



Fenología y rendimiento de cuatro variedades de papa en el Altiplano peruano

Phenology and yield of four potato varieties in the Peruvian Altiplano

Reategui, K.^{1,*}; Nazario Aguirre¹; Ricardo Oliva²; Edith Aguirre³

¹ Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Pucallpa, Perú

² Universidad Alas Peruanas.

³ Universidad Particular de Chiclayo.

Received January 29, 2019. Accepted June 26, 2019.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue comparar cuatro variedades de papa (*Subsp. andigenum* Hawkes, *S. curtilobum* Juz et Buk, *S. juzepczukii* Buk, *S. stenotomum* Just et Buk) en términos de fenología y rendimiento en condiciones agroecológicas de la región altiplánica del Perú. Para ello, se evaluaron parámetros fenológicos (descripción del tubérculo, planta, hoja, flor, bayas, intensidad de floración y período vegetativo) y productivos (rendimiento y número de tubérculos). Siendo la muestra 40 plantas seleccionadas al azar, las cuales fueron sembradas en suelo franco arenoso, bajo un manejo agronómico tradicional y riego por gravedad. Se determinó que la *Subsp. andigenum* Hawkes tiene la mayor producción (número y peso) en relación con las variedades estudiadas. El período vegetativo tuvo una duración entre los 169 a 183 días. Se concluye que las variedades estudiadas, son especies de ciclo fenológico semitardío.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*; *Subsp. andigenum* Hawkes; *S. curtilobum* Juz et Buk; *S. juzepczukii* Buk; *S. stenotomum* Just et Buk.

Abstract

The objective of this work was to compare four varieties of potato (*S. andigenum* Hawkes, *S. curtilobum* Juz et Buk, *S. juzepczukii* Buk, *S. stenotomum* Just et Buk) in terms of phenology and yield under agroecological conditions of the Altiplano region. Peru. For this, phenological parameters were evaluated (description of the tuber, plant, leaf, flower, berries, flowering intensity and vegetative period) and productive (yield and number of tubers). The sample consists of 40 plants selected at random, which were planted in sandy loam soil, under traditional agronomic management and gravity irrigation. It was determined that the *Ssp. andigenum* Hawkes has the highest production (number and weight) in relation to the varieties studied. The vegetative period lasted between 169 to 183 days. It is concluded that the varieties studied are species of semi-late phenological cycle.

Keywords: *Solanum tuberosum*; *Subsp. andigenum* Hawkes; *S. curtilobum* Juz et Buk; *S. juzepczukii* Buk; *S. stenotomum* Just et Buk.

1. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo de gran valor nutritivo y medicinal (Arcos y Zúñiga, 2016). Según la FAO (2014) es una de las principales fuentes alimenticias de la población mundial después del trigo (*Triticum aestivum*), maíz (*Zea mays* L.) y arroz (*Oryza sativa* L.). Las estadísticas de la FAO, indican que a nivel mundial se sembraron aproximadamente

17,8 millones de hectáreas de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), con una producción cercana a 352,4 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 19,81 t*ha⁻¹ en el año 2011 (FAOSTAT, 2013). El suministro promedio anual de papa en la región de América Latina y el Caribe (LAC) aumentó de 7,2 a 19,6 millones de toneladas en los años 1961-1963 y 2011-2013 respectivamente (Devaux, 2018).

How to cite this article:

Reategui, K.; Aguirre, N.; Oliva, R.; Aguirre, E. 2019. Fenología y rendimiento de cuatro variedades de papa en el Altiplano peruano. Scientia Agropecuaria 10(2): 265 – 274.

* Corresponding author
E-mail: keneth.reategui@gmail.com (K. Reategui).

La tasa de crecimiento en la producción de papa en Asia y África promedió más del 4% para un período similar, más del doble que en LAC. Siendo la mayor parte de la producción destinada al consumo humano (74%); según la FAO, la papa para fines industriales representa solo el 1% (FAOSTAT, 2017), siendo el almidón una fuente subutilizada en el Perú (Vargas et al., 2016). En el año 2014 el Perú fue el segundo país con mayor producción de papa en América, después de Estados Unidos; y, el primero, en América del Sur. Sin embargo, el rendimiento promedio fue inferior en 26%, respecto del promedio mundial (MINAGRI, 2017). Siendo Cusco, Ayacucho, Arequipa y Huánuco los departamentos con mayor producción de papa en el año 2017 (SENASA, 2017). El consumo de papa en el Perú llegó a 85 kg/persona en el año 2015, debido a políticas públicas como privadas, a la expansión del comercio de supermercados centrado en la papa y a la promoción gastronómica de platos andinos que incluyen papa y sus productos (Devaux, 2018). Mientras que el consumo de papa tiene una tendencia a la baja en países como Argentina y Colombia (Scott y Kleinwechter, 2017). El mejoramiento genético de la papa es a través de la evaluación de la adaptabilidad local de variedades generadas en diferentes lugares (Soto, 2006). En ese sentido, se debe considerar el efecto de la interacción genotipo-ambiente (Scapim et al., 2000; Contreras y Krarup, 2000), es decir, el ambiente influye en la expresión fenotípica de los genotipos (Onamu et al., 2015; Mamani-Rojas y François-Ledent, 2014; Tirado-Lara y Tirado-Malaver, 2018; Maharana et al., 2017; Mateus et al., 2014). El genotipo es constante en comparación con los cambios ambientales que experimentan las plantas (Moreno, 1985) y conocer su fenología permite comprender su comportamiento y contribuir en el uso más eficiente de insumos y recursos (Yanez, 1999). Las características heredables en los tubérculos, son influenciadas por las condiciones agroecológicas (Kumlay et al., 2002), la temperatura del medio ambiente influye en el nivel de producción (Martín y Jeréz, 2015). Por lo tanto, el rendimiento dependerá de la capacidad para aprovechar las condiciones del medio y del manejo que se proporcione (Gutiérrez-Gutiérrez y Muñoz, 2009). Actualmente se busca variedades alternativas, de alto rendimiento, con resistencia o tolerancia a las principales plagas que afectan el cultivo; además, el genotipo, debe garantizar un producto de forma, color, tipo de piel y ojos del tubérculo

aceptable por el consumidor (Gutiérrez-Gutiérrez y Muñoz, 2009).

El objetivo del presente estudio fue comparar cuatro variedades de papa (*Ssp. andigenum* Hawkes, *S. curtilobum* Juz et Buk, *S. juzepczukii* Buk y *S. stenotomum* Just et Buk) en términos de fenológica y el rendimiento en condiciones agroecológicas de la región altiplánica del Perú.

2. Materiales y métodos

El presente estudio fue conducido en los campos experimentales de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano (UNAP), Puno, Perú, con ubicación geográfica de 15° 49' Latitud Sur y 70°00' Longitud Oeste, a 3825 m.s.n.m (SENAMHI, 2008). El suelo experimental presentó una clase textural franco arenoso, con 3,3% de material orgánica; 7,1 de pH; 27 kg ha⁻¹, 119,1 kg ha⁻¹ y 150 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, P₂O₅ y K₂O disponible respectivamente.

Se utilizaron cuatro variedades de papa (*Ssp. andigenum* Hawkes, *S. curtilobum* Juz et Buk, *S. juzepczukii* Buk y *S. stenotomum* Just et Buk). El ensayo se realizó bajo un diseño de bloques aleatorizados con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos (variedades). Para el análisis estadístico se utilizó ANOVA, en caso de encontrar diferencias entre las medias, su significancia fue analizada por el Test de Tukey ($p \leq 0,05\%$) con el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2011). Las variedades de papa fueron sembradas en las condiciones agroecológicas de la región altiplánica del Perú en "parcelas de prueba" de 8 m² (8m de ancho por 1m de largo), distancia entre surco y planta fue de 1 m y 0,35 m respectivamente.

La preparación del terreno fue mecanizada, consistió de un arado de discos, a una profundidad de 30 cm, luego se realizó el desterronado y mullido del suelo con tres rastras cruzadas de dos cuerpos. El surcado, se realizó con una surcadora, a 15 cm de profundidad con 1 m de distancia entre surco.

La siembra de la papa fue manual y se depositó un tubérculo en el fondo (0,35 m) del surco. La fertilización de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) fue de 120-100-80 kg ha⁻¹ (Fernández, 2016); los fertilizantes empleados fueron: Nitrato de Amonio al 33,5%; Superfosfato de calcio al 20% y Cloruro de Potasio al 60%; el fertilizante nitrogenado se aplicó en dos fracciones iguales (al momento de la siembra y en el primer aporque). Cuando las plantas emergieron, después de la siembra, se realizó la elevación de surco para evitar el exceso de agua en las plantas y favorecer el control de

malezas. A los 50 días después de la siembra, se realizó el deshierbe y el primer aporque, con el objetivo de eliminar las malezas y favorecer el crecimiento de las plantas. Después de 43 días del primer aporque, se realizó el segundo aporque a fin de evitar la emergencia de estolones y favorecer el buen desarrollo de los tubérculos. Para identificar la fenología de la papa se utilizó la descripción del tubérculo (color y tipo de piel, forma, color de carne, profundidad del ojo, número de ojos, distribución de ojos y color de brote), de la planta (tipo de crecimiento, tamaño, color del tallo, forma y color de alas), de la hoja (tipo de disección y pigmentación del peciolo), de la flor (color, tamaño de corola y color de cáliz), de las bayas su forma, intensidad de floración, período vegetativo, de acuerdo a la planilla de registro, utilizada por el Centro Internacional de la Papa (CIP). En la cosecha se determinó el rendimiento en peso y número (kg/ha y número de tubérculos/planta, respectivamente).

3. Resultados y discusión

En la [Tabla 1](#) se observa los días de desarrollo de la planta, las características, número y producción del tubérculo. Los resultados muestran que la *S. juzepczukii* Buk es la más precoz con 63 días, seguida de *S. Curtilobum* Juz et Buk, *Ssp. Andigenum* Hawkes y *S. Stenotum* Just et Buk con 73, 86 y 91 días respectivamente. Estos datos se encuentran dentro del rango reportado por [Montoya \(2013\)](#) y [Reategui y Aguirre \(2018\)](#), la relación se mantiene para la floración plena y término. Sin embargo, [Mora \(2000\)](#) reportó 75 días después de la siembra para la plena floración (50% de flores abiertas). Mientras que el inicio de fructificación para la variedad *S. curtilobum* Juz et Buk fue de 101 días, seguido de *Ssp. andigenum* Hawkes, *S. stenotomum* Just et Buk y *S. juzepczukii* Buk 108, 109 y 118 días respectivamente. Los resultados obtenidos se pueden deber factores del ambiente tales como: la variedad, suelo, humedad relativa, temperatura del ambiente, intensidad de luz y duración de la luz ([Egusquiza, 2000](#)).

Las características del tubérculo, el color de piel de las *S. Curtilobum* Juz et Buk y *S. Stenotum* Just et Buk registraron gran variabilidad de colores, fluctuando desde colores enteros claros y oscuros, hasta manchados de diferente tono; la *S. juzepczukii* Buk mostró uniformidad de color de piel, coloración crema; el color de piel de la mayoría de tubérculos de la especie *S. Andigenum* Hawkes, fue rosada, sin embargo, también se observaron tubérculos con coloración marrón y crema ([Tabla 1](#)).

[Del Río et al. \(2017\)](#) en la *Solanum x curtilobum* variedad *Chiar Choquepitu*, *Solanum stenotomum* variedad *Khuchi Akita*, *Solanum x juzepczukii* variedad boliviana *Lucky* y en la *Solanum tuberosum. subsp. Andigena* reportaron un color de piel purpura brillante, purpura/morado oscuro, crema brillante y morado respectivamente. Similar resultado fue reportado por [Espinosa \(2006\)](#) para la especie *S. andigenum*.

El tipo de piel lisa fue predominante en las tres especies de papa a diferencia de la *S. juzepczukii* Buk donde predominó la piel rugosa (70%). La forma del tubérculo vista de lado fue variable en las cuatro especies ([Tabla 1](#)). Sin embargo, la forma ovalada fue más abundante en la *Ssp. Andigenum* Hawkes (50%), *S. Curtilobum* Juz et Buk (50%) y la *S. juzepczukii* Buk (60%), mientras que en la forma más abundante del tubérculo vista de frente fue la Redonda. Al realizar diversos estudios, se encontró en la *S. Andigenum* Hawkes, tubérculos de formas muy variadas ([Estrada, 2000](#)); en la *S. Curtilobum* Juz et Buk, el tubérculo tenía forma oval, oval-redondo, chato; la *S. juzepczukii* Buk, según las variedades la forma del tubérculo va desde curvas, ovaladas, cónicos, largo o chatos; mientras que el tubérculo de la *S. Stenotum* Just et Buk presenta una forma típica, aunque varía de redondo a cilíndrico, delgado a grueso ([Hawkes, 1990](#)). Sin embargo, [Espinosa \(2006\)](#) sostiene que la *Ssp. andigenum* presenta forma redonda. Los resultados obtenidos concuerdan con las afirmaciones de [Egusquiza \(2014\)](#), quien sostiene que las formas más comunes del tubérculo son redondas, ovals y oblongas, pero que existen variedades con forma redonda comprimida, elíptica, larga, aplanadas, clavadas, reniformes, fusiformes, falcadas, enroscadas, digitadas, concertinoides y otras muy tuberosada. El color de la carne presenta una tendencia a colores claros, en algunos casos con pigmentaciones oscuras, se ha observado que la *S. juzepczukii* Buk presentó pigmentaciones. La mayoría de las especies presentaron tubérculos con profundidad de ojos mediano y superficial. La profundidad de ojo de la *Ssp. Andigenum* Hawkes fue mediano (100%), mientras que [Espinosa \(2006\)](#) y [Domínguez \(2017\)](#) reportaron profundidad de ojo superficial en la *S. Andigenum*. El número de ojos en las cuatro especies fue mayor a siete, resultado que se encuentra dentro del rango declarado por [Reategui y Aguirre \(2018\)](#). El número de tallos por planta está en función al número de ojos del tubérculo ([Tirado-Lara y Tirado-Malaver, 2018](#)).

Tabla 1
Resultados de desarrollo de la planta y las características del tubérculo

				<i>S. andigenum</i> Hawkes	<i>S. Curtilobum</i> Juz et Buk	<i>S. juzepczukii</i> Buk	<i>S. stenotum</i> Just et Buk
Desarrollo de la Planta	Floración	días	Inicio	86	73	63	91
			Plena	100	83	78	106
			Término	110	113	103	120
	Fructificación	días	Inicio	108	101	118	109
			Plena	118	119	124	121
			Término	127	125	134	133
Características del tubérculo	Color de piel %	%	Marrón	20	10		10
			Rosada	60			10
			Crema	20	30	100	
			Rosada con manchas blancas				10
			Blanca con manchas rosadas		10		20
			Negra		20		
			Amarilla		20		10
			Blanca con manchas moradas				10
	Tipo de piel		Liso	70	70	30	90
			Rugoso	30	30	70	10
	Forma	Vista de lado %	Largo aplanado	30			
			Ovalado	50	50	60	20
			Largo			10	
			Aovalado	20	30	10	20
			Oblongo		10	20	
			Redondo		10		20
			Largo con curva				20
			Ovalado Plano				10
	Vista frente %		Ovalado	40	40	30	50
			Redondo	60	50	60	40
			Achatado		10		
			Elíptico			10	10
	Color de la carne		Crema	70	40	90	80
			Amarilla	30	20	10	10
			Crema con pigmentación roja		10		
			Crema con pigmentación morada		10		10
			Totalmente pigmentada		10		
	Profundidad del ojo		Superficial		40	70	90
Mediano			100	60	30	10	
Número de ojos			9,3	9,8	7,4	10,7	
Distribución		Apical	60	65	62	63	
		No apical	40	35	38	37	
Color de brote		Glabro (blanco verde)	40	10	60	20	
		Pubescente (Totalmente pigmentado).	10	20			
		Pubescente (Blanco con pigmentación morada)	50	70	40	80	
Número de tubérculo por planta			25	18	11	17	
kg/ha aprox.			18830	14525	6110	8657	

A mayor número de tallos por planta, mayor rendimiento productivo (Tirado, 2014). Las cuatro especies presentaron dominancia apical. Pero, Reategui y Aguirre (2018) reportaron 50% presencia apical y no apical en clones de *S. Curtilobum* Juz et Buk y *S. Stenotum* Just et Buk, resultado similar a lo reportado por Astorga (1972) y Vargas (1975) quienes sostienen que no existe una distribución de ojos 100% apical.

El color del brote en las especies *Ssp. Andigenum* Hawkes, *S. Curtilobum* Juz et Buk y *S. Stenotum* Just et Buk fluctuó desde un glabro blanco verde a un pubescente totalmente pigmentado. Domínguez (2017) reportó un color de brote predominante blanco para la *Solanum tuberosum* sub especie *andígena*. El color de brote que predominó en el *S. juzepczukii* Buk fue el blanco verdoso, sin llegar a un pigmentado total.

Tabla 2

Resultados de desarrollo de la planta y las características de la hoja, flor, bayas y periodo vegetativo

		<i>Ssp. andigenum</i> Hawkes	<i>S.</i> <i>Curtilobum</i> Juz et Buk	<i>S.</i> <i>juzepczukii</i> Buk	<i>S.</i> <i>stenotmum</i> Just et Buk	
Planta	Tipo de crecimiento	Erecto	90	20		
		Semidecumbente	10	60	40	
		Totalmente decumbente		20	60	
	Tamaño de planta		52,21	42,54	30,23	37,74
	Color de tallo	Ligeramente pigmentado	60	40	60	40
		Pigmentación del ápice del tallo	10	10		10
		Fuertemente pigmentado	10	20	30	20
		Totalmente pigmentado	10	20		
		Verde	10	10	10	10
		Pigmentado en la base				10
	Forma de alas	Pigmentación en los nudos				10
		Marcadamente poco sinuosos	30	50	30	50
		Fuertemente mediano sinuoso	10	10		
		Fácilmente visibles derechas	30	20	40	50
		Lanceolado	10	10	30	
		Marcadamente mediano sinuoso	20	10		
	Color de alas	Verde	50	30		50
		Poca pigmentación	30	20	60	40
		Fuertemente pigmentado	20	30	40	10
	Hoja	Tipo de disección	Totalmente pigmentado		20	
Poco diseccionado			40	90	100	70
Medianamente diseccionado			50			
MFD.			10			
Fuertemente diseccionado			10		30	
Pigmento peciolo	Sin pigmentación	80	30	10	40	
	Poca pigmentación	10	60	70	50	
	Totalmente pigmentado	10		20	10	
Flor	Color	Fuertemente pigmentado		10		
		Violeta	40	40	60	
		Lila	30	30	20	60
		Morado	20	20	20	30
		Blanco	10			10
	Tamaño de corola		4,12	3,8	2,7	3,2
	Color de cáliz	Verde oscuro	20	10	10	
		Totalmente pigmentado	40			10
		Poca pigmentación	10		10	10
		Verde suave	10			10
Poco visible		10				
Pigmentado en la base	10	20	20	30		
Bayas	Forma de la baya	Sépalos totalmente pigmentados		70	60	
		Esférico	70	70		30
		Redonda	30	30		40
		Elipsoide			60	20
		Cordiforme			40	10
Periodo vegetativo	días	183	171	169	178	

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre cultivos para el rendimiento de tubérculos expresado en toneladas por hectárea (Tabla 1), la *Ssp. Andigenum* Hawkes fue el cultivo que produjo mayor número de tubérculos con 25 tubérculos/planta, seguido de *S. Curtilobum* Juz et Buk, con 18 tubérculos/planta; *S. Stenotmum* Just et Buk, con 17 tubérculos/planta y la *S. juzepczukii* Buk, con 11 tubérculos/planta. El resultado

obtenido concuerda con Hawkes (1990) al evaluar *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* Hawkes, sin embargo, es superior a lo reportado por Del Río et al. (2017) quienes obtuvieron 15 minituberculos por bandeja. Los cultivares en estudio mostraron alta variación en el rendimiento. Sin embargo, el número de tubérculos por planta obtenido fue inferior a otras variedades de clones comerciales que producen 90,73 tubérculos por planta

(Tirado-Lara y Tirado-Malaver, 2018). Rykaczewska (2016), al evaluar cultivares nacionales en aeroponía para la producción de minitubérculos de papa, encontró que 32,5 a 36,0 es el número de tubérculos por planta. Resultado similar al reporte de Tirado (2014), quien al evaluar la calidad de 18 ecotipos de papa amarilla (*Solanum phureja* Juz et Buk), encontró que los genotipos presentan entre 20,43 y 62,24 tubérculos por planta. Seminario et al. (2017), al evaluar diecisiete cultivares de papa determinaron que el promedio tubérculos comerciales por planta varía de 9 a 35. La capacidad productiva de los cultivos en estudio, permite su selección para estudios específicos. Siendo la *Ssp. Andigenum* Hawkes la de mayor rendimiento, mientras que la *S. juzepczukii* Buk presentó el menor rendimiento. Los rendimientos obtenidos son inferiores a los reportados por Seminario y Medina (2009), al evaluar papas nativas en agro-ecosistemas tradicionales. Sin embargo, Rojas y Seminario (2014) al evaluar diez cultivares, registraron rendimientos de 5 a 11,5 t·ha⁻¹ (8,6 t·ha⁻¹, en promedio). Madroño et al. (2013) al caracterizar morfoagronómicamente 102 genotipos de papa criolla *Solanum tuberosum* L. Grupo *Andigenum* reportaron rendimientos entre 7,47 y 3,19 kg/surco. Mamani et al. (2016), reportó entre 16,4 a 11,09 t/ha. El rendimiento obtenido en las variedades es diferente porque se trata de variedades con características morfológicas diferentes. En estudios realizados en Colombia, con clones seleccionados indican que existe alta variación en el rendimiento de tubérculos (Escallón et al., 2005; Pérez et al., 2008; Rodríguez et al., 2009). Siendo de gran importancia evaluar la producción, debido a escasos estudios sobre la capacidad productiva del cultivo de papa. Siendo de gran importancia identificar cultivos que estén acorde a las necesidades y preferencias de los agricultores, condiciones medioambientales, preferencias agronómicas, de mercado y valores culturales (Cadima y López, 2018). En la Tabla 2 se muestra a la *Ssp. Andigenum* Hawkes con un crecimiento erecto (90%), resultado que concuerda con Zapata et al. (2006), mientras que la *S. Curtilobum* Juz et Buk y *S. Stenotum* Just et Buk presentaron en su mayor parte un crecimiento semidecumbente, mientras que el 60% de la *S. juzepczukii* Buk presentó un crecimiento totalmente decumbente. Según Del Río et al. (2017) el crecimiento en la *S. andigenum* y *S. Curtilobum* fue erecto o semierecto y erecto respectivamente.

La especie *Ssp. Andigenum* Hawkes presentó el mayor tamaño (52,21 cm), seguida de *S. Curtilobum* Juz et Buk (42,54 cm), *S. Stenotum* Just et Buk (37, 74 cm) y *S. juzepczukii* Buk (30,23 cm). Tintin y Moscoso (2013) indicaron que el follaje de la *S. andigenum* alcanza generalmente una altura entre 0,60 a 1,5 m. Del Río et al. (2017) reportó una altura similar a los 60 y 70 días para los cultivos, *S. andigenum* (18 a 20 cm), *S. Curtilobum* (12 a 15 cm), *S. stenotum* (10 a 12 cm), *Ssp. Juzepczukii* (8 y 10 cm), mientras que Garnica et al. (2012) reportó una altura mayor para la *Solanum tuberosum* L. subespecie *andigenum* (75 cm), altura que se encuentra dentro del rango (72,18 a 79, 7 cm) reportado por Mamani et al. (2016), Dicha variación se debió a la fertilización. En relación al color de tallo, las cuatro especies mostraron una tendencia ligeramente pigmentada. Ochoa (2001), describe al tallo de la *S. curtlobum* (Ch'uqipitu) como subpigmentado o pigmentado hacia la base. Asimismo, Ramos (2012) reportó para el tallo una variación en la coloración desde verde, mayormente verde, verde con muchas manchas pigmentadas, mayormente pigmentado, pigmentado con muchas manchas verdes y de color morado. Ugarte e Iriarte (2005) reportaron gran variabilidad de colores, en *S. stenotum*. Segura (2014) reportó color de tallo verde, pero indicó que algunas veces puede ser de color marrón-rojizo o morado. Golmirzaie et al. (1990) indicaron que la pigmentación rosada, roja, azul, púrpura de brotes, tallos, tubérculos y flores es debido a la antocianina. El 50% de *S. Curtilobum* Juz et Buk y *S. Stenotum* Just et Buk presentaron alas marcadamente poco sinuosas, mientras que la forma del ala de la especie *Ssp. Andigenum* Hawkes presentó forma variada. Pero, Segura (2014) declara que las alas son rectas, onduladas o dentadas, mientras que Ramos (2012), reportó que la forma de las alas del tallo es ondulado y angosto en *Solanum curtlobum*. El 50% de las alas de la *Ssp. andigenum* Hawkes y *S. stenotum* Just et Buk presentaron color verde. Se ha encontrado relación entre el color del tallo y el color de alas en todas las especies y clones estudiados. En el tipo de disección de la hoja existe una marcada diferencia entre los clones de la especie *Ssp. andigenum* Hawkes, disminuyendo esta variación en la *S curtlobum* Juz et Buk y *S. stenotum* Just et Buk, no existiendo ninguna diferencia de disección entre los clones de la *S. juzepczukii* Buk por manifestarse como poco diseccionado, el resultado concuerda con el reporte de Reátegui y Aguirre (2018).

La pigmentación del peciolo es variable en las cuatro especies estudiadas. Encontrándose para el caso, peciolo sin pigmentación, poco pigmentados, totalmente pigmentados y fuertemente pigmentados. Punina (2013) reportó raquis pigmentado en la parte inferior y en la parte superior presenta dos canales en los cuales el pigmento se acentúa en el ángulo de inserción del peciolo con el raquis en la (*Solanum tuberosum*) C.V. “Fripapa”.

Se observó gran variabilidad en el color de la flor en las cuatro especies evaluadas, desde el blanco hasta el violeta. Rodríguez et al. (2009) reportó que la papa Criolla Latina: {*S. phu* (Criolla Colombia) x *S. gon* (Amarilla Tumbay)}, presenta flor lila oscuro al igual que la Criolla Colombia, mientras que la Criolla Paisa: {*S. gon* (Amarilla Tumbay) x *S. phu* (Criolla Colombia)}, presenta flor blanca. Tintin y Moscoso (2013) al estudiar a la *S. andigenum* reportó flores de color morado, rote mediano, forma oval, color rojo morado, yema terminal pequeña, semi-abierta, bastantes brotillas, yemas laterales semilargas. El número de flores al igual que su color depende de cada genotipo (Palencia, 1989; Huamán, 1984; Sánchez, 2003). Huamán, citado por Quiñones (1994) reportó la existencia de una gran diversidad genética de especies de papa cultivada y silvestre en la región andina de América del Sur; más aún, sostiene que la zona de mayor diversidad se encuentra entre las regiones centrales de Perú y Bolivia, donde numerosos cultivares nativos muestran una gran variación de tipo de hoja, color de flor y características de tubérculos.

El tamaño de la corola de la flor de la *Ssp. andigenum* Hawkes fue 4,12 cm., seguido de las especies *S. curtilobum* Juz et Buk con 3,8 cm de diámetro, la *S. stenotum* Just et Buk con 3,2 cm y finalmente la especie *S. juzepczukii* Buk con 2,7 cm de promedio. Carlos (2016) reportó el diámetro de las corolas diseccionadas de los 241 morfotipos de papas nativas variaron en un rango desde 2,4 a 4,8 cm, teniendo como moda 3,2 cm y la variedad “yana milagro” (morf. 228) presentó el mayor diámetro de 4,8 cm.

En el color de cáliz para la *S. curtilobum* Juz et Buk, *S. juzepczukii* Buk y *S. stenotum* Just et Buk mostraron sépalos totalmente pigmentados en 70%, 60% y 40% respectivamente, mientras el 40 de *Ssp. andigenum* Hawkes mostró un cáliz totalmente pigmentado. Carlos (2016) reportó diferentes pigmentaciones en los cálices, desde verde hasta morado. Las variedades “lengua de indio” y “n/n” presentaron cáliz

de color verde; mientras los morfotipos “n/n”, “wijta”, “n/n” tuvieron pigmentación de color morado. Asimismo, Romero y Garnica (2009) reportó que el color del cáliz es verde con pocas manchas.

La forma de las bayas en la *Ssp. andigenum* Hawkes, *S. curtilobum* Juz et Buk y *S. stenotum* Just et Buk presentaron una tendencia redondo esférico, coincidiendo con lo evaluado por Astorga (1972), en la *S. juzepczukii* varía de cordiforme, esférico a elipsoide, en la *S. stenotomum* presenta mayor variabilidad de formas desde redondo hasta cónico y la *S. curtilobum* presenta solo forma esférica.

Entre la intensidad de floración e intensidad de fructificación en todas las especies se encontró relación, a excepción de la *S. juzepczukii* Buk donde existe marcada diferencia entre los mismos; porque la intensidad de fructificación fue menor que la floración. Ratera (1950) reportó que una especie o variedad de papa puede florecer o fructificar en determinado lugar y no hacerlo en otro lugar. Romero y Garnica (2009) reportaron que las bayas de la *Solanum tuberosum* subespecie *andigenum* son de forma globosa con mucrón terminal. Espinal et al. (2006), afirman que la forma de baya contribuye en la diferenciación de plantas de papa de algunas especies comunes del mismo género, ello podría ser útil al momento de seleccionar parentales.

El período vegetativo en la *S. andigenum* Hawkes, fue la más tardía con 183 días, seguido de *S. stenotum* Just et Buk (178 días), *S. curtilobum* Juz et Buk (171) y *S. juzepczukii* Buk (169 días). Presentando la papa *S. tuberosum* subespecie *andigenum* un periodo vegetativo de cinco a siete meses (Estrada, 2000), el rango de variación es similar a lo reportado por Mendoza y Gastelo (2018); Marmolejo y Ruiz (2018).

4. Conclusiones

El comportamiento fenológico de las variedades de papa (*Ssp. andigenum* Hawkes, *S. curtilobum* Juz et Buk, *S. juzepczukii* Buk y *S. stenotomum* Just et Buk) es diferente en las cuatro variedades. Sin embargo, presentan un período vegetativo similar con valores entre 169 a 183 días. La *Ssp. andigenum* Hawkes presentó la mayor producción de papa en relación con las variedades estudiadas. Los resultados obtenidos podrían servir de base para otros estudios como realizar el cruce de variedades a fin de obtener una variedad apropiada para la zona del Altiplano, que permita tener material genético con mayor rendimiento en tubérculos, menor grado de

ataques de plagas y enfermedades, así como menor efecto de la granizada. El estudio también muestra que es necesario incrementar el banco de germoplasma de papa a nivel nacional.

Referencias bibliográficas

- Astorga, N.J. 1972. Evaluación del fenotipo y comportamiento de 200 clones de papa en Puno, con fines de iniciar un programa de mejoramiento, Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Arcos, J.; Zúñiga, D. 2016. Rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas con capacidad para mejorar la productividad en papa. Revista Latinoamericana de la Papa, 20(1): 18-31.
- Cadima, X.; López, I. 2018. Definición de repertorios de cultivares de papa para agricultores altoandinos en un contexto de cambio climático. Revista Latinoamericana de la Papa 22(1): 38 – 48.
- Carlos, R. 2016. Caracterización morfológica y biometría de hojas y flores de papas nativas (*Solanum* sp.) Cultivadas en la Región Pasco. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 62 pp.
- Contreras, S.; Krarup, C. 2000. Interacción genotipo por ambiente en cinco cultivares de espárrago (*Asparragus officinalis* L.). Ciencia e Investigación Agraria, 27:133-139.
- Del río, A.H.; Obregon, C.; Bamberg, J.B.; Petrick, J.; Bula, R.; De la Calle, F. 2017. Validación del protocolo de Producción de Semilla de Papa usando Ambientes Controlados (Sistema CETS), en especies cultivadas de papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista Latinoamericana de la Papa 21(2): 89 – 96.
- Devaux, A. 2018. Tecnología e innovaciones de papa como puente crítico para responder a los desafíos de seguridad alimentaria y promover los agronegocios en América Latina. Revista Latinoamericana de la Papa 22(1): 5 – 9.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, J.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C.W. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Domínguez, F. 2017. Variabilidad fenotípica y evaluación agrobotánica de Araqa papas (*solanum tuberosum* sub especie *andígena*), en la comunidad de Hatta Pallpa Pallpa del distrito de Quiñota - Chumbivilcas – Cusco. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, cusco, Perú.
- Egusquiza, BR. 2000. La papa: producción, transformación y comercialización. Lima, Perú. Editorial International Potato Center. 192 pp.
- Egúsquiza, 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 pp.
- Escallón, R.; Ramirez, M.; Núñez, C.E. 2005. Evaluación del potencial de rendimiento y de la resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont. De Bary) en la colección de papas redondas amarillas de la especie *Solanum phureja* (Juz. et Buk). Agronomía Colombiana 23: 35-41.
- Espinal, C.; Martínez, H.; Pinzón N.; Barrios, C. 2006. La cadena de la papa en Colombia. En: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112163731_caracterizacion_papa.pdf, consulta: enero, 2011.
- Espinosa, M. 2006. Selección participativa de clones promisorios de papa (*Solanum* sp.) con resistencia a Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) provenientes de varias fuentes en dos localidades 2006. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 104 pp.
- Estrada, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Bogotá: CIP-IPGRI-PRACIPA-IBTA-PROINPA-SDC-CID.2000. ISBN 84-89891-68-0.
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación]. 2014. Anuario estadístico de la FAO. La Alimentación y la Agricultura en América Latina y el Caribe. 178 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf>
- FAOSTAT [Food and Agriculture Organization Statistical]. 2013. FAO Statistical Database 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/home/index.html>
- FAOSTAT. 2017. Database. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fernández, E. 2016. Comparativo de insecticidas para el control de *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) Var. Canchán. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 85 pp.
- Garnica, A.M.H.; Romero, A.R.; Prieto, M.; Del Socorro, M.; Argüelles, J. 2012. Characterization of promising potato clones (*Solanum tuberosum* L. subspecies *andígena*) for starch extraction. Agronomía Colombiana 30(3): 326-334.
- Golmirzaie, A.M.; Ortiz, R.; Serquén F. 1990. Genética y mejoramiento de la papa mediante semilla (sexual). Centro Internacional de la papa., Lima Perú. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/39012303_Genetica_y_Mejoramiento_de_la_Papa_mediante_Semilla_Sexual
- Gutiérrez-Gutiérrez, A.; Muñoz, J. 2009. Interacción genotipo por ambiente de siete variedades de papa en la zona papera de Chiriquí, Panamá. Revista Latinoamericana de la Papa 15(1): 12-19.
- Hawkes, J. G. 1990. The potato: evolution, biodiversity, and genetic resources. Bellhaven Press, Washington, DC. 259pp. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19901615687>
- 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 pp.
- Kumlay, A.M.; Kaya, C.; Olgun, M.; Dursun, A.; Pehlivan, M.; Dizikisa, T. 2002. Comparison of seasonal change of specific gravity, dry matter accumulation and starch content of four potatoes (*Solanum tuberosum* L.) varieties. Acta Hort. (ISHS) 579: 255-258.
- Madroñero, I.; Esteban, J.; Rodríguez, L.; Navia, J.; Benavides, C. 2013. Caracterización Morfo agronómica de genotipos promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum* L. Grupo *Andigenum*) En nario. Temas agrarios 18(2): 50-66.
- Maharana, J.; Panda, C.; Jakhar, P. 2017. Genotype × Environment Interaction and Stability Analysis of Kharif Potato in Koraput Region of Odisha, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6(5): 1159-1166.
- Mamani, E.; Morales, V.; Ortuño, N. 2016. Aplicación de biofertilizantes foliares en el cultivar Huaycha (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*) en los valles interandinos de Bolivia. Revista Latinoamericana de la Papa 20(2): 14 - 25.
- Mamani-Rojas, P.; François-Ledent, J. 2014. Efecto de la sequía en la morfología, crecimiento y productividad de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) En Bolivia. Revista latinoamericana de la papa 18(1): 25-75.
- Martín, R.; Jeréz, E. 2015. Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*, L.) a partir del comportamiento de las temperaturas. Cultivos Tropicales 36(1): 89-93.
- Marmolejo, D.; Ruiz, J. 2018. Tolerancia de papas nativas (*Solanum spp.*) a heladas en el contexto de cambio climático. Scientia Agropecuaria 9(3): 393-400.
- Mateus, R.J.; Haan, S.Z.; Rodríguez, A.D. 2014. Genotype by Environment Effects on Potato MiniTuber Seed Production in an Aeroponics System. Agronomy 4: 514-528.
- MINAGRI [Ministerio de Agricultura y Riego]. 2017. Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana. Boletín. 12pp. Disponible en: file:///C:/Users/pc/Downloads/boletin-produccion-nacional-papa.pdf
- Mendoza, A.; Gastelo, M. 2018. Nuevos clones de papa para enfrentar el cambio climático en la región Huánuco, Perú. Revista Latinoamericana de la Papa 22(1): 81.
- Montoya, F. 2013. Calibración y validación de modelos para la simulación de patata (*solanum tuberosum* L.) bajo diferentes tratamientos de riego con pivót en condiciones semiáridas. Tesis doctoral. Universidad de Castilla, La Mancha, Albacate, España. 313 pp.
- Mora, A. 2000. Análisis agroeconómico de sistemas de fertilización y evaluación del comportamiento de dos variedades locales y tres variedades holandesas en el Centro Agropecuario Marengo, Mosquera Cundinamarca. Proyecto papa segundo semestre 1999. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 88 pp.
- Moreno, U. 1985. Environmental effects on growth and development of potato plants. In: Li, P.H. (De.) Potato Physiology. Academic Press Inc. U.S.A.
- Ochoa, C.M. 2001. Las papas de Sudamérica, Bolivia. IFEA-CIP, Plural, La Paz, Bolivia. 535 pp.
- Onamu, R.; Legaria-Solano, J.; Sahagún-Castellanos, J.; Rodríguez, L.; Pérez-Nieto, J. 2015. Diversidad genética entre variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) Cultivadas en México. Revista fitotecnia mexicana 38(1): 7-15.
- Palencia, R. 1989. Curso sobre la producción de papa. CIP. Fondo Nacional de Investigaciones, Mérida. 50 pp.
- Pérez, L.C.; Rodríguez, L.E.; Gómez, L.I. 2008. Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. Agronomía Colombiana 26: 477-486.
- Punina, E. 2013. Evaluación agronómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) C.V. "Fripapa" a la aplicación de tres abonos completos. Título de Ingeniería Agrónoma, Universidad Técnica De Ambato, Ambato, Ecuador. 54 pp.
- Quiñones, M. 1994. Descripción morfológica de papas nativas cultivadas en Ancash y Lima. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.
- Ramos, P. 2012. Evaluación de la variabilidad genética en progenies por semilla botánica en papa amarga choquepito (*Solanum curtilobum*) en Quipaquipani provincia Ingavi, La Paz. Tesis de Ingeniero Agrónomo, La Paz, Bolivia.
- Ratera, E.L. 1950. Observación sobre la floración de variedades cultivadas de papa (*S. tuberosum*) y especies silvestres. Argentina. Imp. De la Universidad. Buenos Aires.
- Reátegui, K; Aguirre, N. 2018. Caracterización fenológica y rendimiento de la papa (*Solanum spp.*) en el altiplano peruano. 70 pp. Disponible en: <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/163>
- Rodríguez, L.; Ñustez, C.; Estrada, N. 2009. Criolla Latina, Criolla Paisa y Criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia (Colombia). Agronomía Colombiana 27(3): 289-303.
- Rojas, P.; Seminario, J. 2014. Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum* grupo Phureja) de la región Cajamarca. Scientia Agropecuaria 5(4): 165-175.
- Romero, A. y Garnica, A. 2009. Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*) por su potencial para la producción de almidones nativos. Trabajo de grado para optar al título de Ingenieras de Alimentos. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 125 pp.
- Rykaczewska, K. 2016. The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture. Plant Soil Environ 62(5): 210-214.

- Sánchez, C. 2003. Cultivo y Comercialización de la Papa. Lima, Perú. 74 pp.
- Scapim, C.A.; Oliveira, V.R.; Braccini, A.L.; Cruz, C.D.; Andrade, C.A.B.; Vidigal, M.C.G. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genet. Mol. Biol.* 23:387-393.
- Scott, G.J.; Kleinwechter, U. 2017. Future Scenarios for Potato Demand, Supply and Trade in South America to 2030. *Potato Res.* 60: 23-45.
- Segura, B. 2014. *Cadena de valor de papas nativas (Solanum andigenum sp.) en la provincia de Jauja, Perú*. Thesis Doctoral, E.T.S.I. Agrónomos (UPM) [antigua denominación]. Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Seminario, J.; Medina, W. 2009. Diversidad de papa nativas en agroecosistemas tradicionales: Caso del distrito de Chota, Cajamarca. *Fiat Lux* 5: 5-24.
- Seminario, J.; Seminario, A.; Domínguez, A.; Escalante, B. 2017. Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) del grupo Phureja. *Scientia Agropecuaria* 8(3): 181 – 191.
- SENAMHI. [Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología]. 2008. Guía Climática Turística. Lima: SENAMHI.
- SENASA, 2017. INEI: Crece en 6% la producción nacional de papa. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/crece-en-6-la-produccion-nacional-de-papa/>
- Soto, J. 2006. Análisis de la diversidad genética de papa nativa (*solanum spp.*) de los departamentos de Ayacucho, Cajamarca, Cuzco, Huancavelica y Puno-Perú, mediante el uso de marcadores moleculares micro satelitales. Tesis para optar el título Biólogo con mención en biología celular y genética, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 78 pp.
- Tintin, F.; Moscoso, P. 2013. Capacidad de absorción de la planta de papa *Solanum tuberosum ssp andigena*, en el suelo contaminado de plomo. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 94 pp.
- Tirado, R. 2014. Evaluación del rendimiento de clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum* L.) con pulpa pigmentada – Cajamarca. Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque, Perú. 96 pp.
- Tirado-Lara, R.; Tirado-Malaver, R. 2018. Comportamiento de parámetros biométricos de clones para la obtención de papa baby con pulpa pigmentada. *Scientia Agropecuaria* 9(3): 401 – 410.
- Ugarte, M.; V. Iriarte. 2005. Papas Bolivianas. Catálogo de Cien Variedades Nativas. 2da edición. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria – Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación, Ministerio de Agricultura. Ganadería y Desarrollo Rural. Cochabamba, Bolivia. 110 pp.
- Vargas, F.A. 1975. Evaluación Fenotípica y Fenológica de 51 clones de papa (*Solanum Spp*). Tesis Ing. Agrónomo UNTA, Puno, Perú.
- Vargas, G.; Martínez, P.; Velezmoro, C. 2016. Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria* 7(3): 223 – 230
- Yanez, Z. 1999. Estudio de la fenología de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en dos épocas de siembra. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador. 203 pp.
- Zapata, J.; Navas, G.; Tamayo, A.; Díaz, C. 2006. Manejo agronómico de la papa criolla para el procesamiento industrial. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.