuencias de la forma de las bayas de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

FORMA DE LA BAYA	Cant.	%
1 Globosa	29	45.31
2 Globosa con mucron termina	0	0.00
3 Ovoide	14	21.88
4 Ovoide con mucron terminal	0	0.00
5 Cónica	0	0.00
6 Cónica alargada	0	0.00
7 Periforme	5	7.81
	16	25.00
	64	100.0

- n. Color de piel de tubérculo.** Se evaluó después de la cosecha los caracteres según el color predominante, intensidad, color secundario y distribución del color secundario. Para el color predominante se encontró 7 colores de la piel de tubérculo; donde abunda el blanco-crema en 35.94% de accesiones; seguido por rojo-morado, 23.44%;

negruzco, 15.63%; morado, 12.5%; rosado y rojo en 4.69% cada uno; amarillo en 3.13% (Tabla 3.8 y Figura 3.2).

Tabla 3.8. Distribución de frecuencias del color de piel de tubérculos de las accesiones de Papa nativa (*Solanum* spp.).

COLOR DE PIEL DE TUBERCULO											
Color predominante	Intensidad de color predominante		Color secundario		Distribución de color secundario						
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	
1 Blanco-crema	23	35.94	1 Pálido/claro	25	39.06	0 Ausente	36	56.25	0 Ausente	36	56.25
2 Amarillo	2	3.13	2 Intermedio	18	28.13	1 Blanco-crema	12	18.75	1 En los ojos	3	4.69
3 Anaranjado	0	0.00	3 Intenso/oscurο	21	32.81	2 Amarillo	0	0.00	2 En las cejas	0	0.00
4 Marrón	0	0.00		64	100.0	3 Anaranjado	0	0.00	3 Alrededor de los ojos	0	0.00
5 Rosado	3	4.69				4 Marrón	1	1.56	4 Manchas dispersas	9	14.06
6 Rojo	3	4.69				5 Rosado	6	9.38	5 Como anteojos	8	12.50
7 Rojo-morado	15	23.44				6 Rojo	0	0.00	6 Manchas salpicadas	7	10.94
8 Morado	8	12.50				7 Rojo-morado	6	9.38	7 Pocas manchas	1	1.56
9 Negruzco	10	15.63				8 Morado	1	1.56		64	100.0
	64	100.0				9 Negruzco	2	3.13			
							64	100.0			

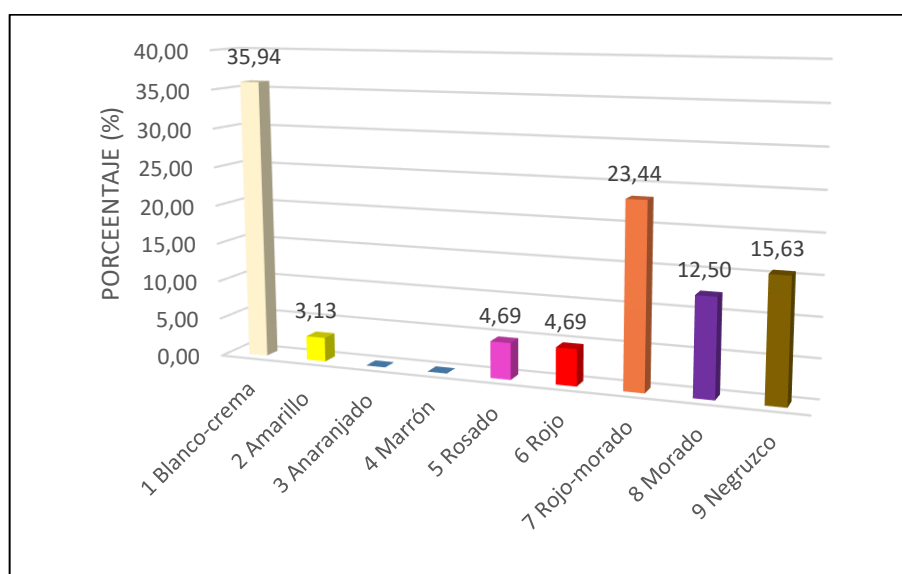


Figura 3.2. Distribución de frecuencias de color predominante de la piel de tubérculos de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.). En este trabajo, no se encontró los caracteres 3 y 4, anaranjado y marrón, respectivamente.

o. Forma del tubérculo. Se evaluó la forma general, variante de forma y profundidad de los ojos de los tubérculos. En la forma general se encontró 31.25% comprimido y 18.75% redondo en mayor cantidad. En variante de forma, se encontró en mayor proporción 20.31% aplanado y la ausencia de variante en 67.19%. Mientras, en profundidad media del ojo predomina en 57.81% de accesiones (Tabla 3.9).

Tabla 3.9. Distribución de frecuencias de la forma de tubérculos de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

FORMA DE TUBERCULO								
Forma general	Variante de forma				Profundidad de ojos			
	Cant.	%			Cant.	%		
1 Comprimido	20	31.25	0 Ausente		43	67.19	1 Sobresaliente	1 1.56
2 Redondo	12	18.75	1 Aplanado		13	20.31	3 Superficial	15 23.44
3 Ovalado	4	6.25	2 Clavado		2	3.13	5 Medio	37 57.81
4 Obovado	2	3.13	3 Reniforme		0	0.00	7 Profundo	10 15.63
5 Elíptico	7	10.94	4 Fusiforme		1	1.56	9 Muy profundo	1 1.56
6 Oblongo	3	4.69	5 Falcado		3	4.69		64 100.0
7 Oblongo-alargado	9	14.06	6 Enroscado		0	0.00		
8 Alargado	7	10.94	7 Digitado		0	0.00		
	64	100.0	8 Concertinado		1	1.56		
			9 Tuberosado		1	1.56		
					64	100.0		

p. Color de la pulpa de tubérculo. Se evaluó el color predominante, color secundario y distribución del color secundario. Para el color que predomina se encontró el blanco en 57.81% de las accesiones; crema, 23.44%. Para el color secundario predomina la ausencia de este en 78.13% (Tabla 3.10 y Figura 3.3)

q. Color del brote. Se evaluó color predominante, color secundario y su distribución. Como color principal abunda el morado, rojo y blanco en 54.69%, 17.19%, 15.63% respectivamente. Mientras en color secundario abunda el blanco y ausencia de color en 68.75%, 12.505 respectivamente (Tabla 3.11 y Figura 3.4).

Tabla 3.10. Distribución de frecuencias del color de la pulpa de tubérculos de las accesiones de papas nativas (*Solanum* spp.).

COLOR DE LA PULPA DE TUBERCULO								
Color predominante	Color secundario				Distribución del color secundario			
	Cant.	%			Cant.	%		
1 Blanco	37	57.81	0 Ausente		50	78.13	0 Ausente	50 78.13
2 Crema	15	23.44	1 Blanco		2	3.13	1 Pocas manchas	5 7.81
3 Amarillo claro	5	7.81	2 Crema		0	0.00	2 Áreas	2 3.13
4 Amarillo	5	7.81	3 Amarillo claro		1	1.56	3 Anillo vascular angosto	3 4.69
5 Amarillo inmenso	0	0.00	4 Amarillo		0	0.00	4 Anillo vascular ancho	0 0.00
6 Rojo	0	0.00	5 Amarillo intenso		1	1.56	5 Anillo vascular y medula	4 6.25
7 Morado	2	3.13	6 Rojo		1	1.56	6 Todo menos medula	0 0.00
8 Violeta	0	0.00	7 Morado		5	7.81	7 Otro (salpicado)	0 0.00
	64	100.0	8 Violeta		4	6.25		64 100.0
					64	100.0		

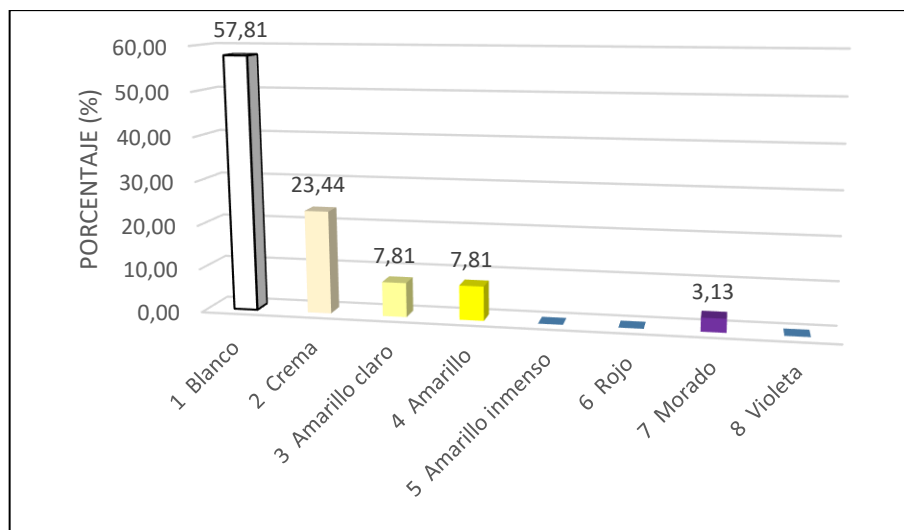


Figura 3.3. Distribución de frecuencias de color predominante de la pulpa de tubérculos, para las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.). En este trabajo, no se encontró los caracteres 5, 6 y 8.

Tabla 3.11. Distribución de frecuencias del color del brote de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

COLOR DEL BROTE								
Color predominante	Color secundario		Distribución del color secundario					
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%		
1 Blanco	10	15.63	0 Ausente	8	12.50	0 Ausente	8	12.50
2 Rosado	4	6.25	1 Blanco	44	68.75	1 En la base	1	1.56
3 Rojo	11	17.19	2 Rosado	6	9.38	2 En el ápice	9	14.06
4 Morado	35	54.69	3 Rojo	0	0.00	3 Pocas manchas a lo largo	16	25.00
5 Violeta	4	6.25	4 Morado	2	3.13	4 Muchas manchas a lo largo	7	10.94
	64	100.0	5 Violeta	4	6.25	5 En las yemas	23	35.94
				64	100		64	100.0

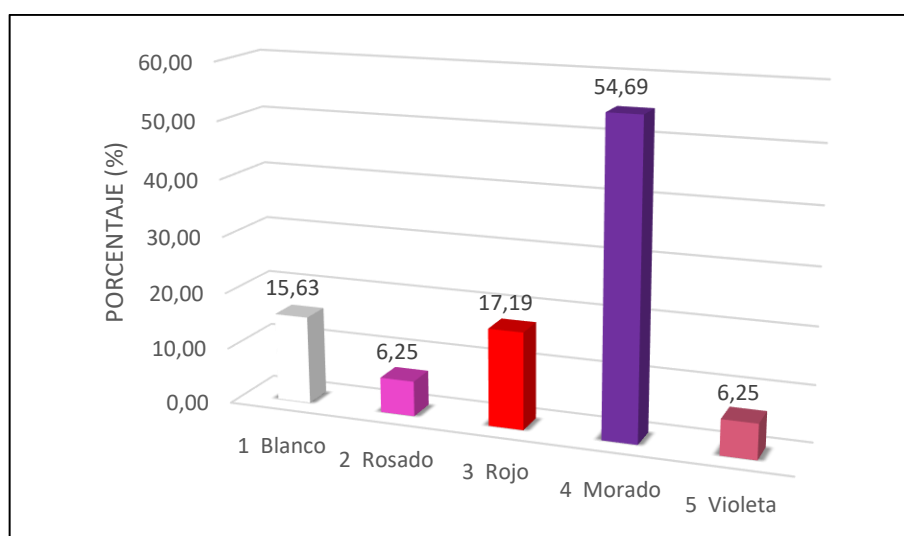


Figura 3.4. Distribución de frecuencias de color predominante del brote de los tubérculos, de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

3.2. CONSTRUCCIÓN DE DENDOGRAMA

3.2.1. Análisis de agrupamiento

Se trabajó con 32 descriptores para Papa Nativa, los cuales fueron consolidados y ordenados en una matriz (Anexo 3) y, con ello, se elaboró un clúster jerárquico mediante el método Ward a través de distancias Euclidianas entre los caracteres genéticos de las accesiones. El número de clústeres se determinó mediante el índice del método de codo o suma de cuadrados (Figura 3.5); asimismo, se calculó otros índices, como el método silueta y análisis de brechas (GAP) (Anexo 5), donde también coincide que el número adecuado de clústeres es 4.

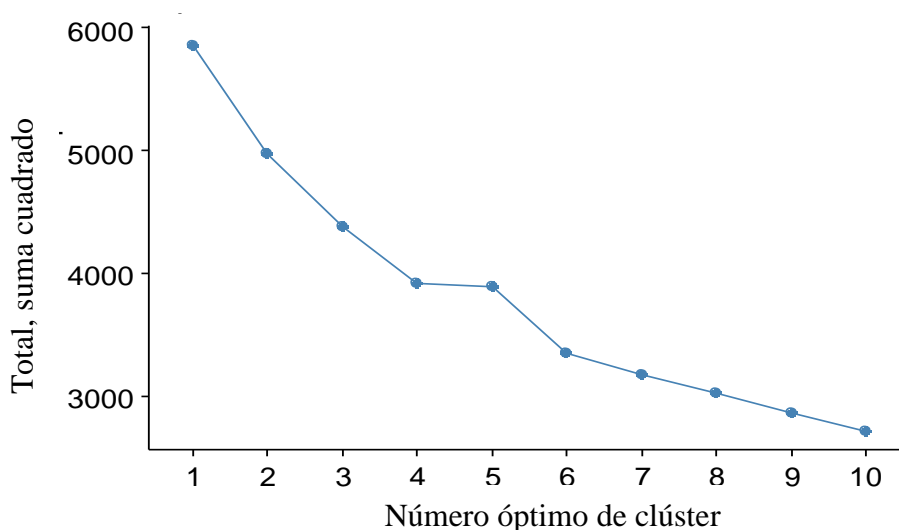


Figura 3.5. Método del codo para determinar el número de clústeres óptimo. Según esta figura, el número adecuado de clúster es 4.

En el dendrograma de la Figura 3.6, se muestra clúster de 4 grupos diferidos para un coeficiente de similitud 13.5%, demarcado con una línea discontinua en la parte superior. Entonces, el clúster de las 64 accesiones de *Solanum* spp., se puede explicar mucho mejor tomando en cuenta los 4 grupos determinados.

Enfatizando las accesiones de control, se observa que el papa silvestre o *Atuqpa papan* (T30) mantiene una similitud únicamente con las accesiones Qellu runtus (T8) y Sangre de Cristo (T28). También las papas mejoradas Mariva (T16) y Canchan (T64) presentan similitud al estar agrupados cercanamente. La papa Yungay (T63) se alejó de las otras papas mejoradas, llegando a formar subgrupo con las accesiones T31, T10, T55, T20 y T41. Cuando las distancias genéticas entre las accesiones es cero, entonces se define

iguales o de la misma especie y si la distancia se aleja de cero, entonces son diferentes; por lo tanto, formará parte de un grupo diferente.

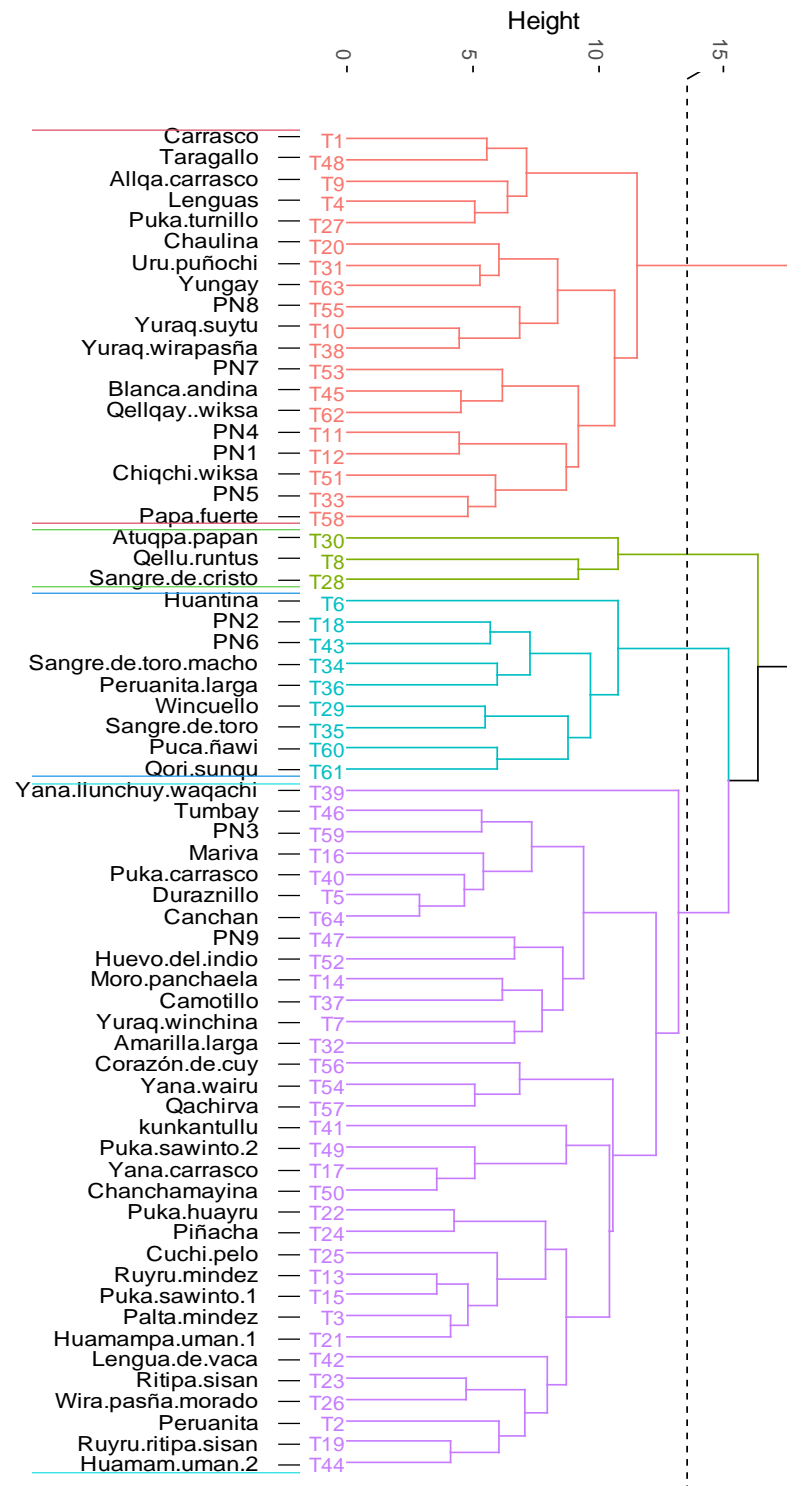


Figura 3.6. Clúster jerárquico con método Ward de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), mediante los 32 descriptores morfológicos. En condiciones de 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

Para una mejor ilustración, se construyó clúster mediante el método K-means con distancias Euclidianas. Este clúster son de tipo eclipses con centroide común para cada subgrupo, donde se puede observar a la accesión de papa silvestre (T30 o testigo) alejarse de manera considerable del centroide común del grupo en la que forma parte, esto se observa mediante la longitud de la flecha a comparación de las demás accesiones. También las accesiones T8 y T28 se alejan de manera considerable, tomando en cuenta el centroide común. De esta manera se reafirma la solides de los grupos formados en la Figura 3.6; esto nos hace indicar que, sin importar en método de clusterización siguen manteniendo unidos por sus distancias genéticas que ellos poseen (Figura 3.7).

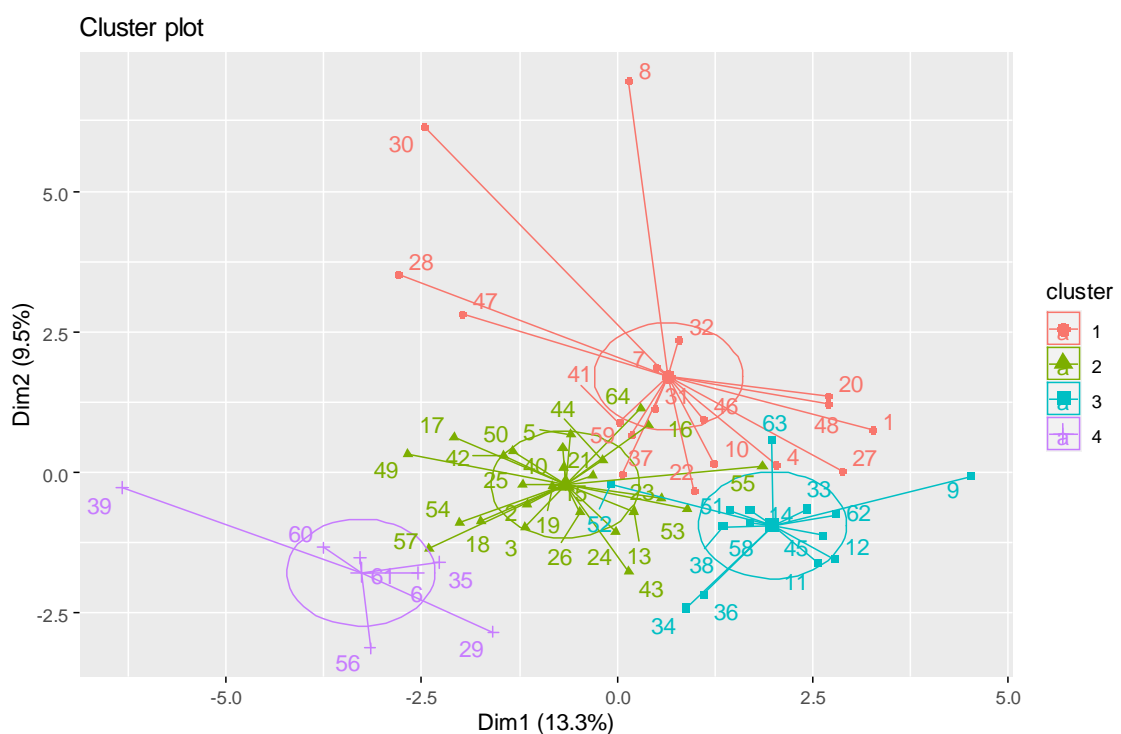


Figura 3.7. Clúster mediante el método de K-medias, agrupados en 4 grupos de las 64 accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.). En condiciones de 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

Gamboa (2019), reportó clúster jerárquico agrupado en 8 grupos, con 33.33% de similitud, a su vez, agrupados en 5 grandes grupos, en la que se ha evaluado 44 genotipos de papas nativas. Gutiérrez (2013), reportó 12 grupos de similitud con coeficiente de similitud de 0.2, en la que se ha evaluado 60 genotipos de papas nativas. En ambos casos, el criterio de construcción del número de clúster óptimo fue tomando el criterio de no formar muchos grupos ni pocos, sino un número medio. En estos casos de la

determinación del número de conglomerados es más subjetivo, porque no hay un índice o parámetro que muestre o demuestre objetivamente el número de grupos de similitud. Aparco (2017), reportó 7 grupos de similitud, evaluando 24 genotipos de papas nativas mediante el método de UPGMA (método de grupo de pares no ponderado con media aritmética), trabajo realizado en condiciones de Huancavelica, Castrovirreyna.

3.2.2. Contribución de los componentes principales

En la Tabla 3.12 se muestra la contribución o porcentaje de la varianza explicada de cada componente. En la que se puede observar que C12, C17, C18 y C20 tiene mayor contribución a comparación del resto. Esta explicación está dada tomando en cuenta las cinco dimensiones. Esto se refleja en la Figura 3.8 para las dimensiones 1 y 2 que se consideran importantes debido a que acumulan mayor porcentaje de variación.

Tabla 3.12. Contribución en la variabilidad de los 32 componentes presentada en forma multidimensional.

Componentes	Contribución (%)				
	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
C1	0.120	2.627	2.456	18.728	0.992
C2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C3	1.941	0.155	0.292	10.141	8.553
C4	3.161	2.733	1.901	7.663	4.293
C5	2.666	3.059	3.078	14.069	0.289
C6	7.970	0.736	2.064	0.436	0.071
C7	2.095	3.441	0.932	1.782	0.533
C8	2.833	0.817	1.771	5.228	0.023
C9	0.007	0.100	0.251	6.068	11.447
C10	2.229	8.387	0.273	1.660	5.514
C11	0.088	0.299	3.424	6.362	2.291
C12	1.685	18.859	1.555	6.107	0.083
C13	0.812	11.670	2.392	2.738	0.000
C14	0.007	1.430	0.870	2.351	11.350
C15	4.223	0.126	0.029	0.367	0.764
C16	8.125	0.043	0.619	3.590	3.833
C17	12.124	0.020	1.145	0.221	3.425
C18	10.863	0.250	1.066	0.509	2.199
C19	0.084	5.528	2.464	0.363	0.818
C20	10.824	1.411	5.789	0.268	3.209
C21	3.971	1.729	6.170	0.782	0.003
C22	4.089	4.371	2.150	0.446	9.322
C23	1.516	5.709	0.494	0.041	8.243
C24	0.059	0.251	6.133	0.022	15.977
C25	2.955	0.019	3.035	0.805	1.164
C26	3.639	0.375	4.339	2.305	1.779
C27	0.503	4.639	0.337	0.242	2.630
C28	2.409	7.592	15.535	2.418	0.115
C29	2.248	6.256	16.501	2.524	0.426
C30	0.045	4.408	4.681	1.577	0.058
C31	2.756	0.274	5.010	0.186	0.305
C32	3.954	2.689	3.246	0.001	0.293

La Figura 3.8, muestra el porcentaje de la varianza explicada por cada componente, en la que se puede ver claramente que el C12 (Color secundario de la flor) contribuye más en la variabilidad a comparación del resto. Esta figura es el reflejo de valores de Tabla 3.12.

Así mismo, este se ve reflejado en la Figura 3.9, que muestra el grado de correlación indirecta y su importancia según el grado de contribución de cada componente, tal como se muestra en su leyenda. Los componentes principales están constituidos por cada uno de los 32 descriptores de papa nativa, lo cual fue empleado en este trabajo (Anexo 3).

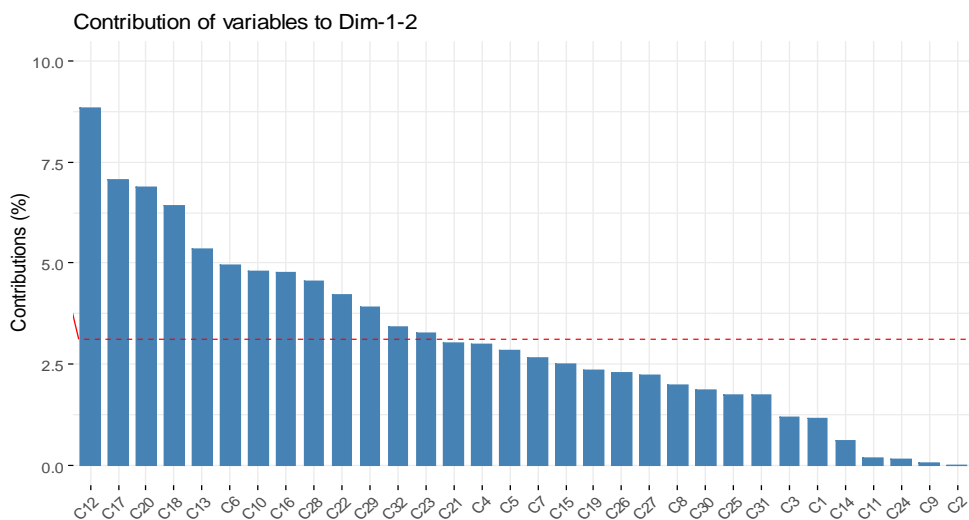


Figura 3.8. Porcentaje de contribución de cada componente en la variabilidad morfológica de las 64 accesiones de *Solanum* spp.

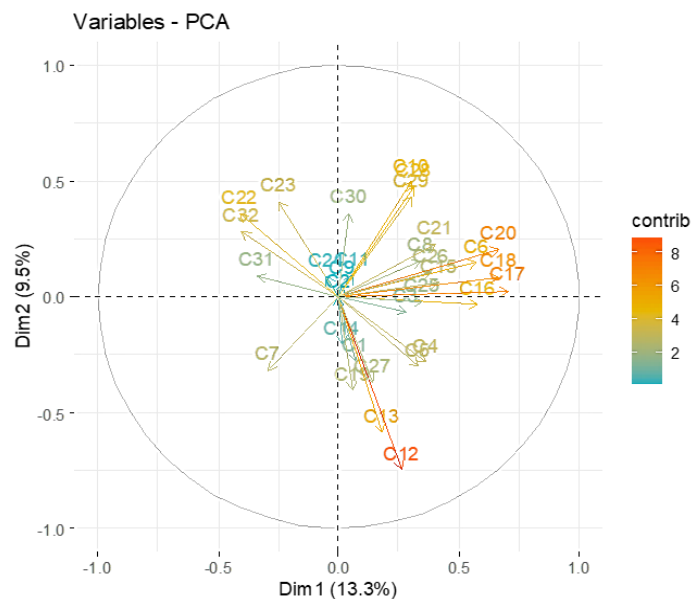


Figura 3.9. Correlación indirecta de los componentes principales (los 32 descriptores) de acuerdo a su nivel de contribución en la variabilidad morfológica.

3.2.3. Análisis de correspondencia (CA)

Esta técnica exploratoria realizada para las 64 accesiones de *Solanum* spp., mediante los datos recogidos con los 32 descriptores genéticos morfológicos, muestra el grado de relación entre las accesiones en un plano bidimensional. La accesión T30 (Papa silvestre), se relaciona más con las accesiones T28 (Sangre de cristo), T47 (PN9) y lejanamente con T8 (Qellu runtus). De igual manera, la accesión T39 (Yana llumchuy waqachi) se muestran alejado del grupo general, con una distancia genética mayor a comparación del resto. Esto se debe a las características muy particulares y semejanzas que presentaron cada uno de ellos.

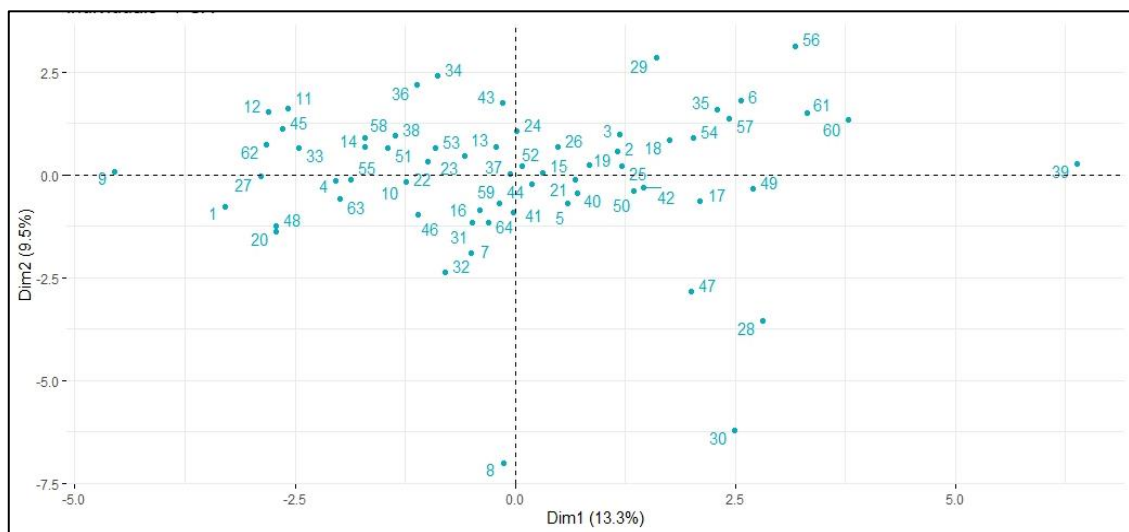


Figura 3.10. Correspondencia en un plano bidimensional de las distancias genéticas entre las accesiones de papas nativas (*Solanum* spp.).

3.3. ANÁLISIS DE EVALUACIÓN AGRONÓMICA

3.3.1. Caracteres de precocidad

Se evaluaron 4 caracteres de precocidad, que son: días a la emergencia, días a la floración, días a la madurez y días al brotamiento. Dentro de ellos, la variable días a la emergencia tuvo un promedio de 33.594 días después de la siembra (dds), con un intervalo de mínimo y máximo de 25 a 40 dds, para las accesiones papa silvestre (T30) y Wairu (T54) respectivamente. Días a la floración tuvo un promedio de 119.204 dds, con un intervalo de mínimo y máximo de 66 a 140 dds, para las accesiones Mariva (T16) y papa silvestre (T30) respectivamente. Días a la madurez tuvo un promedio de 165.359 dds, con un intervalo de mínimo y máximo de 103 a 180 dds, para las accesiones papa silvestre (T30) y Carrasco (T1) respectivamente. El brotamiento tuvo un promedio de 22.313 días

después de la cosecha (ddc), con un intervalo de mínimo y máximo de 10 a 52 ddc, PN7 (T53) y papa silvestre (T30) respectivamente (Tabla 3.14).

Los datos reportados en esta presente investigación, no coincide y tiene variaciones con los datos reportados por Gutierrez (2013), quien evaluó también 4 caracteres de precocidad en condiciones de 3660 m.s.n.m. Reportó 26.72 días a la emergencia con variación de 21 a 35 días después de la siembra (dds); días a la floración de 90.80 en promedio y con una variación de 75 a 95 dds; días a la madurez de cosecha de 163.12 en promedio y con variación de 152 a 166 dds; mientras días al brotamiento tuvo un promedio de 56.88 con variación de 43 a 71 ddc. Del mismo modo, Gamboa (2019) reportó datos similares con ligeras variaciones, pero la diferencia radica en que solo se ha evaluado 3 caracteres de precocidad, excluyendo días al brotamiento después de la cosecha.

Comparando con los parámetros propuestos por Gómez (2004), la única accesión precoz fue T30 (papa silvestre), accesiones con madurez Tardía fueron: T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T13, T14, T17, T18, T19, T20, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27, T28, T29, T30, T31, T32, T33, T34, T35, T36, T37, T38, T39, T40, T41, T42, T43, T44, T45, T46, T47, T48, T49, T50, T51, T52, T53, T54, T55, T56, T57, T58, T59, T60, T61, T62, T63, T64. Mientras las accesiones de madurez muy tardía fueron: T1, T2, T11, T12, T15 (Tabla 3.14).

En la Tabla 3.14 se muestra DLS de los caracteres de precocidad, realizada para ver la diferencia numérica. En la que se puede ver que la accesión precoz en el brotamiento, no siempre llega a madurar primero o no es sinónimo de precocidad.

Tabla 3.13. Datos de precocidad de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), en condiciones de 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochabamba, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

TRAT	ENTRADA/ ACCESIONES	Días a la emergencia		Días a la floración		Días a la madurez de cosecha		Días al brotamiento	
		Y7		Y8		Y9		Y10	
		I	II	I	II	I	II	I	II
T1	Carrasco	25	25	133	133	180	180	18	18
T2	Peruanita	28	28	91	91	180	180	18	18
T3	Palta mindez	35	35	133	133	172	172	25	25
T4	Lenguas	30	30	133	133	163	163	22	22
T5	Duraznillo	29	29	SD	SD	165	165	20	20
T6	Huantina	29	29	133	133	168	168	20	20
T7	Yuraq winchina	31	31	133	133	168	168	17	17
T8	Qellu rontus	32	32	128	128	160	160	20	20
T9	Alqa carrasco	36	36	133	133	166	166	25	25
T10	Ruyaq suytu	35	35	133	133	172	172	25	25
T11	PN4	28	28	95	95	180	180	18	18
T12	PN1	33	33	SD	SD	180	180	18	18
T13	Ruyru mindez	35	35	SD	SD	165	165	28	28
T14	Moro panchacla	31	31	101	101	165	165	18	18
T15	Puka sawinto 1	38	38	SD	SD	180	180	18	18
T16	Mariva	38	38	140	140	160	160	22	22
T17	Yana carrasco	32	32	133	133	165	165	18	18
T18	PN2	33	33	128	128	170	170	18	18
T19	Ruyru ritipa sisan	33	33	101	101	165	165	22	22
T20	Chaulina	35	35	95	95	165	165	15	15
T21	Huamampa uman	36	36	101	101	172	172	17	17
T22	Puka huayru	31	31	134	134	172	172	18	18
T23	Ritipa sisan	38	38	134	134	166	166	22	22
T24	Piñacha	35	35	112	112	166	166	22	22
T25	Cuchi pelo	35	35	SD	SD	168	168	18	18
T26	Wiara pasña morado	35	35	105	105	168	168	25	25
T27	Puka turnillo	38	38	110	110	168	168	18	18
T28	Sangre de cristo	31	31	112	112	162	162	25	25
T29	Wincuello	31	31	103	103	172	172	30	30
T30	Atuqpa papan	28	28	66	66	103	103	10	10
T31	Uru puñoche	38	38	SD	SD	162	162	28	28
T32	Amarilla larga	38	38	95	95	166	166	22	22
T33	PN5	38	38	105	105	162	162	30	30
T34	Sangre de toro macho	31	31	133	133	160	160	25	25
T35	Sangre de toro	38	38	95	95	172	172	22	22
T36	Peruanita larga	35	35	110	110	162	162	25	25
T37	Camotillo	33	33	125	125	160	160	28	28
T38	Yuraq wirapasña	35	35	138	138	162	162	26	26
T39	Yana llunchuy waqachi	31	31	140	140	163	163	25	25
T40	Puka carrasco	34	34	140	140	160	160	20	20
T41	kunkantullu	31	31	134	134	163	163	20	20
T42	Lengua de vaca	38	38	140	140	168	168	26	26
T43	PN6	38	38	134	134	172	172	28	28
T44	Huamam uman 2	38	38	95	95	163	163	28	28
T45	Blanca andina	35	35	140	140	172	172	22	22
T46	Tumbay	28	28	140	140	160	160	18	18
T47	PN9	35	35	128	128	160	160	30	30
T48	Taragallo	31	31	128	128	168	168	21	21
T49	Puka sawinto 2	36	36	119	119	172	172	21	21
T50	Chanhamayina	31	31	133	133	162	162	18	18
T51	Chiqchi wiksa	31	31	133	133	166	166	25	25
T52	Huevo del indio	31	31	133	133	160	160	28	28
T53	PN7	38	38	SD	SD	172	172	32	32
T54	Yana wairu	40	40	112	112	162	162	26	26
T55	PN8	33	33	91	91	172	172	52	52
T56	Corazón de cuy	35	35	110	110	168	168	22	22
T57	Qachirva	31	31	119	119	166	166	18	18
T58	Papa fuerte	35	35	125	125	155	155	25	25
T59	PN3	31	31	SD	SD	160	160	23	23
T60	Puca ñawi	35	35	112	112	163	163	26	26
T61	Qori sunqu	31	31	91	91	168	168	22	22
T62	Qellqay wiksa	35	35	119	119	166	166	20	20
T63	Yungay	33	33	SD	SD	155	155	20	20
T64	Canchan	35	35	SD	SD	155	155	22	22

SD: Sin dato

Tabla 3.14. LS de precocidad de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), solo para observar la diferencia numérica.

BROTAMIENTO (ddc)			EMERGENCIA (dds)			FLORACIÓN (dds)			MADURÉZ (dds)		
ACC.	PROM.	DLS (0.05)	ACC.	PROM.	DLS (0.05)	ACC.	PROM.	DLS (0.05)	ACC.	PROM.	DLS (0.05)
T53	32.0	a	T54	40	a	T16	140	a	T1	180	a
T29	30.0	b	T15	38	b	T39	140	a	T2	180	a
T33	30.0	b	T16	38	b	T40	140	a	T11	180	a
T47	30.0	b	T23	38	b	T42	140	a	T12	180	a
T13	28.0	c	T27	38	b	T45	140	a	T15	180	a
T31	28.0	c	T31	38	b	T46	140	a	T3	172	b
T37	28.0	c	T32	38	b	T38	138	b	T10	172	b
T43	28.0	c	T33	38	b	T22	134	c	T21	172	b
T44	28.0	c	T35	38	b	T23	134	c	T22	172	b
T52	28.0	c	T42	38	b	T41	134	c	T29	172	b
T38	26.0	d	T43	38	b	T43	134	c	T35	172	b
T42	26.0	d	T44	38	b	T1	133	d	T43	172	b
T54	26.0	d	T53	38	b	T3	133	d	T45	172	b
T55	26.0	d	T9	36	c	T4	133	d	T49	172	b
T60	26.0	d	T21	36	c	T6	133	d	T53	172	b
T3	25.0	e	T49	36	c	T7	133	d	T55	172	b
T9	25.0	e	T3	35	d	T9	133	d	T18	170	c
T10	25.0	e	T10	35	d	T10	133	d	T6	168	d
T26	25.0	e	T13	35	d	T17	133	d	T7	168	d
T28	25.0	e	T20	35	d	T34	133	d	T25	168	d
T34	25.0	e	T24	35	d	T50	133	d	T26	168	d
T36	25.0	e	T25	35	d	T51	133	d	T27	168	d
T39	25.0	e	T26	35	d	T52	133	d	T42	168	d
T51	25.0	e	T36	35	d	T8	128	e	T48	168	d
T58	25.0	e	T38	35	d	T18	128	e	T56	168	d
T59	23.0	f	T45	35	d	T47	128	e	T61	168	d
T4	22.0	g	T47	35	d	T48	128	e	T9	166	e
T16	22.0	g	T56	35	d	T37	125	f	T23	166	e
T19	22.0	g	T58	35	d	T58	125	f	T24	166	e
T23	22.0	g	T60	35	d	T49	119	g	T32	166	e
T24	22.0	g	T62	35	d	T57	119	g	T51	166	e
T32	22.0	g	T64	35	d	T62	119	g	T57	166	e
T35	22.0	g	T40	34	e	T24	112	h	T62	166	e
T45	22.0	g	T12	33	f	T28	112	h	T5	165	f
T56	22.0	g	T18	33	f	T54	112	h	T13	165	f
T61	22.0	g	T19	33	f	T60	112	h	T14	165	f
T64	22.0	g	T37	33	f	T27	110	i	T17	165	f
T48	21.0	h	T55	33	f	T36	110	i	T19	165	f
T49	21.0	h	T63	33	f	T56	110	i	T20	165	f
T5	20.0	i	T8	32	g	T26	105	j	T4	163	g
T6	20.0	i	T17	32	g	T33	105	j	T39	163	g
T8	20.0	i	T7	31	h	T29	103	k	T41	163	g
T40	20.0	i	T14	31	h	T14	101	l	T44	163	g
T41	20.0	i	T22	31	h	T19	101	l	T60	163	g
T62	20.0	i	T28	31	h	T21	101	l	T28	162	h
T63	20.0	i	T29	31	h	T11	95	m	T31	162	h
T1	18.0	j	T34	31	h	T20	95	m	T33	162	h
T2	18.0	j	T39	31	h	T32	95	m	T36	162	h
T11	18.0	j	T41	31	h	T35	95	m	T38	162	h
T12	18.0	j	T48	31	h	T44	95	m	T50	162	h
T14	18.0	j	T50	31	h	T2	91	n	T54	162	h
T15	18.0	j	T51	31	h	T55	91	n	T8	160	i
T17	18.0	j	T52	31	h	T61	91	n	T16	160	i
T18	18.0	j	T57	31	h	T30	66	o	T34	160	i
T22	18.0	j	T59	31	h	T5	0	p	T37	160	i
T25	18.0	j	T61	31	h	T12	0	p	T40	160	i
T27	18.0	j	T4	30	i	T13	0	p	T46	160	i
T46	18.0	j	T5	29	j	T15	0	p	T47	160	i
T50	18.0	j	T6	29	j	T25	0	p	T52	160	i
T57	18.0	j	T2	28	k	T31	0	p	T59	160	i
T7	17.0	k	T11	28	k	T53	0	p	T58	155	j
T21	17.0	k	T30	28	k	T59	0	p	T63	155	j
T20	15.0	l	T46	28	k	T63	0	p	T64	155	j
T30	10.0	m	T1	25	l	T64	0	p	T30	103	k

Tabla 3.15. Muestra el promedio máximo, mínimo y desviación estándar de los caracteres de precocidad de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

Descripción	Brotamiento (ddc)	Emergencia (dds)	Floración (dds)	Madurez (dds)
Promedio	22.313	33.594	119.204	165.359
Máximo	32	40	140	180
Mínimo	10	25	66	103
Desv. Estandar	4.309	3.298	46.572	9.937

3.3.2. Análisis de caracteres de productividad

Para todas las variables evaluadas (Tabla 3.16), se encontró una respuesta alta significativa estadísticamente para los tratamientos (Accesiones); asimismo, no existe diferencia estadística entre los bloques, lo cual hace indicar que existe homogeneidad de respuesta. Asimismo, todos presentan un coeficiente de variabilidad menos al 20%, esto manifiesta una buena precisión y que nos permite confiabilidad en los resultados.

Tabla 3.16. ANOVA de los caracteres de productividad y cálculos complementarios para las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.).

FV	GL	Cuadrados medios (CM)				
		N° de tallos aéreos	Altura de planta	Diámetro de follaje	N° de tub./ planta	Rend./ planta
Bloque	1	2.205	4.026	48.511	12.4838	0.1561
Tratamientos Ajust.	63	6.3973**	300.536**	164.931**	24.1066**	26.3802**
Bloques incompletos (k)	14	1.5714	41.887	53.064	6.166	4.676
Error	49	1.6921	37.356	58.259	8.6598	4.4395
Total	127					
Complementario	Unidades	cm	cm	Unidades	kg	
Máximo	11.164	101.103	77.121	22.992	1.502	
Mínimo	3.226	22.944	35.187	0.793	0.00041	
Promedio	7.195	62.023	56.154	11.892	0.751	
Desv. Estandar	1.788	12.258	9.081	3.472	3.632	
C.V. (%)	19.984	8.918	13.360	17.620	15.223	

Nota. El ANOVA individual de los caracteres de productividad se muestra en el Anexo 6.

Se evaluaron 6 caracteres agronómicos durante todo el periodo fenológico, para todo ello, los promedios mostrados en cada tabla de DLS son ajustados, de acuerdo al fundamento del diseño Lattice. El número de tallos aéreos tuvo un promedio de 7.195 unidades con intervalo de variación de 3.226 a 11.164 unidades. La altura de las plantas tuvo un promedio de 62.023 cm con una variación de 22.944 a 101.103 cm, el diámetro del follaje tuvo un promedio de 56.154 cm con una variación de 35.187 a 77.121 cm, el número de tubérculos por planta tuvo un promedio de 11.892 unidades con una variación de 0.793 a 22.992 unidades, el rendimiento por unidad experimental tuvo un promedio de 13.84kg

con una variación de 0.0275 kg a 22.60 kg y, por último, el rendimiento por hectárea se estimó un promedio de 20.951 t/ha con una variación de 0.0509 t/ha a 41.852 t/ha. Los datos mostrados en este trabajo coinciden con lo reportado por Gutierrez (2013) y Gamboa (2019) en cuanto a la significancia estadística en los tratamientos o para las accesiones, mientras en los rendimientos promedios reportaron números inferiores 20.38 t/ha y 20.745 t/ha cada autor respectivamente. En el reporte de Misarayme (2016), resultó ser no significativo (NS) en los variables de número de tallos y altura de las plantas, en el rendimiento promedio también reportó número inferior 19.734 t/ha.

a. Número de tallos aéreos

Se realizó DLS para la variabilidad en el número de tallos aéreos de las 64 accesiones de las papas evaluadas (Tabla 3.17). Se clasificó en 3 categorías fenotípicas: abundante, intermedio y pocos; a su vez, se clasificó en 15 subgrupos jerárquicos, tomando el criterio de las diferencias de las medias ajustadas. El intervalo de variación del número de tallos fue de 3.226 a 11.161 unidades, que corresponden a las accesiones T30 (Papa silvestre) y T32 (Amarilla larga) respectivamente. Las accesiones de tallo abundante están conformadas por los subgrupos I, II y III, con intervalo de variación de 8.719 a 11.161 unidades correspondientes a las accesiones T11 (PN4) y T32 (Amarilla larga), respectivamente. Las accesiones con número de tallos intermedio están conformadas por subgrupos IV, V, VI, VII, VIII, IX y X, con intervalos de variación de 6.019 a 8.319 unidades, que corresponde a T64 (Canchan) y T25 (Cuchi pelo), respectivamente. Las accesiones con pocos tallos están conformadas por subgrupos XI, XII, XIII, XIV y XV, con intervalo de variación de 3.226 a 5.083 unidades correspondientes a las accesiones T30 (Papa silvestre) y T58 (Papa fuerte), respectivamente.

T30, que corresponde a la papa silvestre o *Atuqpa papan*, tiene número de tallos más inferior a comparación del resto, confirmando que las papas silvestres no tienen un potencial de rendimiento alto como las papas cultivadas. En cuanto a las variedades mejoradas, T16 (Mariva) tuvo en rendimiento promedio de número de tallos por planta 4.603 unidades; T63 (Yungay), 6.198 unidades; T64 (Canchan), 6.018 unidades.

Tabla 3.17. Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para el número de tallos aéreos de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochabamba, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

TRAT.	PROM. Ajust. (Unid.)	DLS (0.05)	ORD. JER.	INTERP.
T32	11.164	a	I	ABUNDANTE
T59	10.352	a b	II	
T33	10.139	a b c		
T40	10.085	a b c d		
T37	9.752	a b c d e			III
T61	9.485	a b c d e f		
T57	9.472	a b c d e f		
T18	9.037	a b c d e f g		
T20	8.998	a b c d e f g		
T35	8.719	a b c d e f g h		
T25	8.319	b c d e f g h i	IV	INTERMEDIO
T34	8.270	b c d e f g h i j		
T11	8.137	b c d e f g h i j k		
T43	7.613	c d e f g h i j k l	V	
T05	7.539	c d e f g h i j k l m		
T06	7.534	d e f g h i j k l m	VI	
T23	7.432	e f g h i j k l m n		
T31	7.345	e f g h i j k l m n		
T55	6.979	f g h i j k l m n o	VII	
T08	6.972	f g h i j k l m n o		
T14	6.964	f g h i j k l m n o		
T47	6.960	f g h i j k l m n o		
T09	6.957	f g h i j k l m n o		
T28	6.911	f g h i j k l m n o		
T39	6.765	g h i j k l m n o p	VIII	
T36	6.731	g h i j k l m n o p q		
T44	6.526	g h i j k l m n o p q r		
T60	6.464	g h i j k l m n o p q r		
T02	6.357	h i j k l m n o p q r s	IX	
T17	6.206	h i j k l m n o p q r s		
T63	6.198	h i j k l m n o p q r s		
T19	6.186	h i j k l m n o p q r s		
T29	6.131	h i j k l m n o p q r s		
T22	6.113	i j k l m n o p q r s		X
T50	6.083	i j k l m n o p q r s		
T01	6.027	i j k l m n o p q r s		
T64	6.018	i j k l m n o p q r s		
T58	5.803	i j k l m n o p q r s t	XI	
T48	5.779	i j k l m n o p q r s t		
T10	5.688	j k l m n o p q r s t		
T53	5.665	k l m n o p q r s t		
T49	5.553	k l m n o p q r s t		
T24	5.552	k l m n o p q r s t		
T26	5.549	k l m n o p q r s t		
T52	5.545	l m n o p q r s t	XII	
T41	5.534	l m n o p q r s t		
T12	5.449	l m n o p q r s t		
T27	5.398	l m n o p q r s t		
T56	5.398	l m n o p q r s t		
T38	5.246	l m n o p q r s t		
T04	5.219	l m n o p q r s t	POCOS	
T03	5.006	m n o p q r s t		XIII
T21	4.919	n o p q r s t		
T42	4.664	o p q r s t		
T16	4.603	o p q r s t		
T62	4.579	o p q r s t		
T54	4.460	o p q r s t		
T51	4.432	o p q r s t		
T15	4.183	p q r s t	XIV	
T13	4.170	p q r s t		
T45	4.146	q r s t		
T46	4.041	r s t		
T07	3.853	s t	XV	
T30	3.226	t		

b. Altura de la planta

Se realizó DLS para la variabilidad en la altura de los tallos de la planta de las 64 accesiones de las papas evaluadas (Tabla 3.18). Se clasificó en 3 categorías fenotípicas como: pequeño, mediano y grande; a su vez, se clasificó en 14 subgrupos jerárquicos tomando el criterio de las diferencias de las medias ajustadas. El intervalo de variación de la altura de las plantas fue de 22.944 cm a 101.103 cm, que corresponden a las accesiones T30 (Papa silvestre) y T19 (Ruyru ritipa sisan), respectivamente. Las accesiones de tallo grande están conformadas de los subgrupos I y II, con intervalo de variación de 77.351 a 101.103 cm correspondiente a las accesiones T06 (Huantina) y T19 (Ruyru ritipa sisan), respectivamente. Las accesiones con altura de tallo mediano están conformadas por subgrupos III, IV, V, VI, VII, VIII y IX, con intervalos de variación de 60.244 a 76.517 cm, que corresponde a T40 (Puka carrasco) y T03 (Palta mindez), respectivamente. Las accesiones con tallos pequeños están conformadas por subgrupos X, XI, XII y XIV con intervalo de variación de 22.944 a 59.337 cm para las accesiones T30 (Papa silvestre) y T22 (Puka huayru), respectivamente.

T30, que corresponde a la papa silvestre o *Atuqpa papan*, resulto ser de altura de tallo más pequeño a comparación del resto, confirmando que las papas silvestres no tienen un potencial de rendimiento mayor o igual como las papas cultivadas. En cuanto a las variedades mejoradas, T16 (Mariva) tuvo en rendimiento promedio de altura de tallos por planta 63.845 cm; T63 (Yungay), 70.549 cm; T64 (Canchan), 68.749 cm

Tabla 3.18. Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para la altura de los tallos de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

TRAT.	PROM. Ajust. (cm)	DLS (0.05)	ORD. JER.	INTERP.
T19	101.103	a	I	GRANDE
T44	89.594	a b		
T26	86.929	b c	II	
T35	85.471	b c d		
T33	84.985	b c d e		
T49	84.790	b c d e		
T32	84.133	b c d e		
T8	83.490	b c d e f		
T20	83.160	b c d e f g		
T57	81.790	b c d e f g h		
T60	81.333	b c d e f g h i		
T27	80.360	b c d e f g h i j		
T13	80.041	b c d e f g h i j k		
T34	79.041	b c d e f g h i j k l		
T25	78.574	b c d e f g h i j k l m		
T06	77.351	b c d e f g h i j k l m n		
T03	76.517	c d e f g h i j k l m n	III	MEDIANO
T09	76.186	c d e f g h i j k l m n o		
T05	75.685	c d e f g h i j k l m n o		
T36	74.928	c d e f g h i j k l m n o p		
T23	73.476	d e f g h i j k l m n o p q	IV	
T56	72.949	e f g h i j k l m n o p q		
T47	71.610	f g h i j k l m n o p q r		
T28	71.417	f g h i j k l m n o p q r s		
T50	71.245	f g h i j k l m n o p q r s		
T61	71.044	g h i j k l m n o p q r s	V	
T11	70.873	g h i j k l m n o p q r s		
T38	70.705	g h i j k l m n o p q r s		
T63	70.549	h i j k l m n o p q r s t		
T24	70.076	h i j k l m n o p q r s t u		
T21	68.971	i j k l m n o p q r s t u v	VI	
T64	68.749	j k l m n o p q r s t u v		
T52	67.933	k l m n o p q r s t u v		
T42	67.906	k l m n o p q r s t u v		
T17	67.617	k l m n o p q r s t u v		
T48	67.510	l m n o p q r s t u v		
T14	66.606	m n o p q r s t u v w		
T55	65.348	n o p q r s t u v w	VII	
T41	65.151	n o p q r s t u v w		
T16	63.845	o p q r s t u v w x	VIII	
T46	62.971	p q r s t u v w x y		
T12	62.329	q r s t u v w x y		
T37	61.939	q r s t u v w x y		
T51	61.476	q r s t u v w x y		
T01	61.331	q r s t u v w x y		
T58	60.545	r s t u v w x y	IX	
T53	60.544	r s t u v w x y		
T39	60.444	r s t u v w x y		
T40	60.244	r s t u v w x y		
T22	59.337	r s t u v w x y z	X	
T15	59.145	s t u v w x y z		
T54	59.110	s t u v w x y z		
T10	58.142	t u v w x y z		
T62	57.910	u v w x y z	XI	
T31	57.633	u v w x y z		
T18	57.573	v w x y z		
T29	57.428	v w x y z		
T04	56.874	v w x y z		
T45	54.705	w x y z	XII	
T43	54.637	w x y z		
T02	51.886	x y z	XIII	
T07	50.490	y z		
T59	47.576	z		
T30	22.944	A	XIV	

c. Diámetro de follaje

Se realizó DLS para la variabilidad en el diámetro del follaje de las plantas de las 64 accesiones de las papas evaluadas (Tabla 3.19). Se clasificó en 3 categorías fenotípicas como: pequeño, mediano y grande; a su vez, se clasificó en 13 subgrupos jerárquicos tomando el criterio de las diferencias de las medias ajustadas. El intervalo de variación del diámetro de follaje de las plantas fue de 35.187 cm a 77.121 cm, que corresponden a las accesiones T30 (Papa silvestre) y T32 (Amarilla larga) respectivamente. Las accesiones de diámetro de follaje grande están conformadas por los subgrupos I y II, con intervalo de variación de 62.215 a 77.121 cm para las accesiones T55 (PN8) y T32 (Amarilla larga), respectivamente. Las accesiones con diámetro de follaje mediano están conformadas por subgrupos III, IV, V, VI, VII, VIII y IX, con intervalos de variación de 50.345 a 61.665 cm, que corresponde a T04 (Lenguas) y T08 (Qellu runtus), respectivamente. Las accesiones con diámetro de follajes pequeños están conformadas por subgrupos X, XI y XII con intervalo de variación de 35.187 a 50.272 cm para las accesiones T30 (Papa silvestre) y T03 (Palta mindez), respectivamente.

T30, que corresponde a la papa silvestre o *Atuqpa papan*, resultó ser de diámetro más pequeño a comparación del resto, confirmando que las papas silvestres no tienen un potencial de rendimiento alto como las papas cultivadas. En cuanto a las variedades mejoradas, T16 (Mariva) tuvo en rendimiento promedio de diámetro de follaje por planta 48.196 cm; T63 (Yungay), 75.987 cm; T64 (Canchan), 55.372 cm

Tabla 3.19. Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para el diámetro de follaje de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

TRAT.	PROM. Ajust. (cm)	DLS (0.05)	ORD. JER.	INTERP.
T32	77.121	a	I	GRANDE
T59	74.326	a b		
T33	73.256	a b c		
T40	73.247	a b c		
T37	71.549	a b c d	II	
T61	71.421	a b c d		
T57	70.295	a b c d e		
T18	68.157	a b c d e f		
T20	67.907	a b c d e f		
T35	65.734	a b c d e f g		
T25	65.336	a b c d e f g h		
T34	64.947	a b c d e f g h		
T11	64.934	a b c d e f g h		
T43	63.828	a b c d e f g h i		
T05	63.796	a b c d e f g h i		
T06	63.586	a b c d e f g h i		
T23	62.777	a b c d e f g h i j		
T31	62.306	a b c d e f g h i j		
T55	62.215	a b c d e f g h i j k		
T08	61.665	b c d e f g h i j k	III	
T14	61.323	b c d e f g h i j k		
T47	61.205	b c d e f g h i j k		
T09	60.395	b c d e f g h i j k		
T28	59.806	b c d e f g h i j k l		
T39	59.497	b c d e f g h i j k l m		
T36	59.482	b c d e f g h i j k l m		
T44	58.498	c d e f g h i j k l m	IV	
T60	58.302	c d e f g h i j k l m		
T02	58.223	c d e f g h i j k l m		
T17	58.067	d e f g h i j k l m	V	
T63	57.987	d e f g h i j k l m		
T19	57.685	d e f g h i j k l m		
T29	56.828	d e f g h i j k l m n		
T22	56.723	d e f g h i j k l m n		
T50	56.010	e f g h i j k l m n	VI	
T01	55.766	e f g h i j k l m n		
T64	55.372	e f g h i j k l m n		
T58	55.248	e f g h i j k l m n		
T48	55.198	e f g h i j k l m n		
T10	54.594	f g h i j k l m n o	VII	
T53	53.915	f g h i j k l m n o		
T49	53.736	f g h i j k l m n o		
T24	53.682	f g h i j k l m n o		
T26	53.557	f g h i j k l m n o		
T52	52.285	g h i j k l m n o	VIII	
T41	52.005	g h i j k l m n o		
T12	51.956	g h i j k l m n o		
T27	51.266	g h i j k l m n o		
T56	50.526	g h i j k l m n o p		
T38	50.481	h i j k l m n o p	IX	
T04	50.345	h i j k l m n o p		
T03	50.272	h i j k l m n o p q	X	
T21	49.277	i j k l m n o p q		
T42	48.694	i j k l m n o p q		
T16	48.196	j k l m n o p q		
T62	47.908	j k l m n o p q		
T54	47.006	k l m n o p q		
T51	45.007	l m n o p q	XI	
T15	44.910	l m n o p q		
T13	44.502	m n o p q		
T45	41.608	n o p q	XII	
T46	39.881	o p q		
T07	35.586	p q	XIII	
T30	35.187	q		

d. Número de tubérculos por planta

Se realizó DLS para el número de tubérculos por planta de las 64 accesiones de las papas evaluadas (Tabla 3.20). Se clasificó en 3 categorías fenotípicas como: pocos, intermedio y abundante; a su vez, se clasificó en 12 subgrupos jerárquicos, tomando el criterio de las diferencias de las medias ajustadas. El intervalo de variación del número de tubérculos por planta fue de 0.793 a 22.992 unidades, que corresponden a las accesiones T30 (Papa silvestre) y T25 (Cuchi pelo), respectivamente. Las accesiones de número de tubérculos por planta abundante, están conformadas por los subgrupos I, II, III y IV con intervalo de variación de 17.491 a 22.992 unidades para las accesiones T12 (PN1) y T25 (Cuchi pelo), respectivamente. Las accesiones con número de tubérculos por planta intermedio están conformadas por el subgrupo V, con intervalos de variación de 15.863 a 16.846 unidades que corresponde a T45 (Blanca andina) y T62 (Qellqay wiksa), respectivamente. Las accesiones con pocos números de tubérculos por planta están conformadas por subgrupos VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII, con intervalo de variación de 0.793 a 15.810 unidades para las accesiones T30 y T08 (Qellu runtus), respectivamente.

T30, que corresponde a la papa silvestre o *Atuqpa papan*, resultó ser de número de tubérculos inferior a comparación del resto, confirmando que las papas silvestres no tienen un potencial de rendimiento alto como las papas cultivadas. En cuanto a las variedades mejoradas, T16 (Mariva) tuvo en rendimiento promedio de número de tubérculos por planta, 20.509 unidades; T63 (Yungay), 14.578 unidades; T64 (Canchan), 14.927 unidades.

Tabla 3.20. Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para el diámetro de follaje de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

TRAT.	PROM. Ajust. (Tub/planta)	DLS (0.05)	ORD. JER.	INTERP.
T25	22.992	a	I	ABUNDANTE
T26	22.991	a		
T13	22.727	a		
T40	21.445	a b	II	
T23	21.435	a b		
T10	20.791	a b c		
T16	20.509	a b c d		
T20	20.467	a b c d		
T11	20.167	a b c d e		
T22	20.103	a b c d e		
T17	19.967	a b c d e f	III	
T34	19.927	a b c d e f g		
T35	19.702	a b c d e f g h		
T09	19.692	a b c d e f g h		
T55	19.429	a b c d e f g h		
T46	19.164	a b c d e f g h i		
T37	19.162	a b c d e f g h i		
T19	19.142	a b c d e f g h i		
T38	18.863	a b c d e f g h i		
T54	18.397	a b c d e f g h i j	IV	
T58	18.309	a b c d e f g h i j		
T56	18.278	a b c d e f g h i j		
T03	17.967	a b c d e f g h i j k		
T50	17.960	a b c d e f g h i j k		
T33	17.827	a b c d e f g h i j k		
T57	17.810	a b c d e f g h i j k		
T01	17.492	a b c d e f g h i j k		
T12	17.491	a b c d e f g h i j k		
T62	16.846	b c d e f g h i j k l	V	
T28	16.692	b c d e f g h i j k l		
T27	16.567	b c d e f g h i j k l		
T31	16.460	b c d e f g h i j k l		
T29	16.427	b c d e f g h i j k l		
T44	16.328	b c d e f g h i j k l		
T14	16.328	b c d e f g h i j k l		
T18	16.167	b c d e f g h i j k l		
T21	16.002	b c d e f g h i j k l		
T45	15.863	b c d e f g h i j k l		
T08	15.810	b c d e f g h i j k l m	VI	
T24	15.685	b c d e f g h i j k l m		
T59	15.685	b c d e f g h i j k l m		
T06	15.628	c d e f g h i j k l m	VII	
T02	15.492	c d e f g h i j k l m		
T49	15.460	c d e f g h i j k l m		
T41	15.428	c d e f g h i j k l m		
T36	15.427	c d e f g h i j k l m		
T47	15.397	c d e f g h i j k l m		
T53	15.396	c d e f g h i j k l m		
T64	14.927	d e f g h i j k l m	VIII	
T32	14.710	d e f g h i j k l m		
T63	14.578	e f g h i j k l m		
T15	14.360	f g h i j k l m	IX	
T61	14.345	f g h i j k l m		
T39	14.196	g h i j k l m		
T05	14.127	g h i j k l m		
T43	14.003	h i j k l m		
T04	13.592	i j k l m	X	
T60	12.910	j k l m		
T51	12.435	k l m		
T52	11.560	l m	XI	
T48	11.546	l m		
T42	11.428	l m		
T07	10.060	m		
T30	0.793	n	XII	

e. Rendimiento por planta y hectárea

Se realizó DLS para el rendimiento de tubérculos por planta (kg) y hectárea (t/ha) de las 64 accesiones de las papas evaluadas (Tabla 3.21). Se clasificó en 3 categorías fenotípicas como: bajo, intermedio y alto; a su vez, se clasificó en 12 subgrupos jerárquicos, tomando el criterio de las diferencias de las medias ajustadas. El intervalo de variación del rendimiento por planta fue de 0.413g a 1.502kg, que corresponden a las accesiones T30 (Papa silvestre) y T54 (Yana wairu), respectivamente; las accesiones con rendimiento alto están conformadas por los subgrupos I y II, con intervalo de variación de 1.231 kg a 1.502 kg para las accesiones T20 (Chaulina) y T54, respectivamente. Las accesiones con rendimiento intermedio están conformadas por los subgrupos III, IV y V, con intervalos de variación de 0.873 kg a 1.156 kg que corresponde a T06 (Huantina) y T37 (Camotillo), respectivamente. Las accesiones con rendimiento bajo están conformadas por subgrupos VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII, con intervalo de variación de 0.413 g a 0.858 kg para las accesiones T30 (papa silvestre) y T43 (PN6), respectivamente.

T30, que corresponde a la papa silvestre o *Atuqpa papan*, resulto con rendimiento de tubérculos inferior a comparación del resto, con 50.9 kg/ha y 0.000413 kg/planta (Tabla 3.21); confirmando que las papas silvestres no tienen un potencial de rendimiento alto como las papas cultivadas. En cuanto a las variedades mejoradas, T16 (Mariva) tuvo en rendimiento promedio de 31.481 t/ha; T63 (Yungay), 22.458 t/ha; T64 (Canchan), 29.861 t/ha.

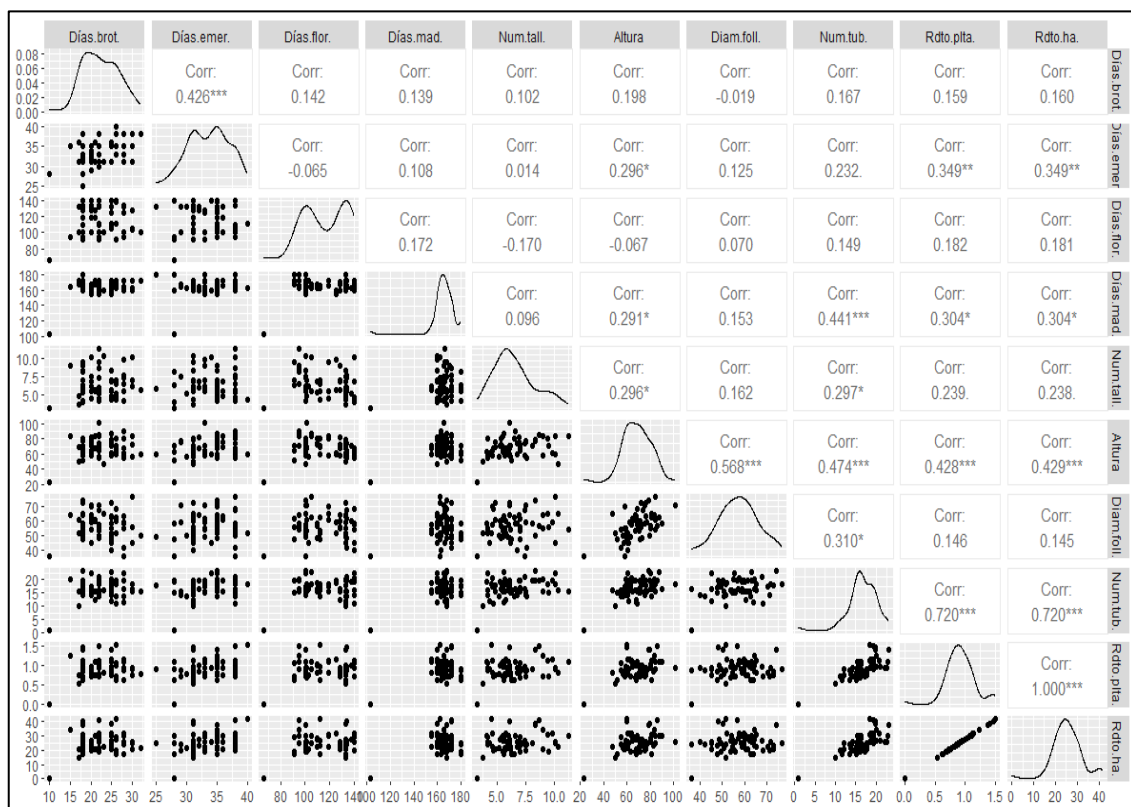
Tabla 3.21. Prueba de DLS ($\alpha=0.05$) para el rendimiento por planta y hectárea de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochabamba, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

TRAT.	Rdto (t/ha)	PROM. Ajust. (Kg/planta)	DLS (0.05)	ORD. JER.	INTERP.
T54 T35 T22	41.852 41.435 40.741	1.502 1.498 1.466	a	I	ALTO
T34 T25 T20	38.889 38.194 34.259	1.408 1.371 1.231	a b a b c a b c d		
T37 T58 T16 T57 T46 T44	31.713 31.713 31.481 30.787 30.556 30.556	1.156 1.143 1.135 1.107 1.100 1.098	b c d e b c d e b c d e f c d e f g c d e f g h c d e f g h	III	INTERMEDIO
T49 T32 T64 T26 T45 T55 T27 T38 T56 T17 T41 T23 T10 T24 T13	30.093 29.954 29.861 29.861 29.398 29.398 28.472 27.546 27.778 27.546 26.852 26.852 26.620 26.389 26.157	1.077 1.077 1.076 1.074 1.066 1.049 1.023 0.999 0.996 0.990 0.965 0.962 0.960 0.950 0.950	d e f g h i d e f g h i d e f g h i d e f g h i d e f g h i j d e f g h i j k d e f g h i j k l d e f g h i j k l m d e f g h i j k l m d e f g h i j k l m n d e f g h i j k l m n o d e f g h i j k l m n o d e f g h i j k l m n o p d e f g h i j k l m n o p		
T19 T40 T47 T39 T09 T33 T51 T11 T01 T06	25.926 25.694 25.926 25.694 25.463 25.000 25.000 24.769 24.769 24.306	0.933 0.932 0.929 0.927 0.916 0.905 0.895 0.892 0.888 0.873	e f g h i j k l m n o p e f g h i j k l m n o p e f g h i j k l m n o p e f g h i j k l m n o p e f g h i j k l m n o p e f g h i j k l m n o p q e f g h i j k l m n o p q e f g h i j k l m n o p q e f g h i j k l m n o p q e f g h i j k l m n o p q	V	
T43 T15 T31 T50 T08 T28	23.843 23.843 23.843 23.611 23.148 23.148	0.858 0.855 0.852 0.846 0.832 0.830	f g h i j k l m n o p q r f g h i j k l m n o p q r f g h i j k l m n o p q r g h i j k l m n o p q r g h i j k l m n o p q r g h i j k l m n o p q r		
T59 T62 T36 T63 T53 T04 T21 T48	22.685 22.454 22.222 22.454 21.759 21.759 21.065 21.065	0.817 0.809 0.805 0.804 0.786 0.780 0.765 0.759	h i j k l m n o p q r i j k l m n o p q r i j k l m n o p q r i j k l m n o p q r j k l m n o p q r k l m n o p q r k l m n o p q r l m n o p q r	VII	
T03 T29 T18 T05	20.833 20.602 20.370 20.139	0.748 0.747 0.734 0.730	l m n o p q r l m n o p q r m n o p q r m n o p q r		
T42 T61 T12 T14	19.676 19.444 19.444 18.750	0.709 0.707 0.699 0.676	n o p q r n o p q r o p q r p q r	IX	
T02 T60 T52	17.593 17.593 16.898	0.633 0.632 0.602	q r q r r		
T07	14.583	0.519	r	XI	
T30	0.0509	0.000413	s	XII	

3.3.3. Correlación de los caracteres agronómicos

Según las correlaciones entre los caracteres agronómicos que se muestra en la Tabla 3.22, se observa una asociación de 72% entre el número de tubérculos y el rendimiento por planta; quiere decir, que el mayor número de tubérculos por planta influye en el rendimiento. De la misma forma, existe una correlación de 0.568 entre diámetro de follaje y altura de la planta; esto quiere decir, que entre ambas variables hay una dependencia de 56.8%. Los valores negativos indican una relación inversa entre ambas variables. El criterio utilizado para hacer la correlación fue relacionar la variable rendimiento con respecto a los demás caracteres agronómicos, los demás solo se observarán como datos numéricos.

Tabla 3.22. Coeficientes de correlación de los 9 caracteres agronómicos de las accesiones de Papa Nativa (*Solanum* spp.), 3760 m.s.n.m., Virgen de Cocharcas de Cochabamba, San Miguel, La Mar, Ayacucho.



La correlación indirecta en función de los variables se muestra en la Figura 3.11, que explica el 50.2% de variabilidad, donde se puede observar un alto grado de asociación entre número de tubérculos y el rendimiento, esto se manifiesta mediante un ángulo agudo entre ellos; es decir, a medida que el ángulo se disminuye, el grado de correlación se

incrementa. Los variables que se presentaron en cuadrantes diferentes (días a la floración, días al brotamiento, días a la emergencia, días a la madurez, rendimiento y número de tubérculos con respecto a los variables, altura de la planta, diámetro de follaje y número de tallos de la planta) tienen una correlación inversa o escasa asociación. Asimismo, el valor de coseno al cuadrado (\cos^2) indica la importancia de cada variable de acuerdo al grado de correlación (directa o inversa) entre ellos.

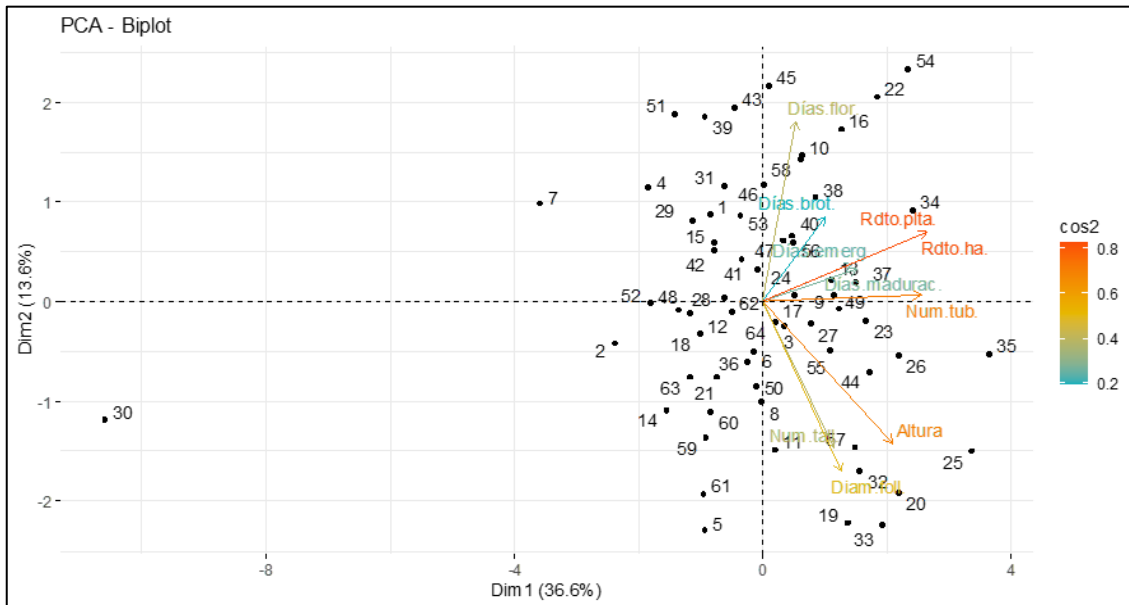


Figura 3.11. Grado de correlación indirecta de los 9 caracteres agronómicos representada en función de los variables y distribución individual de las accesiones.

Gutiérrez (2013) reportó una correlación 56.7% que es inferior de lo que se obtuvo en esta investigación (72%), entre el número de tubérculos por planta y rendimiento por hectárea; mientras entre el diámetro de follaje y altura de la planta reportó 72.24% que es superior del que se obtuvo en este trabajo (56.8%).

3.4. SELECCIÓN MOLECULAR

3.4.1. Resultados de extracción de ADN, cantidad y calidad

En la Figura 3.12 se muestran los resultados de la calidad de ADN extraído en 19 muestras de papa nativa, luego de ser analizados mediante espectrofotometría y electroforesis horizontal en gel de agarosa (Anexo 8). Se observan bandas fluorescentes definidas en la parte superior para cada carril que corresponde a cada accesión, lo que significa que las muestras de ADN obtenidas con los procedimientos realizados fueron eficientes.

También se observan manchas fluorescentes en la parte inferior de los carriles, lo cual indica partículas contaminantes conformadas principalmente por ARN, debido a que en este proceso no se ha utilizado el enzima catalizador ARNasa. Se reporta para las accesiones de papas evaluadas, la concentración de ADN en el rango de 109.40 a 1691.10 ng/uL y la calidad en base a la absorbancia (absorbancia A260/A280) de 1.89 a 2.04.

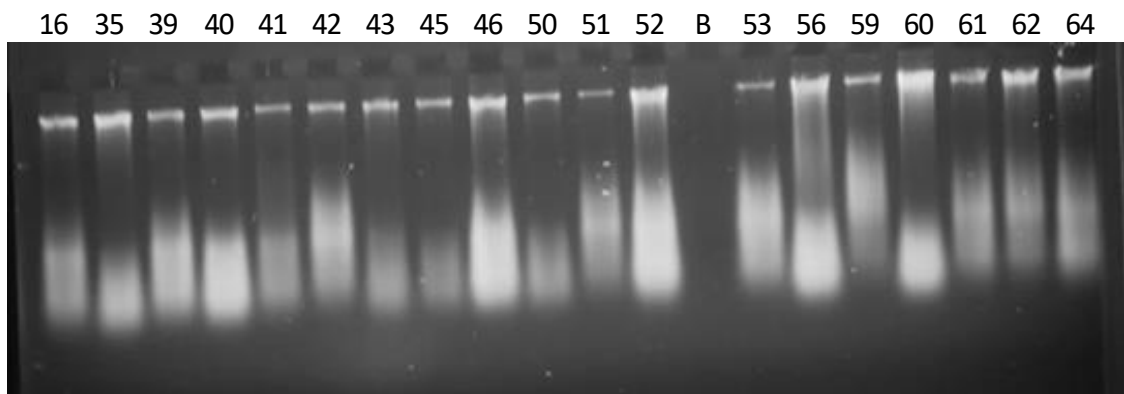
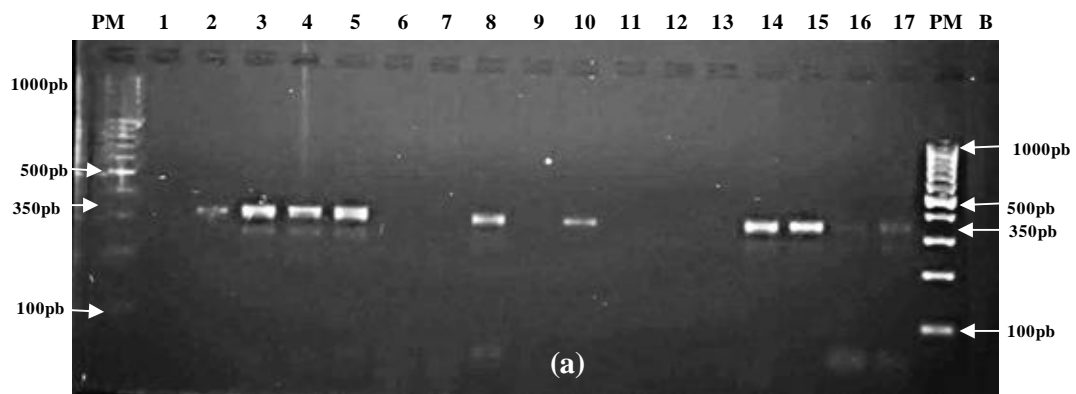


Figura 3.12. Fotodocumentación de ADN extraído en una muestra de 19 accesiones de papa nativa (*Solanum* spp.), los números corresponden a las accesiones, B es el control (blanco).

3.4.2. Selección molecular mediante PCR para el gen *Rpi-phu1*

El marcador molecular GP94 está ligado al gen *Rpi-phu1*, el cual es catalogado como resistente a tizón tardío producido por el patógeno *P. infestans*. En las Figuras 3.13 y Anexo 9, se muestran los resultados del PCR en las accesiones con presencia del gen *Rpi-phu1*. Este marcador GP94 amplificó una banda de 350pb en 65.63% de accesiones de papas nativas, por lo tanto, estos son portadores del gen *Rpi-phu1*; mientras que en 34.37% de las accesiones no se amplificaron, es decir, que estas accesiones no son portadores del gen *Rpi-phu1*.



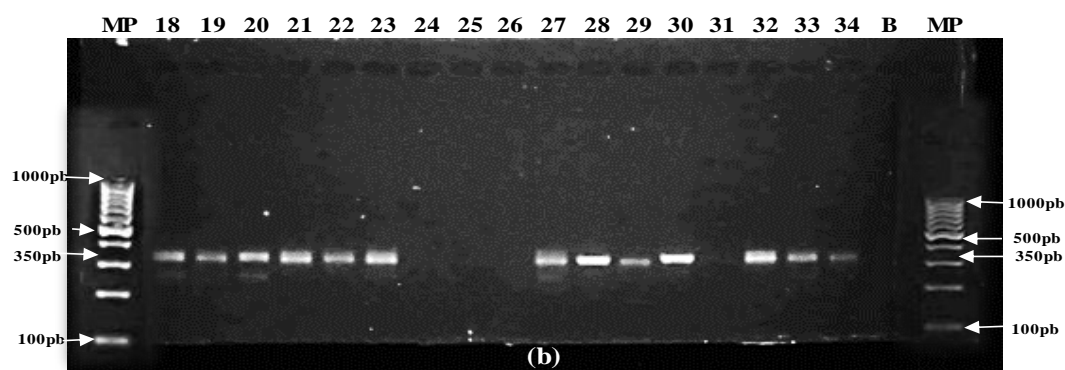


Figura 3.13. Las figuras a y b muestran las bandas (350pb) presente que corresponde al marcador GP94 ligado al gen *Rpi-phu1*, para resistencia a *P. infestans*. B: blanco, MP: marcador de peso molecular de 100pb -1000pb.

En la tabla 3.23, se muestra detalladamente las accesiones seleccionadas portadores (1) y no portadores (0) del gen *Rpi-phu1* resistente a *P. infestans*, el cual ha sido seleccionado a partir de escoreo post PCR que se muestran en las Figura 3.13 y Anexo 9.

Tabla 3.23. Resultado del escoreado de las bandas (presencia (1) y ausencia (0)) del gen *Rpi-phu1* catalogado como resistente contra *P. infestans*.

TRAT.	ACCESIONES	<i>Rpi-phu1</i>	TRAT.	ACCESIONES	<i>Rpi-phu1</i>
T1	Carrasco	0	T33	PN5	1
T2	Peruanita	1	T34	Sangre de toro macho	1
T3	Palta mindez	1	T35	Sangre de toro	1
T4	Lenguas	1	T36	Peruanita larga	1
T5	Duraznillo	1	T37	Camotillo	1
T6	Huantina	0	T38	Yuraq wirapasña	1
T7	Yuraq winchina	0	T39	Yana llunchuy waqachi	0
T8	Qellu runtus	1	T40	Puka carrasco	0
T9	Allqa carrasco	0	T41	kunkantullu	0
T10	Ruyaq suytu	1	T42	Lengua de vaca	0
T11	PN4	0	T43	PN6	1
T12	PN1	0	T44	Huamam uman 2	1
T13	Ruyru mindez	0	T45	Blanca andina	0
T14	Moro panchaela	1	T46	Tumbay	1
T15	Puka sawinto 1	1	T47	PN9	1
T16	Mariva	0	T48	Taragallo	0
T17	Yana carrasco	1	T49	Puka sawinto 2	1
T18	PN2	1	T50	Chanchamayina	1
T19	Ruyru ritipa sisan	1	T51	Chiqchi wiksa	1
T20	Chaulina	1	T52	Huevo del indio	1
T21	Huamampa uman	1	T53	PN7	1
T22	Puka huayru	1	T54	Yana wairu	0
T23	Ritipa sisan	1	T55	PN8	1
T24	Piñacha	0	T56	Corazón de cuy	1
T25	Cuchi pelo	0	T57	Qachirva	0
T26	Wira pasña morado	0	T58	Papa fuerte	0
T27	Puka turnillo	1	T59	PN3	1
T28	Sangre de cristo	1	T60	Puca ñawi	1
T29	Wincuello	1	T61	Qori sunqu	1
T30	Atuqpa papan	1	T62	Qellqay wiksa	1
T31	Uru puñoichi	0	T63	Yungay	0
T32	Amarilla larga	1	T64	Canchan	1

Nota. Estas accesiones seleccionadas como portadores del gen (*Rpi-phu1*), aún no han sido fenotipados a nivel campo para comprobar su resistencia.

En este trabajo se utilizó como testigo susceptible a la papa comercial Yungay (T63) y testigo resistente a la papa silvestre *Atuqpa papan* (T30). Se encontró que los controles, el papa Yungay resultó susceptible, mientras la papa silvestre resultó ser portador de este gen (*Rpi-phu1*) para resistencia a *P. infestans*. La presencia del gen (*Rpi-phu1*) en la papa Canchan, el cual también es comercial, es muy probable que viene de sus progenitores nativos conformados por *S. ajanhuiri* x *S. andígena* (progenitores masculinos) y *S. dimisum* x *S. tuberosum* (progenitor femenino) (INIA, 2012). El gen de resistencia *Rpi-phu1*, proviene del *S. phureja* (2X) que es una de las especies de papa cultivada (Śliwka et al., 2006).

Gabriel et al. (2016), reportaron 37.7% genotipos resistentes en papas diploides (2X) provenientes de las cruzas interespecíficas entre *S. stenotomum*, *S. goniocalyx* y *S. phureja*. Todos ellos evaluados mediante el marcador molecular GP94 ligado al gen *Rpi-phu1*. Tras la amplificación encontraron una banda de tamaño 350 pb, este coincide con lo reportado en esta investigación, con respecto al tamaño de la banda para el gen en mención. Zurita et al. (2016), reportaron para este mismo marcador molecular (GP94), evaluados en clones de cruzas interespecíficas de *S. phureja*, donde se encontró el gen *Rpi-phu1* en 20.38% de clones evaluados. Baldelomar et al. (2015), reportaron en 99% de las variedades mejoradas (*S. tuberosum*) una banda de 350pb para el gen *Rpi-phu1* mediante el marcador GP94. Śliwka et al. (2006), reportaron el mapeo de gen *Rpi-phu1* en el cromosoma IX de la papa, catalogado como fuente de resistencia de amplio espectro al tizón tardío, tanto a nivel foliar y tubérculos. La distancia genética entre marcador de anclaje GP94 y *Rpi-phu1* fue de 6.4cM; por lo tanto, estos están estrechamente relacionados. Śliwka et al. (2010), reportaron que el marcador molecular GP94 es útil para realizar selección asistida por marcadores (MAS) en papas portadores del gen principal de resistencia a *P. infestans*, *Rpi-phu1*. Veramendi et al. (2011), reportaron en 100% de las variedades papas mejoradas, con excepción en la variedad susceptible, la presencia del gen *Rpi-phu1* con el marcador molecular GP94. Coincidentemente, también reportaron amplicones de ADN con peso de 350 pb.

Por otra parte, Abad (2019), realizó estudio de caracterización morfológico y molecular de papas silvestres, por lo cual, afirma que los parientes silvestres son fuente de genes de resistencia para los patógenos y el frío; asimismo, han sido usados ampliamente en mejoramiento genético. De igual modo, este reporte coincide con el trabajo de Rojas

(2021), quien realizó búsqueda de resistencia a *P. infestans* en papas silvestres, en la que el papa Yungay se usó como testigo y se confirmó como susceptible al mismo tiempo.

Stefańczyk et al. (2020), realizaron cruzas entre *S. phureja* (2X) y *S. ruiz-ceballosii* (4X), con genes *Rpi-phu1* y *Rpi-rzc1*, respectivamente. De 754 clones de la progenie, 26 (2X) y 49 (4X) clones resultaron con pirámide de ambos genes que deberían potenciar su resistencia de la papa. A diferencia de este trabajo, en la que usamos marcador GP94, ellos emplearon otro diseño (*phu1_2069*) a partir de secuencias del gen *Rpi-vnt1*, que es muy idéntico a *Rpi-phu1*.

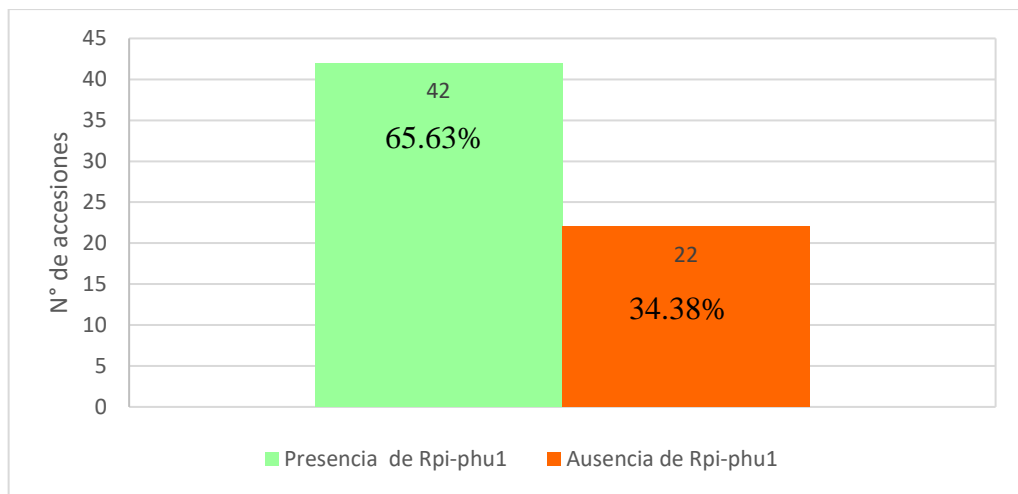


Figura 3.14. Distribución de las 64 accesiones de *Solanum* spp., con y sin presencia del gen *Rpi-phu1*.

En la Figura 3.15, se muestra el clúster de agrupamiento de las accesiones portadoras y no portadoras del gen de resistencia *Rpi-phu1* ante el patógeno *P. infestans*.

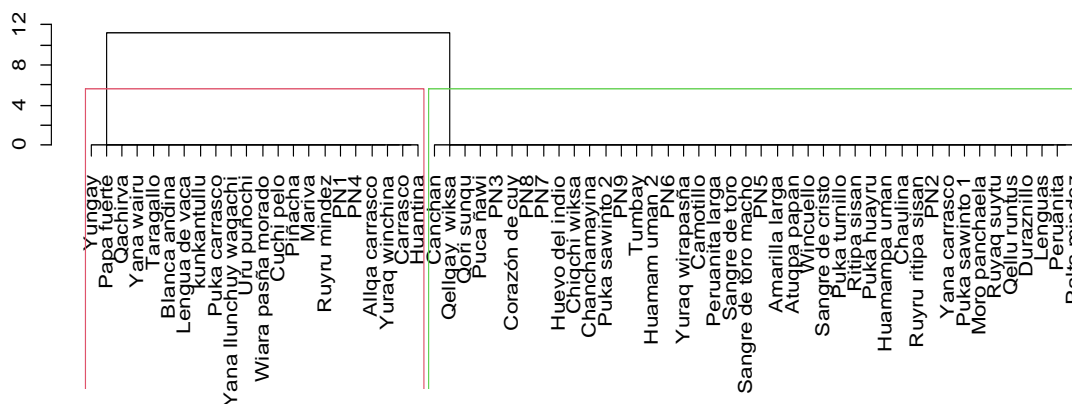


Figura 3.15. Clúster de agrupamiento de las accesiones portadoras (verde) y no portadoras (rojo) del gen *Rpi-phu1*.

CONCLUSIONES

1. En la caracterización morfológica se logró construir un dendograma general de 4 grupos con coeficiente de similitud de 13.5. El color secundario de la flor, resultó ser el componente principal (C12) que influyó más en la variabilidad morfológica. En caracteres de precocidad, la papa silvestre (T30) resultó ser precoz con 103 días hasta la madurez; mientras las accesiones con madurez muy tardío fueron: Carrasco (T1), Peruanita (T2), PN4 (T11), PN1 (T12), Puca sawinto 1 (T15). En caracteres de productividad, tomando los valores máximos, Amarilla larga alcanzó 11.164 unidades de tallos aéreos; Ruyru ritipa sisan, 101.103 cm de altura de tallo; Amarilla larga, 77.121 cm de diámetro de follaje; Cuchi pelo, 22.992 unidades de tubérculos; Yana wairu, 41.852 t/ha. Entre los 9 caracteres agronómicos, número de tubérculos y el rendimiento alcanzó 72% de correlación.
2. Para selección molecular, evaluado mediante el marcador específico GP94, ligado el gen *Rpi-phu1*, se logró seleccionar 42 accesiones como portadores del gen *Rpi-phu1*, equivalente al 65.63% del total. Las 22 accesiones restantes, resultaron ser no portadores de este gen (*Rpi-phu1*), equivalente al 34.38%.

RECOMENDACIONES

1. Completar estudios de la diversidad genética, principalmente en las zonas poco exploradas de nuestra región Ayacucho, lo cual es considerado uno de los micro centros de la domesticación de papas nativas y donde abundan sus parientes silvestres. Es indispensable cubrir el vacío de información con el propósito de preservar y proteger el recurso genético para el mejoramiento genético de este cultivo.
2. Para las condiciones de la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, se recomienda cultivar Yana wairu por su alto rendimiento alcanzado (41.852 t/ha) y Papa Fuerte por su precocidad (150 días a la madurez). Sembrar accesiones candidatas como resistentes a *P. infestans* encontrados en este trabajo.
3. Seguir realizando selección con el marcador molecular GP94 ligado al gen *Rpi-phu1* resistente a *P. infestans*, con el propósito de mapear accesiones candidatas con potencial genético y portadores de genes de resistencia en nuestra región Ayacucho. Asimismo, realizar búsqueda de otros genes (*Rpi-blb1*, *Rpi-bt1*, *Rpi-blb2*, etc.) catalogados como resistentes de amplio espectro a *P. infestans*.
4. Realizar fenotipado biológico con inóculos de *P. infestans* a todas las accesiones encontrados como portadores del gen de resistencia (*Rpi-phu1*) en este trabajo de investigación, a fin de contrastar la resistencia de estas accesiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, G. F. (2019). *Caracterización morfológica y molecular de parientes silvestres de papa de Uruguay* [Tesina para licenciatura, Universidad de la República Uruguay].
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/28597/1/uy24-19690.pdf>
- Abriata, L. A., Aguilar, O. M., Almasia, N., Emiliano, A., Sebastian, A., Ariel, B., Paula, B., Maria, B., Fernando, B. A., Mariano, B., Moises, B., Susana, C., Fernando, C., Alicia, C., Nestor, C., Paula, C., Atilio Pedro, C., Gerardo, D. C., Nadia, C., ... Noga, Z. (2011). *Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II* (G. Levituz, V. Echenique, C. Rubinstein, E. Hopp, & L. Mroginski (eds.); 2nd ed.). INTA.
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/BiotecnologiayMejoramientovegetalII.pdf>
- Alejos, V. L. P., Aragón, M. M. C., Cornejo, R. A., & Fierro, F. F. (2015). Extracción y purificación de ADN. In *Unidad de Biotecnología y Prototipos. Universidad Nacional Autónoma de México* (Vol. 36, Issue 4).
https://www.researchgate.net/profile/Alejandra-Vazquez-Lobo/publication/280731680_Microsatelites/links/55c3903008aeca747d5fa98f/Microsatelites.pdf#page=17
- Aparco, H. H. R. (2017). Caracterización Fenotípica de Papas Nativas cultivadas (*Solanum* sp.) en el anexo de Cruz Pata, distrito y provincia de Castrovirreyna - Huancavelica [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. In *Repositorio Institucional - UNH*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2755>
- Baldelomar, M., Gabriel, J., Veramendi, S., Terán, A., & Plata, G. (2015). Phenotypic and molecular-genotypic correlation of diseases resistance in improved varieties potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2, 36–50.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942015000200002&script=sci_arttext
- Bancoadn. (2020). Programa de control de calidad de ácidos nucleicos. In *Banco ADN*.
<https://www.bancoadn.org/docs/formulario-control-calidad-muestras.pdf>
- Bernaola, L. (2008). *Caracterización molecular de la resistencia al tizón tardío en *Solanum paucissectum* Ochoa (Solanaceae) mediante el uso de la técnica NBS y marcadores para loci candidatos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)].

- https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/870/Bernaola_al.pdf?sequence=1
- Brylinska, M., Tomczynska, I., Jakuczun, H., Wasilewicz-Flis, I., Witek, K., Jones, J. D. G., & Sliwka, J. (2015). Fine mapping of the Rpi-rzc1 gene conferring broad-spectrum resistance to potato late blight. *Eur J Plant Patho*, 193, 193–198. <https://doi.org/10.1007/s10658-015-0663-2>
- Centro Internacional de la Papa (CIP). (1998). *Protocolos de Laboratorio de Biología Molecular. Tipificación genética* (L. Corbin (ed.); 2nd ed.). <https://books.google.com.uy/books?id=ZmxTOPjHZIC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Delgado-Azofeifa, A. (2006). Uso De Marcadores Moleculares En Plantas ; Aplicaciones En Frutales Del Trópico. *Agronomía Meso Americana*, 17(2), 221–246. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5163>
- Egúsquiza, R. B. (2000). *La papa : Producción, Transformación y Comercialización*.
- Estrada, R. N. (1999). *La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa - Nelson Estrada Ramos - Google Libros*. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AcB7_VJolocC&oi=fnd&pg=PA5&dq=La+biodiversidad+en+el+mejoramiento+genético+de+la+papa.+Recuperado&ots=rptXBU_tKt&sig=1wZJBUzI6ZldhBk2uD84XRHYQX4#v=onepage&q&f=false
- Fadina, O. A., Beketova, M. P., Sokolova, E. A., Kuznetsova, M. A., Smetanina, T. I., Rogozina, E. V., & Khavkin, E. E. (2017). Anticipatory breeding: Molecular markers as a tool in developing donors of potato (*Solanum Tuberosum* L.) Late blight resistance from complex interspecific hybrids. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, 52(1), 84–94. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.84eng>
- Gabriel, J., Veramendi, S., Pinto, L., Pariente, L., & Angulo, A. (2016). Asociaciones de marcadores moleculares con la resistencia a enfermedades, caracteres morfológicos y agronómicos en familias diploides de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 17–32. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57712>
- Gamboa, C. L. (2019). *Evaluación agronómica y fenotípica de 44 cultivares de papa nativa (Solanum sp), Chiara 3600 msnm – Ayacucho* (Vol. 1) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga].

http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGRO_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Gamboa, S. y Pérez, W. (2021, 23 de setiembre). *Phytophthora infestans*: Situación actual en el Perú [conferencia vía zoom]. Avances en el Reglamento de acceso a los recursos genéticos y sus derivados. MINAM, Lima, Perú.
- Gómez, R. (2004). Guía para las Caracterizaciones Morfológicas Básicas en Colecciones de Papas Nativas . Introducción. *Centro Internacional de La Papa (CIP)*, 1(December), 28. <https://www.researchgate.net/publication/267991711>
- Gutierrez, G. G. T. (2013). *Caracterización morfológica, evaluación agronómica y ploidia de 60 colecciones de papa nativa (Solanum tuberosum sp), en Marcaya a 3660 m.s.n.m., los Morochucos – Cangallo*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Huaman, Z. (2008). *Descriptores morfológicos de la papa (solanum tuberosum L.)* (CCBAT (ed.)). Producciones Gráficas s.l. <https://ccbat.es/documentos/descriptores.pdf>
- Instituto Nacional de Investigación Agraria. (2012). Papa INIA 303 - Canchán. In *Ministerio de Agricultura*. https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/papa/INIA_303.pdf
- Inostroza, J. F., Méndez, P. L., & Sotomayor, L. T. (2016). Botánica y morfología de la papa. *INIA Carillanca*, 1, 7–13. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7275/NR36476.pdf?sequence=6&isAllowed=y#:~:text=La papa es una planta,de crecimiento arrosado o semiarrosado.>
- Mas, E., Poza, J., Ciriza, J., Zaragoza, P., & Osta, R. (2001). Fundamento de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR). *AcuaTIC*, 15, 10. <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/139>
- Masuelli, R. W. (1999). Uso de marcadores moleculares en el mejoramiento de especies hortícolas. *Agronomía Mesoamericana*, 5, 54–66. <https://doi.org/10.15517/am.v5i0.24844>
- Ministerio de Agricultura y Riegos. (2017). Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana. In *Bolitin* (p. 13). <https://www.midagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017?download=11225:boletin-de-produccion-nacional-de-papa>

- Ministerio de Ambiente. (2019). *Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad* (MINAM (ed.); Primera ed). Servicios Graficos Rosales. www.minam.gob.pe
- Ministerio de Ambiente & Ministerio de Agricultura. (2014). *Protocolo de obs fenológica maíz, papa, quinua, alcachofa by Suelos sanos, vida sana - Issuu*. Web. https://issuu.com/agroaldia/docs/protocolo_de_obs.fenol_gica_ma_z_
- Misarayme, F. C. (2016). Evaluación morfológica y rendimiento de diez accesiones de papa nativa (*Solanum* spp), a 4300 m.s.n.m. Vinchos – Ayacucho – 2016 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. In *Repositorio UNSCH* (Vol. 1). <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3091>
- Morales, F. (2007). Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 14(1), 1–9. <http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/139/142>
- Onamu, R., Solano, J. P. L., Castellanos, J. S., Rodríguez de la, O., & Nieto, J. P. (2012). Análisis de marcadores morfológicos y moleculares en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(4), 267–277. <https://doi.org/10.35196/rfm.2012.4.267>
- Pérez, W., & Forbes, G. (2008). *Manual técnico: El tizón tardío de la papa* (C. I. de la P. (CIP) (ed.)). Centro Internacional de la Papa (CIP. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/004271.pdf>
- Ponce, R. A. (2013). Caracterización molecular de las variedades de papas cultivadas (*Solanum* spp.) más importantes del Perú mediante el uso de microsatélites [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. In *Medicina*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3429/Ponce_ar.pdf?sequence=1
- Quiros, C. F., Brush, S. B., & Douches, D. S. (1990). Biochemical and Folk Assessment of Variability of Andean Cultivated Potatoes '. *Economic Botany*, 44(2), 44(2), 254–266. <https://www.jstor.org/stable/4255232>
- Ramadan, A. A., & Kenta, S. (2018). Technical review of molecular markers and next-generation sequencing technology to manage plant pathogenic oomycetes. *African Journal of Biotechnology*, 17(12), 369–379. <https://doi.org/10.5897/ajb2017.16304>

- Rodríguez, L. E. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9–17. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000100002
- Rojas, P. D. (2007). *Análisis de la diversidad genética de papas nativas (Solanum sec . Petota) de la comunidad de Chahuaytire , integrante del Parque de la Papa (PISAQ-Cusco), y de las papas nativas repatriadas por el Centro Internacional de la Papa usando marcadores mic* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/125219/tesis7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, T. E. P. (2021). *Búsqueda de resistencia al tizón tardío (Phytophthora infestans (Mont.) De Bary) en especies silvestres de papa del germoplasma del CIP* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4805/rojas-estrella-tania-priscilla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Serrato, D. A., Lluvia, F. R., Aportela, C. J., & Sierra, P. E. (2014). PCR: Reacción en Cadena de la Polimerasa. In *Herramientas moleculares aplicados en ecología: Aspectos teóricos y prácticos* (Primera ed, Issue July, pp. 53–73). <https://www.researchgate.net/publication/296695965%0AMicroarreglos>
- Simpson, J. (2017). Marcadores moleculares. *Botanical Sciences*, 60, 73. <https://doi.org/10.17129/botsci.1521>
- Śliwka, J., Jakuczun, H., Kamiński, P., & Zimnoch-Guzowska, E. (2010). Marker-assisted selection of diploid and tetraploid potatoes carrying Rpi-phul, a major gene for resistance to *phytophthora infestans*. *Journal of Applied Genetics*, 51(2), 133–140. <https://doi.org/10.1007/BF03195721>
- Śliwka, J., Jakuczun, H., Lebecka, R., Marczewski, W., Gebhardt, C., & Zimnoch-Guzowska, E. (2006). The novel, major locus Rpi-phu1 for late blight resistance maps to potato chromosome IX and is not correlated with long vegetation period. *Theoretical and Applied Genetics*, 113(4), 685–695. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0336-9>
- Smilde, W. D., Brigneti, G., Jagger, L., Perkins, S., & Jones, J. D. G. (2005). *Solanum mochiense* chromosome IX carries a novel late blight resistance gene Rpi-moc1. *Theoretical and Applied Genetics*, 110(2), 252–258. <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1820-8>

- Spooner, D. M., Núñez, J., Trujillo, G., Herrera, M. D. R., Guzmán, F., & Ghislain, M. (2007). Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major reevaluation of their gene pool structure and classification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *104*(49), 19398–19403. <https://doi.org/10.1073/pnas.0709796104>
- Stefańczyk, E., Janiszewska, M., Smyda-dajmund, P., Sobkowiak, S., Śliwka, J., & Plich, J. (2020). Marker-assisted pyramiding of potato late blight resistance genes *Rpi-rzc1* and *Rpi-phu1* on di- and tetraploid levels. *Mol Breeding*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11032-020-01169-x> Marker-assisted
- Stefańczyk, E., Sobkowiak, S., Brylińska, M., & Śliwka, J. (2017). Expression of the potato late blight resistance gene *Rpi-phu1* and *Phytophthora infestans* effectors in the compatible and incompatible interactions in potato. *Phytopathology*, *107*(6), 740–748. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-16-0328-R>
- Talamantes, J. R. (1986). *Fundamento, utilización y modificaciones del Diseño Latice en experimentación agrícola* [Universidad de Guadalajara]. http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1135/Talamantes_Ramirez_Jesus.pdf?sequence=1
- Tamay de Dios, L., Ibarra, C., & Velasquillo, C. (2013). Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real. *Instituto Nacional de Rehabilitación (INR)*, *2*, 70–79. https://www.academia.edu/download/52083062/pcr_medico_graphic.pdf
- Tamay De Dios, L., Ibarra, C., & Velasquillo, C. (2013). Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real. *Instituto Nacional de Rehabilitación (INR)*, *México*, *2*, 70–79. https://www.academia.edu/download/52083062/pcr_medico_graphic.pdf
- Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. In C. Rosell (Ed.), *Fao; Anpe-Perú* (primera ed). <https://www.fao.org/3/ai185s/ai185s.pdf>
- Velasco, M. R. (2005). Marcadores moleculares y la extracción de ADN molecular. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, *3*, 14–18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117966>
- Veramendi, S., Baldelomar, M., Terán, A., & Gabriel, J. (2011). Marcadores moleculares asociados a genes/QTLs de resistencia para factores bióticos en nuevas variedades de papa (. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 210–232. <https://doi.org/https://doi.org/10.37066/ralap.v16i2.179>

- Yang, L., Wang, D., Xu, Y., Zhao, H., Wang, L., Cao, X., Chen, Y., & Chen, Q. (2017). A new resistance gene against potato late blight originating from *Solanum pinnatisectum* located on potato chromosome 7. *Frontiers in Plant Science*, 8(October), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01729>
- Yasmin, S., Shahidul Islam, M., Nasiruddin, K. M., & Samsul Alam, M. (2006). Molecular characterization of potato germplasm by random amplified polymorphic DNA markers. *Biotechnology*, 5(1), 27–31. <https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2006.04.001>
- Zurita, I., Angulo, A., Veramendi, S., La Torre, J., & Gabriel, J. (2016). Resistencia genética en familias de híbridos de papa (*Solanum tuberosum* L.) a tizón y estrés hídrico por sequía. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 20(2), 1–13. <http://www.papaslatinas.org/ojs/index.php/index/oai>

ANEXOS

Anexo 1. Datos de colección de las accesiones de papa nativa (*Solanum spp.*), de la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

DATOS DE COLECCIÓN													
n° de colección	Nombre vernacular	Fecha de colección	Procedencia de colección de las accesiones								Fuente de colección	Status de la muestra	Mat. Viviente de colectado
			Pais	Región	Provincia	Distrito	comunidad	altitud	latitud	Longitud			
RUB001	Carrasco	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB002	Peruanita	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3486	13°3'17.98"S	73°52'08.27"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB003	Palta mindez	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB004	Lenguas	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB005	Duraznillo	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB006	Huantina	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB007	Yuraq winchina	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB008	Qellu runtus	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB009	Alqa carrasco	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB010	Ruyaq suytu	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB011	PN4	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB012	PN1	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB013	Ruyru mindez	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB014	Moro panchaela	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB015	Puka sawinto 1	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB016	Mariva	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB017	Yana carrasco	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB018	PN2	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB019	Ruyru ritipa sisan	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB020	Chaulina	050821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB021	Huamampa uman	160821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Treque	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB022	Puka huayru	160821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Treque	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB023	Ritipa sisan	160821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Treque	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB024	Piñacha	160821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Treque	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB025	Cuchi pelo	160821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	Totora	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Chacara	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB026	Wiaa pasña morado	090821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3838	13°1'35.92"S	73°49'16.88"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB027	Puka turnillo	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB028	Sangre de cristo	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB029	Wincuello	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB030	Atuqa papan	170122	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3760	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Silvestre	Cult. Primitivo	Plántula
RUB031	Uru puñochoi	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB032	Amarilla larga	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB033	PN5	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB034	Sangre de toro macho	050921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3210	13°3'02.81"S	73°52'57.63"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB035	Sangre de toro	050921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3210	13°3'02.81"S	73°52'57.63"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB036	Peruanita larga	050921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3210	13°3'02.81"S	73°52'57.63"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB037	Camotillo	050921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3210	13°3'02.81"S	73°52'57.63"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB038	Yuraq wirapasña	050921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB039	Yana llunchuy waqachi	050921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB040	Puka carrasco	050921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB041	kunkantulu	050921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB042	Lengua de vaca	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB043	PN6	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB044	Huamam uman 2	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB045	Blanca andina	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB046	Tumbay	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB047	PN9	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB048	Taragallo	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB049	Puka sawinto 2	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB050	Chancharayina	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB051	Chiqchi wiksa	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB052	Huevo del indio	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB053	PN7	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB054	Yana wainu	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB055	PN8	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB056	Corazón de cuy	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB057	Qachirva	101112	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB058	Papa fuerte	101112	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB059	PN3	101112	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB060	Puca ñawi	101112	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB061	Qori sunqu	101112	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB062	Qellqay wiksa	101112	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB063	Yungay	101112	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo
RUB064	Canchan	101112	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	Cult. Primitivo	Tuberculo

Anexo 2. Datos pasaporte de las accesiones de papa nativa (*Solanum* spp.), de la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

N° DE ENTRADA	DATOS DE ENTRADA						
	N° DE ENTRADA	Nombre científico		Fecha de última multiplicación	Nombre del donante	N° del donante	Tipo de mantención
		Genero	Especie				
UNSHLGBV60405SPP001-21	Carrasco	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP002-21	Peruanita	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP003-21	Palta mindez	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP004-21	Lenguas	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP005-21	Duraznillo	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP006-21	Huantina	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP007-21	Yuraq winchina	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP008-21	Qellu runtus	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP009-21	Allqa carrasco	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP010-21	Ruyaq suytu	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP011-21	PN4	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP012-21	PN1	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP013-21	Ruyru mindez	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP014-21	Moro panchaela	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP015-21	Puka sawinto 1	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP016-21	Mariva	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP017-21	Yana carrasco	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP018-21	PN2	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP019-21	Ruyru ritipa sisan	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP020-21	Chaulina	Solanum	spp.	110622	Felipe Muñoz Tineo	1	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP021-21	Huamampa uman	Solanum	spp.	110622	Feria Local	2	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP022-21	Puka huayru	Solanum	spp.	110622	Feria Local	2	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP023-21	Ritipa sisan	Solanum	spp.	110622	Feria Local	2	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP024-21	Piñacha	Solanum	spp.	110622	Feria Local	2	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP025-21	Cuchi pelo	Solanum	spp.	110622	Feria Local	2	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP026-21	Wara pasña morado	Solanum	spp.	110622	Feria Local	2	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP027-21	Puka tumillo	Solanum	spp.	110622	Silverio Dipaz Vega	3	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP028-21	Sangre de cristo	Solanum	spp.	110622	Silverio Dipaz Vega	3	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP029-21	Wincuello	Solanum	spp.	110622	Silverio Dipaz Vega	3	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP030-21	Atuqpa papan	Solanum	spp.	110622	Silvestre	4	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP031-21	Uru puñochi	Solanum	spp.	110622	Juan Muñoz Dipaz	5	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP032-21	Amarilla larga	Solanum	spp.	110622	Juan Muñoz Dipaz	5	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP033-21	PN5	Solanum	spp.	110622	Juan Muñoz Dipaz	5	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP034-21	Sangre de toro macho	Solanum	spp.	110622	Juan Muñoz Dipaz	5	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP035-21	Sangre de toro	Solanum	spp.	110622	Juan Muñoz Dipaz	5	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP036-21	Peruanita larga	Solanum	spp.	110622	Juan Muñoz Dipaz	5	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP037-21	Camotillo	Solanum	spp.	110622	Juan Muñoz Dipaz	5	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP038-21	Yuraq wirapasña	Solanum	spp.	110622	Guillermo Pillaca	6	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP039-21	Yana llunchuy waqachi	Solanum	spp.	110622	Guillermo Pillaca	6	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP040-21	Puka carrasco	Solanum	spp.	110622	Guillermo Pillaca	6	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP041-21	kunkantullu	Solanum	spp.	110622	Guillermo Pillaca	6	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP042-21	Lengua de vaca	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP043-21	PN6	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP044-21	Huamam uman 2	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP045-21	Blanca andina	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP046-21	Tumbay	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP047-21	PN9	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP048-21	Taragallo	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP049-21	Puka sawinto 2	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP050-21	Chanamayina	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP051-21	Chiqchi wiksa	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP052-21	Huevo del indio	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP053-21	PN7	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP054-21	Yana wairu	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP055-21	PN8	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP056-21	Corazón de cuy	Solanum	spp.	110622	Maria Tineo Pillaca	7	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP057-21	Qachirva	Solanum	spp.	110622	José Ávalos Pillaca	8	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP058-21	Papa fuerte	Solanum	spp.	110622	José Ávalos Pillaca	8	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP059-21	PN3	Solanum	spp.	110622	José Ávalos Pillaca	8	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP060-21	Puca ñawi	Solanum	spp.	110622	José Ávalos Pillaca	8	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP061-21	Qori sunqu	Solanum	spp.	110622	José Ávalos Pillaca	8	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP062-21	Qellqay wiksa	Solanum	spp.	110622	Goyo Dipaz Muñoz	9	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP063-21	Yungay	Solanum	spp.	110622	Goyo Dipaz Muñoz	9	Vegetativa
UNSHLGBV60405SPP064-21	Canchan	Solanum	spp.	110622	Goyo Dipaz Muñoz	9	Vegetativa

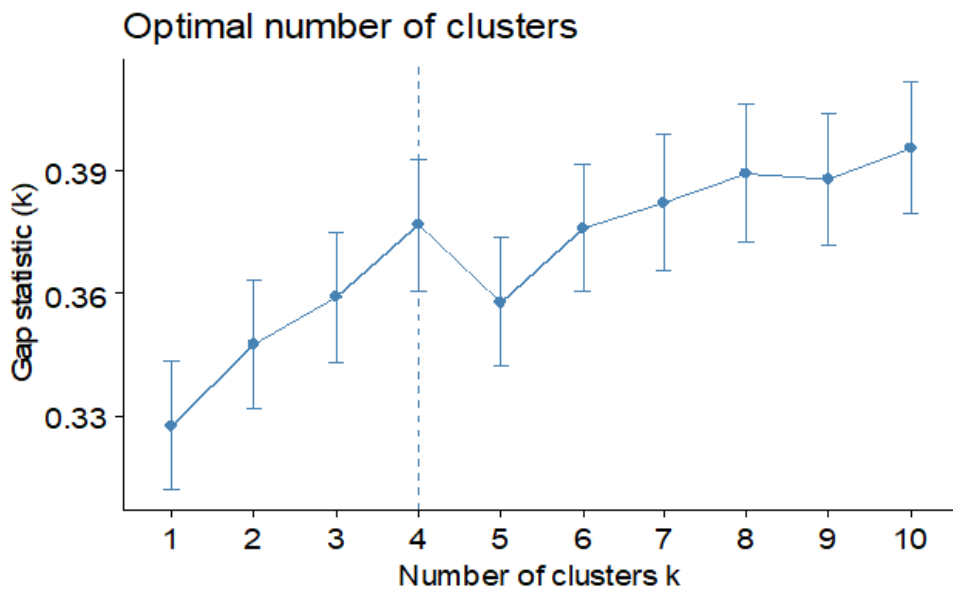
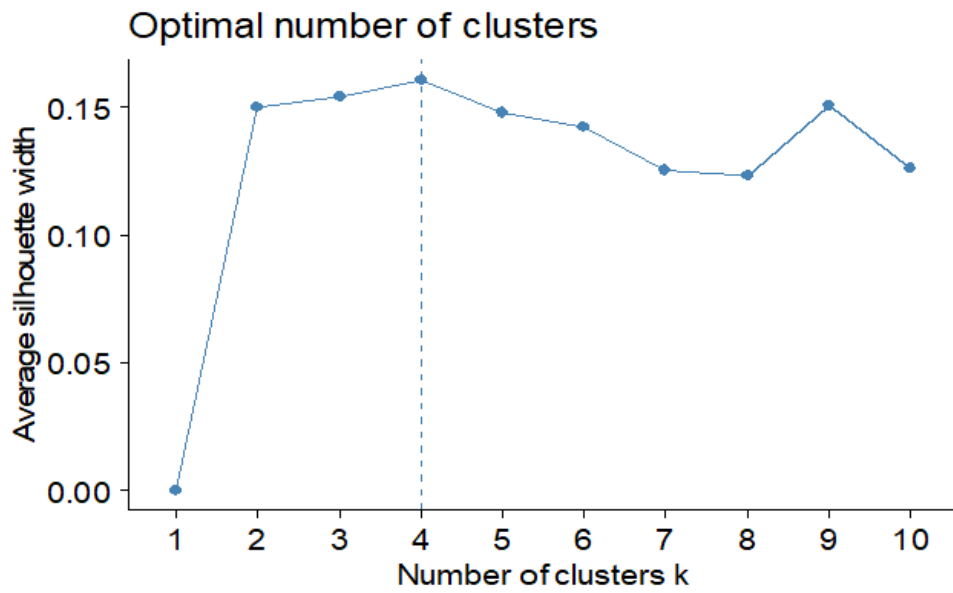
Anexo 3. Caracterización morfológica de las accesiones de papa nativa (*Solanum* spp.), de la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

TRATAMIENTO	ENTRADA/VARIEDAD	HABITO DE CRECIMIENTO					FORMA DE HOJA					COLOR DE TALLOS	FORMA DE ALAS DE TALLOS	GRADO DE FLORACION	FORMA DE LA COROLA	COLOR DE LA FLOR					PIGMENTACION EN ANTERAS	PIGMENTACION EN PISTILO	COLOR DE CALIZ	COLOR DE PEDICEL	COLOR DE LA BAYA	FORMA DE LA BAYA	COLOR DE PIEL DE TUBERCULO				FORMA DE TUBERCULO			COLOR DE LA PULPA DE TUBERCULO			COLOR DEL BROTE						
		1	2	3	n° de folíolos laterales		6	7	8	9	10					11	12	13	14	15							16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
					n° interhojuelas entre folíolos laterales	n° interhojuelas sobre pectólos																																					
T1	Carrasco	2	3	4	4	1	1	3	3	1	1	0	0	2	0	1	1	1	1	5	1	0	0	1	0	5	1	0	0	5	1	5											
T2	Peruניתa	1	3	5	4	1	2	2	5	7	7	3	0	0	2	0	3	8	6	1	7	2	1	5	3	0	5	4	0	0	2	1	3										
T3	Palta mindez	3	3	5	4	1	3	1	5	5	8	2	1	2	0	0	5	4	5	1	9	3	1	5	2	1	3	2	0	0	4	1	5										
T4	Lenguas	3	3	4	4	1	2	2	3	7	6	1	0	0	3	0	2	4	1	1	1	1	0	0	7	1	5	2	0	0	4	1	5										
T5	Duraznillo	2	3	5	4	1	2	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	7	1	0	0	1	0	5	1	0	0	4	0	0
T6	Huantina	3	3	4	3	1	2	3	5	7	7	3	1	2	2	8	5	8	6	1	8	2	0	0	1	0	5	1	8	3	4	5	5										
T7	Yuraq winchina	3	3	5	4	1	1	1	5	3	8	1	1	6	2	0	2	4	2	7	1	1	0	0	1	0	7	1	0	0	4	1	4										
T8	Qellu runtus	3	3	5	4	4	1	3	5	3	1	1	7	9	3	0	2	5	2	7	2	2	0	0	2	0	3	4	0	0	1	2	3										
T9	Alqa carrasco	3	3	4	1	0	1	3	3	5	1	1	0	0	2	0	1	1	4	3	1	1	5	4	1	0	5	1	0	0	4	1	5										
T10	Yuraq suytu	3	3	4	3	1	1	1	3	5	7	3	0	0	0	0	7	4	1	1	1	1	0	0	5	0	5	1	0	0	1	2	3										
T11	PN4	2	3	4	3	0	2	1	5	3	8	2	0	0	3	0	2	4	1	1	1	1	5	6	1	0	7	3	0	0	4	5	4										
T12	PN1	2	3	4	2	0	1	1	1	2	7	7	5	0	5	2	0	0	4	5	4									
T13	Ruyru mindez	2	3	5	4	0	2	2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8	3	1	5	2	0	5	1	0	0	4	1	5
T14	Moro panchaela	2	3	5	3	0	1	1	3	5	7	3	1	8	2	0	3	4	1	3	1	1	9	4	2	1	5	1	7	1	4	1	4										
T15	Puka sawinto 1	3	3	5	3	0	2	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	7	3	0	0	1	0	7	2	0	0	3	1	5
T16	Mariva	2	3	5	4	1	2	2	5	3	7	3	1	3	3	0	2	2	...	...	8	1	0	0	2	1	3	2	0	0	5	1	2								
T17	Yana carrasco	3	3	5	4	0	4	2	3	5	8	3	1	3	3	0	5	4	6	1	8	3	0	0	1	0	5	2	0	0	4	0	0										
T18	PN2	2	3	4	4	0	5	1	5	5	8	2	1	2	3	0	5	4	5	1	7	2	0	0	2	0	5	1	3	3	1	2	3										
T19	Ruyru ritpa sisan	2	3	5	4	0	3	2	5	3	6	3	1	3	3	0	5	8	1	1	8	2	1	5	1	0	5	2	0	0	4	1	5										
T20	Chaulina	1	3	5	4	1	2	3	5	7	1	1	0	0	0	0	2	4	1	3	1	1	0	0	5	0	3	2	0	0	1	4	4										
T21	Huamampa uman 1	3	3	5	4	0	2	1	5	7	6	3	1	3	1	0	3	4	5	1	7	3	1	4	1	0	5	3	0	0	2	1	3										
T22	Puka huayru	2	3	4	2	0	2	1	5	7	7	3	1	2	3	0	2	4	1	3	7	2	0	0	7	0	5	3	0	0	4	1	5										
T23	Ritpa sisan	2	3	4	4	3	2	3	5	3	8	3	1	2	0	0	3	4	1	1	8	2	1	5	3	0	5	1	0	0	4	1	5										
T24	Pñaacha	3	3	4	2	0	2	1	5	7	6	2	1	2	0	0	3	4	...	...	9	3	0	0	7	0	7	1	0	0	4	1	5								
T25	Cuchi pelo	3	3	5	4	0	5	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	9	3	1	5	1	0	5	7	1	1	4	1	5
T26	Wira pasfia morado	2	3	4	4	1	2	2	5	5	6	3	1	3	0	0	2	6	6	1	8	2	1	6	8	0	5	1	0	0	4	1	2										
T27	Puka turnillo	2	3	4	2	1	1	2	3	7	1	1	0	0	0	0	1	1	5	3	6	1	0	0	8	0	5	1	0	0	4	1	5										
T28	Sangre de cristo	2	3	3	4	2	2	1	5	5	1	2	6	8	0	0	5	5	6	1	8	3	0	0	8	5	5	7	1	1	3	1	2										
T29	Wincuello	3	3	4	3	1	3	1	5	7	7	2	0	0	0	0	5	4	...	...	9	2	0	0	8	5	3	1	8	5	4	1	5								
T30	Atuqpa papan	6	3	4	4	1	5	3	3	7	6	2	8	6	3	0	7	8	5	7	1	1	0	0	1	1	3	1	0	0	1	0	0										
T31	Uru puñoichi	3	3	5	4	1	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1	2	0	0	8	5	3	1	0	0	1	2	3
T32	Amarilla larga	1	3	4	4	4	2	1	5	3	6	1	1	6	2	0	3	4	1	3	1	1	0	0	7	0	5	4	0	0	1	2	5										

Continuación del anexo 3...

TRATAMIENTO	ENTRADA/VARIEDAD	HABITO DE CRECIMIENTO					FORMA DE HOJA					COLOR DE TALLOS					FORMA DE ALAS DE TALLOS					GRADO DE FLORACION					FORMA DE LA COROLA					COLOR DE LA FLOR					PIGMENTACION EN ANTERAS					PIGMENTACION EN PISTILO					COLOR DE CALIZ					COLOR DE PEDICEL					COLOR DE LA BAYA					FORMA DE LA BAYA					COLOR DE PIEL DE TUBERCULO					FORMA DE TUBERCULO					COLOR DE LA PULPA DE TUBERCULO					COLOR DEL BROTE				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32																																																					
																																		Tipo de disecion	n° de foliolos laterales	n° interhojuelas entre foliolos laterales	n° interhojuelos sobre peciolos	FORMA DE TALLOS	GRADO DE FLORACION	FORMA DE LA COROLA	Color predominante	Intensidad de color	Color predominante	Color secundario	Distribucion del color secundario	PIGMENTACION EN ANTERAS	PIGMENTACION EN PISTILO	COLOR DE CALIZ	COLOR DE PEDICEL	COLOR DE LA BAYA	FORMA DE LA BAYA	Color predominante	Intensidad de color	Color predominante	Color secundario	Distribucion de color secundario	Forma general	Variante de forma	Profundidad de ojos	Color predominante	Color secundario	Distribucion de color secundario	Color predominante	Color secundario	Distribucion de color secundario																					
T33	PN5	2	3	5	4	1	1	2	5	3	6	3	0	0	0	3	3	1	3	1	1	7	4	1	0	5	1	0	0	3	1	5																																																						
T34	Sangre de toro macho	1	3	4	4	1	2	2	5	5	8	1	0	0	3	4	5	1	1	2	7	4	4	2	3	1	7	2	3	1	5																																																							
T35	Sangre de toro	2	3	5	4	0	2	1	5	7	8	1	1	2	0	0	3	5	7	7	2	0	0	5	4	5	1	7	5	4	1	5																																																						
T36	Peruanita larga	2	3	5	4	0	2	1	5	7	8	1	1	2	0	0	3	4	1	1	1	7	4	8	0	3	1	7	5	1	2	3																																																						
T37	Camotillo	1	3	4	3	0	2	1	5	5	6	1	1	9	2	0	3	4	1	1	5	2	0	0	5	2	5	3	6	1	4	1	5																																																					
T38	Yuraq wirapasña	3	3	4	3	0	2	1	5	5	6	3	0	0	0	0	5	4	...	...	1	1	7	1	5	0	5	1	0	0	3	1	3																																																			
T39	Yana llunchuy waqachi	2	3	6	4	4	3	1	5	3	8	1	0	0	1	8	5	8	7	3	9	3	0	0	1	9	9	1	0	0	4	0	0																																																					
T40	Puka carrasco	2	3	4	4	3	2	1	5	5	6	1	0	0	2	0	3	4	5	1	7	1	0	0	1	0	7	2	0	0	2	1	2																																																					
T41	kunkantullu	2	3	5	4	1	1	1	1	5	8	1	1	3	3	0	3	4	1	1	6	2	0	0	7	8	5	1	0	0	3	1	2																																																					
T42	Lengua de vaca	2	3	6	4	3	5	3	5	5	1	1	0	0	0	0	4	4	...	...	9	3	1	6	7	1	5	2	0	0	4	0	0																																																			
T43	PN6	2	3	4	3	0	1	0	3	3	8	1	1	2	2	0	5	4	1	1	5	3	1	5	3	0	5	1	5	3	2	1	3																																																					
T44	Huamam uman 2	2	3	5	4	0	2	1	5	5	1	3	1	2	3	0	5	5	1	1	7	3	1	4	1	0	5	1	0	0	3	1	3																																																					
T45	Blanca andina	4	3	4	3	0	2	1	3	5	6	2	0	0	2	0	1	1	6	3	1	3	5	6	2	1	3	1	0	0	4	1	5																																																					
T46	Tumbay	2	3	4	2	0	2	3	3	3	6	1	1	3	0	0	5	5	...	...	2	1	0	0	1	0	5	4	0	0	5	1	3																																																			
T47	PN9	3	3	5	4	1	2	1	5	7	1	2	3	7	0	2	5	5	7	3	6	1	0	0	7	0	7	4	0	0	3	1	3																																																					
T48	Taragallo	3	3	5	4	0	1	5	3	3	1	1	0	0	3	0	4	4	1	1	1	2	0	0	7	0	1	1	0	0	4	1	5																																																					
T49	Puka sawinto 2	3	3	5	4	0	2	1	5	7	8	1	1	2	3	2	5	4	7	1	7	3	0	0	1	0	7	2	0	0	3	0	0																																																					
T50	Chanhamayina	3	3	5	4	0	2	1	3	5	7	3	1	3	3	2	5	4	4	3	9	3	0	0	2	0	5	1	0	0	4	1	3																																																					
T51	Chiqchi wiksa	2	3	5	4	1	2	2	5	7	8	1	0	0	0	0	5	4	1	7	1	1	8	6	6	0	5	1	0	0	4	1	3																																																					
T52	Huevo del indio	2	3	5	4	1	3	1	5	5	8	2	3	3	0	5	5	4	1	1	1	4	4	8	0	5	2	0	0	4	1	5																																																						
T53	PN7	3	3	3	2	1	2	2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	7	3	5	6	4	0	3	1	0	0	4	0	0																																									
T54	Yana wairu	2	3	4	3	0	5	1	5	5	7	2	1	3	0	0	2	4	7	1	9	3	0	0	7	0	7	1	0	0	4	0	0																																																					
T55	PN8	2	3	4	2	0	2	3	3	5	8	3	1	2	0	0	2	4	1	1	7	2	0	0	1	0	5	1	0	0	1	4	2																																																					
T56	Corazón de cuy	3	3	4	2	1	7	1	5	3	8	2	0	0	2	0	5	8	6	3	9	3	1	5	6	0	5	1	8	2	4	1	3																																																					
T57	Qachirva	2	3	4	3	0	7	1	5	5	8	1	0	0	0	0	3	8	7	3	7	2	0	0	1	0	7	1	0	0	3	1	3																																																					
T58	Papa fuerte	2	3	5	4	2	2	3	5	5	6	1	0	0	0	0	3	4	1	1	1	3	5	6	2	1	3	1	0	0	4	1	4																																																					
T59	PN3	2	3	4	3	2	5	3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1	0	0	3	0	7	1	0	0	4	1	2																																									
T60	Puca ñawi	2	3	6	4	4	3	1	5	3	8	1	1	2	1	0	5	8	7	3	9	3	7	1	6	1	5	1	8	1	4	1	2																																																					
T61	Qori sunqu	2	3	5	4	3	3	1	5	3	8	1	1	2	1	0	5	8	6	1	7	1	0	0	2	1	5	3	7	5	5	1	5																																																					
T62	Qellqay wiksa	4	3	4	2	0	1	1	3	5	7	2	1	3	2	0	2	4	1	1	1	3	9	4	5	1	3	2	0	0	4	1	4																																																					
T63	Yungay	2	3	5	3	0	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1	5	1	2	1	3	2	0	0	1	5	1																																									
T64	Canchan	2	3	5	4	1	1	2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	7	1	0	0	2	1	0	2	0	0	3	1	2																																									

Anexo 5. Estimación del número de clúster mediante métodos silueta (silhouette) y análisis de brechas (GAP statistic).



Anexo 6. ANOVA de 5 caracteres de productividad para accesiones de papa nativa (*Solanum* spp.), diseño experimental Lattice Simple, analizadas en software R.

Análisis de varianza de número de tallos aéreos (unidades)

Response: número de tallos aéreos

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Rep	1	2.21	2.2050	1.3031	0.2592
Trat.unadj	63	403.03	6.3973	3.7806	1.876e-06 ***
Bloq/rep	14	22.00	1.5714	0.9287	0.5359
Residual	49	82.92	1.6921		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Análisis de varianza de altura de tallos (cm)

Response: altura de tallos

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Rep	1	4.0	4.026	0.1078	0.7441
Trat.unadj	63	18933.8	300.536	8.0452	2.726e-12 ***
Bloq/rep	14	586.4	41.887	1.1213	0.3642
Residual	49	1830.4	37.356		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Análisis de varianza de diámetro de follaje (cm)

Response: diámetro de follaje

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Rep	1	48.5	48.511	0.8327	0.3659676
Trat.unadj	63	10390.6	164.931	2.8310	0.0001171 ***
Bloq/rep	14	742.9	53.064	0.9108	0.5533783
Residual	49	2854.7	58.259		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Análisis de varianza de número de tubérculos (unidades)

Response: número de tubérculos

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Rep	1	12.49	12.4938	1.4427	0.2354729
Trat.unadj	63	1518.71	24.1066	2.7837	0.0001458 ***
Bloq/rep	14	86.33	6.1665	0.7121	0.7517716
Residual	49	424.33	8.6598		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Análisis de varianza de rendimiento (kg/UE)

Response: rendimiento

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Rep	1	0.16	0.1561	0.0352	0.8520
Trat.unadj	63	1661.95	26.3802	5.9422	8.825e-10 ***
Bloq/rep	14	65.46	4.6760	1.0533	0.4206
Residual	49	217.54	4.4395		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Análisis de varianza (ANVA) de Latice simple, modelo fijo

F.V	GL	SC	CM	Fc	Pr(>F)
Repetición	r-1	SCr	SCb/(r-1)	CMr/CMe	F[r-1,(t-1)(r-1)r(k-1)]
Bloq. Incomp.	r(k-1)	SCK	SCK/r(k-1)	CMk/CMe	F[r(k-1),(t-1)(r-1)r(k-1)]
Tratamiento	t-1	SCt	SCt/(t-1)	CMt/CMe	F[t-1,(t-1)(r-1)r(k-1)]
Error	(tr-1)-[(t-1)+(r-1)+r(k-1)]	SCe	SCe/[(t-1)+(r-1)+r(k-1)]		
Total	tr-1	SCtot			

Nota. Donde, k=bloques incompletos, r=repetición, t=tratamientos

Anexo 7. Datos de caracteres de productividad, tomados del campo en los dos bloques.

Número de tallos aéreos (unid.)								
BLOQUE I								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	7.60	7.20	4.60	5.60	9.20	9.40	3.80	6.40
2	7.60	6.60	9.00	4.80	4.60	7.00	3.80	5.20
3	4.00	10.20	5.00	11.20	5.60	7.40	8.20	5.20
4	6.60	4.00	5.60	7.00	5.00	3.40	6.60	12.20
5	10.40	8.00	7.20	7.00	10.00	4.80	8.00	10.00
6	5.20	5.40	7.20	6.00	3.80	4.60	6.60	6.60
7	4.80	6.00	3.40	5.00	6.20	4.60	6.80	6.80
8	10.20	7.20	11.40	6.60	9.80	4.40	6.60	4.80

Altura de la planta (cm)								
BLOQUE I								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	63.20	48.80	79.80	52.40	78.60	67.40	51.40	75.80
2	78.80	57.20	79.60	68.60	80.20	63.80	62.20	68.40
3	75.40	61.40	103.40	87.80	68.20	56.60	75.20	68.60
4	75.80	94.80	82.20	78.40	52.60	20.20	54.60	88.80
5	89.80	76.60	86.80	71.40	69.60	68.80	58.80	59.60
6	68.20	68.80	57.20	92.20	57.40	61.20	67.60	58.60
7	83.20	68.80	66.20	63.20	62.20	56.20	64.20	78.80
8	83.80	56.80	38.20	78.80	63.20	62.40	72.40	66.40

BLOQUE II								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	4.20	6.20	8.20	10.00	9.80	5.80	6.20	8.60
2	5.40	4.80	7.80	7.20	8.60	4.00	6.20	4.40
3	5.20	7.20	7.20	5.20	10.20	8.00	5.40	9.20
4	4.80	6.20	6.80	7.00	6.60	7.20	6.20	6.40
5	5.80	3.80	4.20	7.40	9.60	4.60	5.20	9.20
6	5.60	7.00	4.80	3.20	5.80	3.60	4.40	4.80
7	3.80	4.60	6.60	8.20	5.60	7.40	7.20	5.80
8	7.40	4.00	5.80	10.20	10.20	5.00	4.00	7.20

BLOQUE II								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	57.40	73.20	58.80	80.40	79.20	61.60	85.40	78.40
2	54.60	60.40	54.40	79.80	82.20	68.20	74.40	64.60
3	72.20	62.80	98.80	78.60	84.20	52.60	56.80	56.60
4	60.40	56.80	78.60	64.60	78.60	87.60	72.80	83.60
5	71.80	80.60	69.80	62.40	54.40	52.60	59.00	78.60
6	86.80	70.60	62.60	26.30	73.20	65.80	62.60	53.60
7	48.60	56.80	71.80	60.80	62.20	76.20	66.60	68.40
8	89.80	59.60	71.20	79.20	60.60	76.60	66.80	70.40

Diámetro de follaje (cm)								
BLOQUE I								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	46.60	46.80	73.20	46.60	78.60	65.60	57.40	69.60
2	58.60	51.20	58.80	52.20	56.20	49.80	54.80	55.20
3	60.20	51.20	77.20	69.80	68.60	43.20	66.20	48.60
4	58.60	56.60	56.20	55.40	29.20	35.20	30.20	56.60
5	87.60	43.80	51.20	60.20	56.60	63.60	38.40	47.20
6	58.80	66.20	40.20	44.80	59.60	56.60	49.60	61.60
7	62.20	66.80	45.20	59.60	56.20	56.20	62.60	45.80
8	63.20	58.60	63.20	67.60	58.80	73.20	52.20	55.40

n° tubérculos/planta								
BLOQUE I								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	18.40	14.00	18.40	15.00	16.40	15.20	9.40	18.80
2	20.00	22.20	21.00	16.40	23.00	14.00	16.00	24.00
3	22.80	14.00	19.20	24.20	17.20	18.00	26.20	14.60
4	24.00	22.00	14.00	17.40	16.20	1.06	14.00	17.40
5	19.00	17.00	22.00	14.00	17.80	23.20	12.20	23.00
6	16.20	9.80	12.40	19.00	16.40	22.00	16.00	9.80
7	16.20	21.00	12.20	8.80	15.00	19.00	23.00	19.00
8	17.00	18.00	12.00	9.60	17.00	16.60	14.00	16.20

BLOQUE II								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	52.40	67.80	68.80	90.00	66.00	65.60	59.20	67.20
2	48.40	58.60	58.80	69.40	56.60	70.40	79.20	45.40
3	72.40	57.80	65.80	58.20	62.40	43.60	44.60	67.20
4	54.40	46.80	58.60	40.20	57.40	72.60	68.20	57.40
5	63.60	54.40	54.20	60.80	62.80	48.60	44.80	53.20
6	53.80	57.60	53.20	36.60	56.20	60.80	46.80	67.80
7	45.60	48.60	69.40	41.60	41.40	62.40	60.40	56.60
8	59.20	59.60	58.60	51.80	42.60	59.60	51.20	60.60

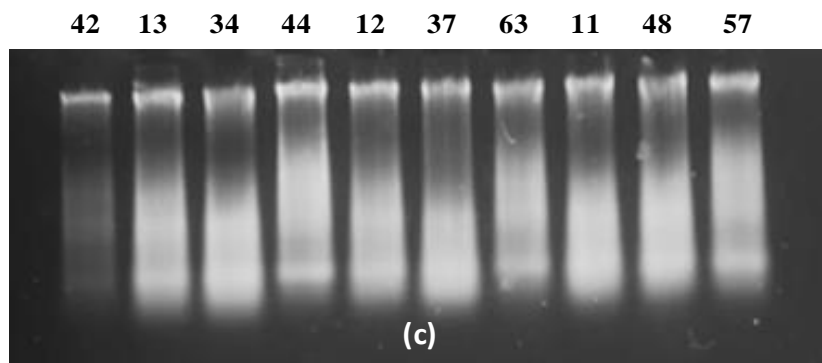
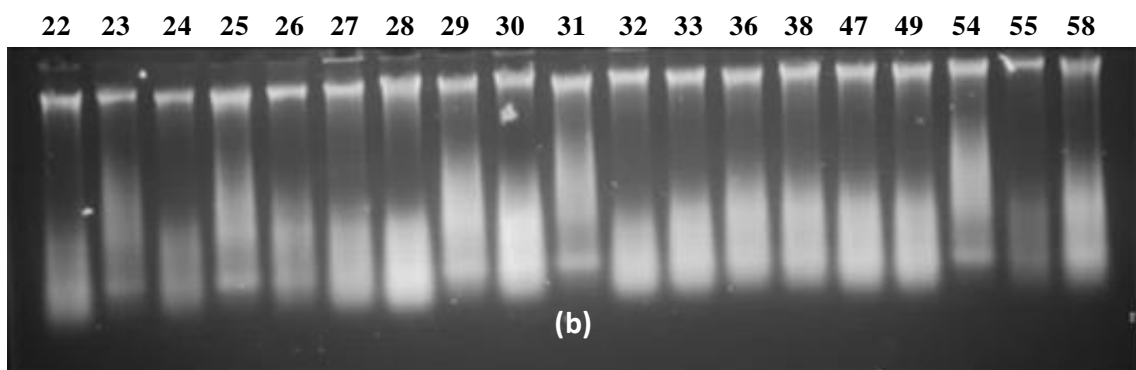
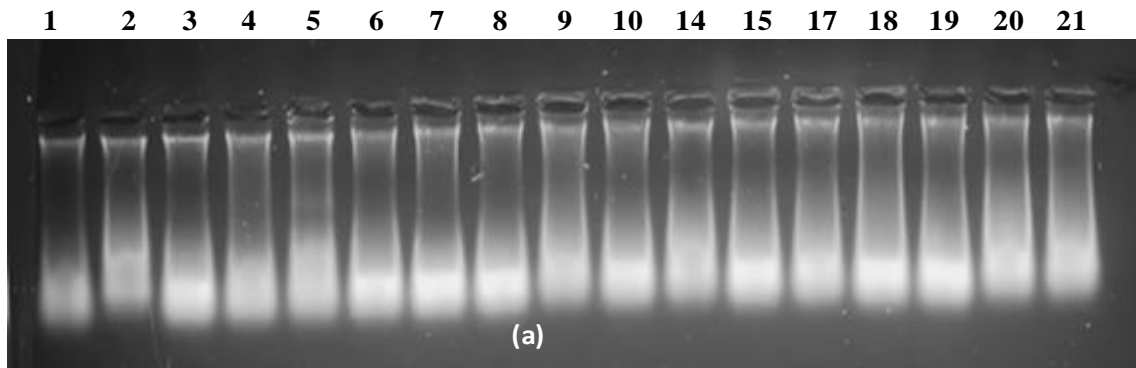
BLOQUE II								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	16.80	18.80	16.40	22.20	17.00	14.80	14.80	19.80
2	16.40	18.00	16.80	23.40	22.40	12.40	14.20	19.00
3	16.80	17.80	17.40	18.40	16.80	14.80	11.80	19.60
4	12.40	18.00	16.00	16.20	17.20	13.80	14.40	17.40
5	12.20	22.00	14.20	17.00	21.00	15.60	16.00	13.00
6	16.20	18.00	21.40	0.67	14.80	16.40	17.80	18.20
7	10.80	12.00	15.80	19.00	16.40	14.80	15.80	16.20
8	14.00	17.40	17.00	13.20	21.20	14.40	18.60	15.80

Continuación del anexo 7...

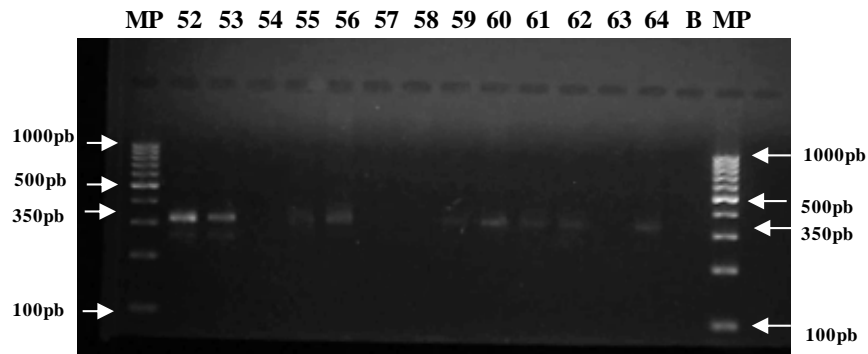
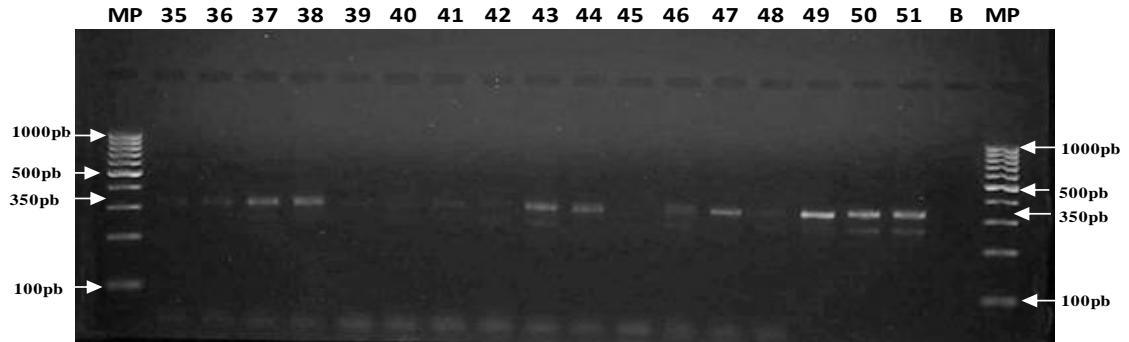
Rendimiento/UE (kg)								
BLOQUE I								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	14.50	10.75	9.75	11.25	11.25	14.50	8.25	13.50
2	13.50	15.25	12.50	9.50	15.75	10.50	12.25	16.50
3	14.50	12.50	12.50	17.50	13.25	20.50	12.00	14.50
4	19.50	16.75	17.25	13.50	11.00	0.02	11.50	15.60
5	15.50	19.50	21.00	11.50	15.75	12.50	14.50	12.50
6	15.50	9.00	14.50	14.50	18.50	15.50	11.25	12.50
7	15.50	14.50	12.50	8.00	15.25	26.70	17.50	14.00
8	14.50	16.00	11.00	11.00	12.00	10.50	13.50	15.25

BLOQUE II								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	12.25	14.00	15.25	21.75	11.50	13.50	17.00	18.75
2	8.25	13.50	9.50	15.50	22.50	12.25	11.00	18.25
3	12.75	14.25	15.50	13.50	23.75	11.25	14.50	13.50
4	12.25	11.50	19.50	11.50	12.50	18.50	10.25	8.00
5	10.50	12.50	9.50	11.25	18.50	13.25	8.25	9.00
6	11.75	9.75	23.50	0.04	17.25	17.50	18.50	13.75
7	7.50	13.50	17.00	14.25	13.25	16.75	14.25	10.75
8	11.50	17.50	14.00	16.75	15.25	10.25	16.00	17.00

Anexo 8. Fotodocumentación de ADN extraído para las accesiones de papas nativas, provenientes de la comunidad Virgen de Cochercas de Cochas, distrito San Miguel, provincia La Mar, región Ayacucho.








































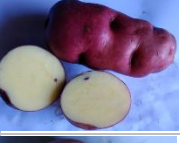







Anexo 9. Fotodocumentación de fragmentos asociados con resistencia a *P. infestans*, encontrados para el marcador GP94 ligado al gen *Rpi-phu1*. B: blanco, MP: marcador de peso molecular.



Anexo 10. Catálogo de fotos de hojas, tallos, flores, frutos y tubérculos de las accesiones de papa nativa.




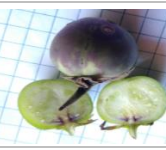







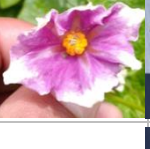









N°	Nombre	Tallo	Flor	Hojas	Frutos	Tubérculos
01	Carrasco					
02	Peruanita					
03	Palta mindez					
04	Lenguas					
05	Duraznillo		--		--	
06	Huantina					
07	Yuraq winchina					
08	Qellu runtus					
09	Allqa carrasco					
10	Ruyaq suytu					
11	PN4					

N°	Nombre	Tallo	Flor	Hojas	Frutos	Tubérculos
12	PN1		--		--	
13	Ruyru mindez		--		--	
14	Moro panchaela					
15	Puka sawinto		--		--	
16	Mariva				--	
17	Yana carrasco					
18	PN2					
19	Ruyru ritipa sisan					
20	Chaulina					
21	Huamampa uman 1					
22	Puka huayru					
23	Ritipa sisan					

N°	Nombre	Tallo	Flor	Hojas	Frutos	Tubérculos
24	Piñacha				--	
25	Cuchi pelo		--		--	
26	Wiara pasña morado					
27	Puka turnillo					
28	Sangre de cristo					
29	Wincuello				--	
30	Atuqpa papan					
31	Uru puñoichi		--		--	
32	Amarilla larga					
33	PN5					
34	Sangre de toro macho					
35	Sangre de toro					

N°	Nombre	Tallo	Flor	Hojas	Frutos	Tubérculos
36	Peruanita larga					
37	Camotillo					
38	Yuraq wirapasña				--	
39	Yana llunchuy waqachi					
40	Puka carrasco					
41	kunkantullu					
42	Lengua de vaca				--	
43	PN6					
44	Huamampa uman 2					
45	Blanca andina					
46	Tumbay				--	
47	PN9					

N°	Nombre	Tallo	Flor	Hojas	Frutos	Tubérculos
48	Taragallo					
49	Puka sawinto 2					
50	Chancha_ mayina					
51	Chiqchi wiksa					
52	Huevo del indio					
53	PN7		--		--	
54	Yana wairu					
55	PN8					
56	Corazón de cuy					
57	Qachirva					
58	Papa fuerte					
59	PN3		--		--	

N°	Nombre	Tallo	Flor	Hojas	Frutos	Tubérculos
60	Puca ñawi					
61	Qori sunqu					
62	Qellqay wiksa					
63	Yungay		--		--	
64	Canchan		--		--	

Anexo 11. Catálogo de fotos del proceso de elaboración de la tesis.



Nota. A: semillas tubérculo, B: apertura de hoyos, C: hoyos para depositar semilla, D: 1ra aporque o wachu, E: vista panorámica después de 2do aporque.



Nota: A: libreta de campo, B: identificación de accesiones, C: evaluación de caracteres en el campo, D: muestra para extracción de ADN, E: extracción de ADN, F: cuantificación de cantidad y calidad de ADN, G: ADN extraído de todas las accesiones.

Anexo 12. Análisis de caracterización del suelo del terreno experimental, Virgen de Cochas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.



MULTISERVICIOS AGROLAB
INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:
 - EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
 - INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
 - USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
 - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
 - AGRICULTURA SOSTENTABLE.

1054826

Solicitante: Sr. Rubén E. Muñoz Dipaz
 Departamento: Ayacucho Provincia: La Mar Distrito: San Miguel Localidad: Cochas Altitud: 3752m.s.n.m
 Cultivo anterior: descanso 10 años Cultivo a establecer: papa nativa
 Fecha: 05/02/2022

Lab	Numero de Muestra Campo	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS.m ⁻¹	CaCO ₃ %	Nt %	MO %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiabiles					% Sal De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺	
11189	Cochas	5.69	0.40	0.00	0.65	13.3	77.3	657	ORGANICO			26.40	14.90	2.55	1.82	0.73	0.00	76	

[Signature]
Ph. B. MARISCAL CÁCERES
 Responsable de Laboratorio

A = arena, A-Fr = Arena franca; Fr.A = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso;
 FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / 📞 (066) 312049 - 📠 966631889 / 📧 962781298 📧 982781298 📧 agrolab01@yahoo.es - agrolab107@gmail.com

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. RUBEN EDGAR MUÑOZ DIPAZ
R.D. N° 432-2023-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los treinta y uno días del mes de agosto del año dos mil veintitrés, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del señor Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida, los miembros del jurado conformado por el M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo, Ph.D. Germán Fernando De La Cruz Lapa como asesor, Ing. Eduardo Robles García y el M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino; actuando como secretario de actas el Mtro. Ennio Chauca Retamozo, para recibir la sustentación de la Tesis titulada: **Caracterización y selección molecular de accesiones de Papas Nativas (*Solanum spp.*) con genes para resistencia a *Phytophthora infestans*, La Mar, Ayacucho, 2022.** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **RUBEN EDGAR MUÑOZ DIPAZ**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invitó a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	14	17	17	16
Ph.D. Germán Fernando De La Cruz Lapa	18	18	18	18
Ing. Eduardo Robles García	15	15	15	15
M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino	13	14	14	14
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


 M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo
 Presidente


 Ph.D. Germán Fernando De La Cruz Lapa
 Asesor


 Ing. Eduardo Robles García
 Jurado


 M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino
 Jurado


 Mtro. Rodolfo Alea Mendoza
 Secretario Docente

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R; hace constar que el trabajo titulado;

Caracterización y selección molecular de accesiones de Papas Nativas (*Solanum spp.*) con genes para resistencia a *Phytophthora infestans*, La Mar, Ayacucho, 2022.

Autor : Ruben Edgar Muñoz Dipaz

Asesor : Germán De La Cruz Lapa

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **doce por ciento (12 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2193622903

Ayacucho, 12 de octubre de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

M. Sc./Walter A. Mateu Mateu
Pde. Comisión Turnitin - FCA

Caracterización y selección molecular de accesiones de Papas Nativas (*Solanum* spp.) con genes para resistencia a *Phytophthora infestans*, La Mar, Ayacucho, 2022

por Ruben Edgar Muñoz Dipaz

Fecha de entrega: 12-oct-2023 10:55a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2193622903

Nombre del archivo: borrador_de_tesis_RubenMu_ozDipaz.pdf (5.63M)

Total de palabras: 40760

Total de caracteres: 177179

Caracterización y selección molecular de accesiones de Papas Nativas (*Solanum* spp.) con genes para resistencia a *Phytophthora infestans*, La Mar, Ayacucho, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
3	www4.congreso.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	orcid.org Fuente de Internet	1%
5	docplayer.es Fuente de Internet	1%
6	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1%
7	infoandina.org Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	stackoverflow.com Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
13	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
15	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
16	ojs.papaslatinas.org Fuente de Internet	<1 %
17	Soojeon LEE, Byoung-Sun LEE, Jaehoon KIM. "A Strategy to Determine Whether to Use GPU for a Satellite Mission Scheduling Algorithm", TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, 2012 Publicación	<1 %
18	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

19	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
20	Ricardo W. Masuelli. "Homoploid hybridization in the origin and evolution of wild diploid potato species", <i>Plant Systematics and Evolution</i> , 02/2009 Publicación	<1 %
21	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	purl.org Fuente de Internet	<1 %
25	ri.uaemex.mx Fuente de Internet	<1 %
26	1library.co Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía Activo

CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN MOLECULAR DE ACCESIONES DE PAPAS NATIVAS (*Solanum spp.*) CON GENES PARA RESISTENCIA A

Phytophthora infestans, LA MAR, AYACUCHO, 2022

Rubén Edgar Muñoz Dipaz; Germán F. De La Cruz

Área de investigación: biotecnología,

Línea de investigación: Mejoramiento Genético Agropecuario

ruben.munoz.01@unsch.edu.pe

german.delacruz@unsch.edu.pe

RESUMEN

La papa, cultivo de importancia mundial, es afectado severamente por Tizón tardío, enfermedad producida por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Con el objetivo de realizar caracterización agro-morfológica y selección molecular en las accesiones de Papa Nativa (*Solanum spp.*), en la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, La Mar, Ayacucho; se evaluó caracteres morfológicos cualitativos mediante 32 descriptores, caracteres agronómicos cuantitativos (precocidad y productividad) y se hizo selección de accesiones resistentes a *Phytophthora infestans*, utilizando marcador molecular específico GP94 que está ligado con el gen *Rpi-phu1*. Se utilizó un diseño experimental Latice Simple de 8x8, el análisis estadístico se realizó mediante software R. Como resultado, en diversidad morfológico se construyó clúster de 4 grupos con coeficiente de similitud 13.5%. En precocidad a la madurez, se encontró que la papa silvestre (T30) es más precoz con 103 días; mientras, las accesiones de madurez tardía resultaron T1 (Carrasco), T2 (Peruanita), T11 (PN4), T12 (PN1), T15 (Puka sawinto 1), todos con 180 días. En productividad, según el ANOVA, los tratamientos fueron altamente significativos estadísticamente; en número de tallos aéreos, el T32 (Amarilla larga) alcanzó valor máximo de 11.165 unidades; en altura de planta, el T19 (Ruyru ritipa sisan) alcanzó 101.103 cm; en diámetro de follaje, T32 (Amarilla larga) alcanzó 77.121 cm; en número de tubérculos por planta, T25 (Cuchi pelo) alcanzó 22.992 unidades; en rendimiento, T54 (Yana wairu) alcanzó 41.852 t/ha. De los 9 caracteres agronómicos, número de tubérculos por planta y el rendimiento presentaron una correlación 72%. En la selección molecular, en el scoreo, se observó una banda del producto PCR de tamaño 350 pb, que se amplificaron para las accesiones seleccionadas como portadores del gen. Se encontró 65.63% (42) de accesiones portadores del gen *Rpi-phu1* ligado al marcador molecular GP94; mientras el 34.37% (22) de las accesiones resultaron ser no portadores del gen *Rpi-phu1*.

Palabras claves: Papa Nativa, Caracterización Agro-morfológica, selección molecular, *Phytophthora infestans*.

**CHARACTERIZATION AND MOLECULAR SELECTION OF ACCESSIONS
OF NATIVE POTATOES (*Solanum* spp.) WITH GENES FOR RESISTANCE TO
Phytophthora infestans, LA MAR, AYACUCHO, 2022**

ABSTRACT

Potato, a crop of worldwide importance, is severely affected by late blight, a disease caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. With the objective of carrying out agro-morphological characterization and molecular selection in the accessions of Native Potato (*Solanum* spp.), in the Virgen de Cocharcas de Cochas community, La Mar, Ayacucho; Qualitative morphological characters were evaluated using 32 descriptors, quantitative agronomic characters (earliness and productivity) and selection of accessions resistant to *Phytophthora infestans* was made, using the specific molecular marker GP94 that is linked to the *Rpi-phu1* gene. An 8x8 Lattice Simple experimental design was used, the statistical analysis was performed using R software. As a result, in genetic diversity a cluster of 4 groups with a 13.5% similarity coefficient was found. In precocity to maturity, it was found that the wild potato (T30) is earlier with 103 days; meanwhile, the late maturity accessions were T1 (Carrasco), T2 (Peruanita), T11 (PN4), T12 (PN1), T15 (Puka sawinto 1), all with 180 days. In productivity, according to ANOVA, the treatments were highly statistically significant; in number of aerial stems, T32 (long yellow) reached a maximum value of 11,165 units; In plant height, T19 (Ruyru ritipa sisan) reached 101,103 cm; in foliage diameter, T32 (long yellow) reached 77,121 cm; in number of tubers per plant, T25 (Cuchi pelo) reached 22,992 units; in yield, T54 (Yana wairu) reached 41,852 t/ha. Of the 9 agronomic characters, number of tubers per plant and yield presented a 72% correlation. In the molecular selection, in the scoring, a band of the PCR product of size 350 bp was observed, which was amplified for the accessions selected as resistant. 65.63% (42) of accessions carrying the *Rpi-phu1* gene linked to the molecular marker GP94 were found; while 34.37% (22) of the accessions turned out to be not carriers of the *Rpi-phu1* gene.

Keywords: Native Potato, Agro-morphological characterization, molecular selection, *Phytophthora infestans*.

1. INTRODUCCIÓN

La papa, es el cuarto cultivo más importante en el mundo; la enfermedad más importante a nivel económico, tizón tardío, es provocado por un Oomiceto (Śliwka et al., 2019), específicamente por el patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, el cual ocasiona problemas devastadoras para el cultivo de papa en el mundo. Cuando se presentan condiciones favorables para el patógeno, este puede ocasionar en pocas semanas una defoliación completa en la planta de la papa (L. Yang et al., 2017). Este patógeno fue responsable de la hambruna irlandesa en la década de 1840 (Taoutaou et al., 2023). La amplia gama de huéspedes hace que sea un desafío y complejo para su manejo sostenible, este patógeno está en constante evolución, por tanto, supera la resistencia que ofrece la planta (Sharma et al., 2021).

Los marcadores basados en ADN, son una herramienta práctica para hacer seguimiento a los genes de resistencia ante el patógeno tizón tardío (Beketova et al., 2021), es una opción viable para manejo de planes de mejoramiento (Kante et al., 2021). La selección asistida por marcadores (MAS) y el acervo genético brinda muchas oportunidades para explorar nuevos genes de interés contra *P. infestans* (Sharma et al., 2021), reducen considerablemente el tiempo y recurso empleado (Ramakrishnan et al., 2015). En tal sentido, una de las alternativas más económicas y ecológicas para mitigar las pérdidas de la cosecha es el uso y despliegue de accesiones resistentes genéticamente (L. Yang et al., 2017). Este patógeno causa pérdidas de 15% en rendimiento anual y daño económico que incluyen gastos en productos químicos; asimismo, en regiones endémicas puede destruir 70 – 100% de producción total (Fadina et al., 2017). Se puede utilizar fungicidas para controlar la enfermedad, sin embargo, aparte de que su aplicación es cara, no siempre es eficaz, ya que pueden surgir cepas resistentes a los fungicidas (Stefańczyk et al., 2017; Taoutaou et al., 2023).

La diversidad de papas nativos autóctonos de zonas altoandinas, tradicionalmente está caracterizado por los propios campesinos mediante una amplia gama de nomenclaturas basadas en las características morfológicas de la papa y que les permite distinguir a cada accesión con cierta precisión (Quiros et al., 1990).

Los programas de mejoramiento genético empezaron hace 100 años, sin embargo, el proceso es largo y complejo. A través del tiempo, han mejorado nuevos cultivares utilizando genes *Rpi* contra *P. infestans* mediante introgresión de genes a partir de los parientes silvestres (Paluchowska et al., 2022). Integrar o transferir nuevos genes de parientes silvestres resistentes a las nuevas variedades cultivadas es una alternativa de

solución (Smilde et al., 2005) . La solución sostenible sería cultivar papas con genes de carácter cuantitativo (QTL) que soportan muy bien a patógenos como *P. infestans* a largo plazo (Brylinska et al., 2015). La piramidación de los genes de diversa especificidad de raza en una misma planta extiende la durabilidad de resistencia a tizón tardío y amigable para el medio ambiente (Śliwka et al., 2019; Rogozina et al., 2021).

Este trabajo tuvo como objetivo general, evaluar y caracterizar agro-morfológica y molecularmente el germoplasma de papas nativas de la región de Ayacucho con fines de selección y mejoramiento genético para elevar el rendimiento y productividad en este recurso genético de la región.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se instaló a una altitud de 3760 msnm, con coordenadas geográficas 13°1'21.22" S y 73°51'20.32" W, Centro Poblado Virgen Cocharcas de Cochabamba, distrito de San Miguel, Provincia de La Paz y región Ayacucho. El lugar tiene un clima húmedo, con rango de temperaturas que varían entre -3 °C y 20 °C, con precipitación media anual de 890.3 mm.

La investigación se realizó entre los meses de noviembre del 2021 hasta enero del 2023. Donde, la fase del campo se realizó entre los meses de noviembre del 2021 a junio del 2022. Posteriormente, se complementó con trabajos de laboratorio.

Se utilizó 60 accesiones de papa nativa (*Solanum* spp.); como control o testigo, 3 accesiones de papas mejoradas (T16, T63 y T64) y una accesión de papa silvestre o *Atuqpa papan* (T30), todos recolectados del área geográfica que comprende al Centro Poblado Virgen de Cocharcas de Cochabamba (Tabla 1).

Tabla 1

Accesiones de papa nativa Solanum spp.

TRAT.	ACCESIONES	TRAT.	ACCESIONES	TRAT.	ACCESIONES
T1	Carrasco	T23	Ritipa sisan	T45	Blanca andina
T2	Peruanita	T24	Piñacha	T46	Tumbay
T3	Palta mindez	T25	Cuchi pelo	T47	PN9
T4	Lenguas	T26	Wiara pasña morado	T48	Taragallo
T5	Duraznillo	T27	Puka turnillo	T49	Puka sawinto 2
T6	Huantina	T28	Sangre de cristo	T50	Chanchamayina
T7	Yuraq winchina	T29	Wincuello	T51	Chiqchi wiksa
T8	Qellu runtus	T30	Atuqpa papan	T52	Huevo del indio

T9	Allqa carrasco	T31	Uru puñoichi	T53	PN7
T10	Ruyaq suytu	T32	Amarilla larga	T54	Yana wairu
T11	PN4	T33	PN5	T55	PN8
T12	PN1	T34	Sangre de toro macho	T56	Corazón de cuy
T13	Ruyru mindez	T35	Sangre de toro	T57	Qachirva
T14	Moro panchaela	T36	Peruanita larga	T58	Papa fuerte
T15	Puka sawinto 1	T37	Camotillo	T59	PN3
T16	Mariva	T38	Yuraq wirapasña	T60	Puca ñawi
T17	Yana carrasco	T39	Yana llunchuy waqachi	T61	Qori sunqu
T18	PN2	T40	Puka carrasco	T62	Qellqay wiksa
T19	Ruyru ritipa sisan	T41	kunkantullu	T63	Yungay
T20	Chaulina	T42	Lengua de vaca	T64	Canchan
T21	Huamampa uman	T43	PN6		
T22	Puka huayru	T44	Huamampa uman 2		

2.1. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental Lattice Simple (8x8) con dos bloques aleatorizados y dos repeticiones. Cada unidad experimental (2.0 m x 2.7 m) estuvo conformado por 3 surcos, en cada surco se sembró 5 tubérculos semilla, cada bloque completo estuvo conformado por 64 unidades experimentales, con un área de 345.6 m², cada una de las accesiones representaron un tratamiento.

Modelo aditivo lineal: $Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + S_k + e_{ijk}$; donde, Y_{ijk} = rendimiento del i-ésimo tratamiento en la j-ésimo repetición, del k-ésimo bloque incompleto; μ = es el promedio de las unidades experimentales; T_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento; B_j = Es el efecto del j-ésimo bloque o repetición; S_k = es el k-ésimo bloque incompleto; e_{ijk} = es el error experimental del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima repetición, del k-ésimo bloque incompleto; i = varía de 1,2,3,...,t (subíndice de variación de tratamientos); j = varía de 1,2,3,...,r (subíndice de variación de bloques o repeticiones) y k = número de bloques incompletos (Talamantes, 1986).

2.2. Características fisicoquímicas del suelo

El suelo experimental tuvo un pH moderadamente ácido (5.6), conductividad eléctrica normal (0.40 dS.m⁻¹), materia orgánica muy rico (13.3%), fósforo muy alto (77.3 ppm), potasio muy alto (657 ppm), capacidad de intercambio catiónico medio (20 cmol(+).kg⁻¹), textura suelo orgánico. Por estas características no se realizó ningún tipo de abonamiento de fondo.

2.3. Manejo agronómico

Se realizó mediante labranza cero (*chuki*), abriendo pequeños hoyos por golpe, utilizando la herramienta ancestral *chakitaklla*, con distanciamientos de 0.40 m entre golpes y 0.90 m entre surcos, luego se depositó un tubérculo semilla por cada hoyo y se cubrió con pequeño terrón; excepto en papa silvestre, en el cual se hizo trasplante de sus plántulas de 10 a 15 cm de altura durante el segundo aporque, recolectados de zonas aledaños.

El primer aporque en forma de *wachu* se realizó 8 días después de la siembra, empleando la herramienta ancestral *chakitaklla*; mientras el segundo aporque se realizó a los 57 días después de la siembra, cuando las plantas de la papa tenían 12 a 20 cm, empleando como herramienta el azadón.

Se aplicó dos controles fitosanitarios, a los 49 y 121 días después de la siembra (dds) contra tizón tardío e insectos; en ambos controles se empleó productos LESSICK 72WP (cymoxanil + mancozeb) y tifón 4E, respectivamente, según las indicaciones de sus fichas técnicas.

La cosecha se realizó a los 203 días después de la siembra en madurez de cosecha, cuando el 85-90% de las hojas estuvieron secas. Se cosechó de cada unidad experimental de manera independiente para su posterior evaluación correspondiente.

2.4. Caracterización agro-morfológica

Los caracteres de precocidad evaluados fueron: días a la emergencia, días a la floración, días a la madurez de cosecha y días al brotamiento. Estas evaluaciones se efectuaron cuando el 50% de las accesiones hayan llegado al estado fenológico indicado, se evaluaron en 5 plantas representativas para cada accesión. Como caracteres de productividad, estado fonológico de floración, se evaluó número de tallos aéreos, altura de la planta (cm), diámetro de follaje (cm), número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta (kg) y rendimiento de tubérculos (kg. ha⁻¹).

La caracterización morfológica se realizó mediante descriptores para papa nativa, propuesta por Gómez (2004) y Centro Internacional de la Papa (CIP), que incluye 32 caracteres. Durante la evaluación en el campo (*in situ*), según el manual guía establecida, en estado de floración, se registró 4 características de la hoja: 1 carácter de hábito de crecimiento; 2, de tallos; 10, de la flor; durante la fructificación, 2 características de la baya; durante postcosecha se evaluó 10 características de los tubérculos y 3 del brote.

2.5. Selección molecular

2.5.1. Marcador molecular

Para la selección molecular se utilizó un marcador molecular específico GP94, ligado al gen *Rpi-phu1*, catalogado como resistente a tizón tardío (Tabla 2 y 3).

Tabla 2

Especificación de marcador molecular para gen de resistencia a tizón tardío.

N°	Crom.	Gen	MF	Factor	Referencia
1	IX	<i>Rpi-phu1</i>	GP94	P.i.	(Śliwka et al., 2010)

Nota. P.i: *Phytophthora infestans*, *phu1*: gen que proviene de *solanum phureja*; MF: marcador flanqueante para el gen; IX: representa la posición del gen en cromosoma 9 de la papa.

Tabla 3

Secuencias del cebador en dirección 5'-3' para el marcador molecular GP94.

Marcador	Cebador	T° A (°C)	Tamaño (pb)	Protocolo
GP94	F: ATGTATCACAATCACATTCTTGCTC R: TGTA AAAACCAACAAGTAGTGTTGC	56	350	PCR

Nota. TA: temperatura de anillamiento, pb: pares de bases; F: forward (adelante) y R: reverse (reverso) que indican la dirección de las secuencias del cebador.

2.5.2. Extracción de ADN

Antes de la floración se colectaron ramas con hojas apicales, tiernas y sanas de cada accesión, debidamente etiquetadas. Las muestras (3 hojas medianas) fueron molidos solo utilizando 700 uL de CTAB 2X, mediante el protocolo del método CTAB 2X (hexadecil bromuro de trimetil amonio) de Doyle y Doyle (1990), modificado por CIP, (1998).

2.5.3. Cuantificación y control de calidad de ADN

Por espectrofotometría, donde se determinó la concentración en ng/uL. Se utilizó la razón de ADN/proteínas (A260/A280) que varía entre los rangos de 1.8-2.0, que son valores óptimos para la calidad, establecidos por Bancoadn (2020). Luego, se realizó mediante electroforesis en gel de agarosa al 1% en 80 mL de buffer TBE 1X, 2 uL de Brumuro de etidio. Las muestras migraron durante 1 hora a 90 voltios, luego se observó las bandas de ADN mediante transluminador UV marca UVstar 312 nm.

2.5.4. PCR y digestión

Se utilizó 10 uL de mezcla, 15 ng/uL de ADN molde, 2 uL buffer 1X, 2.5 nM MgCl₂, 0.2 uM dNTPs, 0.5 pmol/uL, 0.025 U/uL Taq DNA polimerasa, 0.5 pM/uL de cebador

(Reverse y Forward). La amplificación se realizó en un termociclador (Eppendorf pro S) con perfil térmico que consistió en desnaturalización inicial a 94 °C por 5 minutos, 35 ciclos de desnaturalización a 94 °C por 1 minuto, temperatura de anillamiento a 56 °C por 45 segundos y extensión a 72 °C por 5 minutos, más una extensión final de 5 minutos. Los productos PCR fueron visualizados mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.8%. La tensión de corrida fue de 100V (4V/cm) durante 2h.

2.6. Análisis estadístico

Para caracteres morfológicos se realizó agrupamiento jerárquico (clúster), análisis de componentes principales (PCA), análisis de correspondencia (AC) y para caracteres agronómicos se realizó análisis de varianza (ANOVA, $\alpha=0.05$), análisis de comparación de medias mediante DLS (diferencia mínima o límite de significancia). Para estos análisis se utilizó el software R, versión 4.2.0.

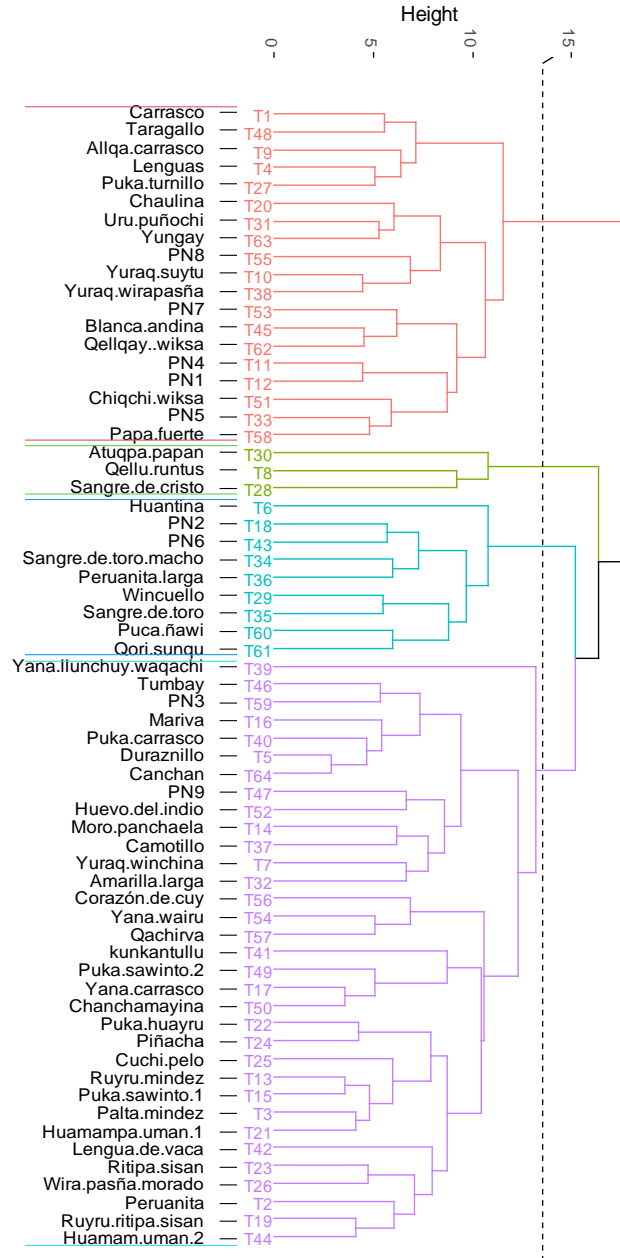
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de agrupamiento

Según el análisis de agrupamiento clúster, el dendograma diferenció 4 grupos con un coeficiente de similitud de 13.5, determinado mediante el índice de codo, siluita y análisis de brechas (GAP). El primer grupo está conformado por 19 accesiones, el segundo por 3 accesiones, el tercero por 9 accesiones y el cuarto grupo por 33 accesiones. Se puede destacar que el T30 (papa silvestre), solo mantiene similitud con las accesiones T8 (Qelluruntus) y T28 (Sangre de cristo).

Figura 1

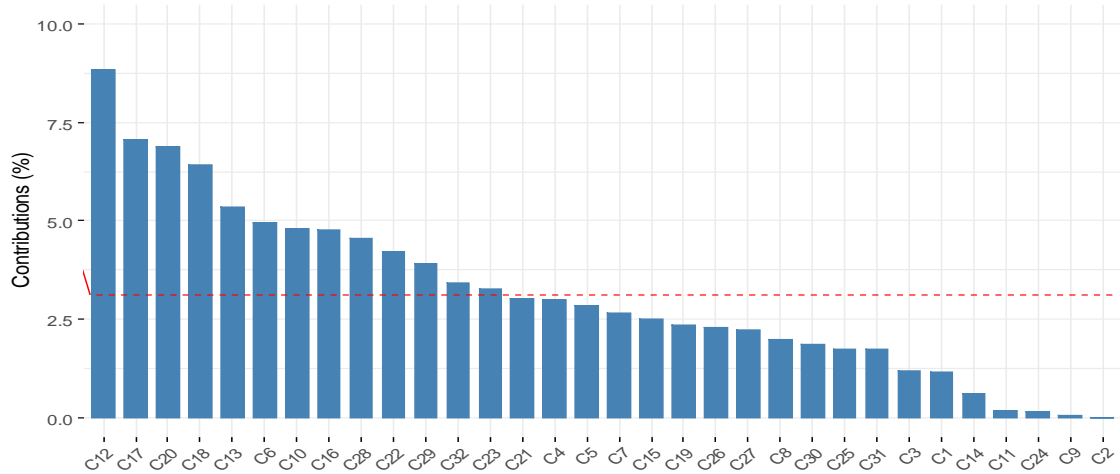
Dendrograma de las accesiones de papa nativa (Solanum spp.) elaborado mediante el método Ward.



En la Figura 2, se muestra el porcentaje de la varianza explicada por cada componente (C), en la que se puede ver claramente que los C12 (color secundario de la flor), C17 (color de pedicelo), C20 (color predominante de la piel de tubérculo) y C18 (color de la baya) contribuyen más en la variabilidad morfológica a comparación del resto; mientras, el componente C2 (tipo de disección de hoja) tiene un aporte de 0% debido a que todas las accesiones mostraron el mismo tipo de carácter.

Figura 2

Porcentaje de contribución de los componentes en la variabilidad genética de las accesiones de papa nativa (Solanum spp.).

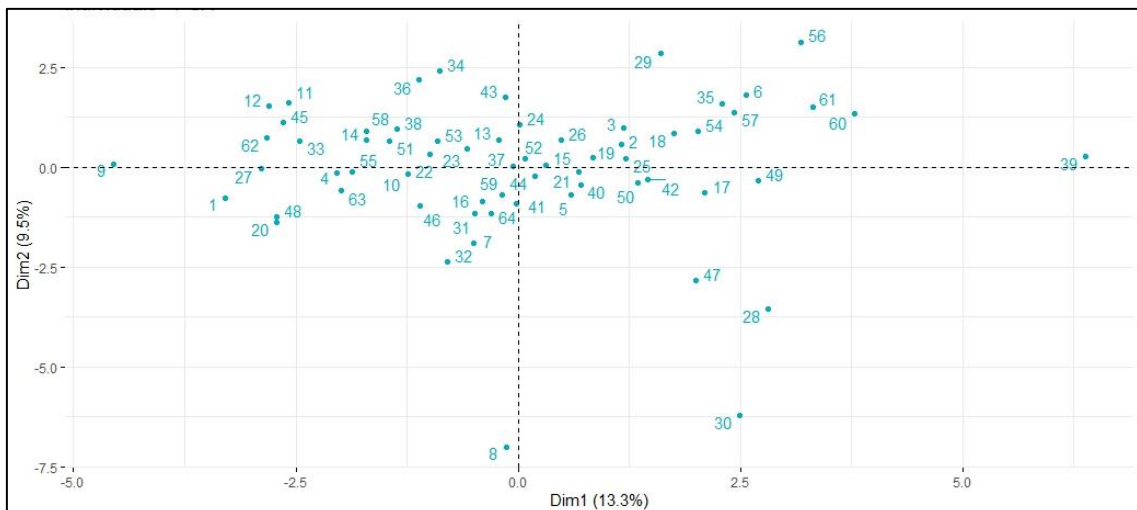


3.2. Análisis de correspondencia (AC)

Esta técnica exploratoria realizada para las 64 accesiones de *Solanum* spp., mediante los datos cualitativos correspondientes a los caracteres genéticos morfológicos, muestra el grado de relación entre las accesiones en un plano bidimensional. La accesión T30 (Papa silvestre), se relaciona más con las accesiones T28 (Sangre de cristo), T47 (PN9) y lejanamente con T8 (Qellu runtus). De igual manera, la accesión T39 (Yana llumchuy waqachi) se muestran alejado del grupo general, con una distancia genética mayor a comparación del resto. Esto se debe a las características muy particulares y semejanzas que presentaron cada uno de ellos.

Figura 3.

Gráfico de correspondencia en un plano bidimensional de las distancias genéticas entre las accesiones de papas nativas (Solanum spp.).



3.3. Análisis de caracteres de productividad

El ANOVA de los variables de productividad, entre los tratamientos (accesiones) se muestra una alta diferencia significativa para todos (Tabla 4). Es decir, que algunas de las accesiones de papa nativa son mejor en cuanto a los caracteres de productividad. Asimismo, entre los bloques y bloques incompletos existe homogeneidad según este análisis de varianza realizada.

Tabla 4

Análisis de varianza de los 6 caracteres de productividad.

FV	GL	Cuadrados medios (CM)				
		Nº de tallos aéreos	Altura de planta	Diámetro de follaje	Nº de tub./ planta	Rend./ planta
Bloque	1	2.205	4.026	48.511	12.4838	0.1561
Tratamientos (Acc.)	63	6.3973**	300.536**	164.931**	24.1066**	26.3802**
Bloques incompletos (k)	14	1.5714	41.887	53.064	6.166	4.676
Error	49	1.6921	37.356	58.259	8.6598	4.4395
Total	127					

En la comparación de medias (DLS, con $\alpha=0.05$), según los promedios ajustados en el análisis para diseño Lattice; en número de tallos aéreos, se encontró valor máximo de 11.164 unidades (T32 = Amarilla larga) y un valor mínimo de 3.226 unidades (T30 = Papa silvestre); altura de la planta, 101.103 cm (T19 = Ruyru ritipa sisan) y 22.944 cm (T30 = Papa silvestre), respectivamente; diámetro de follaje, 77.121 cm (T32 = Amarilla larga) y 35.187 cm (T30 = Papa silvestre), respectivamente; número de tubérculos por planta, 22.992 unidades (T25 = Cuchi pelo) y 0.793 unidades (T30 = Papa silvestre), respectivamente; rendimiento por planta y hectárea, 1.502 kg y 41.852 t.ha⁻¹ (T54 = Yana wairu), 0.413g y 0.0509 t.ha⁻¹, respectivamente.

La productividad de la papa se ve afectado significativamente por escasas de agua y por la ineficiencia uso de fertilizantes (Yang et al., 2023). En la evaluación de catorce accesiones de papas nativas en Bolivia, 3800 msnm; encontraron 12.7 unidades de ramas aéreas, 42.7 unidades de tubérculos por planta, 17.76 t.ha⁻¹, 40.4 cm de altura (Condori-Mamani et al., 2017). En un cultivar evaluado (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*), en Bolivia, entre los meses de agosto a diciembre, reportaron una altura de planta de 79.7 cm, 19 unidades de tubérculos por m², rendimiento de 11.09 t.ha⁻¹. En este trabajo utilizaron biofertilizantes (Mamani et al., 2016). La productividad en papa varía de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas y el genotipo. En una evaluación de cinco genotipos, en tres ambientes distintos (80, 50 y 60 msnm.), en la que reportaron

rendimiento máximo de 46.5 t.ha⁻¹ (Scavo et al., 2023). En la correlación de los variables cuantitativos agronómicos, se encontró relación alta entre altura de la planta y largo de rama, 0.872; altura de la planta y rendimiento, 0.453; mientras, entre rendimiento y número de tubérculos se encontró un valor de 0.169 (Condori-Mamani et al., 2017).

3.3.1. Selección molecular

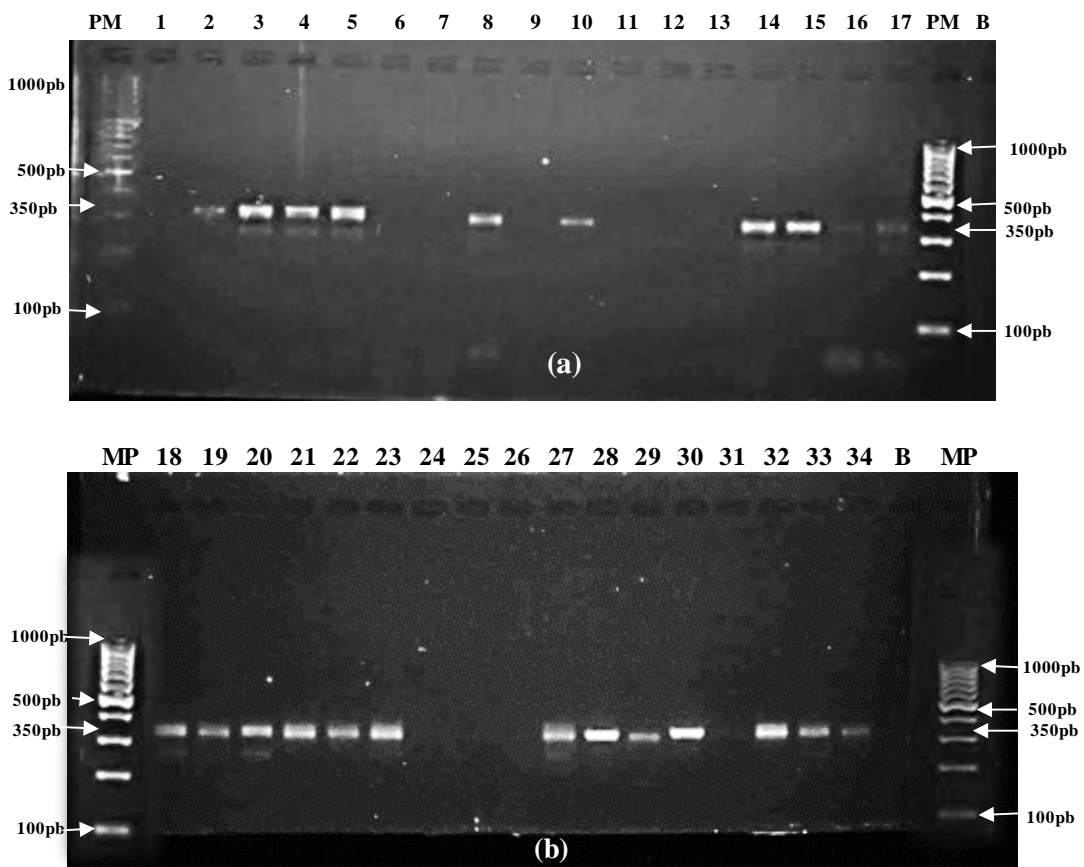
La concentración de ADN extraídos de las accesiones fluctuó entre 109.40 a 1691.10 ng/uL y la calidad entre 1.89 a 2.04 con base en la absorbancia (A260/A280).

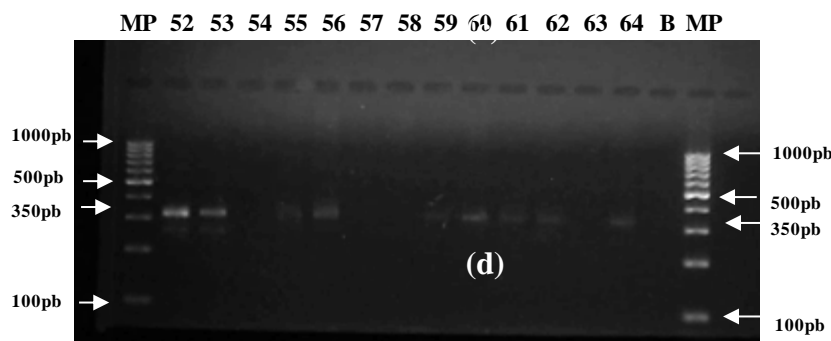
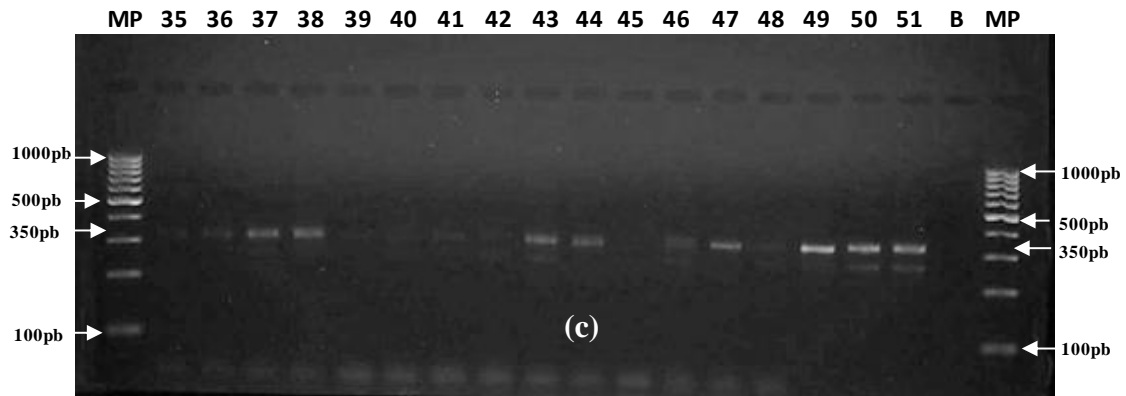
3.3.2. Resistencia *P. infestans*

El marcador molecular GP94 ligado al gen *Rpi-phu1*, el cual es catalogado como resistente a tizón tardío producido por el patógeno *P. infestans*. Para este marcador molecular GP94, amplificó una banda de 350pb en 65.63% de accesiones, los cuales son portadores del gen *Rpi-phu1*; mientras que en 34.37% de las accesiones no se amplificaron, es decir, que estas accesiones no son portadores del gen *Rpi-phu1*.

Figura 4

Amplificación para el marcador GP94 co-localizado con el gen Rpi-phu1 para P. infestans, encontrados para el marcador.





Nota. Los números representan a cada accesión mostrada en la Tabla 1. MP: marcador de peso molecular de 100 – 100 pb, B: blanco, el peso de las bandas amplificadas corresponde a 350 pb.

En este trabajo se usó como testigo susceptible al cultivar comercial Yungay (T63); asimismo, un testigo resistente, la papa silvestre *Atuqpa papan* (T30). Se encontró a la papa silvestre como portador del gen *Rpi-phu1*, al papa Yungay susceptible como no portador del gen. La presencia del gen en la papa Canchan es muy probable que proviene de sus progenitores nativos, conformados por *S. ajanhuiri* x *S. andígena* (progenitores masculinos) y *S. dimisum* x *S. tuberosum* (progenitor femenino) (INIA, 2012). El gen de resistencia *Rpi-phu1*, proviene del *S. phureja* (2X) que es una de las especies de papa cultivada (Śliwka et al., 2006). Gabriel et al. (2016), reportaron 37.7% genotipos resistentes en papas diploides (2X) provenientes de las cruzas interespecíficas entre *S. stenotomum*, *S. goniocalyx* y *S. phureja*. Todos ellos evaluados mediante el marcador molecular GP94 co-localizado con el gen *Rpi-phu1*. Tras la amplificación encontraron una banda de tamaño 350 pb, éste coincide con lo reportado en esta investigación que también se encontró amplicones del mismo tamaño. Zurita et al. (2016), reportaron para este mismo marcador molecular (GP94), evaluados en clones de cruzas interespecíficas de *S. phureja* provenientes de cruzas interespecíficas de *S. phureja*, donde se encontró el gen *Rpi-phu1* en 20.38% de clones evaluados. Baldelomar et al. (2015), reportaron en 99% de

las variedades mejoradas (*S. tuberosum*) una banda de 350pb para el gen *Rpi-phu1* mediante el marcador GP94. Śliwka et al. (2006), reportaron durante el mapeo de gen *Rpi-phu1* en el cromosoma IX de la papa y catalogado como fuente de resistencia de amplio espectro al tizón tardío, tanto a nivel foliar y tubérculos. La distancia genética entre marcador de anclaje GP94 y *Rpi-phu1* fue de 6.4cM; por lo tanto, estos están estrechamente relacionados. Śliwka et al. (2010), reportaron que el marcador molecular GP94 es útil para realizar selección asistida por marcadores (MAS) en papas portadores del gen principal de resistencia a *P. infestans*, *Rpi-phu1*. Veramendi et al. (2011), reportaron en 100% de las variedades papas mejoradas, con excepción de variedad susceptible testigo, la presencia del gen *Rpi-phu1* con el marcador molecular GP94. Coincidentemente, también reportaron amplicones de ADN con peso de 350 pb. Por otra parte, Abad (2019) a través del estudio de caracterización morfológico y molecular de papas silvestres, reporta que los parientes silvestres son fuente de genes de resistencia para los patógenos y el frío; asimismo, han sido usados ampliamente en mejoramiento genético. De igual modo, este reporte coincide con el trabajo de Rojas (2021), quien realizó búsqueda de resistencia a *P. infestans* en papas silvestres, en la que el papa Yungay se usó como testigo y se reportó como susceptible al mismo tiempo, de esta forma en esta investigación confirmamos que la papa Yungay si es susceptible. Para Blossei (2021), los genes de resistencia se pueden heredar y pueden ser usados como acervo genético en programas de mejoramiento.

Tabla 5

Resultado del scoreado de las bandas (presencia (1) y ausencia (0)) del gen Rpi-phu1 que da resistencia a las papas nativas contra P. infestans.

TRAT.	ACCESIONES	<i>Rpi-phu1</i>	TRAT.	ACCESIONES	<i>Rpi-phu1</i>
T1	Carrasco	0	T33	PN5	1
T2	Peruanita	1	T34	Sangre de toro macho	1
T3	Palta mindez	1	T35	Sangre de toro	1
T4	Lenguas	1	T36	Peruanita larga	1
T5	Duraznillo	1	T37	Camotillo	1
T6	Huantina	0	T38	Yuraq wirapasña	1
T7	Yuraq winchina	0	T39	Yana llunchuy waqachi	0
T8	Qellu runtus	1	T40	Puka carrasco	0
T9	Allqa carrasco	0	T41	kunkantullu	0
T10	Ruyaq suytu	1	T42	Lengua de vaca	0
T11	PN4	0	T43	PN6	1
T12	PN1	0	T44	Huamam uman 2	1
T13	Ruyru mindez	0	T45	Blanca andina	0
T14	Moro panchaela	1	T46	Tumbay	1
T15	Puka sawinto 1	1	T47	PN9	1
T16	Mariva	0	T48	Taragallo	0
T17	Yana carrasco	1	T49	Puka sawinto 2	1
T18	PN2	1	T50	Chanchamayina	1
T19	Ruyru ritipa sisan	1	T51	Chiqchi wiksa	1
T20	Chaulina	1	T52	Huevo del indio	1
T21	Huamampa uman	1	T53	PN7	1
T22	Puka huayru	1	T54	Yana wairu	0
T23	Ritipa sisan	1	T55	PN8	1
T24	Piñacha	0	T56	Corazón de cuy	1
T25	Cuchi pelo	0	T57	Qachirva	0
T26	Wiara pasña morado	0	T58	Papa fuerte	0
T27	Puka turnillo	1	T59	PN3	1
T28	Sangre de cristo	1	T60	Puca ñawi	1
T29	Wincuello	1	T61	Qori sunqu	1
T30	Atuqpa papan	1	T62	Qellqay wiksa	1
T31	Uru puñochi	0	T63	Yungay	0
T32	Amarilla larga	1	T64	Canchan	1

4. CONCLUSIONES

- i. En la caracterización morfológica se logró construir un dendograma general de 4 grupos con coeficiente de similitud de 13.5. El color secundario de la flor, resultó ser el componente principal (C12) que influyó más en la variabilidad morfológica. En caracteres de precocidad, la papa silvestre (T30) resultó ser precoz con 103 días hasta la madurez; mientras las accesiones con madurez muy tardío fueron: Carrasco (T1), Peruanita (T2), PN4 (T11), PN1 (T12), Puca sawinto 1 (T15). En caracteres de productividad, tomando los valores máximos, Amarilla larga alcanzó 11.164 unidades de tallos aéreos; Ruyru ritipa sisan, 101.103 cm de altura

- de tallo; Amarilla larga, 77.121 cm de diámetro de follaje; Cuchi pelo, 22.992 unidades de tubérculos; Yana wairu, 41.852 t/ha. Entre los 9 caracteres agronómicos, número de tubérculos y el rendimiento alcanzó 72% de correlación.
- ii. En selección molecular, se encontró que el marcador GP94, ligado el gen *Rpi-phu1* amplificó una banda de 350pb en 65.63% (42) de accesiones, mientras en 34.37% (22) de las accesiones no se amplificó. Los portadores de este gen (*Rpi-phu1*) serían potenciales candidatos para la resistencia de tizón tardío.

5. RECOMENDACIONES

1. Completar estudios de la diversidad genética, principalmente en las zonas poco exploradas de la región Ayacucho, que es considerado uno del micro centros de domesticación de papas nativas y donde abundan sus parientes silvestres. Es indispensable cubrir el vacío de información con el propósito de preservar y proteger el recurso genético para el mejoramiento genético de este cultivo.
2. Para las condiciones del centro poblado Virgen de Cocharcas de Cochas, se recomienda cultivar Yana wairu por su alto rendimiento alcanzado (41.852 t/ha) y papa fuerte por su precocidad (150 días a la madurez). Sembrar accesiones candidatos como resistentes a *P. infestans* encontrados en este trabajo.
3. Seguir realizando selección molecular con el marcador GP94 ligado al gen *Rpi-phu1* resistente a *P. infestans*, con el propósito de mapear accesiones candidatos con potencial genético y portadores de genes de resistencia en la región Ayacucho. Asimismo, realizar búsqueda de otros genes (*Rpi-blb1*, *Rpi-bt1*, *Rpi-blb2*, etc.) catalogados como resistentes de amplio espectro a *P. infestans*.
4. Realizar fenotipado biológico con inóculos de *P. infestans* a todas las accesiones encontrados como portadores del gen de resistencia en este trabajo de investigación, a fin de contrastar la resistencia de estas accesiones.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, G. F. (2019). *Caracterización morfológica y molecular de parientes silvestres de papa de Uruguay* [Universidad de la República Uruguay].
- Baldelomar, M., Gabriel, J., Veramendi, S., Terán, A., & Plata, G. (2015). Phenotypic and molecular-genotypic correlation of diseases resistance in improved varieties potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2, 36–50.
- Bancoadn. (2020). Programa de control de calidad de ácidos nucleicos. In *Banco ADN*. <https://www.bancoadn.org/docs/formulario-control-calidad-muestras.pdf>
- Beketova, M. P., Chalaya, N. A., Zoteyeva, N. M., Gurina, A. A., Kuznetsova, M. A., Armstrong, M., Hein, I., Drobyazina, P. E., Khavkin, E. E., & Rogozina, E. V. (2021). Combination breeding and marker-assisted selection to develop late blight resistant potato cultivars. *Agronomy*, 11(11), 1–15.
- Brylinska, M., Tomczynska, I., Jakuczun, H., Wasilewicz-Flis, I., Witek, K., Jones, J. D. G., & Sliwka, J. (2015). Fine mapping of the Rpi-rzc1 gene conferring broad-spectrum resistance to potato late blight. *Eur J Plant Patho*, 193, 193–198.
- Blossei, J., Uptmoor, R., Thieme, R., Nachtigall, M., & Hammann, T. (2021). Insights into the genetic basis of the pre-breeding potato clones developed at the julius kühn institute for high and durable late blight resistance. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 19(5), 461-464.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). (1998). *Protocolos de Laboratorio de Biología Molecular. Tipificación genética* (L. Corbin (ed.); 2nd ed.).
- Condori-Mamani, P., Loza-Murguía, M. G., Sainz-Mendoza, H. N., Guzmán-Calla, J., Mamani-Pati, F., Marza-Mamani, F., & Gutiérrez-González, D. E. (2017). Evaluación del efecto del biol sobre catorce accesiones de papa nativa (*Solanum* ssp.) en la estación experimental kallutaca. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(1), 15–28.
- Fadina, O. A., Beketova, M. P., Sokolova, E. A., Kuznetsova, M. A., Smetanina, T. I., Rogozina, E. V., & Khavkin, E. E. (2017). Anticipatory breeding: Molecular markers as a tool in developing donors of potato (*Solanum Tuberosum* L.) Late blight resistance from complex interspecific hybrids. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, 52(1), 84–94.
- Gabriel, J., Veramendi, S., Pinto, L., Pariente, L., & Angulo, A. (2016). Asociaciones de marcadores moleculares con la resistencia a enfermedades, caracteres morfológicos

- y agronómicos en familias diploides de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 17–32.
- Gómez, R. (2004). Guía para las Caracterizaciones Morfológicas Básicas en Colecciones de Papas Nativas . Introducción. *Centro Internacional de La Papa (CIP)*, 1(December), 28.
- Instituto Nacional de Innovacion Agraria. (2012). Papa INIA 303 - Canchán. In *Ministerio de Agricultura*.
- Kante, M., Lindqvist-Kreuze, H., Portal, L., David, M., & Gastelo, M. (2021). Kompetitive allele specific pcr (Kasp) markers for potato: An effective tool for increased genetic gains. *Agronomy*, 11(11).
- Mamani, E., Morales, V., & Ortuño, N. (2016). Aplicación de biofertilizantes foliares en el cultivar Huaycha (*Solanum tuberosum* subsp. andigena) en los valles interandinos de Bolivia. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 20(2), 14–25.
- Paluchowska, P., Śliwka, J., & Yin, Z. (2022). Late blight resistance genes in potato breeding. *Planta*, 255(6), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03910-6>
- Quiros, C. F., Brush, S. B., & Douches, D. S. (1990). Biochemical and Folk Assessment of Variability of Andean Cultivated Potatoes '. *Economic Botany*, 44(2), 254–266.
- Ramakrishnan, A. P., Ritland, C. E., Sevillano, R. H. B., & Riseman, A. (2015). Review of Potato Molecular Markers to Enhance Trait Selection. *Am. J. Potato Res.*
- Rogozina, E. V., Beketova, M. P., Muratova, O. A., Kuznetsova, M. A., & Khavkin, E. E. (2021). Stacking resistance genes in multiparental interspecific potato hybrids to anticipate late blight outbreaks. *Agronomy*, 11(1), 1–31.
- Rojas, T. E. P. (2021). *Búsqueda de resistencia al tizón tardío (Phytophthora infestans (Mont.) De Bary) en especies silvestres de papa del germoplasma del CIP* [Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Scavo, A., Mauromicale, G., & Ierna, A. (2023). Dissecting the Genotype × Environment Interaction for Potato Tuber Yield and Components. *Agronomy*, 13(1).
- Sharma, S., Sundaresha, S., & Bhardwaj, V. (2021). Biotechnological approaches in management of oomycetes diseases. *3 Biotech*, 11(6), 1–26.
- Śliwka, J., Brylińska, M., Stefańczyk, E., Plich, J., & Sobkowiak, S. (2019). Breeding of potato resistant to late blight using genetic resources and DNA markers. *Current Challenges in Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology*, 24(Netherlands 2013), 214–216.

- Śliwka, J., Jakuczun, H., Kamiński, P., & Zimnoch-Guzowska, E. (2010). Marker-assisted selection of diploid and tetraploid potatoes carrying *Rpi-phu1*, a major gene for resistance to *Phytophthora infestans*. *Journal of Applied Genetics*, *51*(2), 133–140.
- Śliwka, J., Jakuczun, H., Lebecka, R., Marczewski, W., Gebhardt, C., & Zimnoch-Guzowska, E. (2006). The novel, major locus *Rpi-phu1* for late blight resistance maps to potato chromosome IX and is not correlated with long vegetation period. *Theoretical and Applied Genetics*, *113*(4), 685–695.
- Smilde, W. D., Brigneti, G., Jagger, L., Perkins, S., & Jones, J. D. G. (2005). *Solanum mochiense* chromosome IX carries a novel late blight resistance gene *Rpi-moc1*. *Theoretical and Applied Genetics*, *110*(2), 252–258.
- Stefańczyk, E., Sobkowiak, S., Brylińska, M., & Śliwka, J. (2017). Expression of the potato late blight resistance gene *Rpi-phu1* and *Phytophthora infestans* effectors in the compatible and incompatible interactions in potato. *Phytopathology*, *107*(6), 740–748.
- Talamantes, J. R. (1986). *Fundamento, utilización y modificaciones del Diseño Látice en experimentación agrícola* [Universidad de Guadalajara].
- Taoutaou, A., Berindean, I. V., Chemmam, M. K., Beninal, L., Rida, S., Khelifi, L., Bouznad, Z., Racz, I., Ona, A., & Muntean, L. (2023). Defeated Stacked Resistance Genes Induce a Delay in Disease Manifestation in the Pathosystem *Solanum tuberosum*—*Phytophthora infestans*. *Agronomy*, *13*(5).
- Veramendi, S., Baldelomar, M., Terán, A., & Gabriel, J. (2011). Marcadores moleculares asociados a genes/QTLs de resistencia para factores bióticos en nuevas variedades de papa (. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 210–232.
- Yang, F., He, B., Dong, B., & Zhang, G. (2023). Autumn Film Mulched Ridge Microfurrow Planting Improves Yield and Nutrient-Use Efficiency of Potatoes in Dryland Farming. *Agronomy*, 1–18.
- Yang, L., Wang, D., Xu, Y., Zhao, H., Wang, L., Cao, X., Chen, Y., & Chen, Q. (2017). A new resistance gene against potato late blight originating from *Solanum pinnatisectum* located on potato chromosome 7. *Frontiers in Plant Science*, *8*(October), 1–10.
- Zurita, I., Angulo, A., Veramendi, S., La Torre, J., & Gabriel, J. (2016). Resistencia genética en familias de híbridos de papa (*Solanum tuberosum* L.) a tizón y estrés hídrico por sequía. *Revista Latinoamericana de La Papa*, *20*(2), 1–13.