

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“MORFOLOGÍA Y CONCENTRACIÓN DE HIERRO Y ZINC EN
TUBÉRCULOS DE CLONES AVANZADOS DE PAPAS NATIVAS
(*Solanum spp.*) EN CUSCO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PABLO RODRIGO GARCÍA MEZA

LIMA – PERÚ

2021

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“MORFOLOGÍA Y CONCENTRACIÓN DE HIERRO Y ZINC EN TUBÉRCULOS DE
CLONES AVANZADOS DE PAPAS NATIVAS (*Solanum spp.*) EN CUSCO”**

PABLO RODRIGO GARCÍA MEZA

Tesis para optar por el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Mg. Sc. Luis Rodrigo Tomassini Vidal
PRESIDENTE

.....
Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos
ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Rolando Percy Egúsqiza Bayona
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
MIEMBRO

.....
Ing. Agripina Roldán Chávez
CO-ASESORA

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres, Pablo Antonio García Pehovaz y Gladys Rosa Meza Motoki, que mediante su ejemplo me inculcaron valores y fortalezas, por la entrega abnegada e incondicional de amor en todas las etapas vividas y por alentarme con confianza en cada una de las decisiones tomadas.

A ti papá, porque tu ejemplo como padre, abuelo y agrónomo me inspira a ser mejor cada día.

A ti mamá por siempre estar dispuesta y de forma incondicional para tus hijos y nietos, y por inculcarme la cultura del esfuerzo para lograr cada meta propuesta en la vida.

A mis sobrinos Oliver y Zilka, como muestra del cariño incondicional que les tengo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme y cuidar de mi

A mis Padres y hermanas Andrea, Glaucia y Haru que mediante su apoyo incondicional pude ejecutar y terminar esta etapa

Al Ing. Jesús Caldas, por el constante apoyo durante la investigación

A mis asesores, Dr. Jorge Jiménez e Ing. Agripina Roldán, por el asesoramiento y enseñanzas en la etapa de la investigación

Al Ing. Ladislao Palomino, por el apoyo durante la conducción de la investigación

A Santiago, Melanie, Nicasio, Liz Valdiviezo y personal del Instituto Nacional de Innovación Agraria, que de cierta forma contribuyeron en la ejecución de la investigación

A Jeale, por su constante apoyo durante todo este tiempo.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Papa.....	3
2.1.1 Clasificación taxonómica	3
2.1.2 Clasificación citológica.....	3
2.1.3 Características de la especie	5
2.1.4 Fases fenológicas	5
2.2 Papas nativas	7
2.2.1 Origen	7
2.2.2 Importancia de las papas nativas	7
2.3 Caracterización morfológica	8
2.3.1 Cultivar.....	9
2.3.2 Clon.....	9
2.3.3 Híbrido	9
2.3.4 Morfología.....	9
2.3.5 Descriptores.....	9
2.4 Evaluación de nutrientes	10
2.4.1 Hierro	10
2.4.2 Zinc	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Material vegetal	14
3.2 Materiales y equipos	14
3.2.1 Materiales	14
3.2.2 Equipos.....	15
3.3 Localidad experimental.....	16
3.3.1 Ubicación	16
3.3.2 Condiciones del suelo	16
3.3.3 Condiciones climáticas	16
3.4 Instalación	17
3.5 Manejo agronómico	17
3.6 Cosecha	17

3.7	Actividades de laboratorio	17
3.7.1	Determinación de la materia seca	17
3.7.2	Digestión húmeda	17
3.7.3	Lectura de la concentración de hierro y zinc.....	18
3.8	Variabes en estudio	18
3.8.1	Descriptores vegetativos	18
3.8.2	Descriptores de tubérculo.....	25
3.9	Análisis estadístico	33
3.9.1	Matriz básica de datos (MBD)	34
3.9.2	Análisis univariado	34
3.9.3	Análisis multivariante	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1	Caracterización morfológica en descriptores vegetativos.....	36
4.2	Caracterización morfológica en descriptores de tubérculo	42
4.3	Análisis de componentes principales	49
4.4	Análisis cluster	53
4.5	Análisis de materia seca	56
4.6	Análisis de hierro.....	57
4.7	Análisis de zinc.....	58
4.8	Análisis del rendimiento	59
4.9	Análisis de correlación entre concentraciones de hierro, zinc, % materia seca y rendimiento	60
V.	CONCLUSIONES	62
VI.	RECOMENDACIONES	63
VII.	BIBLIOGRAFIA	64
VIII.	ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación citológica	4
Tabla 2: Datos hidrometeorológicos	16
Tabla 3: Descriptor hábito de planta	19
Tabla 4: Color de tallo	19
Tabla 5: Forma de alas del tallo	20
Tabla 6: Tipo de disección de la hoja	20
Tabla 7: Forma del foliolo terminal	21
Tabla 8: Forma de la corola de la flor	22
Tabla 9: Color predominante de la flor	23
Tabla 10: Intensidad del color predominante de la flor	23
Tabla 11: Color secundario de la flor	23
Tabla 12: Distribución del color secundario de la flor	24
Tabla 13: Color predominante de la piel.....	25
Tabla 14: Intensidad del color predominante de la piel	25
Tabla 15: Color secundario de la piel	26
Tabla 16: Distribución del color secundario de la piel	26
Tabla 17: Color predominante de la pulpa	27
Tabla 18: Color secundario de la pulpa.....	28
Tabla 19: Distribución del color secundario de la pulpa.....	28
Tabla 20: Forma general del tubérculo	29
Tabla 21: Variante de la forma del tubérculo	30
Tabla 22: Profundidad de ojos	32
Tabla 23: Color predominante del brote	32
Tabla 24: Color secundario del brote.....	33
Tabla 25: Distribución del color secundario del brote.....	33
Tabla 26: Valores Propios (Eigen-value), porcentaje de variación y porcentaje acumulado de variación para cada uno de los 12 componentes principales generados a partir de los descriptores vegetativos de clones avanzados de papas nativas	50
Tabla 27: Contribución de los 12 descriptores vegetativos para los 5 primeros componentes principales	51

Tabla 28: Valores Propios (Eigen-value), porcentaje de variación y porcentaje acumulado de variación para cada uno de los 13 componentes principales generados a partir de los descriptores de tubérculo de clones avanzados de papas nativas	52
Tabla 29: Contribución de los 13 descriptores vegetativos para los 5 primeros componentes principales	53
Tabla 30: Resumen estadístico de materia seca (media, desviación estándar, error experimental, mínimo, máximo).....	57
Tabla 31: Resumen estadístico del hierro (media, desviación estándar, error experimental, mínimo, máximo, intervalos de confianza)	58
Tabla 32: Resumen estadístico de zinc (media, desviación estándar, error experimental, mínimo, máximo, intervalos de confianza)	59
Tabla 33: Resumen estadístico del rendimiento (media, desviación estándar, error experimental, mínimo, máximo).....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Características de habito de planta.....	19
Figura 2: Figura de hoja de la papa	21
Figura 3: Forma del foliolo terminal	22
Figura 4: Distribución del color secundario de la flor.....	24
Figura 5: Distribución del color secundario de la piel	27
Figura 6: Distribución del color secundario de la pulpa	29
Figura 7: Forma general del tubérculo	30
Figura 8: Variante de la forma del tubérculo	31
Figura 9: Hábito de planta en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	36
Figura 10: Color de tallo en clones avanzados de papas nativas estudiadas	37
Figura 11: Forma de alas del tallo en clones avanzados de papas nativas estudiadas	37
Figura 12: Número de foliolos laterales en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	38
Figura 13: Número de interhojuelas entre foliolos laterales en clones avanzados de papas nativas estudiados.....	38
Figura 14: Número de interhojuelas sobre los peciolulos en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	39
Figura 15: Forma del foliolo terminal en clones avanzados de papas nativas estudiadas	39
Figura 16: Forma de la corola de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	40
Figura 17: Color predominante de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	40
Figura 18: Intensidad del color predominante de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	41
Figura 19: Color secundario de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas	41
Figura 20: Distribución del color secundario de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	42
Figura 21: Color predominante de la piel en clones avanzados de papas nativas estudiadas	42
Figura 22: Intensidad del color predominante de la piel en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	43
Figura 23: Color secundario de la piel en clones avanzados de papas nativas estudiadas	43
Figura 24: Color secundario de la piel en clones avanzados de papas nativas estudiadas	44
Figura 25: Color predominante de la pulpa en clones avanzados de papas nativas estudiadas	44
Figura 26: Color secundario de la pulpa en clones avanzados de papas nativas estudiadas	45
Figura 27: Color secundario de la pulpa en clones avanzados de papas nativas estudiadas	45

Figura 28: Forma general del tubérculo en clones avanzados de papas nativas estudiadas	46
Figura 29: Variante de la forma del tubérculo en clones avanzados de papas nativas estudiadas...	46
Figura 30: Profundidad de ojos en clones avanzados de papas nativas estudiadas	47
Figura 31: Color predominante del brote en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	47
Figura 32: Color secundario del brote en clones avanzados de papas nativas estudiadas.....	48
Figura 33: Distribución del color secundario del brote en clones avanzados de papas nativas estudiadas	48
Figura 34: Análisis cluster obtenido en base al análisis de 26 caracteres morfológicos en 40 clones avanzados de papas nativas (<i>Solanum</i> spp.).....	56
Figura 35: Porcentaje de materia seca en los 40 clones avanzados estudiados.....	57
Figura 36: Concentración de Fe (mg.kg ⁻¹) en los 40 clones avanzados estudiados.....	58
Figura 37: Concentración de Zn (mg.kg ⁻¹) en los 40 clones avanzados estudiados	59
Figura 38: Rendimiento (t/ha) en los 40 clones avanzados estudiados	60
Figura 39: Correlación múltiple entre %MS, hierro, zinc y rendimiento	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tablas peruanas de composición de alimentos del Ministerio de Salud del Perú	71
Anexo 2. Fotos de la instalación del estudio	72
Anexo 3. Manejo agronómico	72
Anexo 4. Análisis de suelo	73
Anexo 5. Cosecha	74
Anexo 6. Procedimiento para determinar el porcentaje de materia seca en los tubérculos de papas nativas	74
Anexo 7. Procedimiento de la digestión húmeda	75
Anexo 8. Clones estudiados	76
Anexo 9. Matriz básica de caracterización de descriptores vegetativos	94
Anexo 10. Matriz básica de caracterización de descriptores de tubérculo	95
Anexo 11. Cantidades porcentuales de materia seca en cada clon de papa nativa	96
Anexo 12. Datos de concentración de hierro y zinc (LASPAF - UNALM)	97
Anexo 13. Rendimiento de clones estudiados	100

RESUMEN

En el Perú existe gran diversidad de papas nativas que se diferencian por los distintos tamaños, formas, colores de piel y pulpa, sabores y texturas. Son fuente de micronutrientes como hierro y zinc, los cuales cumplen funciones vitales en el cuerpo humano, y con los que podemos hacer frente a la inseguridad alimentaria y desnutrición infantil. La siguiente investigación tuvo como finalidad contribuir con el estudio de 40 clones de papas nativas biofortificadas de uso potencial para la agroindustria del banco de germoplasma de la Estación Experimental Agraria Andenes – INIA Cusco, mediante la caracterización morfológica y determinación de la concentración de hierro y zinc. Para ello se utilizó el manual de Descriptores Mínimos de Papa (*Solanum spp.*) del INIA, el cual permitió identificar gran variabilidad morfológica en los clones de papas nativas estudiadas. Las características que mayor variabilidad aportaron fueron el color de tallo, color secundario de flor, forma de la corola de flor, forma del foliolo terminal, el color de la piel y pulpa con sus diferentes distribuciones, y la forma del tubérculo con sus variantes; encontrando en mayores frecuencias el color negruzco de la piel, para el color predominante y secundario de la pulpa el violeta y blanco respectivamente, y la forma oblonga del tubérculo. Asimismo, mediante la metodología de la digestión húmeda y la técnica de espectroscopia de Absorción Atómica se identificaron clones con alta concentración de hierro y zinc, siendo el clon 13 con 183 mg.kg⁻¹ de Fe y el clon 26 con 44 mg.kg⁻¹ de Zn los que presentaron concentraciones superiores de micronutrientes frente a los otros clones estudiados y a otras variedades nativas y comerciales de papas. El mayor rendimiento se obtuvo en el clon 23 y el clon 39, con 22,9 t/ha para cada uno.

Palabras clave: papas nativas, descriptores morfológicos, hierro, zinc.

ABSTRACT

In Peru there is a great diversity of native potatoes that differ by their sizes, shapes, skin and pulp colors, flavors and textures that they present. They are a source of micronutrients such as iron and zinc, which fulfill vital functions in the human body, and with which we can face food insecurity and child malnutrition. The aim of this research was to contribute to the study of 40 clones of biofortified native potatoes of potential use for the agroindustry from the germplasm bank of the Andenes Agrarian Experimental Station – INIA Cusco, through the morphological characterization and determination of the iron and zinc concentration. For this purpose, the Minimum Potato Descriptors (*Solanum spp.*) INIA manual was used, which allowed to identify great morphological variability. The characteristics that provided greater variability were stem color, secondary color of the flower, shape of the corolla, shape of the terminal leaflet, the color of the skin and pulp with its different distributions and the shape of the tuber with its variants; finding higher frequencies the blackish color of the skin, for the predominant and secondary color of the pulp the violet and white respectively and the oblong shape of the tuber.

Likewise, through the wet digestion methodology and the atomic absorption spectroscopy technique, clones with a high concentration of iron and zinc were identify, being 183 mg.kg⁻¹ of Fe for clone 13 and 44 mg.kg⁻¹ of Zn for clone 26 compared to other native cultivars and commercial potatoes. The highest yield was found in clone 23 and clone 29, with 22,9 t/ha for each.

Keywords: native potatoes, morphological descriptors, iron, zinc

I. INTRODUCCIÓN

Las papas nativas son especies cultivadas que pertenecen al género *Solanum*, las cuales producen tubérculos de diversos colores, cultivados bajo duras condiciones ambientales a diferencia de las variedades comerciales. Desde siglos atrás fueron conservadas por los pobladores de zonas andinas, de esta forma la diversidad del material genético con diferentes ploidías, características organolépticas, resistencia a plagas y enfermedades fueron conservadas en un mismo espacio cultivable (Huanco, 1991).

Estudios científicos determinaron que la gran mayoría de papas nativas poseen características nutricionales superiores frente a las papas comerciales. Además, destacan por su extraordinaria variedad de formas, colores de la cáscara y la pulpa, sabores y textura. Los tubérculos pueden tener coloración blanca, amarilla, roja, azul o morada (Gómez *et al.*, 2008).

En el Perú, las papas nativas, son el principal cultivo de los pequeños productores de la sierra, para quienes representa fuente de ingresos y de alimento. Sin embargo, tiene una gran importancia para la población urbana, dado que provee de nutrientes, cultura y diversidad a la dieta diaria (MINAG, 2008). La gran diversidad de papas nativas se hace evidente en el rico ensamblaje de nombres folklóricos que se les da a sus variedades, de acuerdo con sus usos, expresiones sociales, culturales y conocimientos asociados con sus tradiciones. (Brush, 1991)

Según el IV Censo Nacional Agropecuario (2012), la papa es el sustento de por lo menos 710 mil familias peruanas situadas principalmente en las zonas andinas del país. En el 2016 el Valor Bruto de la Producción (VBP) de papa representó el 10,6% del Valor Bruto del Sub Sector Agrícola generando alrededor de 33,4 millones de jornales que fueron reflejados en 4% del PBI Agrícola, siendo considerado el segundo producto más importante del sector agrario del Perú, superado por el arroz (13,4%). Asimismo, el consumo per cápita ha ido en aumento en los últimos diez años, pasando de 80 kg/per cápita en el año 2008 a 89 kg/per cápita en el año 2017 (MINAGRI, 2017).

En los últimos años la globalización, urbanización y el crecimiento de los ingresos impulsaron a modificaciones en el comportamiento del consumidor, así como también en los patrones dietéticos (GPAFSN, 2016), los cuales se han visto relacionados con la desnutrición en todas sus formas, desde muestras de desgaste, retraso en crecimiento, bajo peso, deficiencia en micronutrientes, obesidad y hasta incluso enfermedades cardiovasculares, respiratorias, cáncer y diabetes (FAO & World Health Organization, 1998).

Huamán (2008) describe que caracterizar papas nativas ayuda a incrementar el conocimiento acerca de su diversidad y cualidades de resistencia a factores bióticos y abióticos, así como la calidad para el consumo.

Se debe generar información de cantidades nutricionales que pueden aportar las diversas especies y subespecies para hacer frente a la nutrición global y seguridad alimentaria. Las concentraciones nutricionales de la papa varían debido a la gran biodiversidad que presenta la especie (Toledo & Burlingame, 2006).

Frente a lo anteriormente mencionado, la presente investigación tiene como objetivo contribuir con el estudio de 40 clones de papas nativas de uso potencial para la agroindustria mediante la caracterización morfológica y la determinación de la concentración de hierro y zinc, e identificar clones con potencialidad de aprovechamiento para el consumo y de alto valor nutricional para hacer frente a la desnutrición y falta de seguridad alimentaria existente en nuestras zonas andinas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Papa

2.1.1 Clasificación taxonómica

Según Ugarte, (1992) se encuentra discusión acerca de la taxonomía de las papas cultivadas, debido a que diferentes autores han reconocido desde una a veinte especies; sin embargo, todas forman un mismo pool genético con la siguiente estructura:

REINO	:	Plantae
TIPO	:	Spermatophyta
CLASE	:	Angiosperma
SUBCLASE	:	Dicotiledóneas
ORDEN	:	Solanales
FAMILIA	:	Solanaceae
GENERO	:	Solanum
ESPECIE	:	<i>Solanum tuberosum</i> L.
NOMBRE COMÚN	:	Papa

2.1.2 Clasificación citológica

En la Tabla 1 se cita una clasificación citológica de la papa (Rodríguez, 2009)

Tabla 1: Clasificación citológica

PLOIDIA	Doods (1962)	Bukasov (1971), Lechnovich (1971)	Hawkes (1990)	Ochoa (1990, 1999)	Huamán y Spooner (2002)	Spooner et al., (2007)
	<i>S. tuberosum</i>	<i>S. ajanhuiri</i>	<i>S. ajanhuiri</i>	<i>S. ajanhuiri</i>		
	Grupo <i>Stenotomum</i> :		<i>S.</i> <i>stenotomum</i>			
	Subgrupo <i>Goniocalyx</i>	<i>S. cañarensis</i>	<i>ssp.</i> <i>goniocalyx</i>	<i>S. stenotomum</i>		
	Subgrupo <i>Stenotomum</i>		<i>spp.</i> <i>stenotomum</i>		<i>S. tuberosum</i>	
2x		<i>S. erlansonii</i>		<i>S. goniocalyx</i>	Grupo <i>Ajanhuiri</i>	<i>S.</i> <i>ajanhuiri</i>
	Grupo <i>Phureja</i>	<i>S. goniocalyx</i>	<i>S. phureja</i>		Grupo <i>Stenotomum</i>	
	Subgrupo <i>Amarilla</i>	<i>S. macmillanii</i>	<i>ssp.</i> <i>hygrothermicum</i>		Grupo <i>Phureja</i>	
	Subgrupo <i>Phureja</i>	<i>S. phureja</i>	<i>ssp. Phureja</i>	<i>S. phureja</i>		
		<i>S. rybinii</i>				
		<i>S. stenotomum</i>				
	<i>S. tuberosum</i>	<i>S. boyacense</i>				
	Grupo <i>Chaucha</i>	<i>S. chaucha</i>	<i>S. chaucha</i>	<i>S. chaucha</i>	Grupo <i>chaucha</i>	
		<i>S. chocclo</i>				
		<i>S. ciezae</i>				
3x		<i>S. cuencanum</i>				<i>S.</i> <i>juzepczukii</i>
	<i>S. juzepczukii</i>	<i>S. juzepczukii</i>	<i>S. juzepczukii</i>	<i>S. juzepczukii</i>	Grupo <i>juzepczukii</i>	
		<i>S. mamilliferum</i>				
		<i>S.</i> <i>tenuifilamentum</i>				
		<i>S. andigenum</i>		<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andigena</i>	Grupo <i>Andigena</i>	<i>S.</i> <i>tuberosum</i>
	<i>S. tuberosum</i>	<i>S. molinae</i>	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp.</i>	<i>ssp. tuberosum</i>		Grupo <i>Andigena</i>
4x	Grupo <i>Andigena</i>	<i>S. leptostigma</i>	<i>ssp.</i> <i>andigena</i>			
	Grupo <i>Tuberosum</i>	<i>S. tuberosum</i>	<i>ssp.</i> <i>tuberosum</i>	<i>S.</i> <i>hygrothermicum</i>	Grupo <i>Chilotanum</i>	Grupo <i>Chilotanum</i>
						<i>m</i>
5x	<i>S. curtilobum</i>	<i>S. curtilobum</i>	<i>S. curtilobum</i>	<i>S. curtilobum</i>	Grupo <i>Curtilobum</i>	<i>S.</i> <i>curtilobum</i>

(Rodríguez, 2009)

2.1.3 Características de la especie

Es una planta dicotiledónea, herbácea y anual cuyos tallos aéreos, gruesos, carnosos crecen de 0,5 a 1m de altura (Canqui, F. & Morales, E., 2009).

Las hojas son compuestas e imparipinnadas, presentan un raquis central que mediante un peciolulo une a folíolos primarios, secundarios y terciarios. La flor consta de cinco sépalos, la corola de cinco pétalos, el androceo de cinco estambres y el gineceo de un pistilo (Huamán, 1984).

Según Canqui, F. & Morales, E., 2009 las flores terminales dan como resultado frutos en forma de bayas de 1 a 3 cm de diámetro, presentando una gran cantidad de semilla botánica. Se distinguen dos tipos de tallos, el aéreo cuyo rol es sostener hojas y flores, y el tallo subterráneo que están conformados por estolones y tubérculos. Al tallo que se origina de la yema principal del ojo del tubérculo se le denomina brote, el cual necesita de humedad y oscuridad para un buen desarrollo (Egúsqüiza, 2014).

En la parte subterránea se ubican los estolones, que se originan de los tallos subterráneos y cuya función es transportar sustancias producidas desde las hojas hacia el tubérculo (Egúsqüiza, 2014).

Los tubérculos son tallos subterráneos capaces de almacenar compuestos nutricionales de reserva. Encontramos distintas formas de tubérculos, así como piel y pulpa de diversos colores o combinaciones (Egúsqüiza, 2014).

2.1.4 Fases fenológicas

Huamán, (2008) describe los siguientes ciclos fenológicos de la papa: brotación, emergencia, estolonización, floración, tuberización, y madurez.

a. Brotación

Antes de la actividad de siembra, el tubérculo-semilla de la papa, produce brotes los cuales son una señal de estado fisiológico apropiado para realizar la plantación; el estado fisiológico del brote determina el rendimiento y el período vegetativo del cultivo de la papa (Huamán, 2008).

b. Emergencia

La emergencia es cuando la planta sobresale del suelo. Ocurre a partir de los 30 a 40 días de la siembra del cultivo de la papa; la semilla asexual tiene un periodo de reposo o dormancia de 2 a 3 meses y la semilla sexual de 4 a 6 meses aproximadamente (Huamán, 2008).

c. Estolonización

La estolonización es cuando las yemas de la parte subterránea de los tallos inician su crecimiento horizontal, ocurre a partir de los 15 a 20 días de la emergencia del cultivo de la papa (Huamán, 2008).

d. Floración

La floración es la apertura total de la corola en la primera flor de la inflorescencia, sucede a partir de los 20 a 25 días de emergencia; a los 55 a 85 días de la emergencia de la papa, la última flor inicia su marchitamiento y secado (Huamán, 2008).

e. Tuberización

La tuberización es el agrandamiento o hinchamiento extremo de los estolones son tallos subterráneos en su extremo distal, ocurre a partir de los 35 a 40 días de la emergencia del cultivo de la papa (Huamán, 2008).

La tuberización consta de dos etapas diferenciadas, la primera es la inducción o inicio, ocurre cuando los azúcares se transforman en almidón y hay multiplicación celular en el extremo apical de los estolones. La segunda etapa o llenado consiste en multiplicación radial de las células, por tanto, hay un crecimiento del tubérculo por acumulación de agua y sólidos (Egúsquiza, 2014).

f. Madurez

La madurez fisiológica se da a partir de los 135 a 145 días después de la siembra del cultivo de la papa (Huamán, 2008).

2.2 Papas nativas

Las variedades de papas nativas son producto de la selección con criterios campesinos que data de épocas del inicio de la agricultura. Estas variedades las encontramos por encima de los 3200 msnm de la zona Andina (Egúsquiza, 2014).

Son cultivares que han evolucionado a lo largo del tiempo influenciados por migraciones, así como también de la selección natural y artificial. Existe gran diversidad de variedades, las cuales están adaptadas a duras condiciones ambientales lo que conlleva un rendimiento bajo pero constante en el tiempo para poder preservarlas (Esquinas, 1982).

2.2.1 Origen

Spooner *et al.* (2005) establecieron como el centro de origen de la papa la región norte del lago Titicaca, al sur de Perú, donde su cultivo estuvo ligada al desarrollo de la cultura Tiahuanaco.

Posiblemente la papa se domesticó hace 10.000 años en el altiplano, entre Perú y Bolivia. En esta región es donde se encuentra la mayor variabilidad genética de especies silvestres y cultivadas (Engel, 1964).

Otras investigaciones señalan que la domesticación de la papa se dio en la sierra del Perú, posiblemente en la región que abarca los actuales departamentos de Huánuco, Cerro de Pasco, Junín, Huancavelica, Apurímac, Ayacucho, Cusco y Puno (Morales, 2007). Estas regiones basan su seguridad alimentaria en la papa, donde la población y sus conocimientos ancestrales preservaron hasta la fecha la diversidad, desde tiempos incaicos e incluso sus predecesores, cumpliendo así un rol determinante en la conservación de las variedades.

Se debe reconocer que la conservación de las papas nativas en el Perú es el resultado del trabajo y dedicación de la población andina; es decir, los campesinos conservacionistas son los artífices de conservar diversas variedades de papa nativa mediante técnicas y métodos ancestrales (Vargas, 1949).

2.2.2 Importancia de las papas nativas

Las papas nativas (*Solanum spp.*) son importantes debido a que son la base para la economía y alimentación campesina de los andes peruanos. En el Perú las encontramos en pisos altitudinales mayores a 3300 msnm, donde predomina la gran biodiversidad de la especie.

Constituyen un rico reservorio de genes para los programas de fitomejoramiento debido a su gran variabilidad, es así que en los últimos años ha crecido el interés de los mercados por variedades de papas nativas, lo cual ha permitido que se las puedan utilizar industrialmente (Huarte & Okada, 2003).

Gómez *et al.*, (2008) mencionan que la papa nativa es un producto oriundo de las zonas andinas cuyo contenido de materia seca es alto, (24-35%). Asimismo, posee una extraordinaria cualidad culinaria debido a su agradable sabor, textura harinosa y buena capacidad de almacenamiento, presentando gran diversidad de tubérculos con diferentes formas y colores con propiedades antioxidantes y alto contenido de vitaminas y minerales. La papa produce más alimento nutricional por unidad de tiempo, agua y área en climas más adversos que cualquier otro cultivo mayor; hasta 85% de la planta es comestible comparado con alrededor de 50% por los cereales, convirtiéndola en una fuente muy importante para la alimentación (Burgos *et al.*, 2007; Bonierbale *et al.*, 2008).

Zumba, (2008) reporta que, en la cosmovisión campesina andina, las papas nativas tienen importancia especial, pues se las emplea como su principal alimento y sustento económico.

2.3 Caracterización morfológica

Es la medición de los caracteres cualitativos y cuantitativos de alta heredabilidad que son transmitidos en cualquier ambiente (Franco & Hidalgo, 2003).

La caracterización consiste en determinar características, rasgos morfológicos, incluso proteínas y marcadores moleculares altamente heredables (Egúsqüiza, 2013).

La caracterización determina el grado de similitud entre diversas accesiones mediante su fenotipo o variabilidad en la colección. Esta variabilidad se mide con un conjunto de descriptores, cuyos datos conforman una dispersión de puntos con una dirección que se interrelacionan entre sí para conformar las distancias genéticas entre las accesiones. Asimismo, estas distancias se expresan mediante gráficos fáciles de interpretar, los cuales pueden ser dendrogramas y dispersión de puntos en un plano cartesiano (Franco & Hidalgo, 2003).

2.3.1 Cultivar

Un cultivar es el conjunto de plantas que presentan características iguales y forman parte de una variedad (Egúsquiza, 2014).

2.3.2 Clon

Son individuos vegetales cuyas características son idénticas entre sí, además de tener una reproducción asexual (Egúsquiza, 2014).

2.3.3 Híbrido

Es una variedad, cultivar o clon que se caracterizan por tener conocimiento de sus progenitores (Egúsquiza, 2014).

2.3.4 Morfología

La morfología abarca el estudio e interpretación de las diferentes formas y colores de los tejidos, órganos y estructuras (expresiones), y el desarrollo durante el ciclo vital de las plantas (Gómez, 2014).

2.3.5 Descriptores

Los descriptores son características morfológicas cuyas expresiones no deben ser afectadas bajo diversas condiciones ambientales. En caso se vean afectadas, estas variantes serán mínimas (Gómez, 2014).

Por otra parte, Franco & Hidalgo (2003) mencionan que son características visibles fáciles de medir, registrar y evaluar que conforman el fenotipo y hacen una descripción de la arquitectura de la planta. Se agrupan en los siguientes tipos.

a. Botánicos-taxonómicos

Corresponden a los caracteres morfológicos que describen e identifican la especie y son comunes a todos los individuos de esa especie. En su gran mayoría estos caracteres tienen una alta heredabilidad y presentan poca variabilidad, aunque en las especies cultivadas con frecuencia se pueden encontrar unos pocos que muestran diferentes grados de variabilidad, especialmente en aquellos de interés particular para el hombre como son el tipo y la forma de la hoja, la forma del fruto y la descripción de la flor (Franco & Hidalgo, 2003).

b. Morfoagronómicos

Corresponden a los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas. Comprenden algunos de los caracteres botánicos-taxonómicos tales como forma de las hojas, pigmentación del tallo, pigmentación de las flores, color y forma en semillas, forma y color de frutos; hábito de crecimiento, entre otros. Estos descriptores son afectados por alteraciones ambientales (Franco & Hidalgo, 2003).

c. Evaluativos

Esta porción de la variabilidad sólo se expresa como respuesta a estímulos ambientales bióticos (plagas y enfermedades) o abióticos (estrés por temperatura, estrés hídrico, estrés nutricional). En general, la respuesta se expresa en características de tipo cualitativo (Franco & Hidalgo, 2003).

2.4 Evaluación de nutrientes

2.4.1 Hierro

El hierro es vital en el organismo del hombre ya que es el medio de transporte del oxígeno desde los pulmones hacia los diferentes tejidos mediante los eritrocitos de la hemoglobina, cumple también la función de transportar electrones dentro de las células y forman parte de importantes enzimas (FAO & World Health Organization, 1998).

La ausencia de hierro ocasiona retraso del crecimiento, incremento en la predisposición a enfermedades infecciosas como: diarrea y neumonía, principalmente en los dos primeros años de vida (Grandy *et al.*, 2008).

En la dieta humana puede ser absorbido en forma de hierro hem y hierro no hem. Las principales fuentes de hierro hem la encontramos en la hemoglobina y la mioglobina mediante el consumo de carnes, pollos y pescados de las que podemos absorber el 25% aproximadamente y además la presencia de estas carnes mejora la absorción del hierro; en tanto el hierro no hem es la principal forma de hierro en la dieta humana y lo obtenemos de frutas, verduras, legumbres y cereales (FAO & World Health Organization, 1998).

Los fitatos y algunos polifenoles son inhibidores de la absorción de los iones ferrosos en el organismo humano, incluso el contenido de calcio influye negativamente. Sin embargo, cantidades suficientes de ácido ascórbico contrarrestan esta inhibición. Análisis recientes muestran que los primeros 40mg de calcio en una comida no inhiben la absorción de hierro hem y no hem. Sin embargo, cantidades mayores desarrollan una curva sigmoidea, y a niveles de 300 a 600 mg de calcio se alcanza una inhibición de hasta el 60% de la absorción de hierro (FAO & World Health Organization, 1998).

En el año 2018, la desnutrición crónica afectó al 12,2% de niños menores de cinco años de edad, teniendo mayores casos en el sector rural (25,7%) frente al área urbana (7,3%). Además, se registraron elevadas tasas de desnutrición crónica en niños menores de cinco años en los siguientes departamentos en Huancavelica (32,0%), Cajamarca (27,4%), Huánuco (22,4%), Amazonas (20,4%), Ayacucho (20,2%), Apurímac (20,1%) y Loreto (20,0%) (INEI, 2018).

La anemia consiste en la baja concentración de hemoglobina en la sangre. En el Perú se reportó en 43,5% de niños de 6 a 35 meses de los cuales 50,9% se encuentran en el sector rural y 40,9% en la zona urbana para el año 2018. La prevalencia más alta fue los departamentos de Puno (67,7%), Pasco (58,7%) y Loreto (57,4%). Por el contrario, menores porcentajes se registraron en Cajamarca (31,9%), Moquegua (33,9%) y Tacna (34,9%) (INEI, 2018).

El Ministerio de Salud del Perú, (2009) dio a conocer mediante tablas peruanas de composición de alimentos (Anexo 1) la concentración de hierro en 100 g de alimento de tubérculos de papa. Las mayores concentraciones corresponden a la variedad nativa capulí con 1,72 mg/100 g o 17,2 mg.kg⁻¹ y la variedad nativa puca pampamachay con 1,28 mg/100 g o 12,8 mg.kg⁻¹, las concentraciones anteriormente mencionadas fueron determinadas incluyendo pulpa y cáscara del tubérculo.

Por otro lado, existen datos del CIP los cuales indican que la concentración media de hierro en las variedades de papa es de 4,7 mg.kg⁻¹. Además, contribuye con 2,6 % de los requerimientos dietéticos diarios de hierro considerando una ingesta de 18000 ug diarios. También señala que las papas nativas con hasta 1.2 mg de Fe por 100 g de peso fresco (12 mg.kg⁻¹), podrían contribuir con el 7% del RDA para hierro (Ortiz, 2010).

En los años 2012 y 2013 fueron colectados en 19 comunidades del Norte de Potosí, La Paz y Cochabamba 164 cultivares de papas nativas de los cuales 88 pertenecían a *Solanum andigena* (ADG), 8 a *S. ajanhuiri* (AJH), 4 a *S. goniocalyx* (GON), 6 a *S. juzepczukii* (JUZ), 57 a *S. stenotomum* (STN), uno a *S. curtilobum* (CUR). De las cuales se encontró que el cultivar con más alto contenido de Fe fue Sak'ampaya (ADG) con $14,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Gabriel *et al.*, 2014).

Según la Resolución Ministerial N.- 0492-2018-MINAGRI del Ministerio de Agricultura y Riego, Ladislao Palomino, investigador del Programa Nacional de Raíces y Tuberosas en la Estación Experimental Agraria Andenes – Cusco del INIA desde hace 10 años viene evaluando poblaciones de cruza *andigenum x andigenum*, *andigenum x stenotomum* a fin de liberar nuevas variedades biofortificadas y funcionales, que como resultados de dichos trabajos se ha logrado desarrollar una nueva variedad de papa denominada “INIA 328 – KULLI PAPA” biofortificada de color morado y se caracteriza por su alto contenido de Hierro (230 mg.kg^{-1}) y Zinc (190 mg.kg^{-1}), muy superior a las papas comerciales, los cuales benefician la nutrición y a la salud del que la consume impactando positivamente sobre la anemia y desnutrición (MINAGRI, 2018).

2.4.2 Zinc

Das & Green (2016) mencionan que el zinc es vital para las funciones biológicas del cuerpo humano y que un cuerpo adulto contiene entre 2 a 3 g de zinc.

Es fundamental para más de 300 enzimas que participan en la síntesis y degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Además, el zinc se encarga de estabilizar la estructura molecular de los componentes y las membranas celulares. Participa en la transcripción de polinucleótidos y, por lo tanto, en el proceso de expresión genética (FAO & World Health Organization, 1998).

La deficiencia severa de zinc en humanos se puede expresar con síntomas como: el retraso del crecimiento, retraso en la maduración sexual y ósea, lesiones cutáneas, diarrea, alopecia, falta de apetito, mayor susceptibilidad a infecciones mediadas por defectos en el sistema inmunitario y la aparición de cambios en el comportamiento (FAO & World Health Organization, 1998).

No hay vida sin zinc, por ello la atención mundial se ha centrado en la deficiencia de este micronutriente en niños menores de 5 años debido a que es la quinta causa de muerte y enfermedad en los países en desarrollo (Das y Green 2016).

Mediante tablas peruanas de composición de alimentos (Anexo 1) se dio a conocer la concentración de zinc en 100 g de alimento de tubérculos de papa, en donde las mayores concentraciones corresponden a la variedad Huayro (0,33 mg/100 g o 3,3 mg.kg⁻¹) y la variedad única (0,32 mg/100 g o 3,2 mg.kg⁻¹), las concentraciones anteriormente mencionadas fueron determinadas incluyendo pulpa sin cáscara del tubérculo (Ministerio de Salud del Perú, 2009).

Por otro lado, existen datos del CIP los cuales indican que la concentración media de zinc en las variedades de papa es de 0,35 mg.kg⁻¹. Además, contribuye con 3,2% de los requerimientos dietéticos diarios de zinc considerando una ingesta de 11000ug diarios y señala que las papas nativas con hasta 0,83 mg de Zn por 100g de peso fresco (8,3 mg.kg⁻¹), podrían contribuir con el 8% del RDA para hierro (Ortiz, 2010).

Gabriel et al., 2014 encontró el contenido más alto de Zn para el cultivar Yuraj Sak'ampaya (ADG) con 5,20 mg.kg⁻¹ para el estudio de Revalorización de papas nativas de Bolivia (*Solanum tuberosum L.*) como fuente de hierro y zinc.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material vegetal

Se utilizaron 40 clones diferentes de papas nativas biofortificadas del Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Agraria Andenes – Cusco del Instituto Nacional de Innovación Agraria.

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Materiales

- Laboratorio
 - Fiolas de 25 ml
 - Matraz de 125 ml
 - Bureta de 20 ml
 - Embudo
 - Bolsa de papel
 - Bolsas herméticas
 - Guantes de látex
 - Cepillo
 - Recipientes de aluminio
 - Papel toalla
 - Papel filtro
 - Ácido perclórico (HClO_4)
 - Ácido nítrico (HNO_3)

- Campo
 - Manual de Descriptores Mínimos de Papa (*Solanum spp.*) del INIA (2016)
 - Libreta de campo
 - Insecticidas
 - Fungicidas
 - Estiércol de vacuno
 - Plumón indeleble
 - Lápiz
 - Borrador
 - Regla (60cm)

- Gabinete
 - Lapiceros
 - Block de notas

3.2.2 Equipos

- Laboratorio
 - Campana extractora
 - Plancha de calentamiento
 - Estufa
 - Molino para material vegetal
 - Espectrofotómetro de absorción atómica

- Campo
 - GPS (Global positioning system)

- Gabinete
 - Calculadora
 - Computador

3.3 Localidad experimental

3.3.1 Ubicación

La siembra de los clones se llevó a cabo en el Andén 18 de la Estación Experimental Agraria Andenes del Instituto Nacional de Innovación Agraria en el distrito de Zurite, provincia de Anta, departamento de Cusco. Las coordenadas geográficas del andén fueron 13°26'23'' latitud sur y 72°14'26'' longitud oeste y a una altitud de 3460 msnm.

3.3.2 Condiciones del suelo

El suelo de la Estación Experimental Agraria Andenes, presentó las siguientes características según el análisis de suelo realizado en el año 2016 por el laboratorio microbiológico – Microlab: pH 6.76, conductividad eléctrica 0.7 us/cm, materia orgánica 3.96% y una CIC de 11.6 meq/100. Ver Anexo 4.

3.3.3 Condiciones climáticas

Los datos hidrometeorológicos fueron tomados de los meses de noviembre del 2019 a mayo del 2020 de la Estación Meteorológica convencional Anta Ancachuro, ubicada en el departamento de Cusco, provincia de Anta, distrito de Zurite.

La temperatura máxima fue de 24.3 °C se midió en el mes de enero, y la temperatura mínima tuvo el valor de -7.2 para el mes de mayo. Respecto a la mayor humedad relativa promedio para cada mes, se obtuvo 86.26% en el mes de febrero. Asimismo, la máxima precipitación se dio en el mes de febrero con 193.8 mm (Tabla 2).

Tabla 2: Datos hidrometeorológicos

MESES (2019 – 2020)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad relativa promedio (%)	Precipitación (mm)
Noviembre	23.8	3.1	80.77	149.9
Diciembre	22.7	3.8	84.56	186.3
Enero	24.3	3.2	83.37	147.6
Febrero	21.7	6	86.26	193.8
Marzo	21.9	4.6	83.22	160.5
Abril	21.8	-6	81.31	15.3
Mayo	21.8	-7.2	80.51	32

FUENTE: SENAMHI Cusco

3.4 Instalación

La siembra fue realizada el 20 de noviembre del 2019. Se emplearon 5 tubérculos por cada clon en surcos de 2m y distanciamiento de 0.5m entre plantas y 1m entre surcos, ver el Anexo 2.

3.5 Manejo agronómico

El manejo agronómico de las papas se llevó a cabo de acuerdo a las indicaciones del especialista del Programa Nacional de Raíces y Tuberosas del INIA. Las aplicaciones de pesticidas fueron realizadas previa evaluación de plagas y enfermedades (Anexo 3).

3.6 Cosecha

La cosecha fue realizada del 17 al 19 de junio del 2020. Esta actividad fue de forma manual con azadones, picos y lampas (Anexo 5).

3.7 Actividades de laboratorio

3.7.1 Determinación de la materia seca

Se utilizaron 2 tubérculos por cada clon, los cuales fueron lavados y cortados con cáscara en trozos pequeños para ser colocados en recipientes de aluminio los cuales fueron pesados antes y después de ingresar a estufa por 48 horas a 70° C para finalmente determinar su materia seca (MS), ver el Anexo 6.

Esta actividad fue llevada en el Laboratorio e Invernadero de Fertilidad del Suelo “Sven Villagarcía Hermoza” de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

3.7.2 Digestión húmeda

Para la digestión húmeda se utilizaron las muestras provenientes de la materia seca de papas con cáscara, las cuales fueron molidas y colocadas en bolsas de plástico con cierre hermético hasta procesarlas analíticamente.

La digestión húmeda fue realizada mediante el ataque con ácidos, los cuales se emplearon para las muestras de papas nativas pasadas por molino. El ácido perclórico (HClO₄) y el ácido nítrico (HNO₃) son los comúnmente usados. La muestra es tratada con la mezcla ácida fría para permitir al ácido nítrico oxidar al material orgánico altamente activo. Luego es

calentado para permitir la completa oxidación del material orgánico que en este caso fue tubérculos de papas nativas.

El procedimiento para la preparación del extracto fue el siguiente: se pesó 0,500 g de tejido vegetal y se colocó dentro de frascos, resistentes al calor y de 50 ml de capacidad en los que se adicionó 5 ml de la solución nítrica-perclórica. Posteriormente se colocó sobre la plancha de calentamiento en la que se fue elevando gradualmente la temperatura hasta los 175 °C por 90 minutos hasta que la solución tomó una coloración clara. Finalmente se procedió a remover el frasco en el cual se adicionó 15 ml de 0.1 NHCl y se agitó para favorecer a disolver las cenizas y filtrar la solución (Anexo 7).

Esta actividad fue llevada a cabo en el Laboratorio e Invernadero de Fertilidad del Suelo “Sven Villagarcía Hermoza” de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

3.7.3 Lectura de la concentración de hierro y zinc

La lectura del análisis nutricional de hierro y zinc en los tubérculos se realizó mediante la técnica de la espectroscopia de absorción atómica (AA). La AA es una de las principales técnicas utilizadas en la cuantificación del contenido de minerales en muestras orgánicas.

Esta actividad se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.8 Variables en estudio

Se realizó la caracterización teniendo como guía los descriptores mínimos de papa (*Solanum sp.*) propuesto para el Registro Nacional de la Papa Nativa Peruana (INIA, 2016). La toma de datos de los descriptores vegetativos (tallos, hojas y flores) se realizó cuando las plantas estaban en plena floración. Se utilizaron las plantas y tubérculos más homogéneas y que fueran representativas de cada unidad experimental (Anexo 8).

3.8.1 Descriptores vegetativos

- Hábito de planta

El momento más oportuno para registrar el hábito de crecimiento de la planta de papa es cuando se inicia la formación de botones florales (Tabla 3).

Tabla 3: Descriptor hábito de planta

Nº	Hábito de planta
1	Erecto
2	Semi-erecto
3	Decumbente
4	Postrado
5	Semi-arrosetado
6	Rosetado

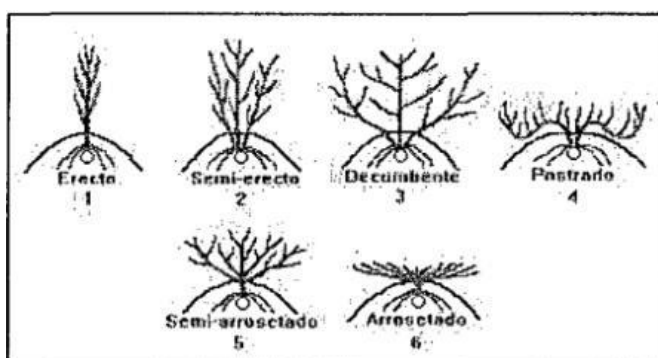


Figura 1: Características de hábito de planta

- Color del tallo

Se describe la distribución de pigmentos antocianínicos (rojo o morado) en los tallos. Se debe evaluar el color predominante de los tallos considerando desde la base hasta el ápice (Tabla 4).

Tabla 4: Color de tallo

Nº	Color de tallo
1	Verde
2	Mayormente verde
3	Verde con muchas manchas pigmentadas
4	Pigmentado con muchas manchas verdes
5	Mayormente pigmentado
6	Rojo
7	Morado

- **Forma de alas del tallo**

Se registra la protuberancia en los ángulos de los entrenudos de los tallos desde la base del tallo hasta el ápice. Hay cultivares que tienen alas ligeramente onduladas en la base del tallo, pero el resto es recto. En estos casos se registra la expresión más predominante a lo largo del tallo (Tabla 5).

Tabla 5: Forma de alas del tallo

Nº	Forma
0	Ausente
1	Recto
2	Ondulado
3	Dentado

- **Tipo de disección de la hoja**

Tabla 6: Tipo de disección de la hoja

Nº	Forma
1	Entera
2	Lobulada
3	Disectada

- **Número de folíolos laterales**

Número promedio de pares de folíolos laterales primarios. Se registra 1= 1 par hasta 9 = 9 pares, 10= 10 pares, etc. (Figura 2).

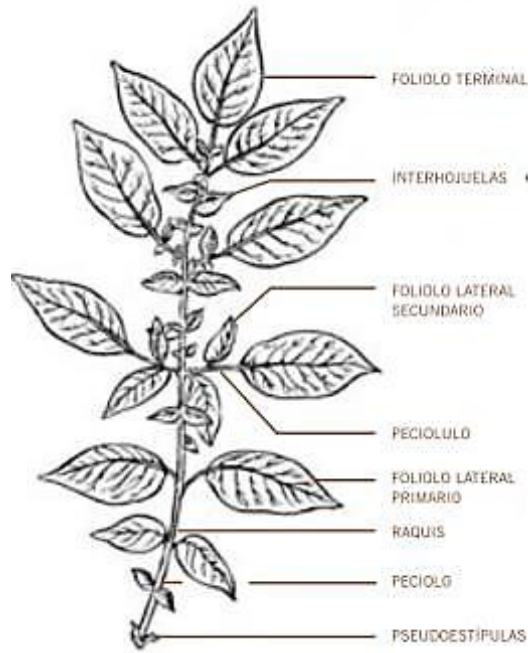


Figura 2: Figura de hoja de la papa

- **Número de interhojuelas entre folíolos laterales**

Número de pares de interhojuelas entre folíolos laterales. Se registra 1= 1 par hasta 9 = 9 pares, 10= 10 pares, etc.

- **Número de interhojuelas sobre los peciolulos**

Número de interhojuelas sobre los peciolulos. Se registra 1= 1 par hasta 9 = 9 pares, 10= 10 pares, etc.

- **Forma del foliolo terminal**

Tabla 7: Forma del foliolo terminal

Nº	Forma
1	Anchamente elíptico
2	Elíptico
3	Lanceolado
4	Ovado
5	Oblanceolado
6	Obovado

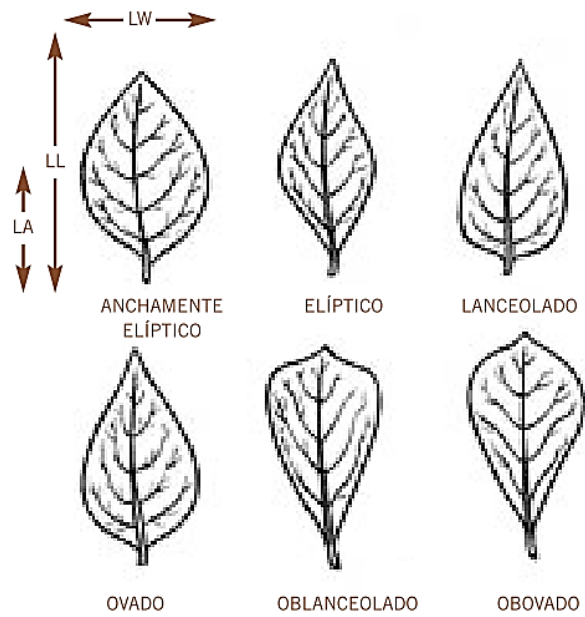


Figura 3: Forma del foliolo terminal

- Forma de la corola de la flor

Está determinado por la proporción entre la longitud del lóbulo del pétalo en mm y su ancho (Tabla 8).

Tabla 8: Forma de la corola de la flor

Nº	Forma
1	Estrellada
2	Semi-estrellada
3	Pentagonal
4	Rotada
5	Muy rotada

- **Color predominante de la flor**

Tabla 9: Color predominante de la flor

Nº	Color
1	Blanco
2	Rojo – rosado
3	Rojo – morado
4	Celeste
5	Azul – morado
6	Lila
7	Morado
8	Violeta

- **Intensidad del color predominante de la flor**

Tabla 10: Intensidad del color predominante de la flor

Nº	Color
1	Pálido
2	Intermedio
3	Intenso/Oscuro

- **Color secundario de la flor**

Tabla 11: Color secundario de la flor

Nº	Color
0	Ausente
1	Blanco
2	Rojo – rosado
3	Rojo – morado
4	Celeste
5	Azul – morado
6	Lila
7	Morado
8	Violeta

- **Distribución del color secundario de la flor**

Tabla 12: Distribución del color secundario de la flor

Nº	Distribución del color
0	Ausente
1	Acumen (blanco) – Haz
2	Acumen (blanco) – Envés
3	Acumen (blanco) – Ambos
4	En estrella
5	Bandas en el Haz
6	Bandas en el Envés
7	Bandas en ambas caras
8	Manchas salpicadas
9	Pocas manchas o puntos

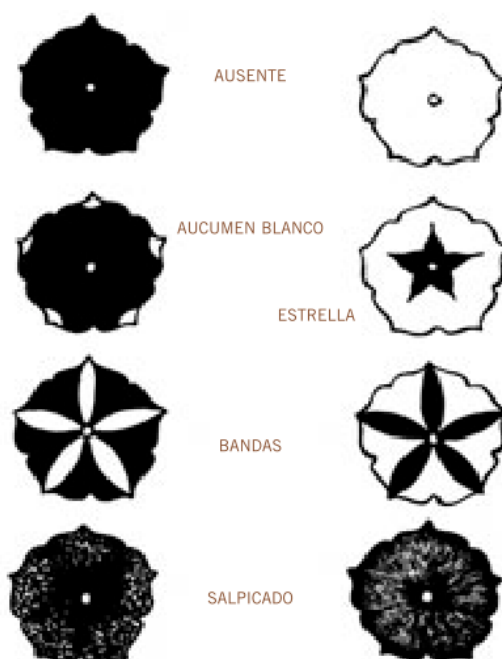


Figura 4: Distribución del color secundario de la flor

3.8.2 Descriptores de tubérculo

- Color predominante de la piel

Tabla 13: Color predominante de la piel

Nº	Color
1	Blanco – crema
2	Amarillo
3	Anaranjado
4	Marrón
5	Rosado
6	Rojo
7	Rojo – morado
8	Morado
9	Negruzco

- Intensidad del color predominante de la piel

Tabla 14: Intensidad del color predominante de la piel

Nº	Intensidad del color
1	Pálido / Claro
2	Intermedio
3	Intenso / Oscuro

- **Color secundario de la piel**

Tabla 15: Color secundario de la piel

Nº	Color
0	Ausente
1	Blanco – crema
2	Amarillo
3	Anaranjado
4	Marrón
5	Rosado
6	Rojo
7	Rojo – morado
8	Morado
9	Negruzco

- **Distribución del color secundario de la piel**

Tabla 16: Distribución del color secundario de la piel

Nº	Color
0	Ausente
1	En los ojos
2	En las cejas
3	Alrededor de los ojos
4	Manchas dispersas
5	Como anteojos
6	Manchas salpicadas
7	Pocas manchas

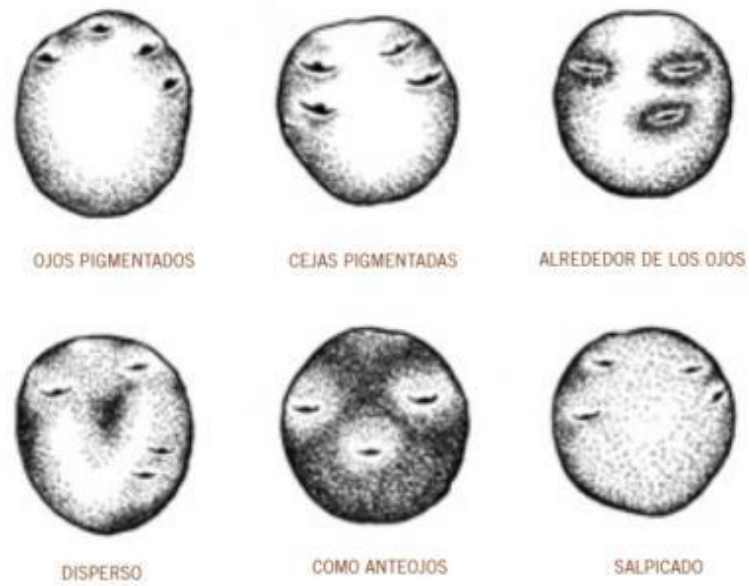


Figura 5: Distribución del color secundario de la piel

- **Color predominante de la pulpa**

Tabla 17: Color predominante de la pulpa

Nº	Color
1	Blanco
2	Rojo – rosado
3	Rojo – morado
4	Celeste
5	Azul – morado
6	Lila
7	Morado
8	Violeta

- **Color secundario de la pulpa**

Tabla 18: Color secundario de la pulpa

Nº	Color
0	Ausente
1	Blanco
2	Rojo – rosado
3	Rojo – morado
4	Celeste
5	Azul – morado
6	Lila
7	Morado
8	Violeta

- **Distribución del color secundario de la pulpa**

Tabla 19: Distribución del color secundario de la pulpa

Nº	Distribución de color
0	Ausente
1	Pocas manchas
2	Áreas
3	Anillo vascular angosto
4	Anillo vascular ancho
5	Anillo vascular y médula
6	Todo menos médula
7	Otro (salpicado)

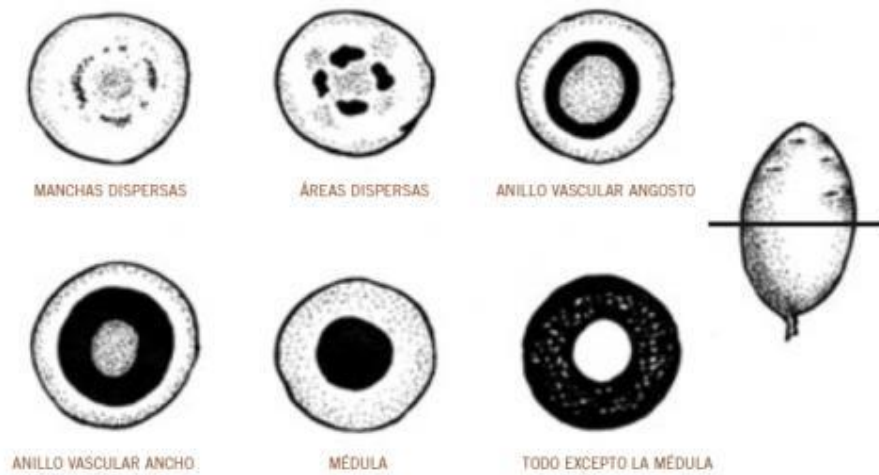


Figura 6: Distribución del color secundario de la pulpa

- **Forma general del tubérculo**

Tabla 20: Forma general del tubérculo

Nº	Forma
1	Comprimido
2	Redondo
3	Ovalado
4	Obovado
5	Elíptico
6	Oblongo
7	Oblongo – alargado
8	Alargado

1 Comprimido, el eje mayor es el más corto.

2 Redondo, el contorno es casi circular.

3 Ovalado, parecido a la sección longitudinal de un huevo. La parte más ancha está dentro del 1/3 de la distancia desde el extremo de inserción del estolón.

4 Obovado, inversamente ovoide con la parte más ancha dentro del 1/3 de la distancia desde el extremo apical donde están los ojos.

5 Elíptico, con aproximadamente el mismo ancho a distancias iguales desde los extremos que son ligeramente agudos.

6 Oblongo, con un contorno casi rectangular que tiene los lados casi paralelos y las esquinas redondeadas. La proporción del largo y el ancho debe ser más de 1.5.

7 Oblongo - alargado, la proporción del largo y el ancho debe ser cercana a 2.

8 Alargado, la proporción del largo y el ancho debe ser cercana a 3.

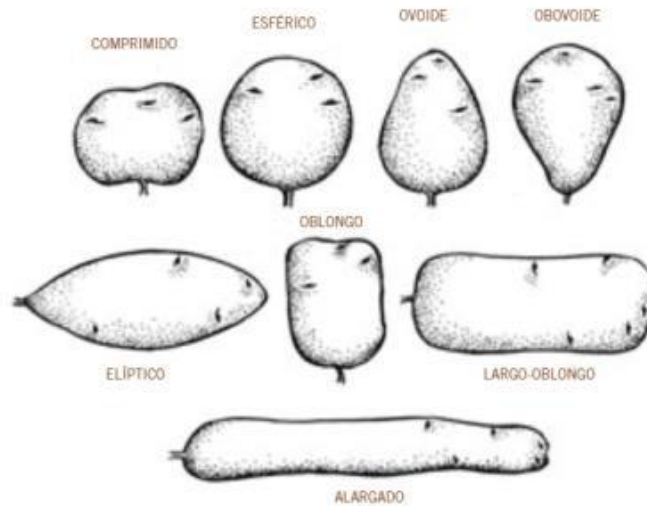


Figura 7: Forma general del tubérculo

- **Variante de la forma del tubérculo**

Tabla 21: Variante de la forma del tubérculo

Nº	Variante de la forma
0	Ausente
1	Aplanado
2	Clavado
3	Reniforme
4	Fusiforme
5	Falcado
6	Enroscado
7	Digitado
8	Concertinado
9	Tuberosado

0 Ausente

1 Aplanado, el largo de la sección transversal es más de 3 veces más largo que ancho en cualquier punto del tubérculo.

2 Clavado, parecido a un mazo alargado engrosado en un extremo.

3 Reniforme, parecido a un riñón.

4 Fusiforme, ahusado o con ambos extremos que disminuyen gradualmente.

5 Falcado, curvado en forma de una hoz o herraje.

6 Enroscado, largo y enroscado o curvado en un extremo.

7 Digitado, parecido a una mano abierta o un puño.

8 Concertinado, parecido a una concertina.

9 Tuberosado, cubierto por pocas o muchas protuberancias que le dan una apariencia a una piña o racimo de uvas.

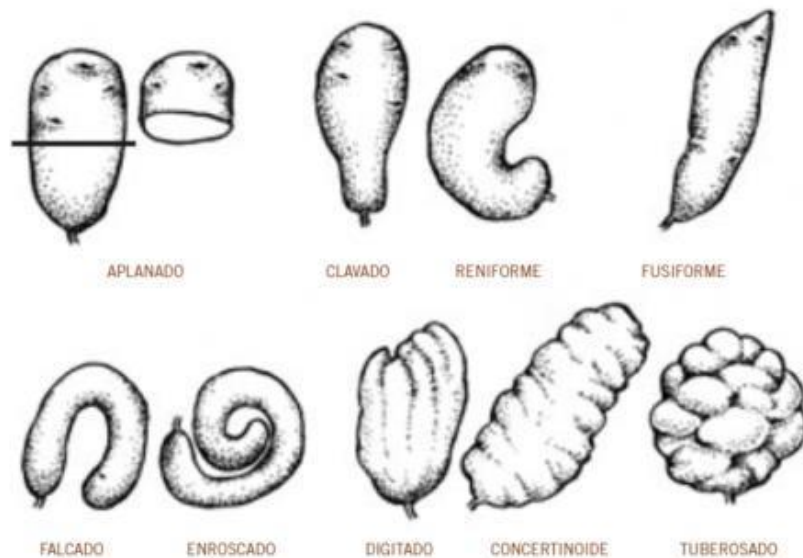


Figura 8: Variante de la forma del tubérculo

- **Profundidad de ojos**

Se determina midiendo la longitud en mm de la cavidad donde se ubican las yemas de los tubérculos en un corte longitudinal del tubérculo (Tabla 22).

Tabla 22: Profundidad de ojos

Nº	Profundidad
1	Sobresaliente
3	Superficial
5	Medio
7	Profundo
9	Muy profundo

- **Color predominante del brote**

En la tabla 23, se muestra la distribución de la pigmentación antocianínica (rojo o morado) en los brotes de cerca de 1 cm de largo registrado en tubérculos almacenados en la oscuridad. Si los colores predominante y secundario son aproximadamente iguales, se considera como predominante el que está en la base de los brotes.

Tabla 23: Color predominante del brote

Nº	Color
1	Blanco - verdoso
2	Rosado
3	Rojo
4	Morado
5	Violeta

- **Color secundario del brote**

Tabla 24: Color secundario del brote

Nº	Color
0	Ausente
1	Blanco - verdoso
2	Rosado
3	Rojo
4	Morado
5	Violeta

- **Distribución del color secundario del brote**

Tabla 25: Distribución del color secundario del brote

Nº	Color
0	Ausente
1	En la base
2	En el ápice
3	Pocas manchas a lo largo
4	Muchas manchas a lo largo
5	En las yemas

3.9 Análisis estadístico

3.9.1 Matriz básica de datos (MBD)

La matriz básica de datos (MBD) se construye a partir de la información que se obtiene en la caracterización de los descriptores evaluados; consiste en un arreglo en forma de cuadrícula con tantas filas como cultivares existentes (n) y una columna para cada variable (p). Esta matriz se empleó para las diferentes herramientas estadísticas.

3.9.2 Análisis univariado

El análisis univariado fue útil para determinar las frecuencias de los descriptores expresadas en tablas, la cual nos permitió describir el comportamiento de las variables estudiadas y por ende la variabilidad de las papas nativas. Este análisis se realizó con Microsoft Excel 2016, mientras que el análisis de la media, desviación estándar, error experimental, mínimos y máximos fue mediante el lenguaje de programación R 4.0.2.

Se utilizó el método de remuestreo del percentil con Bootstrapping. El bootstrap es un procedimiento estadístico que sirve para aproximar la distribución en el muestreo (normalmente) de un estadístico. Para ello procede mediante remuestreo, es decir, obteniendo muestras mediante procedimiento aleatorio que utilice la muestra original. La ventaja principal es que no requiere hipótesis sobre el mecanismo generador de los datos (Davison & Kuonen, 2003).

Para construir el intervalo de confianza del 95%, el cual es el rango de puntos que cubre el 95% medio de la distribución de muestreo de arranque o más precisamente, se refiere a la construcción de una aproximación a la distribución de muestreo utilizando solo una muestra. Este método funciona independientemente de la forma de la distribución de muestreo.

3.9.3 Análisis multivariante

Las técnicas estadísticas multivariadas son herramientas usadas para caracterizar germoplasma, debido a que permiten describir o agrupar un conjunto de accesiones, tomando en cuenta simultáneamente varias características, sin obviar la relación que existe entre todos los caracteres en estudio (Franco e Hidalgo, 2003).

Para el siguiente trabajo de investigación se empleó un análisis multivariado, dado a los datos multiestados cualitativos mediante el lenguaje de programación R 4.0.2. Se utilizó el paquete factoextra 1.0.6 el cual permitió realizar el de y reconocer dentro del grupo de caracteres utilizados, aquellos que fueron más determinantes para la identificación de los clones estudiados.

Para el análisis de componentes principales (ACP) se utilizaron los paquetes FactoMineR 2.3, factoextra 1.0.6 y R base (4.0.2), los cuales permitieron determinar los descriptores responsables de la mayor variabilidad entre los clones estudiados.

El paquete corrplot 0.84 fue usado para analizar la contribución de los descriptores a los 5 primeros componentes principales mediante un gráfico de correlación. Asimismo, también se usó para el análisis de correlación entre los datos referidos al porcentaje de materia seca, hierro y zinc.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la caracterización morfológica de los 13 descriptores vegetativos y 13 descriptores de tubérculo, ver Anexo 9 y Anexo 10.

4.1 Caracterización morfológica en descriptores vegetativos

La mitad de clones de papas nativas estudiadas mostraron el hábito de crecimiento decumbente, mientras que el 22,5% de los clones mostraron el hábito semi-erecto y postrado cada uno. Solo el 5% de los clones presentaron hábitos semi-arrosetadas (Figura 9).

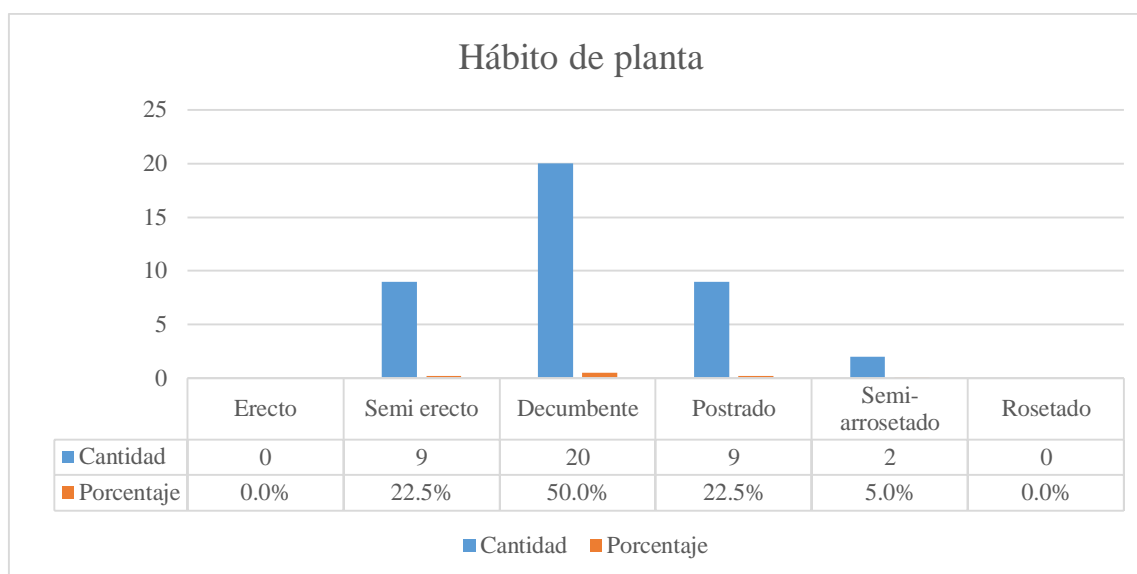


Figura 9: Hábito de planta en clones avanzados de papas nativas estudiadas

Para el color de tallo, el 42,5% de los clones presentó el morado, mientras que el verde y verde con muchas manchas pigmentadas se presentaron en un 20% cada uno, el pigmentado con muchas manchas verdes en 10% y mayormente verde en 7,5% de los clones (Figura 10).

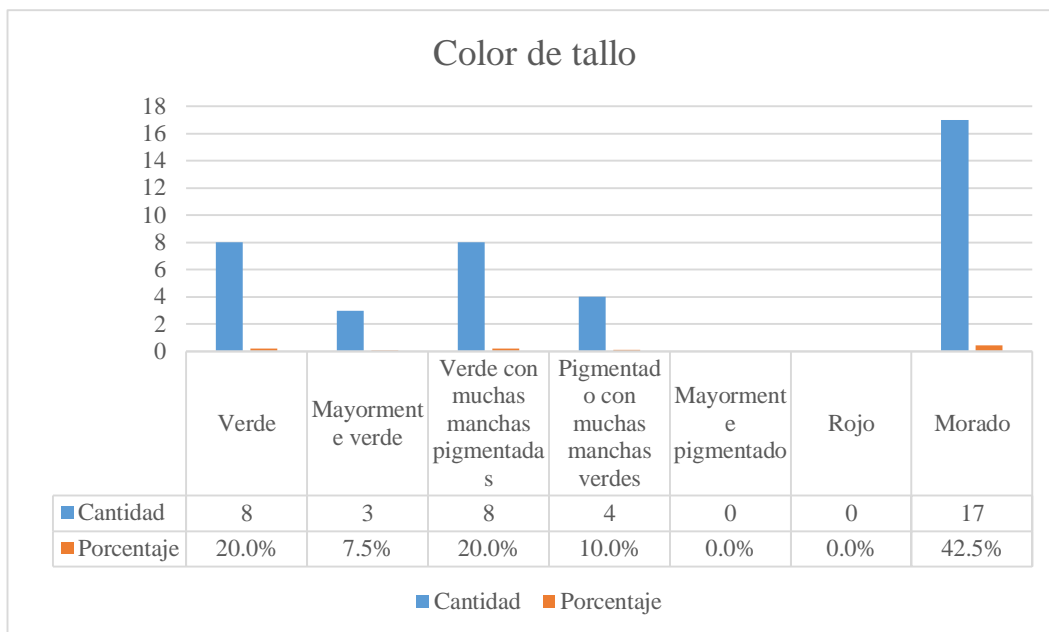


Figura 10: Color de tallo en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 60% de los clones mostraron la forma dentada en las alas del tallo, mientras que la forma recta (35%) y ondulado (5%) se presentaron en menores cantidades (Figura 11).

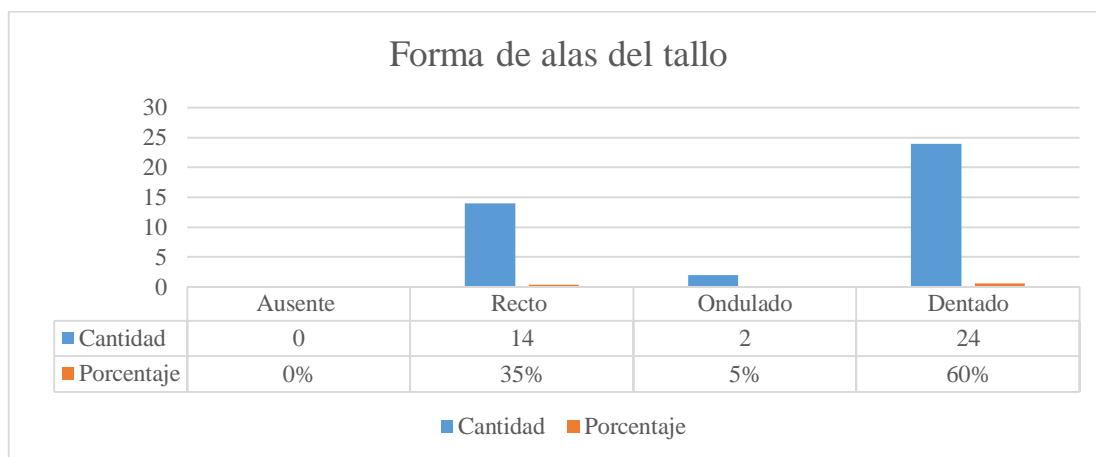


Figura 11: Forma de alas del tallo en clones avanzados de papas nativas estudiadas

La característica de hoja disectada se presentó en todos los clones estudiados para el descriptor tipo de disección de la hoja.

La Figura 12 muestra que el 32,5% de clones estudiados presentaron cuatro pares, el 30% presentó cinco pares, el 27,5% presentó seis pares mientras que el 10% presentó tres pares de folíolos laterales.

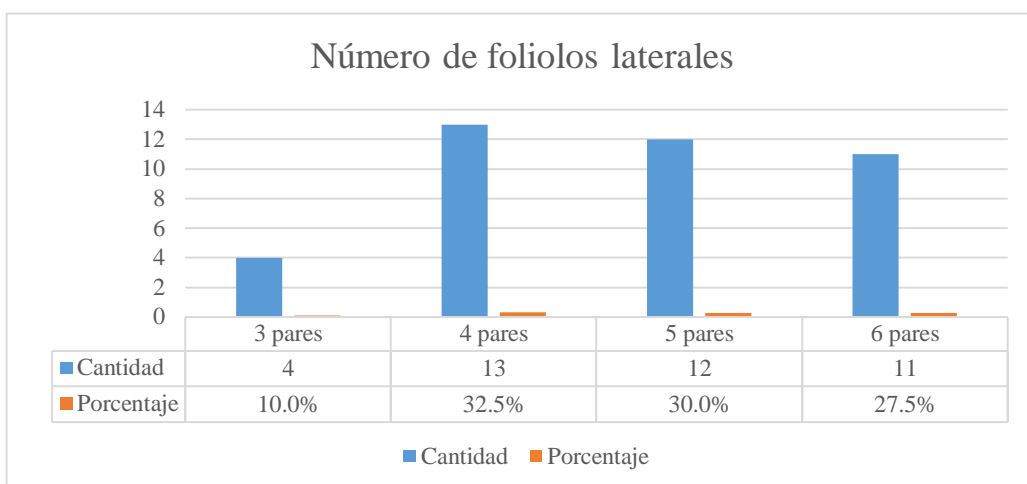


Figura 12: Número de foliolos laterales en clones avanzados de papas nativas estudiadas

Más de la mitad de clones estudiados (55%) presentaron dos pares de interhojuelas entre foliolos laterales. Mientras que los clones que presentaron un par y tres pares tuvieron una frecuencia del 22,5% cada uno (Figura 13).

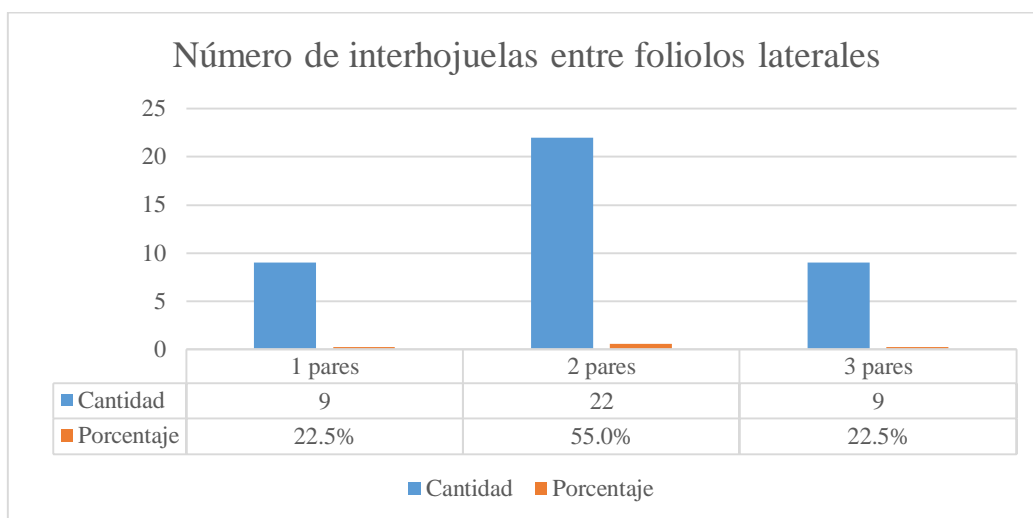


Figura 13: Número de interhojuelas entre foliolos laterales en clones avanzados de papas nativas estudiados

La Figura 14 muestra que sólo el 32,5% de los clones estudiados presentaron un par de interhojuelas sobre los peciolulos.

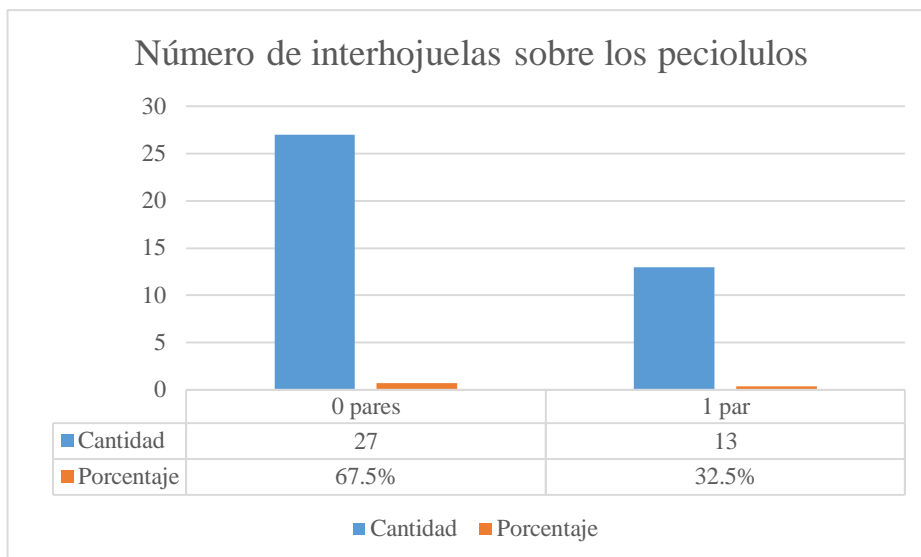


Figura 14: Número de interhojuelas sobre los peciolulos en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 62,5% de clones presentaron el foliolo terminal de la forma anchamente elíptica y el resto de clones tuvieron el foliolo terminal de las formas ovado (5%), lanceolado (5%), elíptico (5%), ver figura 15.

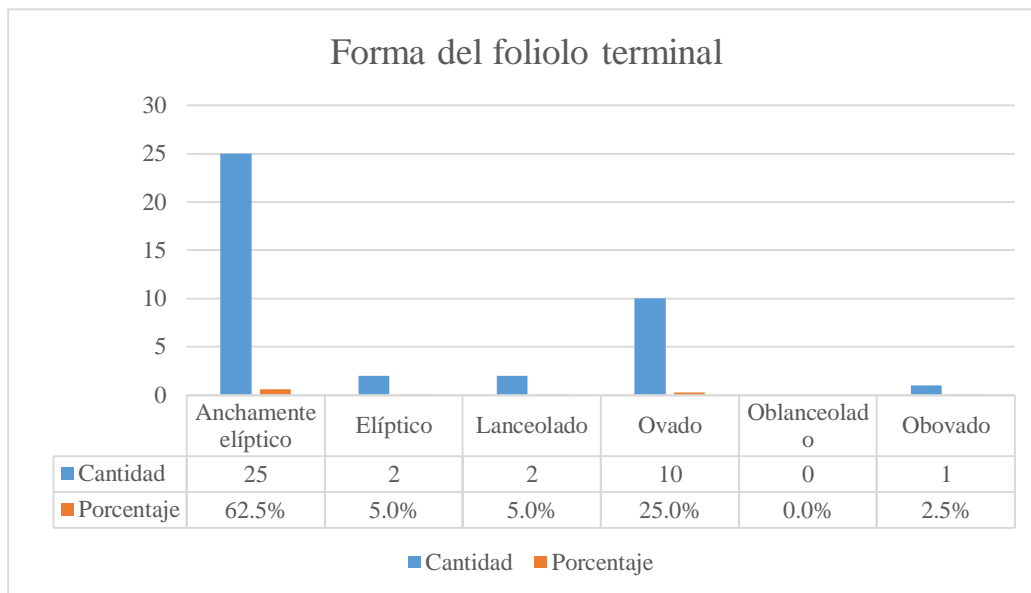


Figura 15: Forma del foliolo terminal en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 42,5% de los clones estudiados presentaron flores con corola de forma pentagonal. Asimismo, el 35% de clones presentaron flores con corola de la forma rotada, 20% de la forma semi-estrellada y 2,5% de la forma estrellada (Figura 16).

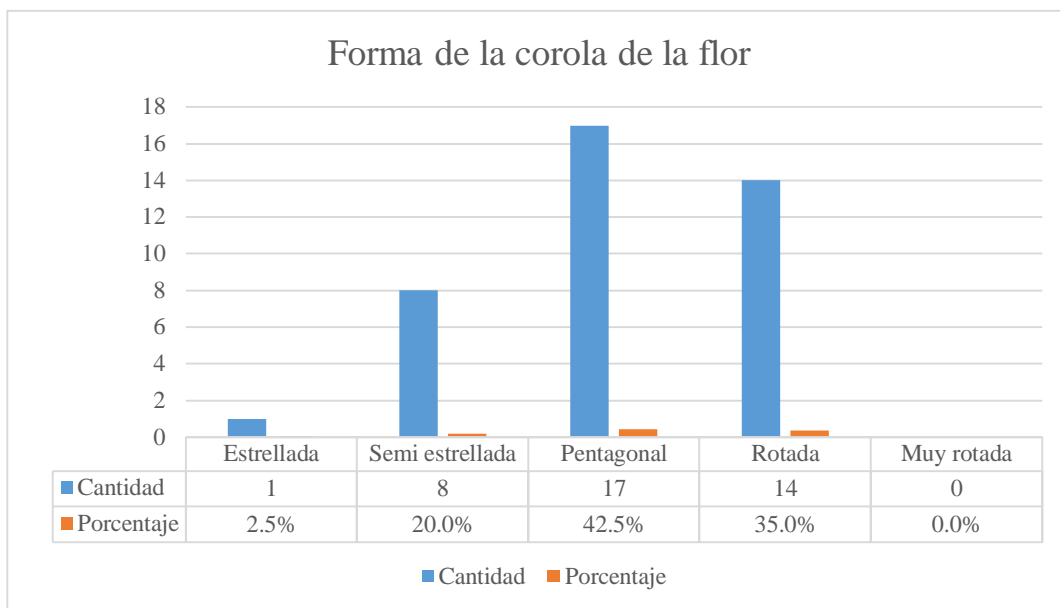


Figura 16: Forma de la corola de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 47,5% de clones presentaron el color predominante blanco de la flor, y el resto de clones presentaron los colores morado (22,5%), lila (20%), violeta (7,5%) y celeste (2,5%), ver figura 17.

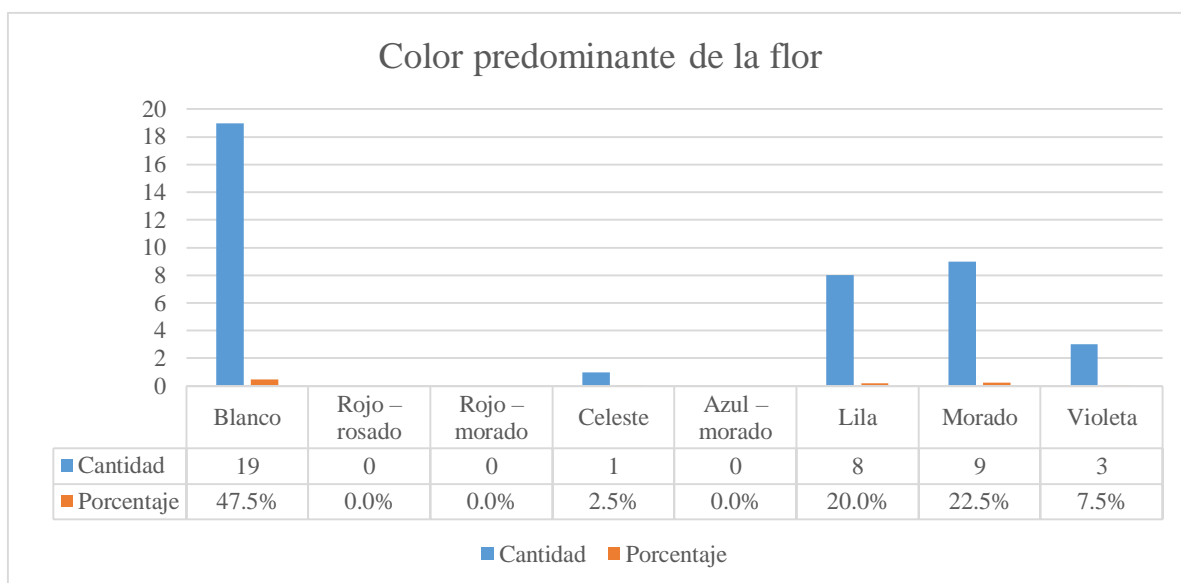


Figura 17: Color predominante de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas

Más de la mitad de clones estudiados (52,5%) presentaron intensidad pálida. Mientras que el 32,5% presentó intensidad oscura/intensa y el 15% una intensidad intermedia (Figura 18).

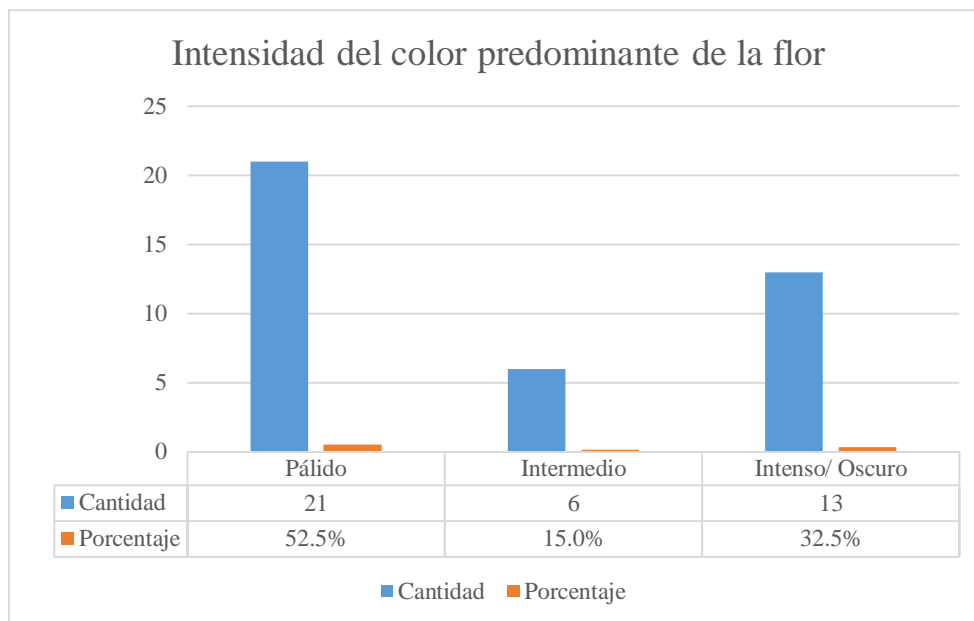


Figura 18: Intensidad del color predominante de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 55% de clones no presentaron color secundario en las flores; sin embargo, el 35% presentó el color blanco y el 10% el color lila (Figura 19).

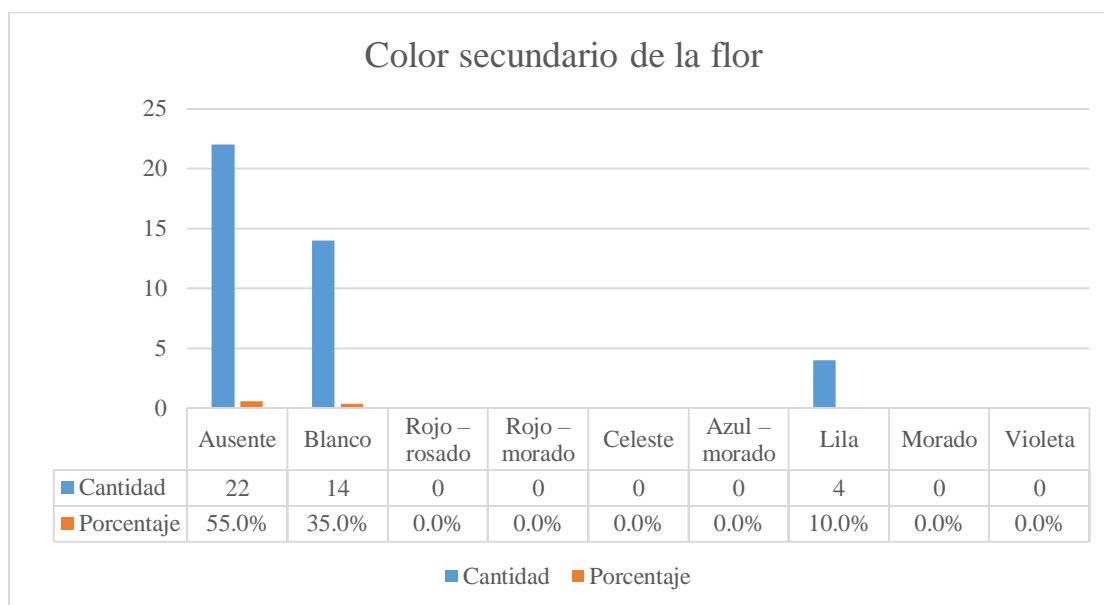


Figura 19: Color secundario de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 55% de clones estudiados presentaron la ausencia de la característica, por lo que la característica acumen (blanco) – envés se presentó en el 15% de clones y el 5% presentó bandas en el envés. Finalmente, las características bandas en el haz y bandas en ambas caras se presentaron en 2,5% cada una (Figura 20).

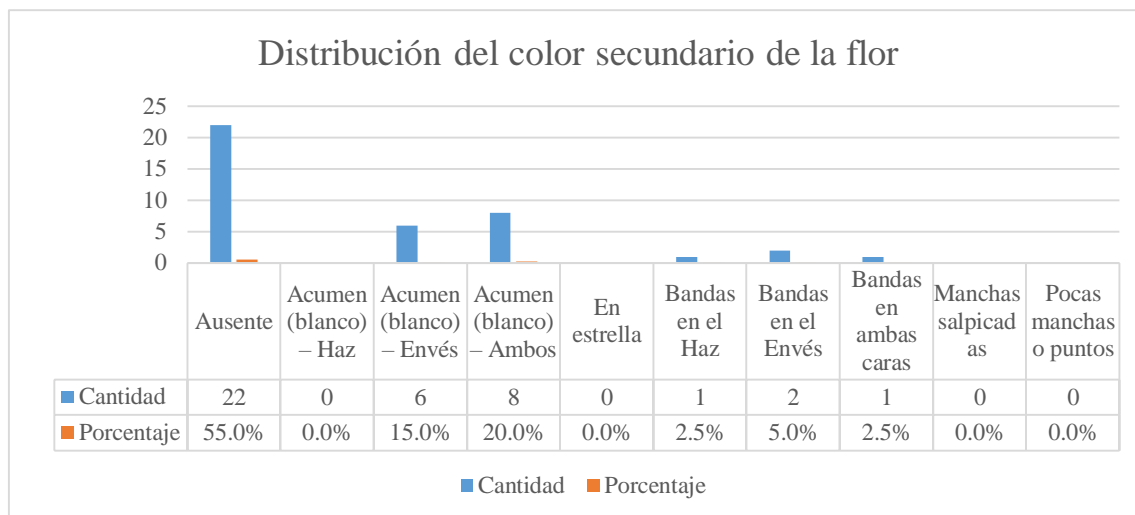


Figura 20: Distribución del color secundario de la flor en clones avanzados de papas nativas estudiadas

4.2 Caracterización morfológica en descriptores de tubérculo

El 57,5% de clones presentó el color predominante de piel negruzco. Mientras que las frecuencias para el color rojo-morado fueron de 22,5% y para el color morado 7,5%. Los colores predominantes de piel amarillo, marrón y rojo se presentaron cada uno con una frecuencia de 2,5% (Figura 21).

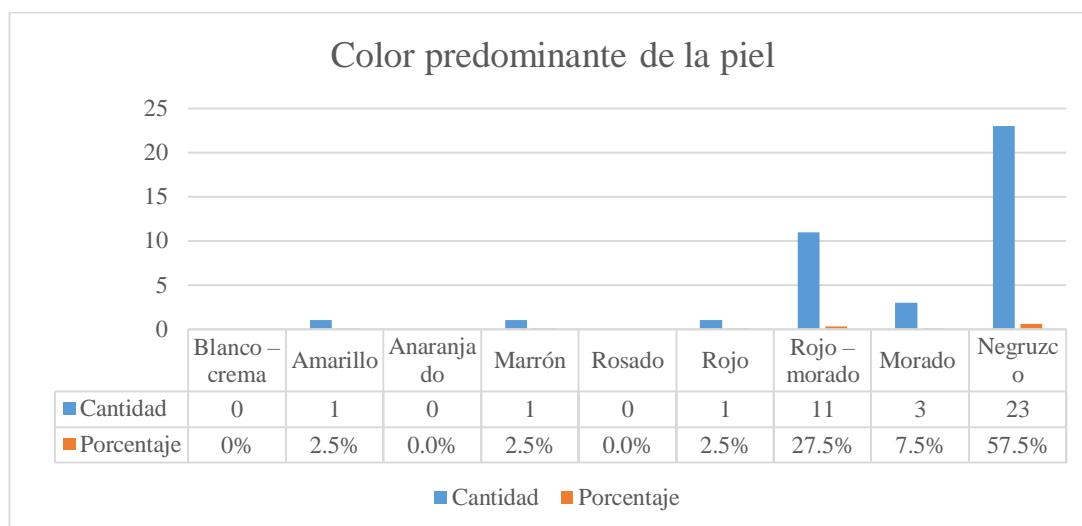


Figura 21: Color predominante de la piel en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 92,5% de clones estudiados presentaron color predominante de la piel intensa. En tanto la intensidad intermedia fue encontrada en el 7,5% (Figura 22).

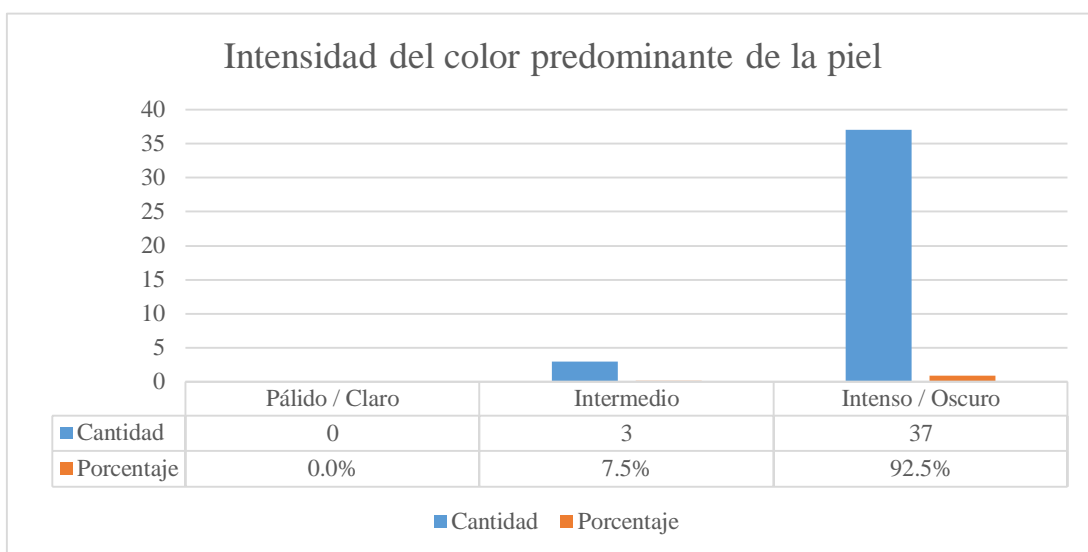


Figura 22: Intensidad del color predominante de la piel en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 95% de clones no presentaron color secundario de la piel, mientras que el clon, mientras que el clon 14 presentó el color blanco crema y el clon 1 el color anaranjado (Figura 23).

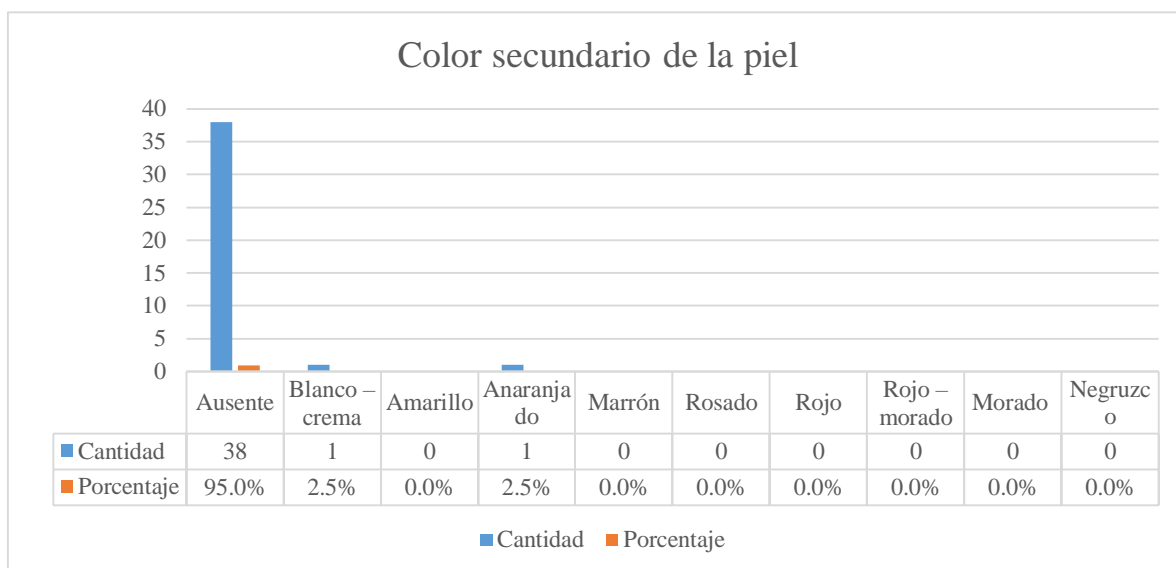


Figura 23: Color secundario de la piel en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 95% de clones no presentó distribución del color secundario de la piel, mientras que los clones 1 y 14 presentaron manchas dispersas (Figura 24).

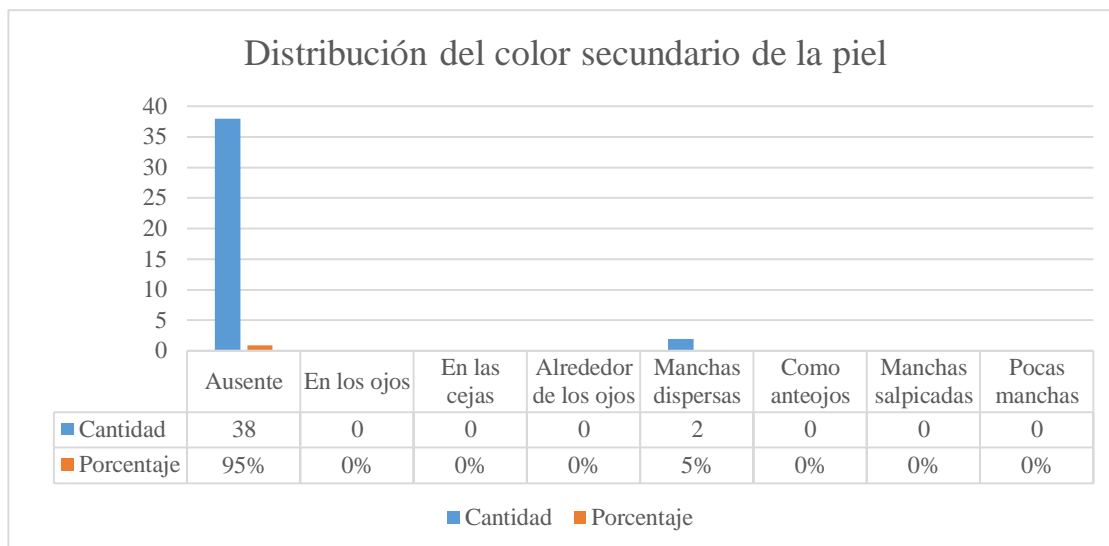


Figura 24: Color secundario de la piel en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 52,5% de clones presentaron el color violeta en la pulpa. El color lila se presentó en el 17,5% de clones, los colores celeste y morado ambos en un 10% cada uno. También se presentó el color blanco en 7,5%, y sólo el 2,5% de clones presentó el color rojo-morado (Figura 25).

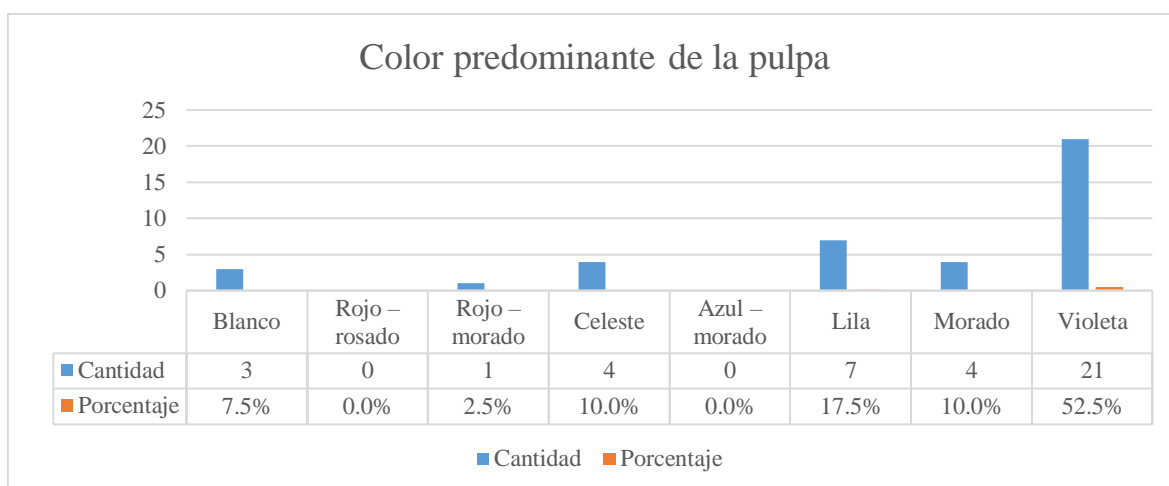


Figura 25: Color predominante de la pulpa en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 52,5% de clones presentó el color secundario de la pulpa blanco, el 22,5% presentó el color rojo-rosado, el 7,5% el color violeta, mientras que los colores azul morado y morado cada uno se presentó con una frecuencia de 2,5%. Asimismo, el 12,5% no presentaron color secundario en la pulpa (Figura 26).

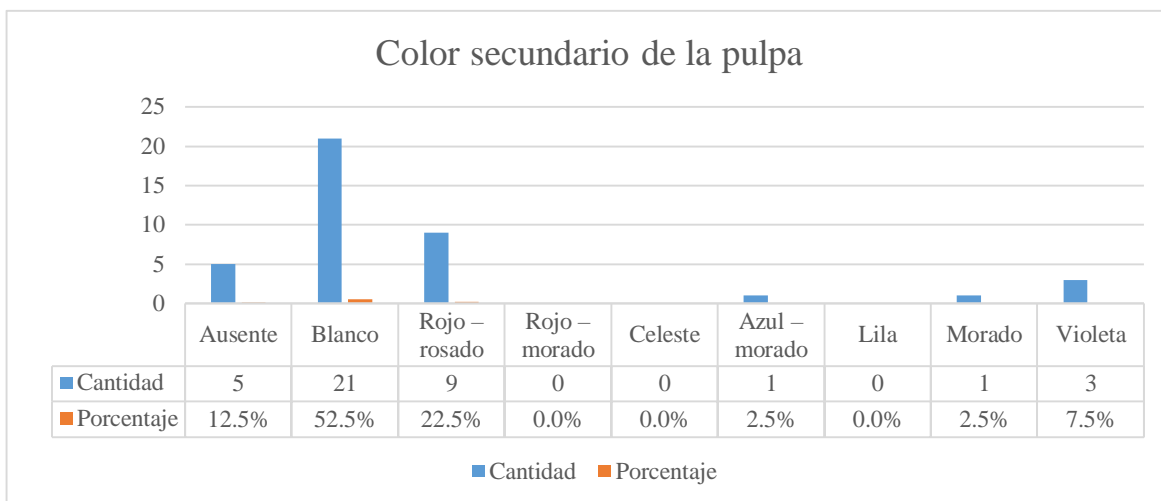


Figura 26: Color secundario de la pulpa en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 27,5% de clones presentó distribución del color secundario de la pulpa en forma de pocas manchas, el 22,5% en áreas, el 15% en anillo vascular angosto, el 10% en anillo vascular y médula, el 5% en anillo vascular ancho, 5% en toda menos médula y el 2,5% de otra forma (salpicada), ver Figura 27.

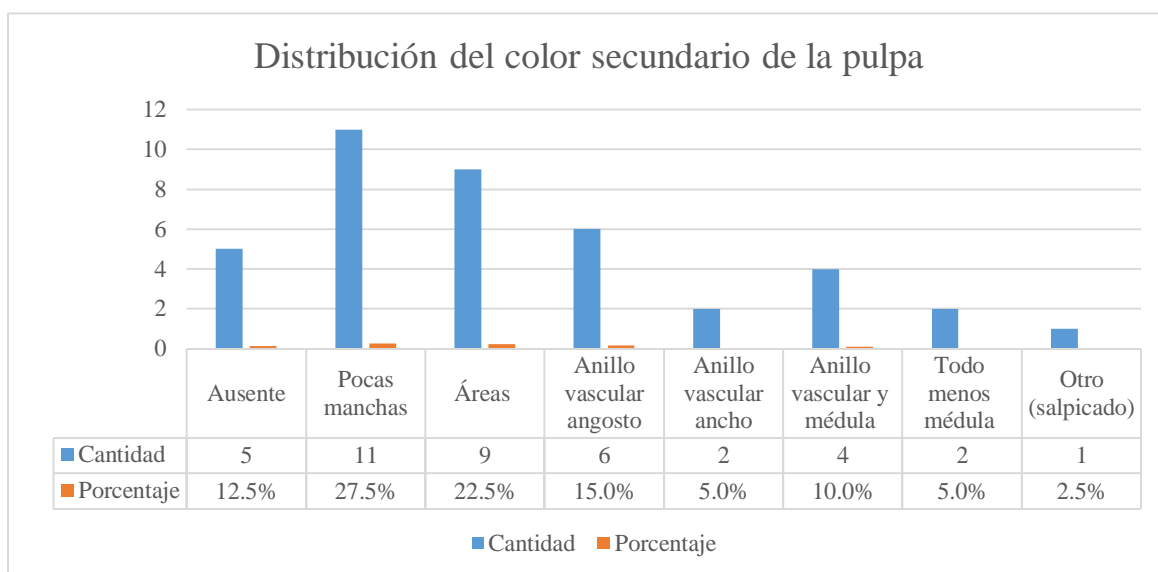


Figura 27: Color secundario de la pulpa en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 42,5% de clones presentó la forma del tubérculo oblonga, el 15% comprimida, el 12,5% oblongo-alargado, el 12,5% ovalada, el 7,5% redondo, el 7,5% elíptico y el 2,5% la forma obovada (Figura 28).

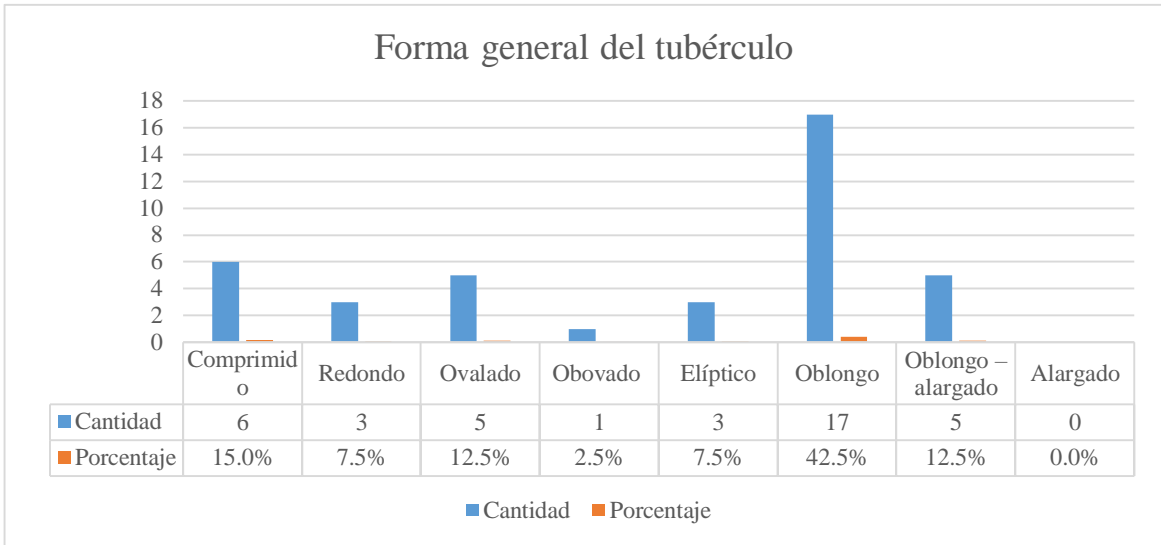


Figura 28: Forma general del tubérculo en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 35% de los clones estudiados presentaron la variante de la forma concertinado y el 2,5% presentaron la variante de la forma fusiforme (Figura 29).

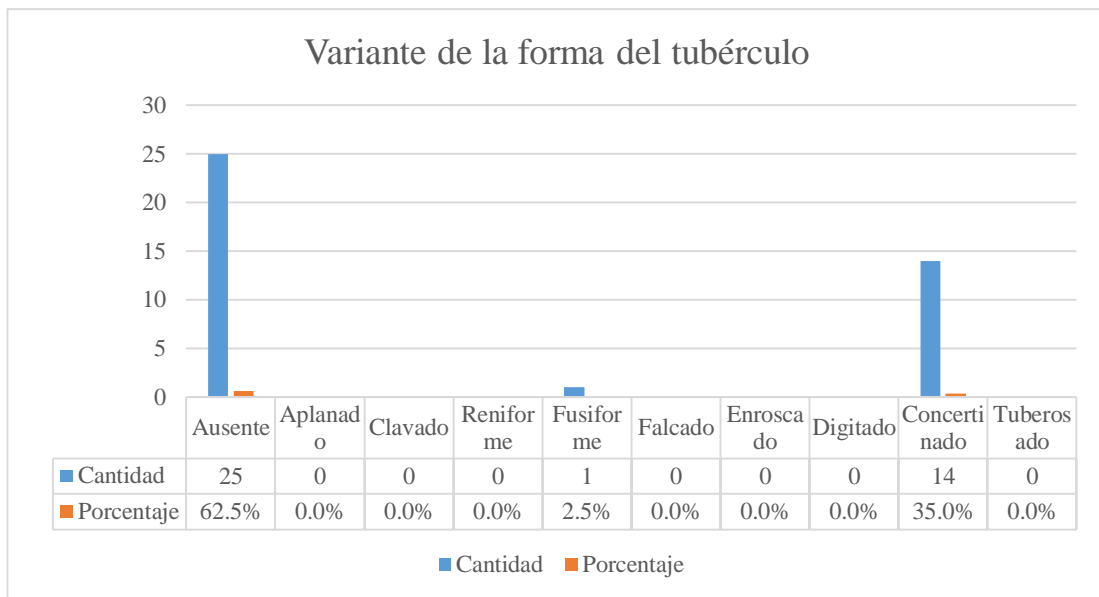


Figura 29: Variante de la forma del tubérculo en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 52,5% de clones presentaron ojos en los tubérculos con profundidad media. Mientras que 47,5% presentaron la característica profunda (Figura 30).

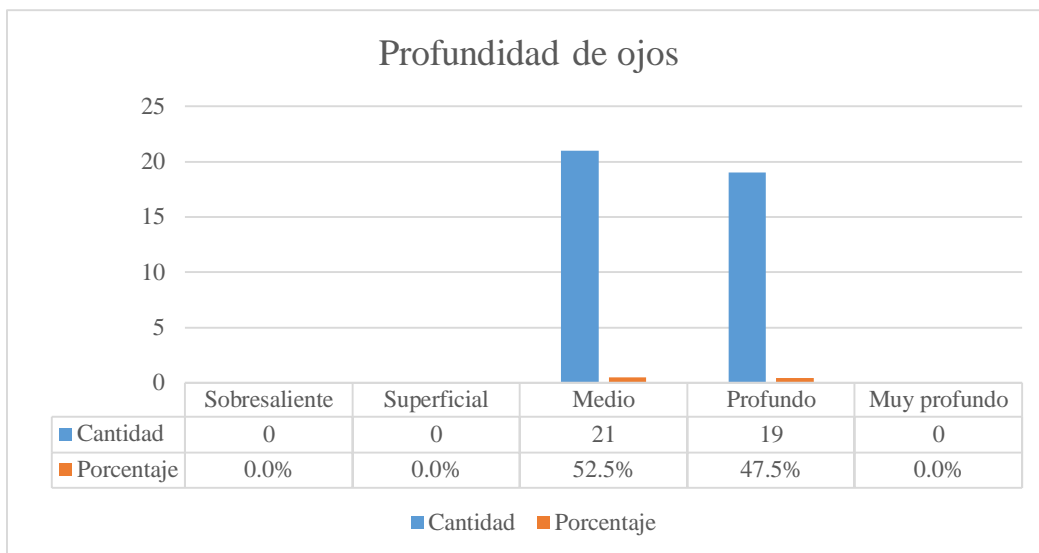


Figura 30: Profundidad de ojos en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 77,5% de clones presentaron el color predominante violeta en el brote. Así también, el 17,5% de clones presentaron brotes de color morado y el 5% de color rojo (Figura 31).

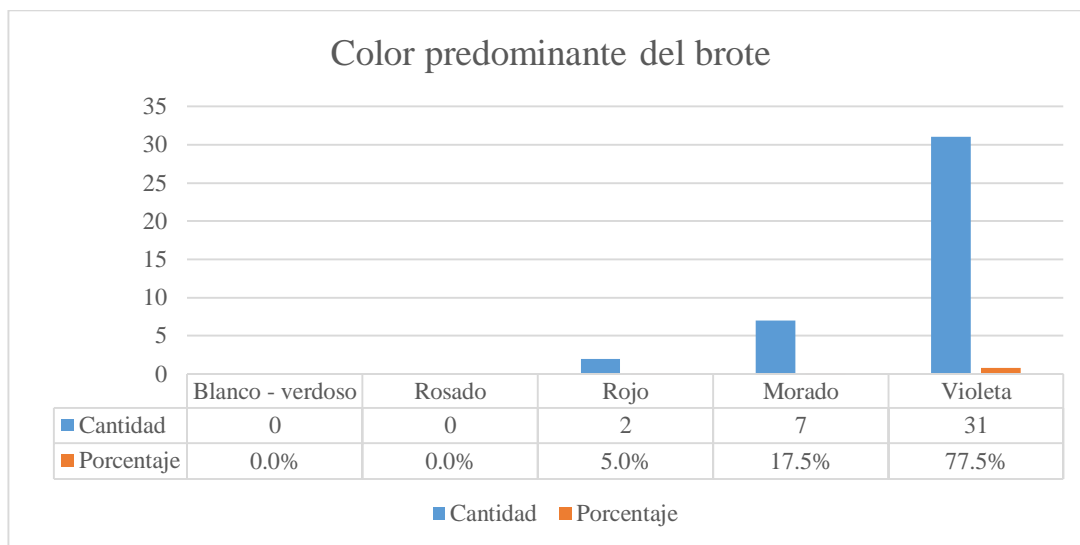


Figura 31: Color predominante del brote en clones avanzados de papas nativas estudiadas

El 75% de clones presentó el color secundario blanco-verdoso del brote y el 5% de clones presentó el color morado (Figura 32).

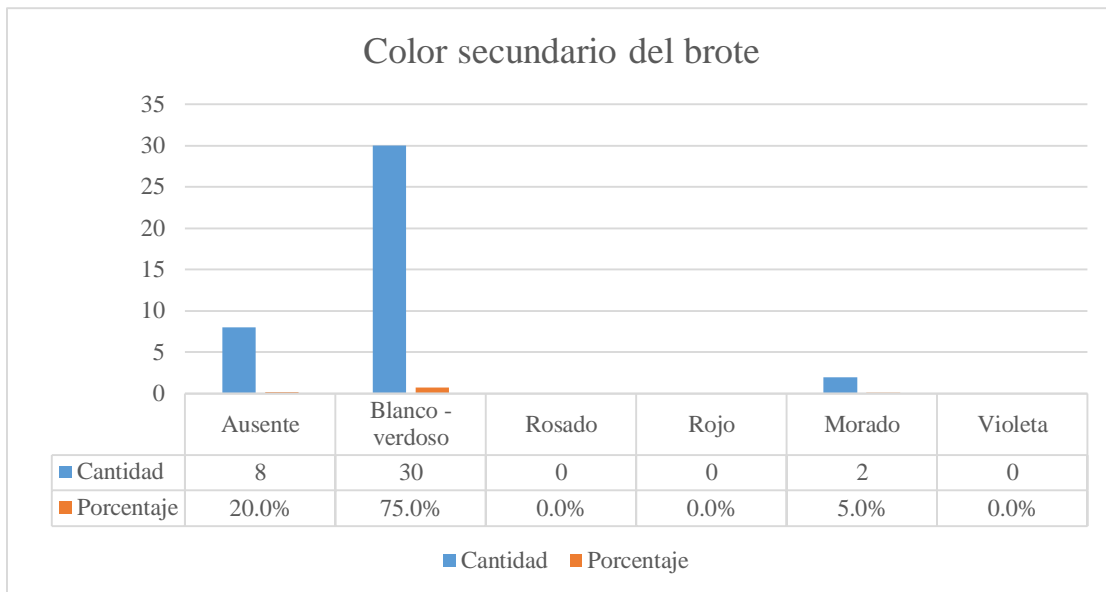


Figura 32: Color secundario del brote en clones avanzados de papas nativas estudiadas

Para todos los clones que presentaron un color secundario en el brote, se observó la distribución de este color fue en el ápice del brote (Figura 33).

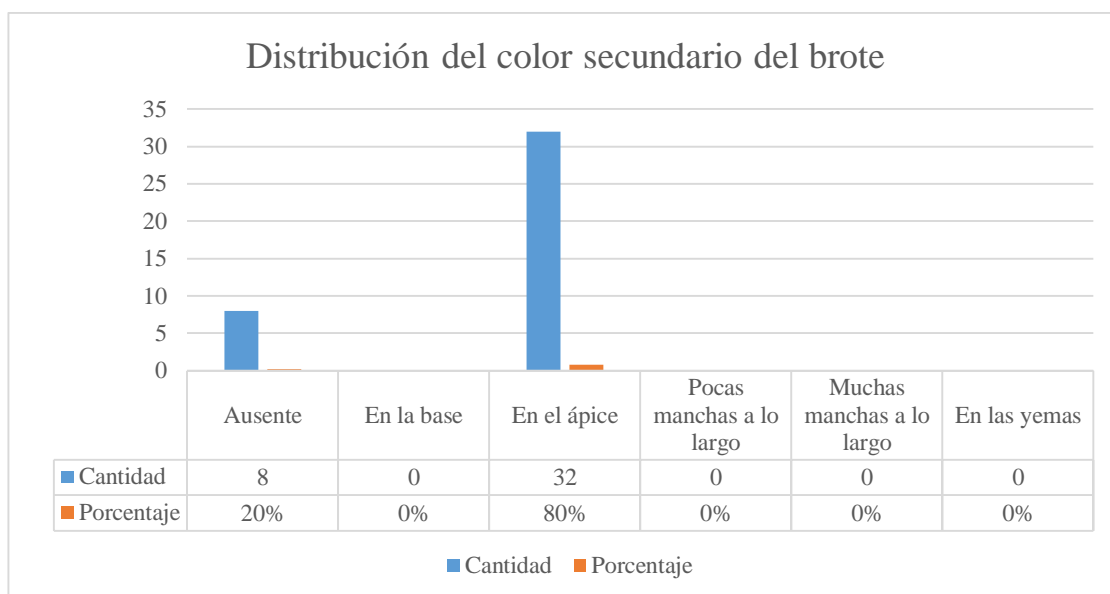


Figura 33: Distribución del color secundario del brote en clones avanzados de papas nativas estudiadas

4.3 Análisis de componentes principales

El método de análisis de componentes principales sirve para realizar caracterizaciones morfológicas, y permite reordenar la población de variables reduciendo su dimensionalidad a nuevas combinaciones lineales o también denominados componentes principales, capaces de captar la mayor variabilidad de las variables originales. Por otro lado, ayuda disminuyendo el número de variables originales que no aportan suficiente variabilidad (Jolliffe, 2002).

- Análisis de componentes principales en descriptores vegetativos

El análisis de componentes principales para los descriptores vegetativos generó un número de componentes igual al número de descriptores usados; en la presente investigación se presentaron 13 descriptores vegetativos, sin embargo, no se consideró el descriptor tipo de disección de la hoja debido a que todos los clones presentaron la misma característica; por lo tanto, se utilizaron únicamente 12 descriptores vegetativos los cuales generaron 12 componentes principales. De los cuales el primer componente explica el 27,59% de variación de los datos, el segundo el 16,46%, el tercero 13,18%, el cuarto 10,09% y el quinto 7,73%, representando en conjunto el 75,05% de la variación total de los datos.

En la Tabla 26, se muestra en la primera columna los componentes principales, generados a partir de las variables originales (descriptores vegetativos); en la segunda columna los valores propios para cada uno de los Componentes Principales (CP); en la tercera columna el porcentaje de variación y en la cuarta columna el porcentaje acumulado de variación que alcanza el 100% en el décimo componente principal.

Tabla 26: Valores Propios (Eigen-value), porcentaje de variación y porcentaje acumulado de variación para cada uno de los 12 componentes principales generados a partir de los descriptores vegetativos de clones avanzados de papas nativas

Componentes principales	Valor propio o Eigen-value	Porcentaje de variación	Porcentaje acumulado de variación
Comp 1	3,31	27,59	27,59
Comp 2	1,97	16,46	44,05
Comp 3	1,58	13,18	57,24
Comp 4	1,21	10,09	67,34
Comp 5	0,92	7,73	75,07
Comp 6	0,86	7,18	82,25
Comp 7	0,68	5,71	87,97
Comp 8	0,53	4,42	92,39
Comp 9	0,37	3,09	95,49
Comp 10	0,26	2,23	97,73
Comp 11	0,14	1,24	98,97
Comp 12	0,12	1,02	100

En la Tabla 27 se muestra los porcentajes de contribución de cada descriptor asociado al componente principal. El primer componente está conformado por el color de tallo (18,10%) y color predominante de la flor (17,87%); el segundo componente conformado por color secundario de la flor (32,27%) y distribución del color secundario de la flor (22,95%); el tercer componente conformado por la forma de la corola de la flor (26,58%) y número de foliolos laterales (14,69%); el cuarto componente conformado por la forma del foliolo terminal (38,92%) y por hábito de planta (23,64%) y el quinto componente conformado por forma de la corola de la flor (21,09%) y forma de alas del tallo (18,25%).

Tabla 27: Contribución de los 12 descriptores vegetativos para los 5 primeros componentes principales

Descriptores	Comp				
	1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
Hábito de planta	0,79	6,98	6,92	23,64	14,42
Color de tallo	18,10	1,89	1,24	0,08	0,12
Forma de alas del tallo	8,26	0,12	10,33	1,97	18,25
Número de foliolos laterales	10,48	1,34	14,69	4,42	15,86
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	11,72	2,84	5,54	5,05	17,86
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	12,23	8,35	1,48	1,07	2,55
Forma del foliolo terminal	0,42	1,85	11,86	38,92	1,79
Forma de la corola de la flor	0,39	4,55	26,58	2,77	21,09
Color predominante de la flor	17,87	5,02	0,59	11,56	0,61
Intensidad del color predominante de la flor	11,83	11,84	5,24	8,52	1,15
Color secundario de la flor	0,79	32,27	11,82	1,34	0,03
Distribución del color secundario de la flor	7,12	22,95	3,71	0,66	6,27

- Análisis de componentes principales en descriptores de tubérculo

El análisis de componentes principales generó un número de componentes igual al número de descriptores usados; los cuales fueron 13 descriptores de tubérculo por lo tanto se generaron 13 componentes principales. De los cuales el primer componente explica el 25.56% de variación de los datos, el segundo el 16,57%, el tercero 14,73%, el cuarto 10,11% y el quinto 9,09%, representando en conjunto el 76,06% de la variación total de los datos.

En la Tabla 28, se muestra en la primera columna los componentes principales, generados a partir de las variables originales (descriptores vegetativos); en la segunda columna los valores propios para cada uno de los Componentes Principales (CP); en la tercera columna el porcentaje de variación y en la cuarta columna el porcentaje acumulado de variación que alcanza el 100% en el décimo componente principal.

Tabla 28: Valores Propios (Eigen-value), porcentaje de variación y porcentaje acumulado de variación para cada uno de los 13 componentes principales generados a partir de los descriptores de tubérculo de clones avanzados de papas nativas

Componentes principales	Valor propio o Eigen-value	Porcentaje de variación	Porcentaje acumulado de variación
Comp 1	3,32	25,56	25,55
Comp 2	2,15	16,57	42,12
Comp 3	1,91	14,73	56,86
Comp 4	1,31	10,11	66,97
Comp 5	1,18	9,09	76,06
Comp 6	0,89	6,87	82,93
Comp 7	0,70	5,44	88,37
Comp 8	0,52	4,05	92,41
Comp 9	0,32	2,49	94,90
Comp 10	0,25	1,95	96,85
Comp 11	0,19	1,53	98,38
Comp 12	0,14	1,15	99,53
Comp 13	0,06	0,46	100

En la Tabla 29 se muestra los porcentajes de contribución de cada descriptor asociado al componente principal. El primer componente está conformado por el color secundario de la piel (15,68%) y el color secundario del brote (15,64%); el segundo componente conformado por color predominante de la pulpa (22,35%) y distribución del color secundario de la piel (17,42%); el tercer componente conformado por el color secundario de la pupa (19,55%) y distribución del color secundario del brote (14,96%); el cuarto componente conformado por el color predominante del brote (39,25%) y la distribución del color secundario de la pulpa (15,39%) y el quinto componente conformado por el color secundario de la pupa (32,24%) y forma general del tubérculo (25,67%).

Tabla 29: Contribución de los 13 descriptores vegetativos para los 5 primeros componentes principales

Descriptores	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
Color predominante de la piel	2,65	9,11	9,99	9,99	3,38
Intensidad del color predominante de la piel	12,64	1,83	0,0026	7,17	0,00099
Color secundario de la piel	15,68	17,04	0,14	0,01	2,26
Distribución del color secundario de la piel	12,60	17,42	0,03	0,25	2,42
Color predominante de la pulpa	3,87	22,35	6,03	0,00068	6,07
Color secundario de la pupa	0,61	4,37	19,55	0,18	32,24
Distribución del color secundario de la pulpa	0,00099	9,22	11,99	15,39	2,12
Forma general del tubérculo	7,15	0,09	2,315	13,66	25,67
Variante de la forma del tubérculo	9,32	1,88	13,83	1,10	12,21
Profundidad de ojos	13,18	6,73	3,78	4,70	1,43
Color predominante del brote	0,10	3,96	7,40	39,25	7,56
Color secundario del brote	15,64	0,09	9,94	4,69	2,27
Distribución del color secundario del brote	6,50	5,84	14,96	3,57	2,33

4.4 Análisis cluster

El análisis cluster muestra divisiones, las cuales pueden ser grandes grupos, es decir los que se han originado a niveles bajos de similitud; luego se analizan dichos grupos separándolos en subgrupos, conjuntos y subconjuntos hasta llegar a los núcleos que representan la máxima similitud hallada en los individuos que se estudian. (Balzarini *et al.* 2008)

La Figura 34, obtenido en base al análisis de 13 descriptores vegetativos y 13 descriptores de tubérculo en los 40 clones de papas nativas estudiados, a una altura de 8,5 presenta 6 grupos los cuales fueron originados a bajos niveles de similitud hasta llegar a los núcleos que representan la máxima similitud de las características cualitativas de los clones estudiados.

Para estudios de gran cantidad de variables resulta imposible la interpretación con otros análisis uni y bidimensionales. Las técnicas más utilizadas son: el análisis de agrupamiento (“clúster análisis”) y el método de ordenación (Crisci y López, 1983).

El análisis de agrupamiento o clúster, es un método analítico que se usa para clasificar las accesiones (clones) en grupos relativamente homogéneos en base a alguna similitud existente entre ellas, y cuyo objetivo es clasificar un conjunto de (n) accesiones en un número pequeño de grupos o conglomerados, donde la formación de estos grupos puede obedecer a leyes naturales o a cualquier conjunto de características comunes a las accesiones (Franco e Hidalgo, 2003).

- **Grupo 1**

Este grupo está conformado únicamente por el clon 1, se caracterizó por presentar el color predominante de la piel morado y el color secundario de la piel naranja.

- **Grupo 2**

Este grupo está conformado únicamente por el clon 2, se caracterizó por presentar el color secundario amarillo intenso en la pulpa y el color predominante rojo en el brote.

- **Grupo 3**

El tercer grupo está conformado por el clon 25, clon 7, clon 10 y el clon 35 que comparten el 46,15% de similitud de caracteres. Este grupo mostró la característica disectada para el descriptor tipo de disección de la hoja y se caracterizó por presentar dos pares de interhojuelas entre folíolos laterales, el blanco pálido como color predominante de la flor y el color secundario de la flor lila. Asimismo, presentaron tubérculos con color predominante de la piel intensa, mostraron ausencia para color secundario de la piel y de la distribución de este. Además, estos presentaron la variante de la forma concertinada, la profundidad de ojos profunda, el color secundario del brote blanco-verdoso y la distribución del color secundario del brote fue en el ápice.

- **Grupo 4**

El cuarto grupo está integrado por dos subgrupos, los cuales mostraron la característica disectada para el descriptor tipo de disección de la hoja. El primer subgrupo presentó 19,23%

de similitud de caracteres y está conformado por el clon 15, clon 27, clon 39, clon 30, clon 32, clon 4, clon 22, clon 26, clon 21, clon 28, clon 3 y el clon 5. Este agrupamiento se caracterizó por presentar tubérculos con color predominante de la piel negruzco intenso y la ausencia en el color secundario de la piel y en la distribución de este.

El segundo subgrupo presentó 30,76% de similitud de caracteres, integrado por el clon 18, clon 23, clon 6 y el clon 8. Estos clones mostraron forma ovado para el foliolo terminal y color predominante de la piel fue negruzca. Los tubérculos mostraron la ausencia en el color secundario de la piel y en su distribución., así como en la variante de la forma del tubérculo. Además, se diferenció por la profundidad media de los ojos y el color violeta predominante del brote.

- **Grupo 5**

Los clones de este grupo comparten el 26,92% de similitud en caracteres, y está conformado por el clon 33, clon 34, clon 37, clon 24, clon 31, clon 36 y el clon 38. Esta agrupación mostró la característica disectada para el descriptor tipo de disección de la hoja. Además, presentó un intenso color predominante de la piel y la ausencia en el color secundario de la piel y su distribución. Los tubérculos presentaron profundidad media de los ojos y color predominante violeta en el brote, así como el color secundario del brote se distribuyó en el ápice.

- **Grupo 6**

El sexto grupo presentó 26,92% de similitud y está integrado por el clon 14, clon 11, clon 19, clon 20, clon 29, clon 12, clon 40, clon 13, clon 16, clon 9 y clon 17. Estos clones mostraron hojas disectadas y se caracterizaron por la ausencia de pares de interhojuelas sobre los peciolulos y por presentar color predominante blanco pálido en la flor; sin embargo, las flores no presentaron color secundario ni distribución para estas. Se presentaron tubérculos con color predominante de la piel intensa.

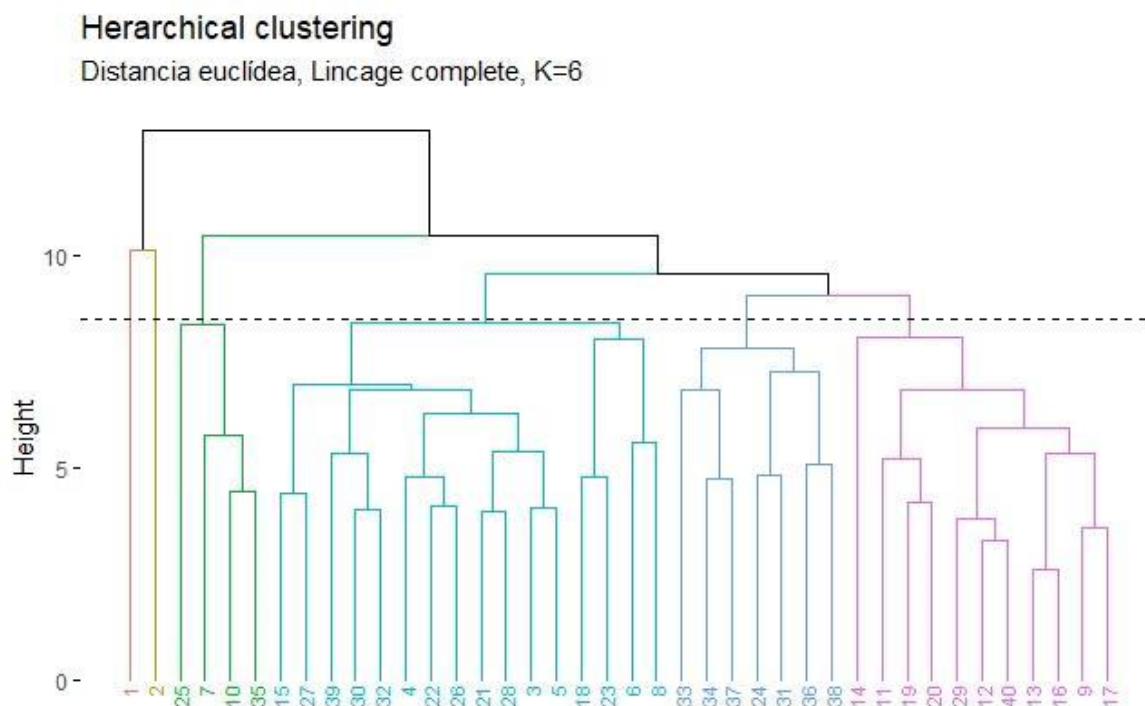


Figura 34: Análisis cluster obtenido en base al análisis de 26 caracteres morfológicos en 40 clones avanzados de papas nativas (*Solanum* spp.)

4.5 Análisis de materia seca

El Anexo 11 y la Figura 35 muestran los porcentajes de materia seca que presentaron los clones estudiados, donde el 45% de clones presentaron una concentración de materia por encima del promedio. El clon 14 (43,55% de M.S) presentó mayor porcentaje de materia seca, seguido del clon 24 (43,42% de M.S) los cuales superaron el valor de la suma de la media más dos veces la desviación estándar ($media+2D.E$), ver tabla 30; según indican Cacace *et al.* (1994), las variedades de papas, se agrupan en alto contenido (más de 20%), contenido intermedio (18 a 19,9%) y bajo contenido (17,9%); y Gómez *et al.*, 2008 señala que están en el rango de 24 a 35%.

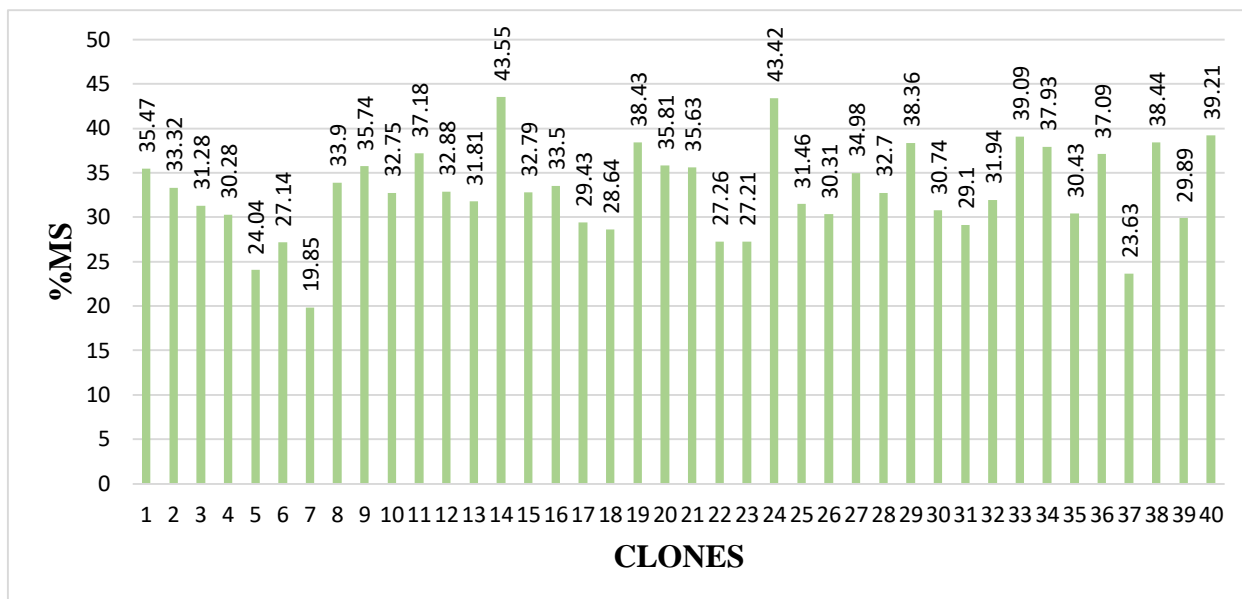


Figura 35: Porcentaje de materia seca en los 40 clones avanzados estudiados

Tabla 30: Resumen estadístico de materia seca (media, desviación estándar, error experimental, mínimo, máximo)

Variable	Cantidad	Media	Desviación estándar	E.E	Mín	Máx
% Materia seca	40	32,92	5,08	0,8	19,85	43,55

4.6 Análisis de hierro

El Anexo 12 y Figura 36 muestran las concentraciones de hierro, donde el 42,5% de clones estudiados presentaron una concentración de hierro por encima del promedio. El clon 13 presentó la más alta concentración de hierro con 183 mg.kg^{-1} , siendo el único valor por encima de la suma de la media más dos veces la desviación estándar ($\text{media}+2\text{D.E}$), ver tabla 31. Según el método de remuestreo del percentil con Bootstrapping, el intervalo de confianza al 95% muestra que el percentil inferior y superior del rango de variación para la concentración de Fe está entre $84,79$ a $107,65 \text{ mg.kg}^{-1}$. Las concentraciones de hierro fueron superiores a las descritas por el Ministerio de Salud del Perú (2009), Ortiz (2010) y Gabriel *et al.*, (2014).

Burgos *et al.*, 2007, estudiaron 37 accesiones de cinco grupos taxonómicos de papa del banco de germoplasma del CIP y 12 cultivares nativos, encontraron concentraciones de hierro de $36,7 \text{ mg.kg}^{-1}$.

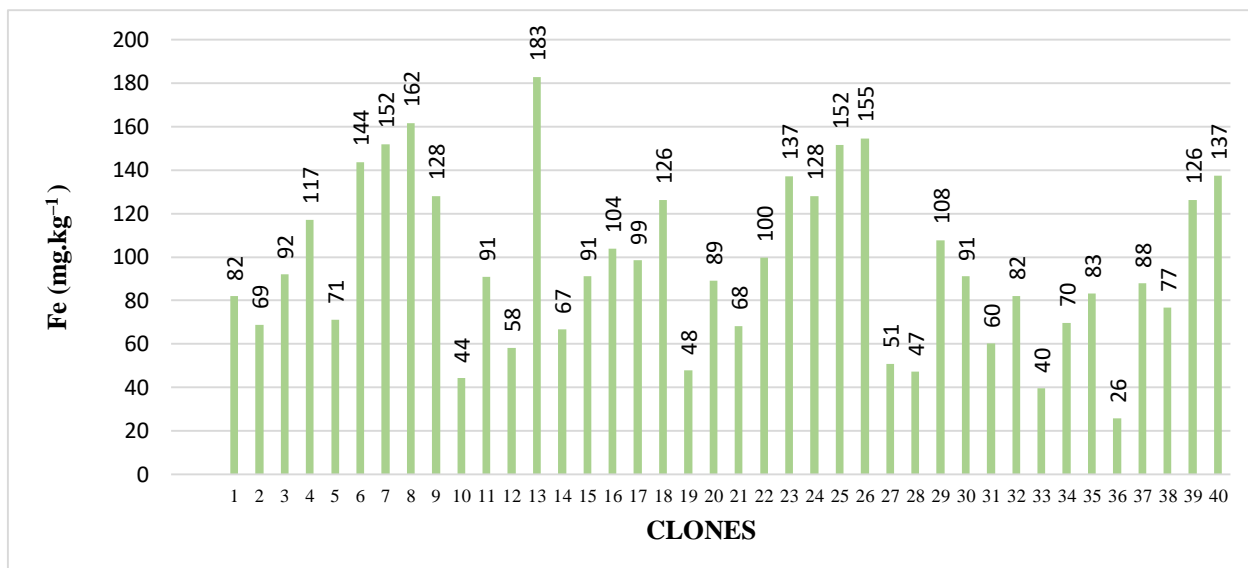


Figura 36: Concentración de Fe (mg.kg⁻¹) en los 40 clones avanzados estudiados

Tabla 31: Resumen estadístico del hierro (media, desviación estándar, error experimental, mínimo, máximo, intervalos de confianza)

Micronutriente	Cantidad	Media	D.E	E.E	Min	Máx	Percentil 2.5% (inferior)	Percentil 97.5% (superior)
Hierro	40	96,08	38,18	6,04	26	183	84,79	107,65

4.7 Análisis de zinc

El Anexo 11 y la Figura 37 muestra las concentraciones de zinc, donde el 40% de clones estudiados presentaron una concentración de zinc por encima del promedio. El clon 26 presentó mayor concentración de zinc con 44 mg.kg⁻¹, seguido del clon 6 con 43 mg.kg⁻¹ los cuales superaron el valor de la suma de la media más dos veces la desviación estándar (media+2D.E), ver tabla 32. Estas cantidades fueron superiores a las que mostraron los estudios de Burgos *et al.*, 2007 con 20,2 mg.kg⁻¹. Según el método de remuestreo del percentil con Bootstrapping, el intervalo de confianza al 95% muestra que el percentil inferior y superior del rango de variación para la concentración de Zn está entre 18,04 a 23,20 mg.kg⁻¹. Asimismo, la mayoría de las papas nativas estudiadas serían consideradas fuentes que proporcionan mayor concentración de zinc como la carne roja, cereales integrales y legumbres en concentraciones de 25 a 50 mg.kg⁻¹ (380 a 760mmol/kg) (FAO & World Health Organization, 1998).

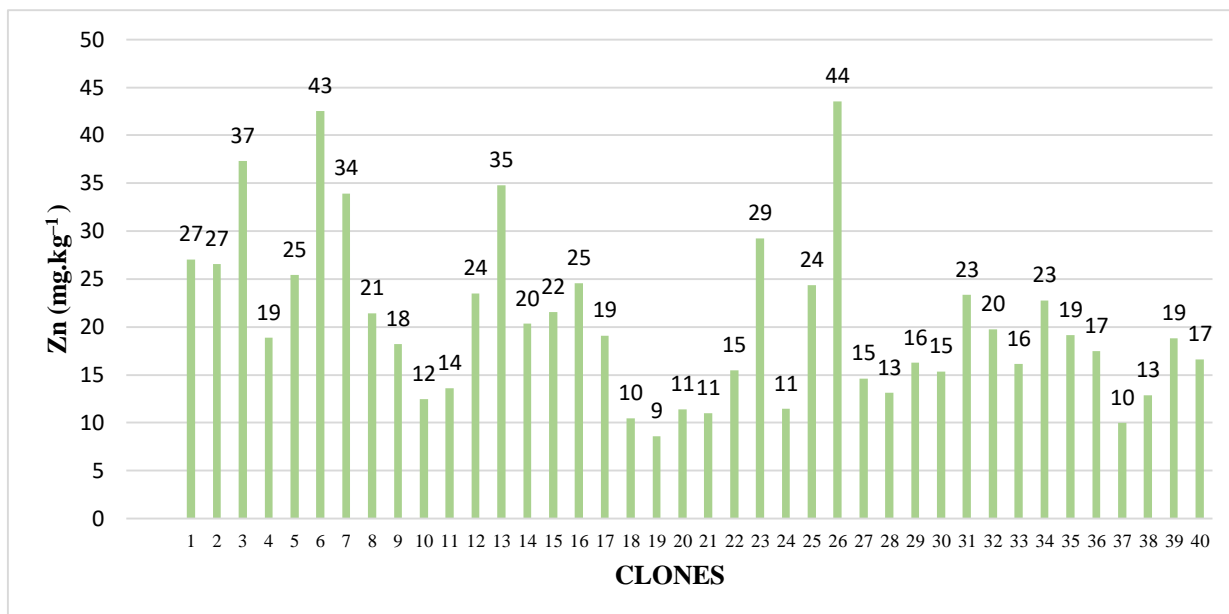


Figura 37: Concentración de Zn (mg.kg⁻¹) en los 40 clones avanzados estudiados

Tabla 32: Resumen estadístico de zinc (media, desviación estándar, error experimental, mínimo, máximo, intervalos de confianza)

Micronutriente	Cantidad	Media	D.E	E.E	Min	Máx	Percentil 2.5% (inferior)	Percentil 97.5% (superior)
Zinc	40	20,55	8,74	1,38	9	44	18,04	23,20

4.8 Análisis del rendimiento

El Anexo 13 y la Figura 38 muestran el rendimiento que se obtuvo para los clones en estudio, donde el 55% de clones estudiados presentaron rendimiento sobre el promedio. El clon 23 y clon 39 fueron los que más rindieron con 22,9 t/ha cada uno, superando el valor de la suma de la media más la desviación estándar (media+D.E), ver tabla 33. Esta amplia capacidad productiva de los clones en estudio, permite la selección de los mejores para estudios específicos.

Diversas investigaciones señalan una marcada variación en el rendimiento de papas nativas, según Escaldón *et al.* (2005) en el grupo *Phureja*, se encontró que el rendimiento de 25 genotipos redondos varió desde 2,6 t/ha hasta 21,6 t/ha. En Cajamarca, Seminario y Medina (2009), trabajaron once cultivares y encontraron rendimientos de 12 a 18 t/ha (14 t/ha, en promedio).

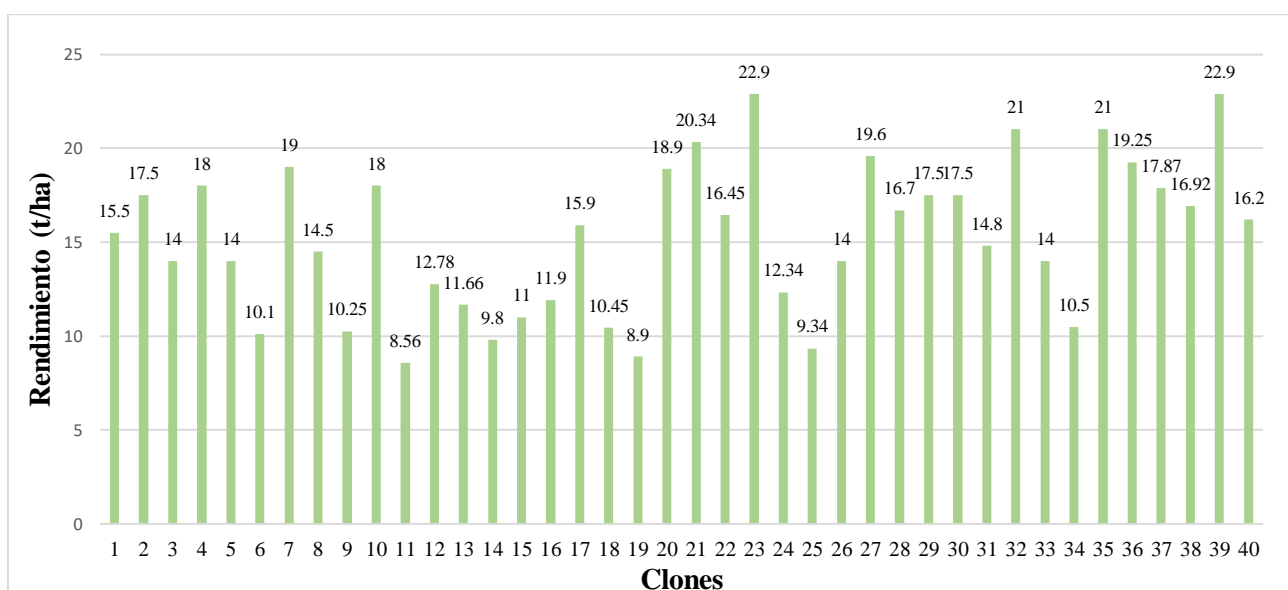


Figura 38: Rendimiento (t/ha) en los 40 clones avanzados estudiados

Tabla 33: Resumen estadístico del rendimiento (media, desviación estándar, error experimental, mínimo, máximo)

Variable	Cantidad	Media	Desviación estándar	E.E	Mín	Máx
Rendimiento	40	15,03	4,01	0,63	8,56	22,9

4.9 Análisis de correlación entre concentraciones de hierro, zinc, % materia seca y rendimiento

Además, la Figura 39 representa el análisis de correlación mediante la prueba de Pearson ($Pr < 0,05$) entre las concentraciones de Fe, Zn, materia seca y rendimiento. Este análisis mostró una correlación positiva ($r = 0,47$) entre el contenido de Fe y Zn, mientras que un valor negativo para las siguientes correlaciones: materia seca y zinc ($r = 0,39$), materia seca y hierro ($r = 0,30$), materia seca y rendimiento ($r = 0,27$), zinc y rendimiento ($r = 0,13$) y para hierro y rendimiento ($r = 0,15$).

Burgos *et al.*, 2007 reportaron una correlación significativa y positiva ($r = 0,52$), entre concentraciones de hierro y zinc en papas nativas sembradas en Ayacucho y Huancavelica; en tanto (Gabriel *et al.*, 2014), encontró una correlación moderada, positiva y significativa ($r = 0,49$) entre estos micronutrientes.

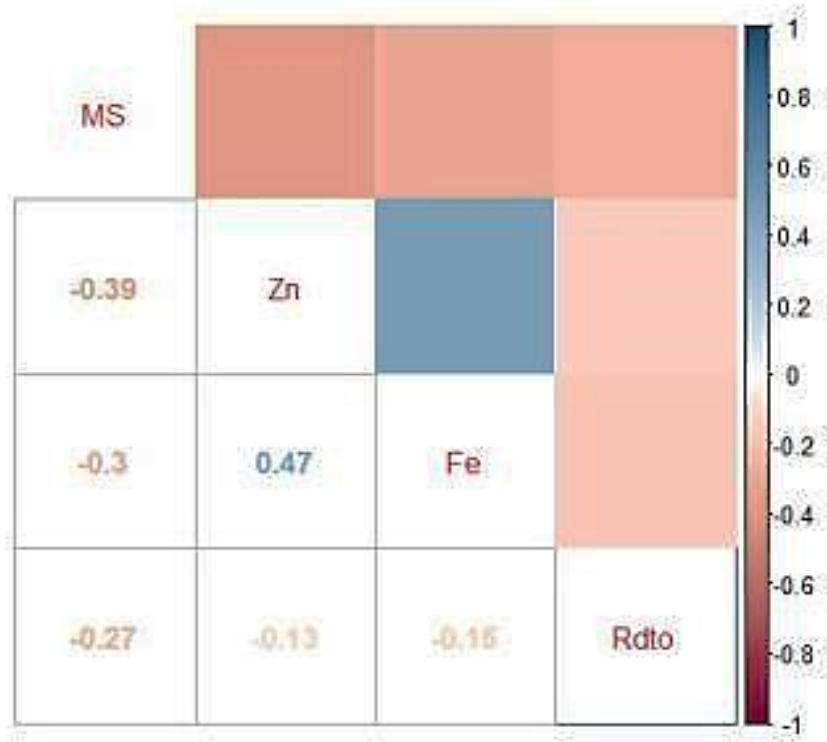


Figura 39: Correlación múltiple entre %MS, hierro, zinc y rendimiento

IV. CONCLUSIONES

- La caracterización morfológica permitió identificar clones de alto potencial para la agroindustria, en base a los caracteres tales como forma del tubérculo, pigmentaciones en la pulpa y alto rendimiento.
- El análisis de los componentes principales en la población de clones estudiados permitió identificar a los descriptores responsables de la mayor variabilidad: color de tallo, color secundario de flor, forma de la corola de flor, forma del foliolo terminal, color secundario de la piel, color predominante de la pulpa, color secundario de pulpa y color predominante del brote. El análisis clúster permitió la formación de 6 grupos de clones que se establecieron por similitud de sus características.
- Se identificaron clones con alta concentración de hierro y zinc, superiores a los promedios y que podrían ser de utilidad para combatir la anemia. Los clones 13 y 26 mostraron las más altas concentraciones en hierro y zinc respectivamente, valores muy superiores a otras variedades nativas y comerciales de papa.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios complementarios referidos a las características agronómicas y bromatológicas que contribuyan al desarrollo de nuevos productos para la agroindustria.
- Se recomienda complementar la investigación con la caracterización citológica de los 40 clones estudiados para identificarlos taxonómicamente.
- Reforzar el programa de producción de semillas con los clones que mayor concentración de hierro y zinc.
- Incentivar el consumo de las papas nativas peruanas por la gran diversidad y potencial nutricional que presentan.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Alfaro, G. 1997. El Mundo Andino y sus Alimentos. Ciclo de Conferencias sobre Alimentos Andinos, 8-11 de abril, 1996, Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón, CONDESAN y Centro Internacional de la Papa (CIP), p. 5.
- Andre, C. M., Oufir, M., Hoffmann, L., Hausman, J.-F., Rogez, H., Larondelle, Y., & Evers, D. 2009. Influence of environment and genotype on polyphenol compounds and in vitro antioxidant capacity of native Andean potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6),517–524.
- Balzarini, M.G, González, L, Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J.A. & Robledo, C.W. 2008. Infostat. Manual del Usuario. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Birch, P.R.J., G, Bryan, B. Fenton, E.M. Gilroy, I. Hein, J.T. Jones, A. Prashar, M.A. Taylor, L. Torrance, I.K. Toth. 2012. Crops that feed the world 8: Potato: are trends of increased global production sustainable. *Food Sec.* 4,477-508.
- Bonierbale, M., Amoros W., Burgos G., Salas E. y Cáceres M. 2008. Valor agregado y nutricional de la papa nativa. Páginas 73 -76 in Enrique Ritter y José I. Ruiz de Galarreta (ed.); III Congreso Iberoamericano en Patata: Avances en Ciencia y Desarrollo de la Patata para una Agricultura Sostenible. Octubre 5 al 10, 2008, Vitoria-Gasteiz, Euskadi, España.
- Bradeen, J.M. y K.G. Haynes. 2011. Introduction to Potato. En: Bradeen, J.J. y K.G. Haynes, editores. *Genetics, Genomics and Breeding of Potato*. En Field, NH: Science Publishers. p. 300.

- Brush S. 1991. Conservación de los Cultivos del Nuevo Continente realizada por el agricultor: El caso de las Papas Andinas, edición en español. Diversity Vol. 7 nos. 1-2, pp. 82-84.
- Burgos G., Amoros W., Morote M., Stangouli J. and Bonierbale M. 2007. Iron and Zinc Concentration of Native Andean Potato Varieties from a Human Nutrition Perspective. Journal of the Science of Food and Agriculture. 87 (4): 668-675.
- Cacace, J., Huarte, M. y Monti, M. 1994. Evaluation of potato cooking quality in Argentina. American Potato Journal 71: 145-153.
- Cadima X., J. Almanza, W. García. F. Terrazas, R. Gonzáles y A. Gandarillas. 2003. Etnobotánica de Tubérculos Andinos en Candelaria. Capítulo V, en García, W., Cadima X. (eds.). Manejo sostenible de la agrobiodiversidad de tubérculos andinos. Síntesis de investigaciones y experiencias en Bolivia. Fundación para la Promoción y la Investigación de Productos Andinos (PROINPA), Alcaldía de Colomi, CIP, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Cochabamba, Bolivia. 208 p.
- Calliope S.R., Lobo M.O. & Sammán, N.C. 2018. Biodiversity of Andean potatoes: Morphological, nutritional and function alcharacterization. Food chemistry, 238, 42-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.074> [Links]
- Canqui, F. y Morales, E. 2009. “Conocimiento Local en el Cultivo de Papa”. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- Crisci, J.; López, M. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Serie de biología N°26, Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington.102p.

- Das, S; Green, A. 2016. Zinc in crops and human health. Eds. U Singh; CS Praharaj; SS Singh; NP Singh. 31-40 p.
- Davison, A. & Kuonen, Diego. 2003. An Introduction to the Bootstrap with Applications in R. *Statistical Computing and Statistical Graphics Newsletter*. 13.
- Egúsqiza, R. 1987. Manejo agronómico de cultivos semilleros de papa. En: énfasis en la producción de semilla. Programa de investigación y proyección social. UNALM.
- Egúsqiza, B.R. 2013. Caracterización fenotípica y evaluación de atributos de importancia fitotécnica en papas nativas cultivadas en la Región Huánuco. Tesis Mg. Sc. En mejoramiento genético de plantas, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú. 108 p.
- Egúsqiza, B.R. 2014. La papa en el Perú. 2da edición. Oficina Académica de Extensión y Extensión de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 200 p
- Engel, KH. 1964. Methoden der kartoffelzüchtung unter besonderer Berücksichtigung der Selektionsverfahren auf Leistung. *Züchter* 34: 235-242.
- Escallón, R.; Ramírez, M.; Ñustez, C.E. 2005. Evaluación del potencial de rendimiento y de la resistencia a *Phytophthora infestans* (Mon. de Bary) en la colección de papas redondas amarillas de la especie *Solanum phureja* (Juz. Et Buk.). *Agronomía Colombiana* 23(1): 35-41.
- Esquinas, J. 1982. Los recursos fitogenéticos una inversión segura para el futuro. Instituto de Investigaciones Agrarias. Madrid – España.p. 18 – 33.
- FAO, & World Health Organization. 1998. Vitamin and mineral requirements in human nutrition Second edition. World Health Organization, 1–20.
<https://doi.org/9241546123>

- Gabriel, J., Botello, R., Casazola, J. L., Vera, R., Rodríguez, F., Angulo, A., Artículo, D., De, D., & Paz, L. 2014. Revalorización de las papas nativas de Bolivia (*Solanum tuberosum* L.) como fuente de hierro y zinc. *Journal of the Selva Andina Research Society*, Vol. 5 No 1 2014, 3-10.
- Gómez, R; Roca, W; Ordinola, M; Manrique, K. 2008. Papas nativas del Perú: catálogo de variedades y usos gastronómicos. Lima, PE, MINAGRI. 117p.
- Gómez, R. 2014. Guía para las Caracterizaciones Morfológicas Básicas en Colecciones de Papas Nativas Introducción. 1(December), <https://www.researchgate.net/publication/267991711>.
- GPAFSN, Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition, 2016. Food Systems and Diets: Facing the Challenges of the 21st Century. Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition, London.
- Grandy, G., Weisstaub, G., Lopez, D. 2008. Deficiencia de zinc y hierro en niños. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-06752010000100005.
- Hawkes J.G. 1990. The potato: evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, London. ISBN: 1852930454.
- Huamán, Z. 1984. Botánica sistemática, identificación, distribución y evolución de la papa cultivada. En: manual sobre manejo de germoplasma. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 39 p.
- Huamán, Z. 2008. “Descriptores morfológicos (*Solanum tuberosum* L.)”, CCBAT (Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife), CIP (Centro Internacional de la Papa), Lima – Perú. 32 p.

- Huanco V. 1991. Potencial de las papas amargas en el altiplano de Puno. Perú. P25-26. In: J. Rea and J.J. Vacher (eds.). La papa amarga. I Mesa Redonda: Perú-Bolivia, La Paz, 7 y 8 de mayo, 1991. Orstom, La Paz, Bolivia.
- Huarte, M y Okada, K. 2003. Las papas nativas y el rol de INTA. Revisado en: www.inta.gov.ar/balance/info/documentos/agric/hortic/papa/mej/papas_andinas.
- INIA, 2016. Descriptores mínimos de papa (*Solanum sp.*) para el registro nacional de la papa nativa peruana. Segunda edición noviembre 2016. 20 pp.
- Innovación Tecnológica y Competitividad de la Papa (INCOPA). 2003. Rescatando un Sabor Ancestral. Centro Internacional de la Papa. Hoja Divulgativa. Año I.
- Instituto Nacional de Estadística Informática (INEI). 2018. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales. Lima - Perú <http://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/desnutricion-cronica-afecto-al-122-de-la-poblacion-menor-de-cinco-anos-de-edad-en-el-ano-2018-11370/>
- Jolliffe, I.T. 2002. Principal Component Analysis. Aberdeen, UK: Springer.
- Madroñero I.C., Rosero J.E., Rodríguez L.E., Navia J.F. & Benavides C.A. 2013. Morpho-agronomic characterization of promising native creole potato genotypes (*Solanum tuberosum* L. *Andigenum* group) in Nariño. Revista Temas Agrarios, 18(2), 50–66. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia.
- MINAG (Ministerio de Agricultura, Perú). 2008. Papas nativas del Perú. Catálogo de variedades y usos gastronómicos. Lima-Perú. 117 p.
- MINAGRI 2017. Boletín Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana. Consultado ene. 2018.

- MINAGRI (18 de diciembre del 2018). Re: Datos de variedad INIA 328 – KULLI PAPA (Resolución Ministerial N.- 0492-2018-MINAGRI) Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/263818/rm492-2018-minagri.pdf>
- Ministerio de Salud del Perú. 2009. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. In *Perú*. <https://doi.org/http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>
- Morales F.J. 2007. Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de Papa*, 14(1):1-9. ISSN: 1019-6609.
- Moreno, J. e I. Valbuena. 2006. Colección central colombiana de papa: Riqueza de variabilidad genética para el mejoramiento del cultivo. *Revista Innovación & Cambio Tecnológico*, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Bogotá, Colombia. 4(4):16-24.
- Ochoa C. 1999. El germoplasma de papa en Sud América: prospects for the potato in the developing world. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 1036p. ISBN 9-2906-0197-3.
- Ortiz, R. 2010. La biofortificación de los cultivos para combatir la anemia y las deficiencias de micronutrientes en el Perú. Programa Mundial de Alimentos, Programa Mundial de Alimentos (PMA) de las Naciones Unidas, Lima, Perú. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5035.7287>
- Rodríguez, L. 2009. Teorías sobre la clasificación taxonómica de las papas cultivadas (*Solanum L. sect. Petota Dumort.*). Una revisión. *Agronomía Colombiana* 27(3):305-312.
- Salvatierra H. 2013. Productos nativos desafían al cambio climático. *Latinoamérica en el Centro Chirapaq*.

- Seminario, J.; Medina, W. 2009. Diversidad de papas nativas en agroecosistemas tradicionales: Caso distrito de Chota, Cajamarca, Perú. *Fiat Lux* 5(1): 5-24.
- Sevilla, R. y Holle, M. Recursos Genéticos Vegetales. Ed. Torre Azul. 2004. Lima, Perú.
- Spooner D.M., K. McLean, G. Ramsay, *et al.* 2005. A single domestication for potato based on multi locus amplified fragment length polymorphism genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(41):14694-14699.
- Toledo, Á., & Burlingame, B. 2006. Biodiversity and nutrition: A common path toward global food security and sustainable development. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 477-483. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.05.001>
- Ugarte, M.L. 1992. Descripción y Clasificación morfológica de especies y cultivares de papa del banco de germoplasma de Bolivia. Tesis Lic. Ing. Agr. Cochabamba, Bolivia Universidad Mayor de San Simón.
- Ugent D. y Ochoa C. 2006. La Etnobotánica del Perú. Desde la Prehistoria al Presente. 1a edición. CONCYTEC, Lima, p. 269.
- Vargas C. 1949. Las Papas Sudperuanas. Parte I. Publicaciones de la Universidad Nacional del Cuzco. Cuzco-Perú, p. 144.
- Zumba, M. 2008. Caracterización morfo-agronómica y etnobotánica de 49 papas nativas ecuatorianas de Cotopaxi. Tesis, Universidad de Cotopaxi, Facultad de Agronomía. Latacunga, Ecuador. 67 pp.

V. ANEXOS

Anexo 1. Tablas peruanas de composición de alimentos del Ministerio de Salud del Perú

Variedad	Hierro (mg en 100 g de alimento)	Zinc (mg en 100 g de alimento)
Papa huayro con cáscara	0.73	0.33
Papa canchan	0.45	0.24
Papa negra andina	0.52	0.22
Papa sin cáscara, variedad amarilis	0.79	0.26
Papa sin cáscara, variedad huevo de indio	0.51	0.31
Papa sin cáscara, variedad tumbay	0.36	0.28
Papa sin cáscara, variedad única	0.46	0.32
Papa sin cáscara, variedad Yungay	0.45	0.25
Papa variedad nativa capulí con cáscara	1.72	-
Papa variedad nativa caramarquina con cáscara	1.1	-
Papa variedad nativa chimbina amarilla con cáscara	0.69	-
Papa variedad nativa huagalina con cáscara	0.56	-
Papa variedad nativa hualash con cáscara	0.56	-
Papa variedad nativa huayro con cáscara	0.53	-
Papa variedad nativa huevo de toro con cáscara	0.66	-
Papa variedad nativa limeña con cáscara	0.53	-
Papa variedad nativa maga blanca con cáscara	0.42	-
Papa variedad nativa peruanita con cáscara	0.38	-
Papa variedad nativa puca pampamachay con cáscar	1.28	-
Papa variedad nativa puca pishgosh con cáscara	1.01	-
Papa variedad nativa quinuapa tulum con cáscara	0.95	-
Papa variedad nativa sapa negra con cáscara	0.74	-
Papa variedad nativa yana shaque con cáscara	0.86	-


Anexo 2. Fotos de la instalación del estudio



Anexo 3. Manejo agronómico



Anexo 4. Análisis de suelo



microlab
 LABORATORIO MICROBIOLÓGICO
 Telf.: 229773 - RPC. 969 772139
 LABORATORIO CATEGORIZADO POR EL MINSA. RESOLUCIÓN N° 0555-2015-DRSC

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE SUELOS

Datos Generales	
Proyecto:	"Producción de Semilla"
Solicita:	E.E.A Andenes - Cusco
Número de muestra:	01
Comunidad:	
Sector:	
Distrito:	
Provincia:	Cusco
Departamento:	
Muestra:	N° DE LOTE 02
Fecha de obtención de la muestra:	1.0Ha. Prof. 0.30m cultivo anterior Maíz
Hora de obtención de la muestra:	23 de Setiembre del 2016
Muestreado:	10:00 A.M Gerardo Montesinos Choque


ANÁLISIS	RESULTADO
pH	6.76
Conductividad Eléctrica C.E. us/cm	0.70
Materia Orgánica %	3.96
Nitrógeno %	0.190
Fósforo ppm (P ₂ O ₅)	10.90
Potasio ppm (K ₂ O)	164.40
C.I.C meq/100	11.60
Capacidad de campo en %	21.09
Humedad equivalente en %	21.54
Punto de marchitez permanente %	11.38
Carbonatos en %	0
Densidad aparente mg/cc	1.653
Densidad relativa mg/cc	2.288
<i>Textura</i>	
Arena %	68
Limo %	27
Arcilla %	5

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO: Los establecidos para cada ensayo.

NOTA:

- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente documento sin la autorización del Laboratorio.
- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

01/10/2016



Urb. Mariscal Gamarra 1-D (1ra Etapa)
Atención: Lunes a Sábado de 7 a.m. a 8 p.m.
(Horario corrido)

Calidad y Rapidez a su Servicio

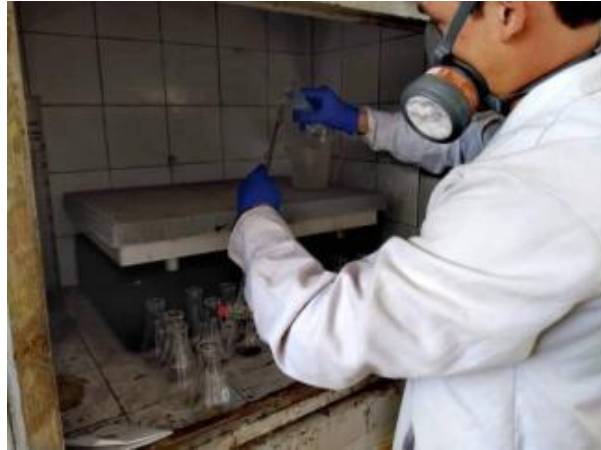
Anexo 5. Cosecha



Anexo 6. Procedimiento para determinar el porcentaje de materia seca en los tubérculos de papas nativas



Anexo 7. Procedimiento de la digestión húmeda



Anexo 8. Clones estudiados



CLON 1





Departamento : Cusco
 Provincia : Anta
 Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

<p>Hábito de la planta</p> <p>Color de tallo</p> <p>Forma de alas del tallo</p> <p>Tipo de disección de la hoja</p> <p>Número de foliolos laterales</p> <p>Número de interhojuelas entre foliolos laterales</p> <p>Número de interhojuelas sobre los peciolulos</p> <p>Forma del foliolo terminal</p> <p>Forma de la corola de la flor</p> <p>Color predominante de la flor</p> <p>Intensidad del color predominante de la flor</p> <p>Color secundario de la flor</p> <p>Distribución del color secundario de la flor</p> <p>Color predominante de la piel</p> <p>Intensidad del color predominante de la piel</p> <p>Color secundario de la piel</p> <p>Distribución del color secundario de la piel</p> <p>Color predominante de la pulpa</p> <p>Color secundario de la pulpa</p> <p>Distribución del color secundario de la pulpa</p> <p>Forma general del tubérculo</p> <p>Variante de la forma del tubérculo</p> <p>Profundidad de ojos</p> <p>Color predominante del brote</p> <p>Color secundario del brote</p> <p>Distribución del color secundario del brote</p>	<p>Semi - erecto</p> <p>Verde con muchas manchas pigmentadas</p> <p>Recto</p> <p>Disectada</p> <p>3 pares</p> <p>1 par</p> <p>No presenta</p> <p>Anchamente elíptico</p> <p>Pentagonal</p> <p>Lila</p> <p>Intenso</p> <p>Ausente</p> <p>Ausente</p> <p>Morado</p> <p>Intermedio</p> <p>Anaranjado</p> <p>Manchas dispersas</p> <p>Morado</p> <p>Crema</p> <p>Anillo vascular ancho</p> <p>Comprimido</p> <p>Ausente</p> <p>Medio</p> <p>Violeta</p> <p>Morado</p> <p>En el ápice</p>
--	--

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mgkg-1)

Hierro	82
Zinc	27

RENDIMIENTO (t/ha)

15.5



CLON 2



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Decumbente
Color de tallo	Verde
Forma de alas del tallo	Recto
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	3 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	1 par
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del foliolo terminal	Ovado
Forma de la corola de la flor	Semi-estrellada
Color predominante de la flor	Lila
Intensidad del color predominante de la flor	Intenso
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Rojo-morado
Intensidad del color predominante de la piel	Intermedio
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Amarillo
Color secundario de la pulpa	Amarillo intenso
Distribución del color secundario de la pulpa	Pocas manchas
Forma general del tubérculo	Comprimido
Variante de la forma del tubérculo	Ausente
Profundidad de ojos	Medio
Color predominante del brote	Rojo
Color secundario del brote	Blanco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mg/kg-1)

Hierro	69
Zinc	27

RENDIMIENTO (t/ha)

17.5

CLON 3



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite



DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Decumbente
Color de tallo	Morado
Forma de alas del tallo	Recto
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	6 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	2 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	1 par
Forma del foliolo terminal	Anchamente elíptico
Forma de la corola de la flor	Semi-estrellada
Color predominante de la flor	Violeta
Intensidad del color predominante de la flor	Intenso
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Negrusco
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Violeta
Color secundario de la pulpa	Bianco
Distribución del color secundario de la pulpa	Áreas
Forma general del tubérculo	Elíptico
Variante de la forma del tubérculo	Concertinado
Profundidad de ojos	Profundo
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Ausente
Distribución del color secundario del brote	Ausente

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mg/kg-1)

Hierro	92
Zinc	37

RENDIMIENTO (t/ha)

14

CLON 4



DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Decumbente
Color de tallo	Morado
Forma de alas del tallo	Dentado
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	6 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	2 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del foliolo terminal	Anchamente elíptico
Forma de la corola de la flor	Semi-estrellada
Color predominante de la flor	Violeta
Intensidad del color predominante de la flor	Intermedio
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Negrusco
Intensidad del color predominante de la piel	Inteso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Morado
Color secundario de la pulpa	Blanco
Distribución del color secundario de la pulpa	Áreas
Forma general del tubérculo	Ovalado
Variante de la forma del tubérculo	Ausente
Profundidad de ojos	Profundo
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Bianco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mgkg-1)

Hierro	117
Zinc	19

RENDIMIENTO (t/ha)

18

CLON 7



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Semi-erecto
Color de tallo	Morado
Forma de alas del tallo	Ondulado
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	4 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	2 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	1 par
Forma del foliolo terminal	Obovado
Forma de la corola de la flor	Pentagonal
Color predominante de la flor	Blanco
Intensidad del color predominante de la flor	Pálido
Color secundario de la flor	Lila
Distribución del color secundario de la flor	Acumen (blanco) - Envés
Color predominante de la piel	Negrusco
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Violeta
Color secundario de la pulpa	Morado
Distribución del color secundario de la pulpa	Áreas
Forma general del tubérculo	Oblongo-alargado
Variante de la forma del tubérculo	Concertinado
Profundidad de ojos	Profundo
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Bianco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mg/kg-1)

Hierro	152
Zinc	34

RENDIMIENTO (t/ha)

19

CLON 8



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Semi-erecto
Color de tallo	Pigmentado con muchas manchas verdes
Forma de alas del tallo	Recto
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	6 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	3 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del foliolo terminal	Ovado
Forma de la corola de la flor	Pentagonal
Color predominante de la flor	Blanco
Intensidad del color predominante de la flor	Pálido
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Negrusco
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Violeta
Color secundario de la pulpa	Blanco
Distribución del color secundario de la pulpa	Pocas manchas
Forma general del tubérculo	Oblongo
Variante de la forma del tubérculo	Ausente
Profundidad de ojos	Medio
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Blanco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mg/kg-1)

Hierro	162
Zinc	21

RENDIMIENTO (t/ha)

14.5

CLON 9



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite



DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Postrado
Color de tallo	Verde con manchas pigmentadas
Forma de alas del tallo	Recto
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de folíolos laterales	4 pares
Número de interhojuelas entre folíolos laterales	1 par
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del folíolo terminal	Anchamente elíptico
Forma de la corola de la flor	Pentagonal
Color predominante de la flor	Blanco
Intensidad del color predominante de la flor	Pálido
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Morado
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Morado
Color secundario de la pulpa	Blanco
Distribución del color secundario de la pulpa	Pocas manchas
Forma general del tubérculo	Oblongo-alargado
Variante de la forma del tubérculo	Concertinado
Profundidad de ojos	Profundo
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Blanco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mg/kg-1)

Hierro	128
Zinc	18

RENDIMIENTO (t/ha)

10.25

CLON 13



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite



DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Semi-erecto
Color de tallo	Pigmentado con muchas manchas verdes
Forma de alas del tallo	Dentado
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	5 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	2 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del foliolo terminal	Anchamente elíptico
Forma de la corola de la flor	Rotada
Color predominante de la flor	Blanco
Intensidad del color predominante de la flor	Pálido
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Rojo-morado
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Violeta
Color secundario de la pulpa	Blanco
Distribución del color secundario de la pulpa	Pocas manchas
Forma general del tubérculo	Oblongo
Variante de la forma del tubérculo	Concertinado
Profundidad de ojos	Profundo
Color predominante del brote	Morado
Color secundario del brote	Blanco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mgkg-1)

Hierro	183
Zinc	35

RENDIMIENTO (t/ha)

11.66

CLON 14



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta

Color de tallo

Forma de alas del tallo

Tipo de disección de la hoja

Número de foliolos laterales

Número de interhojuelas entre foliolos laterales

Número de interhojuelas sobre los peciolulos

Forma del foliolo terminal

Forma de la corola de la flor

Color predominante de la flor

Intensidad del color predominante de la flor

Color secundario de la flor

Distribución del color secundario de la flor

Color predominante de la piel

Intensidad del color predominante de la piel

Color secundario de la piel

Distribución del color secundario de la piel

Color predominante de la pulpa

Color secundario de la pulpa

Distribución del color secundario de la pulpa

Forma general del tubérculo

Variante de la forma del tubérculo

Profundidad de ojos

Color predominante del brote

Color secundario del brote

Distribución del color secundario del brote

Decumbente

Verde

Recto

Disectada

4 pares

2 pares

No presenta

Ovado

Semi-estrellada

Blanco

Pálido

Ausente

Ausente

Morado

Intenso

Bianco-crema

Manchas dispersas

Violeta

Blanco

Anillo vascular y médula

Oblongo

Ausente

Medio

Violeta

Bianco-verdoso

En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mgkg⁻¹)

Hierro	67
Zinc	20

RENDIMIENTO (t/ha)

9.8

CLON 15



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Decumbente
Color de tallo	Morado
Forma de alas del tallo	Dentado
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de folíolos laterales	4 pares
Número de interhojuelas entre folíolos laterales	2 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del folíolo terminal	Ovado
Forma de la corola de la flor	Estrellada
Color predominante de la flor	Violeta
Intensidad del color predominante de la flor	Pálido
Color secundario de la flor	Blanco
Distribución del color secundario de la flor	Acumen (blanco) - Envés
Color predominante de la piel	Negrusco
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Violeta
Color secundario de la pulpa	Blanco
Distribución del color secundario de la pulpa	Áreas
Forma general del tubérculo	Comprimido
Variante de la forma del tubérculo	Ausente
Profundidad de ojos	Profundo
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Ausente
Distribución del color secundario del brote	Ausente

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mg/kg-1)

Hierro	91
Zinc	22

RENDIMIENTO (t/ha)

11

CLON 20



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta

Color de tallo

Forma de alas del tallo

Tipo de disección de la hoja

Número de folíolos laterales

Número de interhojuelas entre folíolos laterales

Número de interhojuelas sobre los peciolulos

Forma del folíolo terminal

Forma de la corola de la flor

Color predominante de la flor

Intensidad del color predominante de la flor

Color secundario de la flor

Distribución del color secundario de la flor

Color predominante de la piel

Intensidad del color predominante de la piel

Color secundario de la piel

Distribución del color secundario de la piel

Color predominante de la pulpa

Color secundario de la pulpa

Distribución del color secundario de la pulpa

Forma general del tubérculo

Variante de la forma del tubérculo

Profundidad de ojos

Color predominante del brote

Color secundario del brote

Distribución del color secundario del brote

Postrado

Verde con muchas manchas pigmentadas

Dentado

Disectada

4 pares

1 par

No presenta

Anchamente elíptico

Semi-estrellada

Blanco

Pálido

Ausente

Ausente

Rojo-morado

Intenso

Ausente

Ausente

Morado

Crema

Pocas manchas

Oblongo

Ausente

Medio

Morado

Blanco-verdoso

En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mgkg⁻¹)

Hierro	89
Zinc	11

RENDIMIENTO (t/ha)

18.9

CLON 26



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Decumbente
Color de tallo	Morado
Forma de alas del tallo	Dentado
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	6 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	3 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del foliolo terminal	Anchamente elíptico
Forma de la corola de la flor	Rotada
Color predominante de la flor	Lila
Intensidad del color predominante de la flor	Intenso
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Negrusco
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Violeta
Color secundario de la pulpa	Blanco
Distribución del color secundario de la pulpa	Anillo vascular angosto
Forma general del tubérculo	Oblongo
Variante de la forma del tubérculo	Ausente
Profundidad de ojos	Medio
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Blanco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mgkg⁻¹)

Hierro	155
Zinc	44

RENDIMIENTO (t/ha)

14

CLON 31



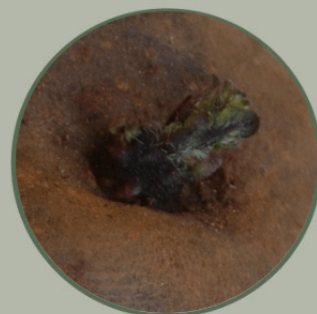
Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Semi-arrosetado
Color de tallo	Verde con muchas manchas pigmentadas
Forma de alas del tallo	Recto
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	4 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	2 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del foliolo terminal	Anchamente elíptico
Forma de la corola de la flor	Pentagonal
Color predominante de la flor	Blanco
Intensidad del color predominante de la flor	Pálido
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Rojo-morado
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Rojo
Color secundario de la pulpa	Crema
Distribución del color secundario de la pulpa	Pocas manchas
Forma general del tubérculo	Redondo
Variante de la forma del tubérculo	Ausente
Profundidad de ojos	Medio
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Blanco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice



CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mgkg-1)

Hierro	60
Zinc	23

RENDIMIENTO (t/ha)

14.8

CLON 32



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Semi-arrosetado
Color de tallo	Verde con muchas manchas pigmentadas
Forma de alas del tallo	Recto
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	4 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	2 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del foliolo terminal	Anchamente elíptico
Forma de la corola de la flor	Pentagonal
Color predominante de la flor	Blanco
Intensidad del color predominante de la flor	Pálido
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Rojo-morado
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Rojo
Color secundario de la pulpa	Crema
Distribución del color secundario de la pulpa	Pocas manchas
Forma general del tubérculo	Redondo
Variante de la forma del tubérculo	Ausente
Profundidad de ojos	Medio
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Blanco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

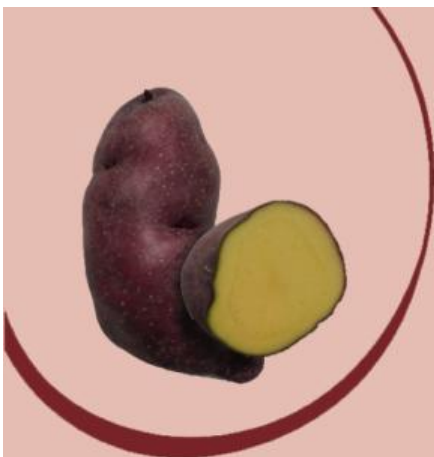
CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mg/kg-1)

Hierro	82
Zinc	20

RENDIMIENTO (t/ha)

21

CLON 33



Departamento : Cusco
 Provincia : Anta
 Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Decumbente
Color de tallo	Verde
Forma de alas del tallo	Recto
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	4 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	2 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del foliolo terminal	Anchamente elíptico
Forma de la corola de la flor	Rotada
Color predominante de la flor	Morado
Intensidad del color predominante de la flor	Intermedio
Color secundario de la flor	Blanco
Distribución del color secundario de la flor	Acumen (blanco) - Envés
Color predominante de la piel	Rojo-morado
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Amarillo
Color secundario de la pulpa	Ausente
Distribución del color secundario de la pulpa	Ausente
Forma general del tubérculo	Elíptico
Variante de la forma del tubérculo	Fusiforme
Profundidad de ojos	Medio
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Morado
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mg/kg-1)

Hierro	40
Zinc	16

RENDIMIENTO (t/ha)

14

CLON 37



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Semi-erecto
Color de tallo	Morado
Forma de alas del tallo	Dentado
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	4 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	3 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	1 par
Forma del foliolo terminal	Ovado
Forma de la corola de la flor	Pentagonal
Color predominante de la flor	Morado
Intensidad del color predominante de la flor	Intermedio
Color secundario de la flor	Blanco
Distribución del color secundario de la flor	Acumen (blanco) - Ambos
Color predominante de la piel	Negrusco
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Violeta
Color secundario de la pulpa	Blanco
Distribución del color secundario de la pulpa	Pocas manchas
Forma general del tubérculo	Oblongo
Variante de la forma del tubérculo	Ausente
Profundidad de ojos	Medio
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Blanco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mgkg-1)

Hierro	88
Zinc	10

RENDIMIENTO (t/ha)

17.87

CLON 38



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta	Decumbente
Color de tallo	Verde con muchas manchas pigmentadas
Forma de alas del tallo	Dentado
Tipo de disección de la hoja	Disectada
Número de foliolos laterales	6 pares
Número de interhojuelas entre foliolos laterales	3 pares
Número de interhojuelas sobre los peciolulos	No presenta
Forma del foliolo terminal	Lanceolado
Forma de la corola de la flor	Rotada
Color predominante de la flor	Blanco
Intensidad del color predominante de la flor	Pálido
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución del color secundario de la flor	Ausente
Color predominante de la piel	Amarillo
Intensidad del color predominante de la piel	Intenso
Color secundario de la piel	Ausente
Distribución del color secundario de la piel	Ausente
Color predominante de la pulpa	Amarillo
Color secundario de la pulpa	Ausente
Distribución del color secundario de la pulpa	Ausente
Forma general del tubérculo	Comprimido
Variante de la forma del tubérculo	Ausente
Profundidad de ojos	Medio
Color predominante del brote	Violeta
Color secundario del brote	Blanco-verdoso
Distribución del color secundario del brote	En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mgkg⁻¹)

Hierro	77
Zinc	13

RENDIMIENTO (t/ha)

16.92

CLON 39



Departamento : Cusco

Provincia : Anta

Distrito : Zurite

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Hábito de la planta
 Color de tallo
 Forma de alas del tallo
 Tipo de disección de la hoja
 Número de foliolos laterales
 Número de interhojuelas entre foliolos laterales
 Número de interhojuelas sobre los peciolulos
 Forma del foliolo terminal
 Forma de la corola de la flor
 Color predominante de la flor
 Intensidad del color predominante de la flor
 Color secundario de la flor
 Distribución del color secundario de la flor
 Color predominante de la piel
 Intensidad del color predominante de la piel
 Color secundario de la piel
 Distribución del color secundario de la piel
 Color predominante de la pulpa
 Color secundario de la pulpa
 Distribución del color secundario de la pulpa
 Forma general del tubérculo
 Variante de la forma del tubérculo
 Profundidad de ojos
 Color predominante del brote
 Color secundario del brote
 Distribución del color secundario del brote

Decumbente
 Verde con muchas manchas pigmentadas
 Dentado
 Disectada
 4 pares
 3 pares
 1 par
 Anchamiento elíptico
 Pentagonal
 Morado
 Intenso
 Blanco
 Bandas en el envés
 Negruzco
 Intenso
 Ausente
 Ausente
 Violeta
 Blanco
 Áreas
 Elíptico
 Concertinado
 Profundo
 Morado
 Blanco-verdoso
 En el ápice

CONCENTRACIÓN NUTRICIONAL (mg/kg-1)

Hierro	126
Zinc	19

RENDIMIENTO (t/ha)

22.9

Anexo 9. Matriz básica de caracterización de descriptores vegetativos

DESCRPTORES VEGETATIVOS													
CLON	Hábito de la planta	Color de Tallo	Forma de alas del tallo	Tipo de disección de la hoja	Número de folíolos laterales	Número de interhojuelas entre folíolos laterales	Número de interhojuelas sobre los peciololes	Forma del folíolo terminal	Forma de la corola de la flor	Color predominante de la flor	Intensidad del color predominante de la flor	Color secundario de la flor	Distribución del color secundario de la flor
1	2	3	1	3	3	1	0	1	3	6	3	0	0
2	3	1	1	3	3	1	0	4	2	6	3	0	0
3	3	7	1	3	6	2	1	1	2	8	3	0	0
4	3	7	3	3	6	2	0	1	2	8	2	0	0
5	3	7	2	3	6	2	1	1	2	6	3	1	2
6	3	7	1	3	6	2	0	4	3	4	3	1	2
7	2	7	2	3	4	2	1	6	3	1	1	6	2
8	2	4	1	3	6	3	0	4	3	1	1	0	0
9	4	3	1	3	4	1	0	1	3	1	1	0	0
10	4	2	1	3	5	2	1	1	3	1	1	6	3
11	3	1	3	3	5	2	0	4	3	1	1	0	0
12	3	1	1	3	3	1	0	1	3	1	1	0	0
13	2	4	3	3	5	2	0	1	4	1	1	0	0
14	3	1	1	3	4	2	0	4	2	1	1	0	0
15	3	7	3	3	4	2	0	4	1	8	3	1	2
16	2	2	3	3	5	2	0	1	4	1	1	0	0
17	4	1	3	3	4	1	0	1	4	1	1	0	0
18	3	7	3	3	5	2	0	4	4	6	3	1	3
19	3	4	3	3	5	1	0	2	3	1	1	0	0
20	4	4	3	3	4	1	0	1	4	1	1	0	0
21	2	7	3	3	6	2	1	1	4	7	1	1	2
22	2	7	3	3	5	2	1	1	4	6	3	1	3
23	3	7	3	3	6	2	1	4	3	6	3	0	0
24	4	1	1	3	5	3	0	2	3	1	1	0	0
25	4	2	1	3	4	2	0	1	4	1	1	6	7
26	3	7	3	3	6	3	0	1	4	6	3	0	0
27	3	7	3	3	5	2	0	3	3	6	3	1	3
28	3	7	3	3	6	2	0	1	3	7	3	0	0
29	4	3	3	3	4	1	0	1	2	1	1	0	0
30	5	7	3	3	5	3	1	1	4	7	2	1	3
31	5	3	1	3	4	2	0	1	3	1	1	0	0
32	4	7	3	3	5	3	1	1	4	7	2	1	3
33	3	1	1	3	4	2	0	1	4	7	2	1	2
34	3	3	3	3	5	2	0	4	4	7	2	1	6
35	3	7	3	3	4	2	1	1	2	1	1	6	5
36	4	1	3	3	6	3	1	1	3	7	1	1	3
37	2	7	3	3	4	3	1	4	3	7	2	1	3
38	3	3	3	3	6	3	0	3	4	1	1	0	0
39	3	3	3	3	4	3	1	1	3	7	3	1	6
40	2	3	1	3	3	1	0	1	2	1	1	0	0

Anexo 10. Matriz básica de caracterización de descriptores de tubérculo

DESCRIPTORES DEL TUBÉRCULO													
CLOM	Color predominante de la piel	Intensidad del color predominante de la piel	Color secundario de la piel	Distribución del color secundario de la piel	Color predominante de la pupa	Color secundario de la pupa	Distribución del color secundario de la pupa	Forma general del tubérculo	Variante de la forma del tubérculo	Profundidad de ojos	Color predominante del brote	Color secundario del brote	Distribución del color secundario del brote
1	8	2	3	4	7	2	4	1	0	5	5	4	2
2	7	2	0	0	4	5	1	1	0	5	3	1	2
3	9	3	0	0	5	1	2	5	8	7	5	0	0
4	9	3	0	0	7	1	2	3	0	7	5	1	2
5	9	3	0	0	5	0	0	6	8	5	5	1	2
6	9	2	0	0	5	1	2	2	0	5	5	1	2
7	9	3	0	0	5	7	2	7	8	7	5	1	2
8	9	3	0	0	5	1	1	6	0	5	5	1	2
9	8	3	0	0	7	1	1	7	8	7	5	1	2
10	9	3	0	0	5	2	2	7	8	7	5	1	2
11	9	3	0	0	5	2	6	3	0	5	5	0	0
12	7	3	0	0	6	2	4	6	0	5	4	1	2
13	7	3	0	0	5	1	1	6	8	7	4	1	2
14	8	3	1	4	5	1	5	6	0	5	5	1	2
15	9	3	0	0	5	1	2	1	0	7	5	0	0
16	4	3	0	0	6	1	3	6	8	7	4	1	2
17	7	3	0	0	6	1	3	6	8	7	4	1	2
18	9	3	0	0	1	8	1	6	0	5	5	1	2
19	7	3	0	0	6	2	5	1	0	5	5	1	2
20	9	3	0	0	5	2	6	6	0	7	5	1	2
21	9	3	0	0	5	1	1	7	8	7	5	0	0
22	9	3	0	0	5	1	2	6	0	7	5	1	2
23	9	3	0	0	1	8	5	6	0	5	5	0	0
24	9	3	0	0	1	8	3	2	0	5	5	1	2
25	7	3	0	0	6	1	5	3	8	7	3	1	2
26	9	3	0	0	8	1	3	6	0	5	5	1	2
27	9	3	0	0	8	1	7	4	0	7	5	0	0
28	9	3	0	0	8	1	3	7	8	7	5	0	0
29	7	3	0	0	7	2	1	6	0	5	4	1	2
30	9	3	0	0	8	1	3	3	8	7	5	0	0
31	7	3	0	0	6	2	1	2	0	5	5	1	2
32	9	3	0	0	8	1	1	1	0	7	5	1	2
33	7	3	0	0	4	0	0	5	4	5	5	4	2
34	9	3	0	0	3	0	0	6	0	5	5	1	2
35	9	3	0	0	8	1	1	6	8	7	5	1	2
36	6	3	0	0	4	0	0	3	0	5	5	1	2
37	9	3	0	0	8	1	1	6	0	5	5	1	2
38	2	3	0	0	4	0	0	1	0	5	5	1	2
39	9	3	0	0	8	1	2	5	8	7	4	1	2
40	7	3	0	0	6	2	2	6	0	5	4	1	2

Anexo 11. Cantidades porcentuales de materia seca en cada clon de papa nativa

CLONES	% MATERIA SECA
1	35,47
2	33,32
3	31,28
4	30,28
5	24,04
6	27,14
7	19,85
8	33,9
9	35,74
10	32,75
11	37,18
12	32,88
13	31,81
14	43,55
15	32,79
16	33,5
17	29,43
18	28,64
19	38,43
20	35,81
21	35,63
22	27,26
23	27,21
24	43,42
25	31,46
26	30,31
27	34,98
28	32,7
29	38,36
30	30,74
31	29,1
32	31,94
33	39,09
34	37,93
35	30,43
36	37,09
37	23,63
38	38,44
39	29,89
40	39,21

Anexo 12. Datos de concentración de hierro y zinc (LASPAF - UNALM)

CLONES	Zn (mg.kg⁻¹)	Fe (mg.kg⁻¹)
1	27	82
2	27	69
3	37	92
4	19	117
5	25	71
6	43	144
7	34	152
8	21	162
9	18	128
10	12	44
11	14	91
12	24	58
13	35	183
14	20	67
15	22	91
16	25	104
17	19	99
18	10	126
19	9	48
20	11	89
21	11	68
22	15	100
23	29	137
24	11	128
25	24	152
26	44	155
27	15	51
28	13	47
29	16	108
30	15	91
31	23	60
32	20	82
33	16	40
34	23	70
35	19	83
36	17	26
37	10	88
38	13	77
39	19	126
40	17	137



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE : PABLO RODRIGO GARCIA MEZA
PROCEDENCIA : CUSCO
MUESTRA DE : EXTRACTOS DE TUBÉRCULOS DE PAPAS NATIVAS
REFERENCIA : H.R. 72216
FECHA : 24/08/2020

Nº LAB	CLAVES	Zn ppm	Fe ppm
1771	1	27	82
1772	2	27	69
1773	3	37	92
1774	4	19	117
1775	5	25	71
1776	6	43	144
1777	7	34	152
1778	8	21	162
1779	9	18	128
1780	10	12	44
1781	11	14	91
1782	12	24	58
1783	13	35	183
1784	14	20	67
1785	15	22	91
1786	16	25	104
1787	17	19	99
1788	18	9	15
1789	19	10	126
1790	20	9	48
1791	21	11	89



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE : PABLO RODRIGO GARCIA MEZA
PROCEDENCIA : CUSCO
MUESTRA DE : EXTRACTOS DE TUBÉRCULOS DE PAPAS NATIVAS
REFERENCIA : H.R. 72216
FECHA : 24/06/2020

Nº LAB.	CLAVES	Zn ppm	Fe ppm
1792	22	11	68
1793	23	15	100
1794	24	29	137
1795	25	11	128
1796	26	24	152
1797	27	44	155
1798	28	15	51
1799	29	13	47
1800	30	16	108
1801	31	15	91
1802	32	23	60
1803	33	20	62
1804	34	16	40
1805	35	23	70
1806	36	19	83
1807	37	17	26
1808	38	10	88
1809	39	13	77
1810	40	19	126
1811	41	17	137

Anexo 13. Rendimiento de clones estudiados

Clones	Rendimiento (t/ha)	Clones	Rendimiento (t/ha)
1	15,50	21	20,34
2	17,50	22	16,45
3	14,00	23	22,90
4	18,00	24	12,34
5	14,00	25	9,34
6	10,10	26	14,00
7	19,00	27	19,60
8	14,50	28	16,70
9	10,25	29	17,50
10	18,00	30	17,50
11	8,56	31	14,80
12	12,78	32	21,00
13	11,66	33	14,00
14	9,80	34	10,50
15	11,00	35	21,00
16	11,90	36	19,25
17	15,90	37	17,87
18	10,45	38	16,92
19	8,90	39	22,90
20	18,90	40	16,20