

Nota técnica

Rendimiento de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) amarillos precoces del grupo Phureja¹

Yield of early yellow potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) of the Phureja group

Juan F. Seminario-Cunya², Roiser Villanueva-Guevara², Misael H. Valdez-Yopla²

Resumen

El grupo Phureja (*Solanum tuberosum* L.) ha sido poco estudiado en Perú, a pesar de, su calidad culinaria, nutricional e industrial, y el riesgo de erosión al que ha estado sometido en las últimas décadas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento total y comercial de tubérculos de quince cultivares de papa (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja). Se evaluaron cultivares tradicionales, amarillos y precoces, de la región Cajamarca, Perú, para identificar los cultivares más productivos dentro del grupo en estudio. El trabajo se efectuó en una parcela del Servicio Silvoagropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca: 7° 10' LS y 78° 30' LW, 2670 msnm, 14,7 °C de temperatura promedio anual, 64,5% de humedad relativa y 651 mm de precipitación anual. La plantación se realizó a 0,90 m y 0,40 m entre surcos y entre plantas, respectivamente; en diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Se evaluó altura de planta, número de tallos, número y peso total de tubérculos, número y peso de tubérculos según categorías, gravedad específica, materia seca de tubérculos y de follaje, e índice de cosecha. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre cultivares para número total de tubérculos, número de tubérculos comerciales, peso de tubérculos comerciales, altura de planta, número de tallos, materia seca de los tubérculos e índice de cosecha. Los mejores cultivares en rendimiento de tubérculos fueron Blanca amarilla (27,8 t/ha), Limeña huachuma (27,4 t/ha), Llanqueja (25,0 t/ha), Amarilla redonda (23,3 t/ha) y Piña amarilla (21,8 t/ha).

Palabras clave: *Solanum phureja*, variedades indígenas, germoplasma, producción vegetal.

Abstract

The group Phureja (*Solanum tuberosum* L.) has been little studied in Peru, despite its culinary, nutritional and industrial quality and the risk of erosion to which it is subjected in recent decades. The objective of this research was to evaluate the total and commercial yield of tubers of fifteen potato cultivars (*Solanum tuberosum*, Phureja group). Traditional, yellow, and early cultivars were evaluated from Cajamarca region, Peru, to identify the most productive cultivars within the study group. The work was carried out on a plot of the Silvoagricultural Service of the Universidad Nacional de Cajamarca: 7° 10' LS and 78° 30' LW, 2670 masl, 14.7 °C average annual temperature, 64.5% relative humidity and 651 mm of annual precipitation. Seeding was carried out at 0.90 m and 0.40 m between

¹ Recibido: 6 de marzo, 2018. Aceptado: 28 de mayo, 2018. Este trabajo formó parte de la tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo del segundo de los autores. Universidad Nacional de Cjamarca, Perú.

² Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Programa de Raíces y Tubérculos Andinos. Perú. jfseminario@yahoo.es (autor para correspondencia), rvillanuevag@unc.edu.pe, mhvy11@gmail.com



rows and between plants, respectively; in completely randomized block design, with three repetitions. Plant height, number of stems, number and total weight of tubers, number and weight of tubers according to categories, specific gravity, dry matter of tubers and foliage, and harvest index were evaluated. Significant statistical differences were found between cultivars for a total number of tubers, number of commercial tubers, a weight of commercial tubers, plant height, number of stems, dry matter of the tubers and harvest index. The best cultivars in tuber yield were Blanca amarilla (27.8 t/ha), Limeña huachuma (27.4 t/ha), Llanqueja (25.0 t/ha), Amarilla redonda (23.3 t/ha) and Piña amarilla (21.8 t/ha).

Keywords: *Solanum phureja*, landraces, germplasm, crop production.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cuatro alimentos de mayor consumo en el mundo. Perú es el primer productor latinoamericano de este tubérculo, mismo que ocupa el primer lugar en área sembrada y producción, dentro de los cultivos transitorios, con 315,5 mil hectáreas cosechadas y rendimiento de 14,9 t/ha (MINAGRI, 2017). El consumo per cápita es de 85 kg, con crecimiento anual de 2,5% (MINAGRI, 2013).

Los grupos de papa (Huamán y Spooner, 2002; Huamán, 2008) Tuberosum y Andigenum, son los más importantes por su área sembrada y producción; sin embargo, el grupo Phureja es especialmente importante por su buen sabor, alta calidad culinaria y nutricional (mejores niveles de materia seca, Fe, Zn, proteína, vitamina C, carotenoides y fenoles totales, que en otros grupos de papa), su aptitud para procesos industriales y su bajo costo de producción, en comparación con los cultivares de otros grupos (Ligarreto y Suárez, 2003; Dobson et al. 2004; Burgos et al., 2009; Piñeros-Niños, 2009; Molina-Cita et al., 2015; Peña, 2015; Parra-Galindo et al., 2016). Además, es fuente de genes para el mejoramiento con respecto a la resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*), virus del amarillamiento de las venas (PYVV), marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) y sarna polvosa (*Spongospora subterranea*) (Cadena et al., 2005; Escallón et al., 2005; Guzmán y Rodríguez, 2010; Moslemkhani et al., 2012; Ramírez et al., 2013).

Diversas evidencias indican que en Perú, la papa del grupo Phureja estaría en serio riesgo de erosión, debido a las características biológicas (sin o con mínima dormancia y precocidad) y las características socioeconómicas del agricultor (de-Hann y Thiele, 2005; Seminario y Zarpán, 2011). Sin embargo, desde el ámbito institucional no existen iniciativas para evitar este riesgo. Por ejemplo, la FAO (2001) en el “Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos...”, excluye a este grupo como objeto de conservación y utilización sostenible para la alimentación y la agricultura, y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización. Este tratado establece (Art. 11.1, anexo 1) que se incluye a la papa, género *Solanum*, “incluida la sección tuberosa, excepto *Solanum phureja*”.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) mantiene 208 accesiones del grupo Phureja, de las cuales solo 20 proceden de Perú, (siete de la región Cajamarca) (Falcón, comunicación personal, 2017). Contrasta este dato con el de las 324 colectas realizadas en Perú entre 1947-1997, las cuales solo se mantienen como muestras de herbario en varios museos del mundo (Ochoa, 2003). Por otro lado, en el registro nacional de cultivares comerciales del Perú, se han inscrito 61 cultivares tradicionales o nativos, de los cuales, solo uno (Chaucha amarilla) corresponde al grupo Phureja (PCM, 2016).

El grupo Phureja es importante en los mercados del Perú y particularmente en la región Cajamarca. Se oferta durante todo el año, especialmente los cultivares de tubérculo redondo a oblongo-elípticos y de pulpa amarilla,

en diversas tonalidades, y se vende a precios más altos que la papa blanca (Ligarreto y Suárez, 2003; Seminario y Zarpán, 2011).

En esta región se han realizado investigaciones sobre el grupo Phureja, relacionadas con la variabilidad y la conservación *ex situ* e *in situ* (Seminario y Medina, 2009; Seminario y Zarpán, 2011), pero existen escasos estudios sobre el potencial de rendimiento de los cultivares (Rojas-Mercado y Seminario, 2014; Seminario et al., 2017). El objetivo de la presente investigación fue evaluar el rendimiento total y comercial de tubérculos de quince cultivares de papa (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja).

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en una parcela del Servicio Silvoagropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada a 3,5 km de la ciudad de Cajamarca, distrito y provincia Cajamarca, perteneciente a la región Quechua, ubicada a 7° 10' LS y 78° 30' LW, a 2536 msnm (Pulgar-Vidal, 1996). El clima del sitio es seco, con temperatura promedio diaria de 14,5 °C, humedad relativa de 64,5% y precipitación pluvial promedio anual de 651 mm. El experimento se realizó entre los meses de mayo a setiembre del 2015; los valores de las variables meteorológicas de este periodo se detallan en el Cuadro 1. El suelo es arcilloso, de pH ligeramente ácido, con nivel alto de fósforo (23,8 ppm) y potasio (295 ppm), y medio de materia orgánica (3,2 %), según el análisis de suelo realizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Estación Experimental, Baños del Inca-INIA.

Cuadro 1. Valores de las variables meteorológicas, durante el período del ensayo donde se evaluó el rendimiento total y comercial de tubérculos de quince cultivares de papa (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja). Cajamarca, Perú. 2015.

Table 1. Values of meteorological variables, during the period of the trial where total yield and commercial yield of fifteen potatoes cultivars (*Solanum tuberosum*, Phureja group) were evaluated. Cajamarca, Perú. 2015.

| Factores meteorológicos | Meses | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre |
| Precipitación (mm) | 76,6 | 3,0 | 4,5 | 0,1 | 0,0 |
| Humedad relativa (%) | 69 | 55 | 56 | 54 | 56 |
| Temperatura (°C) | 15,1 | 14,7 | 14,4 | 14,9 | 15,5 |
| Brillo solar (horas) | 4,6 | 6,8 | 7,6 | 8,6 | 5,6 |

Fuente: SENAMHI (2017).

Se utilizaron quince cultivares de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja), de la colección de trabajo que posee el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Estos cultivares son tradicionales o nativos (*landraces*), antiguos, no mejorados por la genética moderna, reconocidos con nombres locales específicos y ciertas características morfológicas (Cuadro 2). Se usó el diseño de bloques completamente al azar (BCA), con tres repeticiones.

La plantación se realizó a 0,90 m entre surcos y 0,40 m entre plantas (27 778 plantas/ha), con doce plantas por surco y un tubérculo por sitio. La fertilización se hizo con la fórmula 140 - 110 - 50 de N, P y K, respectivamente. Las fuentes de nutrientes fueron urea (46%), superfosfato simple de calcio (20%) y cloruro de potasio (60%). Además, se aplicó el equivalente a 5,5 t/ha de humus de lombriz, alrededor de cada tubérculo semilla y abono foliar (110 g/l de N, 80g/l de P₂O₅, 60 g/l de K₂O, más micronutrientes, vitaminas y hormonas) en la proporción

Cuadro 2. Nombres locales y características de quince cultivares de papa (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja), usados en el experimento. Cajamarca, Perú. 2015.

Table 2. Local names and characteristics of fifteen potato cultivars (*Solanum tuberosum*, Phureja group), used in the experiment. Cajamarca, Peru. 2015.

| N° tubérculo | Nombre cultivar* | Forma tubérculo | Color | Forma y color de flor |
|--------------|------------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| 1 | Blanca amarilla | Comprimido | Amarillo | Rotada, morado/blanco |
| 2 | Limeña huachuma | Comprimido | Amarillo | Rotada, morado/blanco |
| 3 | Llanqueja | Comprimido | amarillo | Rotada, morado/blanco |
| 4 | Amarilla redonda | Comprimido | Amarillo | Rotada, morado/blanco |
| 5 | Piña Amarilla | Comprimido | Amarillo | Rotada, morado/blanco |
| 6 | Blanca | Comprimido | Blanco/morado | Rotada, violeta/blanco |
| 7 | Oque-2 | Oblongo | Amarillo | Rotada, violeta/blanco |
| 8 | Amarilla mahuay | Comprimido | Amarillo | Rotada, morado/blanco |
| 9 | Chachapoyana-2 | Comprimido | Amarillo | Rotada, violeta/blanco |
| 10 | Shoga Amarilla | Redondo | Amarillo | Rotada, morado/blanco |
| 11 | Perricholi | Comprimido | Amarillo | Rotada, rojo/blanco |
| 12 | Chachapoyana-1 | Redondo | Amarillo | Pentagonal, violeta/blanco |
| 13 | Limeña | Comprimido | Amarillo | Pentagonal/morado/blanco |
| 14 | Guayaquil-1 | Redondo | Amarillo | Rotada, rojo/blanco |
| 15 | Amarilla | Elíptico | Aaranjado | Pentagonal, rojo/blanco |

*En la región Cajamarca, a cada nombre específico del cultivar (e.g. ‘Perricholi’), se antepone el término chaucha, que permite diferenciarlo de las papas de otros grupos, que pueden tener el mismo nombre específico / *In the Cajamarca region, to each specific name of the cultivar (e.g. ‘Perricholi’), the term chaucha is prefixed, which makes it possible to differentiate it from the potatoes of other groups, which may have the same specific name.

de 50 ml por 20 l de agua, en dos oportunidades (a 40 y 60 días después de la siembra). Los riegos fueron ligeros y frecuentes, y se realizaron por las tardes, para mantener la humedad del suelo cerca de la capacidad de campo y elevar la humedad relativa alrededor de las plantas, como prevención del daño por bajas temperaturas.

El deshierbo se realizó manualmente a los veinte días después de la siembra, cuando las plantas tenían de 15 a 20 cm de altura. Se realizaron dos aporques, a los 30 y 65 días después de la plantación. Se presentaron las plagas “pulga saltona” (*Epitrix subcrinita* LeConte), “escarabajo de la hoja” (*Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim), “mosca minadora” (*Liriomyza huidobrensis* Blanchard) y “trips” (*Frankliniella williamsi* Hood), las que fueron controladas con el insecticida chlorpirifos ($C_9H_{11}C_{13}NO_3PS$) 0,05%, en dosis de 30 ml por mochila de 20 l.

La cosecha se realizó a los 136 días después de la plantación, cuando el cultivo alcanzó su madurez comercial y el follaje se presentaba clorótico. Se cosecharon diez plantas por tratamiento (cultivar) y por bloque, descartando las plantas de los extremos de cada surco, para evitar el efecto de borde.

Se evaluó la altura de la planta (cm), el número de tallos, el número de tubérculos totales, el número de tubérculos comerciales, el peso total de tubérculos (g) y el peso de tubérculos comerciales (g). Esta última evaluación se realizó de acuerdo con la clasificación colombiana por diámetro (Arias et al., 1996; Escallón et al., 2005; Rodríguez et al., 2009; Roza y Núñez, 2011; Bautista et al., 2012): primera > 4 cm, segunda 2- 4 cm de diámetro y tercera <2 cm (tubérculos comerciales = tubérculos de primera + tubérculos de segunda). En todos los casos (redondos, comprimidos y oblongos o elípticos), se consideró el diámetro mayor.

El rendimiento de tubérculos por hectárea, de cada cultivar, se obtuvo aplicando la fórmula de Hay y Walker (1989): $\text{rendimiento (kg/ha)} = 27\,778 \text{ plantas} \times \text{N}^\circ \text{ tubérculos por planta} \times \text{peso promedio del tubérculo fresco (kg)}$. Este rendimiento se expresó en toneladas por hectárea (t/ha).

La evaluación de la materia seca del tubérculo (%) se hizo tomando cuatro tubérculos de cada cultivar, se cortaron en rodajas y se colocaron en estufa a 105 °C por 48 horas. El porcentaje de materia seca se obtuvo mediante la ecuación $(\text{peso seco/peso fresco}) \times 100$. La materia seca del follaje se determinó tomando dos plantas por bloque (seis por cada cultivar), se trozaron en porciones de 2,5 cm, se colocaron en estufa a 105 °C por 48 horas y el cálculo fue similar que para tubérculos. Con los datos de materia seca de los tubérculos y del follaje se determinó el índice de cosecha (IC), conforme a la ecuación de Gardner et al. (1985). La gravedad específica se determinó mediante el procedimiento descrito por Diaz et al. (2008).

Los datos de las variables evaluadas se ingresaron en el programa Infostat 2015, para su análisis estadístico. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para cada variable y, de acuerdo con la significancia estadística entre cultivares, se aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan.

La relación alométrica entre el peso (variable dependiente) y las medidas lineales de los tubérculos (largo base-ápice, diámetro ecuatorial 1 o diámetro mayor y diámetro ecuatorial 2 o diámetro menor, para tubérculos redondos y comprimidos; y largo y ancho mayor, para tubérculos oblongos o elípticos), se estudiaron mediante una muestra al azar de 50 tubérculos por cultivar y se derivaron ecuaciones de regresión (lineal y no lineal) hasta encontrar las que expresan mejor las relaciones entre variables (Steel y Torrie, 1985). De este modo, las ecuaciones permitieron estimar, para cada cultivar, el peso de los tubérculos, con base en las medidas lineales tomadas en campo, con las cuales se logró el mejor ajuste en la regresión. Este ajuste se expresó a través del coeficiente de determinación (R^2).

Resultados

Rendimiento de tubérculos y variables relacionadas

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre cultivares, para peso total de tubérculos (PTT; $F=8,3$; $p<0,0001$), peso de tubérculos comerciales (PTC; $F=10,13$; $p<0,0001$), número total de tubérculos (NTT; $F=8,95$; $p<0,0001$), número de tubérculos comerciales (NTC; $F=7,46$; $p<0,0001$), altura de la planta (AP; $F=11,29$; $p<0,0001$), número de tallos (NT; $F=11,03$; $p<0,0001$) e índice de cosecha (IC; $F=3,21$; $p<0,0001$).

La prueba de rango múltiple de Duncan, al 5% de probabilidades, para las variables que mostraron diferencias estadísticas entre genotipos (Cuadro 3), indicó que los cultivares Blanca amarilla, Limeña huachuma, Llanqueja, Amarilla redonda y Piña amarilla, fueron iguales estadísticamente y superiores al resto de cultivares en el peso total de tubérculos (PTT). El cultivar Blanca, fue estadísticamente superior a todos los demás cultivares en el número total de tubérculos (NTT). Los cultivares Blanca amarilla, Limeña huachuma, Chachapoyana 1, Piña amarilla, Llanqueja, Oque 2 y Amarilla redonda, fueron iguales estadísticamente pero superiores a los cultivares Chachapoyana 2, Shoga amarilla, Guayaquil 1, Limeña, Perricholi, Amarilla y Amarilla mahuay, en esta variable.

Los cultivares Blanca amarilla, Blanca, Limeña huachuma, Llanqueja, Piña amarilla y Amarilla redonda, fueron iguales estadísticamente en el número de tubérculos comerciales (NTC), y superiores a los cultivares Chachapoyana 2, Oque 2, Shoga amarilla, Amarilla mahuay, Perricholi, Chachapoyana 1, Limeña, Guayaquil 1 y Amarilla.

Los cultivares Limeña huachuma, Blanca amarilla, Llanqueja, Amarilla redonda y Piña amarilla fueron iguales estadísticamente y superiores al resto de cultivares en el peso de tubérculos comerciales (PTC). El cultivar Blanca fue superior estadísticamente a todos los cultivares en la altura de la planta (AP). Por otro lado, los cultivares Perricholi, Amarilla, Limeña, Oque 2, Chachapoyana 1 y Guayaquil 1 fueron estadísticamente iguales en el número de tallos (NT), al resto de cultivares.

Cuadro 3. Prueba de rango múltiple de Duncan, para las variables que mostraron diferencias estadísticas significativas de quince cultivares de papa amarillos precoces (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja). Cajamarca, Perú. 2015.

Table 3. Duncan multiple range test, for the variables that showed significant statistical differences of fifteen early yellow potato cultivars (*Solanum tuberosum*, Phureja group). Cajamarca, Peru. 2015.

| Cultivar | PTT (g) | | NTT | | NTC | | PTC (g) | | AP (cm) | | NT | | IC (%) | |
|------------------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|---------|-----|-----|------|--------|----|
| Blanca amarilla | 1001,7 | a | 28,3 | b | 13,2 | a | 805,2 | a | 64,2 | bc | 3,8 | fg | 61,0 | a |
| Limeña huachuma | 984,6 | a | 26,9 | bc | 11,1 | abc | 805,4 | a | 64,3 | bc | 3,6 | g | 62,2 | a |
| Llanqueja | 896,7 | ab | 21,0 | bcde | 10,9 | abc | 739,2 | a | 65,4 | bc | 3,7 | g | 66,1 | a |
| Amarilla redonda | 838,1 | abc | 21,1 | bcde | 9,6 | abcd | 678,1 | ab | 66,7 | b | 3,8 | fg | 61,8 | a |
| Piña Amarilla | 786,3 | abcd | 20,9 | bcde | 11,0 | abc | 647,1 | ab | 61,5 | cd | 3,9 | efg | 65,8 | a |
| Blanca | 720,8 | bcde | 49,2 | a | 11,6 | ab | 375,0 | cde | 72,9 | a | 4,2 | defg | 38,2 | cd |
| Oque-2 | 623,8 | cde | 21,6 | bcd | 8,2 | cde | 479,6 | bcd | 66,1 | bc | 5,2 | abc | 49,5 | bc |
| Amarilla mahuay | 605,8 | cde | 12,2 | f | 7,0 | def | 531,7 | bc | 64,9 | bc | 2,8 | h | 66,9 | a |
| Chachapoyana-2 | 571,7 | de | 18,2 | cdef | 8,2 | cde | 472,5 | bcd | 59,3 | d | 4,5 | cdef | 65,1 | a |
| Shoga Amarilla | 538,8 | de | 18,0 | cdef | 7,2 | def | 407,1 | cd | 64,6 | bc | 4,7 | bcde | 37,5 | d |
| Perricholi | 512,5 | ef | 15,1 | def | 6,8 | def | 410,8 | cd | 61,7 | bcd | 5,6 | a | 47,9 | cd |
| Chachapoyana-1 | 464,2 | ef | 26,3 | bc | 6,4 | ef | 300,4 | def | 61,9 | bcd | 4,8 | abcd | 47,6 | cd |
| Limeña | 458,3 | ef | 15,7 | def | 5,8 | ef | 342,9 | cdef | 64,9 | bc | 5,3 | abc | 44,4 | cd |
| Guayaquil-1 | 279,2 | f | 16,3 | def | 4,5 | f | 163,0 | f | 52,8 | e | 4,8 | abcd | 59,6 | ab |
| Amarilla | 263,8 | f | 13,3 | ef | 4,3 | f | 193,3 | ef | 53,5 | e | 5,4 | ab | 66,9 | a |

PTT = peso total de tubérculos, PTC = peso de tubérculos comerciales, NTT = número total de tubérculos, NTC = número de tubérculos comerciales, AP = altura de planta, NT = número de tallos, MST = materia seca del tubérculo, IC = índice de cosecha (%). Promedios con la misma letra, dentro de cada variable, son estadísticamente iguales.

PTT = total weight of tubers, PTC = weight of commercial tubers, NTT = total number of tubers, NTC = number of commercial tubers, AP = plant height, NT = number of stems, MST = dry matter of the tuber, IC = harvest index (%). Averages with the same letter, within each variable, are statistically equal.

Los cultivares Amarilla mahuay, Amarilla, Llanqueja, Piña amarilla, Chachapoyana 2, Limeña huachuma, Amarilla redonda, Blanca amarilla y Guayaquil 1, fueron iguales estadísticamente en el índice de cosecha (IC) y superiores a Oque 2, Perricholi, Chachapoyana 1, Limeña, Blanca y Shoga amarilla. Además, Oque 2, fue superior a Perricholi, Chachapoyana 1, Limeña, Blanca y Shoga amarilla, respecto a esta variable.

Rendimiento por hectárea

El rendimiento por hectárea presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre cultivares ($F=8,3$; $p<0,0001$) y la prueba de Duncan, al 5% de probabilidades, permitió identificar cinco grupos de cultivares (Figura 1): Limeña huachuma, Blanca amarilla, Llanqueja, Amarilla redonda y Piña amarilla, formaron un grupo, superior numéricamente al resto de cultivares, con rendimientos de 21,8 t/ha y 27,8 t/ha. El segundo grupo estuvo formado por Llanqueja, Amarilla redonda, Piña amarilla y Blanca, con rendimientos de 20 t/ha a 24,9 t/ha. El tercer grupo estuvo formado por Amarilla redonda, Piña amarilla, Blanca, Oque-2 y Amarilla mahuay, con rendimientos de 16,8 t/ha a 23,3 t/ha. El cuarto grupo, formado por Piña amarilla, Blanca, Oque-2, Amarilla mahuay, Chachapoyana-2 y Shoga amarilla, quienes presentaron rendimientos de 15 t/ha a 21,8 t/ha. Finalmente, el quinto grupo estuvo

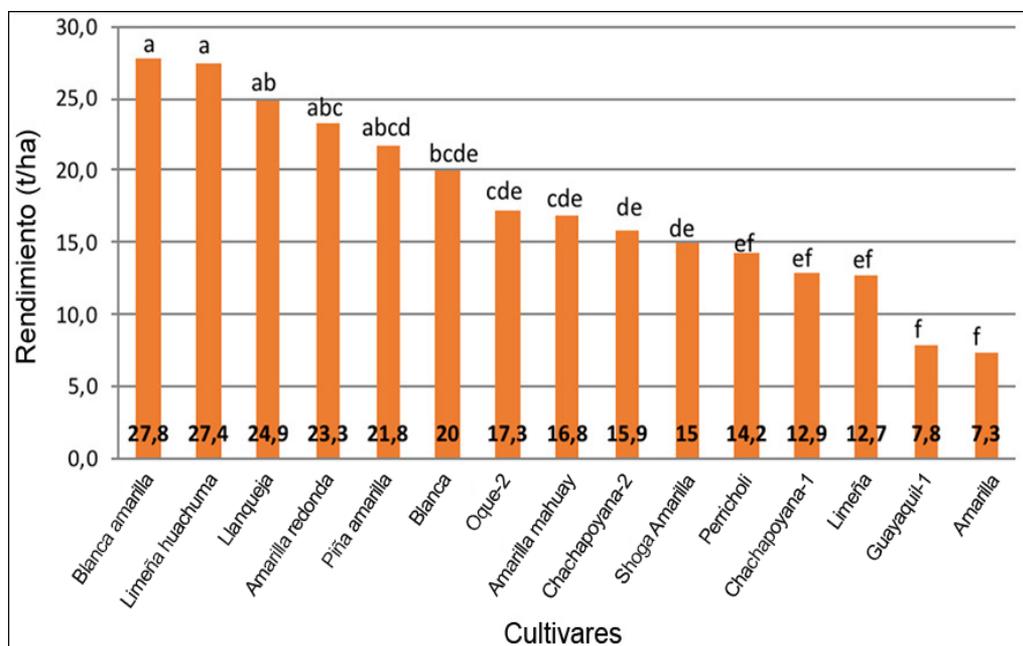


Figura 1. Prueba de rango múltiple para el rendimiento (t/ha) de quince cultivares de papa amarillos precoces (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja). Cajamarca, Perú. 2015. Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales.

Figure 1. Multiple range test for the yield (t/ha) of fifteen early yellow potato cultivars (*Solanum tuberosum*, Phureja group). Cajamarca, Perú. 2015. Averages with the same letter are statistically equal.

formado por Perricholi, Chachapoyana-1, Limeña, Guayaquil-1 y Amarilla, con los rendimientos más bajos (menos de 14,2 t/ha). Se recomienda hacer nuevas pruebas de este grupo de cultivares, en otros ambientes, para establecer con mayor contundencia sus semejanzas o diferencias, con respecto a esta variable.

Contenido de materia seca y gravedad específica

La variación de la materia seca (20,0% a 28,4%) fue amplia y a la vez, muestra que existen cultivares de contenido superior de materia seca que los cultivares mejorados (Cuadro 4). El promedio de materia seca de trece variedades mejoradas liberadas en los últimos años fue de 22,6% (DS: 2,1) (INIA-Red Latinpapa, 2012), mientras que, en este estudio fue en promedio 25%. Tendencia similar se informa en otros cultivares del mismo grupo (Quintero et al., 2012; Rojas-Mercado y Seminario, 2014).

El valor de la gravedad específica fue alrededor de 1, el cual no es el mejor si se requiere usar los tubérculos para ciertos procesos industriales (Rivera et al., 2011), pero es necesario evaluar este parámetro en función de las condiciones ambientales y de manejo del cultivo, y afinar el procedimiento para su determinación con el propósito de la mayor confiabilidad en el dato.

Proporción de peso de tubérculos según categorías y peso de tubérculos comerciales

Los cultivares en estudio presentaron alta variación en los porcentajes de peso de tubérculos según categorías (Cuadro 5). En la categoría primera destacaron Limeña huachuma (52%) y Amarilla mahuay (53%) y en la

Cuadro 4. Porcentaje del peso de tubérculos según categorías, materia seca (MS) y gravedad específica (GE) de quince cultivares de papa amarillos precoces (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja). Cajamarca, Perú. 2015.

Table 4. Percentage of the weight of tubers according to categories, dry matter (MS), and specific gravity (GE) of fifteen early yellow potato cultivars (*Solanum tuberosum*, Phureja group). Cajamarca, Peru. 2015.

| Cultivar | % peso tubérculos | | | MS | GE |
|------------------|-------------------|---------|---------|------|------|
| | Primera | Segunda | Tercera | | |
| Blanca amarilla | 43 | 37 | 20 | 26,4 | 1,01 |
| Limeña huachuma | 52 | 30 | 18 | 26,5 | 1,00 |
| Llanqueja | 37 | 45 | 18 | 24,9 | 1,00 |
| Amarilla redonda | 42 | 39 | 19 | 23,2 | 1,01 |
| Piña Amarilla | 42 | 40 | 18 | 28,4 | 1,01 |
| Blanca | 28 | 24 | 48 | 26,8 | 1,01 |
| Oque-2 | 30 | 47 | 23 | 25,8 | 1,00 |
| Amarilla mahuay | 53 | 35 | 12 | 27,0 | 1,00 |
| Chachapoyana-2 | 37 | 46 | 17 | 26,2 | 1,00 |
| Shoga Amarilla | 14 | 62 | 24 | 26,9 | 1,01 |
| Perricholi | 39 | 41 | 20 | 22,3 | 1,00 |
| Chachapoyana-1 | 25 | 40 | 35 | 25,4 | 1,01 |
| Limeña | 28 | 47 | 25 | 22,4 | 1,00 |
| Guayaquil-1 | 31 | 27 | 42 | 20,0 | 1,00 |
| Amarilla | 35 | 38 | 27 | 23,1 | 1,01 |
| Promedio | 36 | 40 | 24 | 25,0 | 1,00 |
| DS | 10 | 9 | 10 | 2,3 | 0,00 |

Primera: >4 cm, segunda: 2-4 cm, tercera: <2 cm, según la clasificación de papa Phureja en Colombia / First: >4 cm, second: 2-4 cm, third: <2 cm, according to the Phureja potato classification in Colombia.

categoría segunda, la más comercial, destacaron Shoga amarilla con 62% y Oque-2 y Limeña con 47%. Del mismo modo, la proporción de tubérculos comerciales (primera más segunda) fue altamente variable con (52% a 88%) (Figura 2). Ocho cultivares mostraron proporciones $\geq 80\%$ de tubérculos comerciales.

Relación entre el peso y las medidas lineales de los tubérculos

Las regresiones derivadas entre el peso y el largo (L), el diámetro ecuatorial 1 (D1, mayor) y diámetro ecuatorial 2 (D2, menor), indicaron que en todos los casos, las mejores ecuaciones fueron exponenciales. Para los cultivares de tubérculo comprimido y redondo (a excepción de 'Limeña'), las mejores relaciones entre estas variables se obtuvieron entre el peso y el promedio de las tres dimensiones. En cambio, para los cultivares de tubérculo oblongo y elíptico, las mejores regresiones se obtuvieron con el promedio del largo más el ancho mayor (Cuadro 5).

Discusión

Rendimiento de tubérculos

El grupo en estudio presentó diferencias altamente significativas para siete variables asociadas con el rendimiento. Resultados similares se encontraron en dos estudios previos (Rojas-Mercado y Seminario, 2014;

Cuadro 5. Dimensiones y ecuaciones de regresión seleccionadas para la relación peso y medidas lineales del tubérculo, de quince cultivares amarillos precoces (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja). Cajamarca, Perú. 2015.

Table 5. Dimensions and regression equations selected for the relation weight and linear measurements of the tuber, of fifteen early yellow cultivars (*Solanum tuberosum*, Phureja group). Cajamarca, Peru. 2015.

| Nº | Cultivar | Dimensiones seleccionadas | Ecuación | R ² |
|----|------------------|---------------------------|-------------------------|----------------|
| 1 | Blanca amarilla | L+D1+D2/3 | $y = 0,6161x^{2,9715}$ | 0,976 |
| 2 | Limeña huachuma | L +D1+D2/3 | $y = 1,2011x^{2,5481}$ | 0,8445 |
| 3 | Llanqueja | L+D1+D2/3 | $y = 0,6506x^{2,9248}$ | 0,9714 |
| 4 | Amarilla redonda | L+D1+D2/3 | $y = 1,2713x^{2,5138}$ | 0,9135 |
| 5 | Piña Amarilla | L+D1+D2/3 | $y = 1,0152x^{2,6846}$ | 0,9415 |
| 6 | Blanca | L+D1+D2/3 | $y = 0,8674x^{2,6842}$ | 0,8701 |
| 7 | Oque-2 | L+A/2 | $y = 0,3832x^{3,0024}$ | 0,9667 |
| 8 | Amarilla mahuay | L+D1+D2/3 | $y = 0,8645x^{2,7601}$ | 0,9413 |
| 9 | Chachapoyana-2 | L+D1+D2/3 | $y = 1,1176x^{2,545}$ | 0,957 |
| 10 | Shoga Amarilla | L+D1+D2/3 | $y = 0,8767x^{2,6504}$ | 0,8273 |
| 11 | Perricholi | L+D1+D2/3 | $y = 0,6534x^{2,8773}$ | 0,9947 |
| 12 | Chachapoyana-1 | L+D1+D2/3 | $y = 0,5808x^{2,9833}$ | 0,9919 |
| 13 | Limeña | L | $y = 1,2911x^{2,56}$ | 0,9441 |
| 14 | Guayaquil-1 | L+D1+D2/3 | $y = 0,8223 X^{2,7811}$ | 0,8967 |
| 15 | Amarilla | L+A/2 | $y = 0,9284x^{2,25}$ | 0,7203 |

D1: diámetro mayor, D2: diámetro menor, L: largo, A: ancho mayor. Muestra: 50 tubérculos por cultivar, tomados al azar / D1: larger diameter, D2: smaller diameter, L: long, A: greater width. Sample: 50 tubers per cultivar, taken at random.

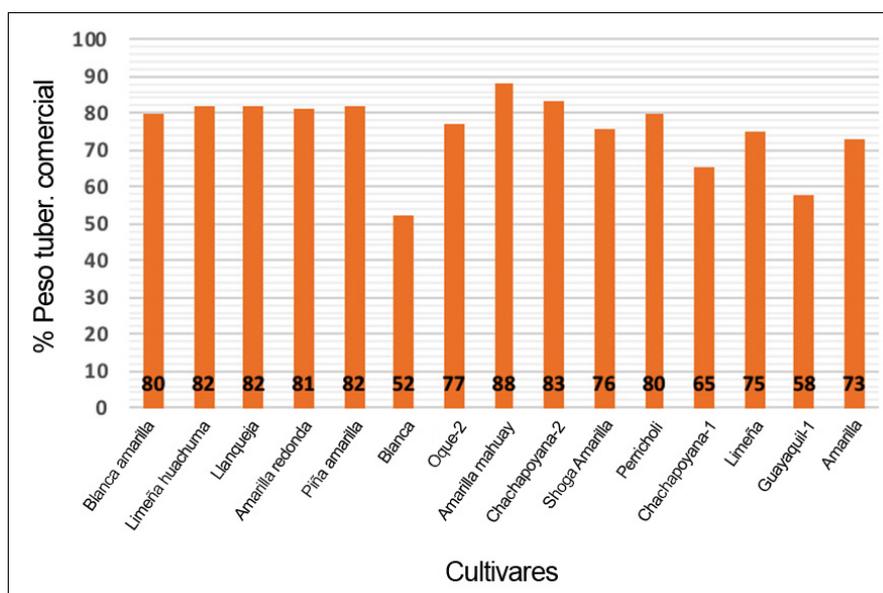


Figura 2. Porcentaje de peso de tubérculos comerciales de quince cultivares de papa amarillos precoces (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja). Cajamarca, Perú. 2015.

Figure 2. Percentage of the weight of commercial tubers of fifteen early yellow potato cultivars (*Solanum tuberosum*, Phureja group). Cajamarca, Perú. 2015.

Seminario et al., 2017). Esto corrobora que el grupo Phureja se caracteriza por su alta variabilidad en cuanto a cultivares o morfotipos, los cuales, a la vez, son altamente variables en sus características morfológicas y de respuesta al medio (Seminario y Zarpán, 2011; Tinjacá y Rodríguez, 2015). Es importante considerar el rendimiento total de tubérculos, el rendimiento de tubérculos comerciales y en el índice de cosecha, porque permiten diferenciar y seleccionar materiales para el mejoramiento agronómico y genético.

El rango del rendimiento de tubérculos frescos (7,3 a 27,8 t/ha) y el promedio (17,7 t/ha) se ubican dentro de lo esperado para este grupo. Los promedios de diez estudios experimentales de Colombia publicados entre 2005 y 2009 indicaron rendimientos entre $15,9 \pm 9,5$ t/ha y $23,3 \pm 7,9$ t/ha (Escallón et al., 2005; Becerra-Sanabria et al., 2007; Muñoz y Lucero, 2008; Pérez et al., 2008; Rodríguez et al., 2008; Rodríguez et al., 2009). Los resultados experimentales recientes con materiales peruanos indicaron rendimientos de 5 a 27,4 t/ha (Rojas-Mercado y Seminario, 2014; Seminario et al., 2016); sin embargo, el rango de rendimientos registrados en estudios de mayor antigüedad fue más amplio: 2,6 t/ha (Escallón et al., 2005) a 49,6 t/ha (Santos, 2005). Los resultados obtenidos en este trabajo y los reportados en la literatura, indican que el germoplasma del grupo Phureja permitiría superar el rendimiento promedio nacional de Colombia, para papa criolla (10 t/ha) (Bonilla-Cortés et al., 2009; Rozo-Rodríguez y Ramírez, 2011), el rendimiento de papa en general para Perú (14,4 t/ha) y el de la región Cajamarca, que se sitúa en 11,9 t/ha (MINAGRI, 2016).

Hasta el momento, el grupo Phureja ha mostrado en estudios experimentales rendimientos moderados, si se comparan con los obtenidos en variedades de otros grupos, especialmente del grupo Tuberosum (Priou et al., 2001; Martínez y Ligarreto, 2005; Porras-Martínez y Brenes-Angulo, 2015). Sin embargo, este rendimiento moderado se compensa con su alto contenido de materia seca, alta calidad culinaria e industrial, buen sabor, ciclo corto (permite tres a cuatro cosechas por año), buenos precios en mercado y bajos costos de producción (Ligarreto y Suárez, 2003; Seminario y Zarpán, 2011).

Tubérculos según categorías y tubérculos comerciales

Las proporciones de tubérculos según categorías fueron amplias (primera: 14% a 53%, segunda: 24% a 62%), y concordante con estudios previos. Por ejemplo, Rodríguez et al. (2009) encontraron proporciones de 54 a 77% de primera y 19 a 45% de segunda en tres cultivares. Esta variación permite la posibilidad de seleccionar cultivares según las categorías del tubérculo, enfatizando en la que es más requerida por el mercado. Así por ejemplo, se ha observado que en Colombia y en Perú (particularmente en Cajamarca), los tubérculos más comerciales son los de 2-4 cm de diámetro (Arias et al., 1996; Pérez et al., 2008; Seminario et al., 2016). En este sentido, se podrían seleccionar los cultivares que tienen $\geq 40\%$ de tubérculos de segunda ('Llanqueja', 'Piña amarilla', 'Oque-2', 'Chachapoyana-2', 'Shoga amarilla' y 'Limeña').

La proporción de tubérculos comerciales (primera + segunda) mostró una variación entre el 52% y el 89%, y un promedio de $76\% \pm 10\%$ (Figura 2). En estudios previos se ha observado que en el grupo Phureja existen cultivares que se caracterizan por la alta proporción de papa comercial, cercano al 100% (Becerra-Sanabria et al., 2007; Rodríguez et al., 2008; Rodríguez et al., 2009; Seminario et al., 2016). Esta alta proporción de tubérculos comerciales es una ventaja que se puede aprovechar comercialmente. Del grupo en estudio, se pueden seleccionar ocho cultivares que tienen valores $\geq 80\%$ de tubérculos comerciales (Blanca-amarilla, Limeña huachuma, Llanqueja, Amarilla, Piña amarilla, Amarilla mahuay, Chachapoyana-2 y Perricholi). Por otro lado, esta característica es susceptible de mejora mediante las labores de manejo del cultivo, por lo que, se sugiere realizar estudios sobre los efectos de la densidad de plantación y la fertilización en la proporción de tubérculos por categorías y sobre la proporción de tubérculos comerciales.

Es importante mencionar que la alta proporción de tubérculos comerciales se explica la excelente calidad de la papa Phureja en el mercado, se aceptan tubérculos de hasta 2 cm de diámetro o menores, no aceptables en

papa de otros grupos. Además, los tamaños de tubérculo registrados en los cultivares, son los requeridos para el procesamiento de esta papa: conserva <2 cm, precocida de 2 a 3,5 cm y hojuelas >3,5 cm (Rodríguez et al., 2009; Prieto-Contreras et al., 2013).

Es necesaria una norma particular para esta papa, por cuanto se trata de una “papa especial”, apreciada en la cocina rural y urbana, y en la industria, para la cual no es aplicable la Norma Técnica Peruana de la Papa y Derivados (NTP 011-119) (INDECOPI, 2010). Esto sucede, sobre todo, porque el rango del tamaño comercial es menor al de las papas incluidas en esta norma (Amarilla Tumbay, Huayro y Peruanita).

En Colombia, la papa criolla (grupo Phureja) es un producto importante para el mercado interno y externo, sin embargo, no existe una norma técnica específica para este tubérculo. La norma NTC 341 (MADR-CCI, 2000), para papa en general, se basa en el diámetro o calibre del tubérculo, cuyo rango para la categoría pequeña (3,0 – 4,4 cm) corresponde, aproximadamente, a las categorías primera (> 4,0 cm) y segunda (2,0 – 4,0 cm), establecidas por los investigadores de este país para papa Phureja. En consecuencia, la clasificación por diámetro mayor, establecida para papa criolla por los investigadores de Colombia, resultó útil para los cultivares de tubérculo redondo y comprimido de la presente investigación.

Índice de cosecha y relación entre peso y medidas lineales de los tubérculos

El índice de cosecha (IC) significa la proporción de materia seca asignada a la parte cosechable (tubérculos) en relación a la materia seca total producida por la planta (excepto la materia seca asignada a la raíz, que no se evaluó). Es decir, constituye un índice de la productividad de los cultivares (Hay y Walker, 1989). En el germoplasma en estudio, ocho cultivares presentaron $IC \geq 60\%$ (Cuadro 5), que podrían seleccionarse como los más productivos. En el grupo Phureja, existen cultivares que destacan por esta característica. Por ejemplo, Saldaña et al. (2015) encontraron IC de 50 a 83% y Seminario et al. (2017) en diecisiete cultivares encontraron IC de 53% (‘Limeña huachuma’) a 77% (‘Montañera-2’), con promedio de 65%.

En concordancia con las ecuaciones de regresión seleccionadas, para los cultivares de tubérculo redondo y comprimido, los valores promedio de las tres dimensiones implicadas (L, D1 y D2) de < 2 cm, 2-4 cm y > 4 cm, correspondieron a pesos de tubérculos de < 6 g, 6 a 40 g y > 40 g, respectivamente. Para los cultivares de tubérculo elíptico y oblongo, el promedio de las dos dimensiones implicadas (L y A) de < 2 cm, 2 a 4 cm y > 4 cm, correspondió a pesos de tubérculos de < 5 g, 5 a 25 g y > 25 g, respectivamente. El conocimiento de estas relaciones alométricas entre el peso y las medidas lineales de los tubérculos es importante para el manejo del tubérculo para semilla y para consumo. También puede ser importante para estudios experimentales de productividad y para proponer normas específicas para la comercialización de tubérculos del grupo Phureja.

Conclusiones

Los quince cultivares tradicionales de papa, amarillos, precoces, del grupo Phurea en estudio, mostraron diferencias estadísticas altamente significativas para rendimiento de tubérculos y otras seis características agronómicas.

Dentro de los cultivares en estudio se observaron rendimientos iguales o superiores a los informados en estudios experimentales en Perú y Colombia y, cultivares que se pueden seleccionar por su alta proporción de peso de tubérculos comerciales y alto índice de cosecha.

En todos los cultivares, las mejores relaciones alométricas entre el peso y las medidas lineales del tubérculo variaron según la forma del tubérculo, pero en todos los casos fueron de tipo exponencial.

Los resultados contribuyeron a explorar el potencial productivo del grupo en la región andina y a establecer las bases para el uso comercial y su conservación.

Agradecimiento

A la Facultad de Ciencias Agrarias por el financiamiento de parte de la investigación. Al SENAMHI, Estación Convenio A. Weberbauer UNC-SENAMHI, por el apoyo con los datos meteorológicos. A Berrado Escalante por la revisión del manuscrito.

Literatura citada

- Arias, V., P. Bustos, y C.E. Núñez-López. 1996. Evaluación del rendimiento en papa criolla (*Solanum phureja*) variedad “yema de huevo”, bajo diferentes densidades de siembra en la sabana de Bogotá. *Agron. Colomb.* 13:152-161.
- Bautista, H.F., W.L. Ramírez, and J. Torres. 2012. Nutrient uptake of the diploid potato (*Solanum phureja*) variety criolla Colombia, as a reference point to determine critical nutritional levels. *Agron. Colomb.* 30:436-447.
- Becerra-Sanabria, L.A., S.L. Navia-de Mosquera, y C.E. Núñez-López. 2007. Efectos de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar “Guaneña”, en el departamento de Nariño. *Rev. Latinoam. Papa* 14(1):51-60.
- Bonilla-Cortés, M.H., F. Cardozo-Puentes, y A. Morales-Castañeda. 2009. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la papa en Colombia, con énfasis en papa criolla. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, COL.
- Burgos, G., E. Salas, W. Amoros, M. Auqui, L. Muñoa, M. Kimura, and M. Bonierbale. 2009. Total and individual carotenoid profiles in *Solanum phureja* of cultivated potatoes: I. Concentrations and relationships as determined by spectrophotometry and HPLC. *J. Food Compos. Anal.* 22:503-508. doi:10.1016/j.jfca.2008.08.008.
- Cadena, M., A. Naranjo, y C.E. Núñez. 2005. Evaluación de la respuesta de 60 genotipos de *Solanum phureja* (Juz. et Buk.) al ataque de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora* Ovolny). *Agron. Colomb.* 23:112-116.
- de-Hann, S., and G. Thiele. 2005. *In situ* conservation and potato seed systems in the Andes. In: D.I. Jarvis et al., editors, Seed systems and crop genetic diversity on farm. IPGRI, Rome, ITA. p. 126-132.
- Díaz, E., E. Martínez, y L. Méndez. 2008. Guías para prácticas de laboratorio en poscosecha en vegetales. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, COL.
- Dobson, G., D.W. Griffiths, H.V. Davies, and J.W. McNicol. 2004. Comparison of fatty acid and polar lipid contents of tubers from two potato species, *Solanum tuberosum* and *Solanum phureja*. *J. Agric. Food Chem.* 52:6306-6314. doi:10.1021/jf049692r
- Escallón, R., M. Ramírez, y C.E. Núñez. 2005. Evaluación del potencial del rendimiento y de la resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont. De Bary) en la colección de papas redondas amarillas de la especie *Solanum phureja* (Juz. and Buk). *Agron. Colomb.* 23:35-41.
- FAO. 2001. Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. FAO, Roma, ITA. http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/hnd/files/Tratado_internacional_sobre_los_recursos_fitogeneticos_para_la_alimentacion_y_la_agricultura.pdf (consultado 20 ago. 2017).
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchel. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press, IA, USA.
- Guzmán, M., and P. Rodríguez. 2010. Susceptibility of *Solanum phureja* (Juz. and Buk.) to potato yellow vein virus. *Agron. Colomb.* 28:219-224.
- Hay, R.K.M., and A.J. Walker. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical, GBR.

- Huamán, Z. 2008. Descriptores morfológicos de las papa (*Solanum tuberosum* L.). Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, ESP.
- Huamán, Z., and D.M. Spooner. 2002. Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *petota*). *Am. J. Bot.* 89:947-965. doi:10.3732/ajb.89.6.947.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2010. Norma Técnica Peruana 011.119 "Papa y derivados. Papa. Definiciones y requisitos". Ministerio de Agricultura, PER.
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria)-Red LatinPapa. 2012. Catálogo de nuevas variedades de papa: sabores y colores para el gusto peruano. Ministerio de Agricultura, PER. doi:10.4160/978-92-9060-419-8.
- Ligarreto, G.A., y M.N. Suárez. 2003. Evaluación del potencial de los recursos genéticos de papa criolla (*Solanum phureja*) por calidad industrial. *Agron. Colomb.* 21:83-94.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2013. Papa. Principales aspectos agroeconómicos. MINAGRI, PER. http://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/handle/MINAGRI/57/papa_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y (consultado 20 nov. 2017).
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2016. Boletín estadístico agrario SIEA-Diciembre 2015. MINAGRI, PER. <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=noticias/boletin-estadistico-agrario-siea-diciembre-2015> (consultado 15 ene. 2018).
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2017. Papa: características de la producción nacional y de la comercialización en Lima Metropolitana. MINAGRI, PER. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjttqKs8bfcAhXMrFMKHcfDBYkQFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.minagri.gob.pe%2Fportal%2Fanalisis-economico%2Fanalisis-2017%3Fdownload%3D11225%3Aboletin-de-produccion-nacional-de-papa&usg=AOvVaw39VB7UufPaIBuFGGIyCJ2b> (consultado 20 nov. 2017).
- MADR-CCI (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional). 2000. Manual del exportador de frutas, hortalizas y tubérculos en Colombia. Interletras, COL. <http://interletras.com/manualcci/index02.htm> (consultado 18 oct. 2017).
- Martínez, N.M., y G.A. Ligarreto. 2005. Evaluación de cinco genotipos promisorios de papa *Solanum tuberosum* sp. andigena según desempeño agronómico y calidad industrial. *Agron. Colomb.* 23:17-27.
- Molina-Cita, Y., G.R. Caez-Ramirez, M.L. Rodríguez-Quijano, M.S. Cerón-Lasso, y M. Garnica-Holguín. 2015. Contenido de antioxidantes en papas criollas nativas (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) en proceso de precocción y congelación. *Alimentos Hoy* 23(36):31-41.
- Moslemkhani, K., J. Mozafari-Hashjin, M. Shams-Bakhsh, and E. Mohamadi-Goltapeh. 2012. Expressions of some defense genes against *Ralstonia solanacearum* in susceptible and resistant potato genotypes under *in vitro* conditions. *Iran. J. Plant. Pathol.* 48(2):183-197.
- Muñoz, L.A., y A.M. Lucero. 2008. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. *Agron. Colomb.* 26:340-346.
- Ochoa, C. 2003. Las papas del Perú: base de datos 1947-1997. CIP, UNALM, y COSUDE, Lima, PER.
- Parra-Galindo, M.A., C. Piñeros-Niño, y T. Mosquera. 2016. Composición y cuantificación de antocianinas en tubérculos cocidos de *Solanum tuberosum* grupo Phureja. En: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, editor.; Compendio de resúmenes XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa. IDIAP, PAN. p. 76-77.
- PCM (Presidencia del Consejo de Ministros). 2016. Registro de cultivares comerciales en papa. Diciembre 2016. PMC, PER. <http://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/registro-de-cultivares-comerciales-diciembre-2016-inia/resource/38b314d8-4b08-4d4b-bdbe#{}> (consultado 22 may. 2017).

- Peña, C.B. 2015. Evaluación del contenido nutricional y actividad antioxidante en *Solanum tuberosum* grupo Phureja. Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, COL.
- Pérez, L., L.E. Rodríguez, y M.I. Gómez. 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. *Agron. Colomb.* 26:477-486.
- Piñeros-Niño, C. 2009. Recopilación de la investigación del sistema de productivo papacriolla. Convenio SADE 045/06. Secretaría de agricultura y desarrollo económico-Federación colombiana de productores de papa. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20-%20D.T%20-%20Libro%20Papa%20Criolla.pdf> (consultado 12 oct. 2017).
- Porrás-Martínez, C., y A. Brenes-Angulo. 2015. Calidad de los tubérculos y componentes de rendimiento de híbridos F1 de papa (*Solanum tuberosum*). *Agron. Costarricense* 39:37-46.
- Prieto-Contreras, L., C.P. Álvarez-Ochoa, M.S. Cerón-Lasso, A.M. Garnica-Holguín, y Y. Molina-Cita. 2013. Manual de procesamiento de la papa Criolla. CORPOICA, COL.
- Priou, S., C. Salas, F. de-Mendiburu, P. Aley, and L. Gutarra. 2001. Assessment of latent infection frequency in progeny tubers of advanced potato clones resistant to bacterial wilt: a new selection criterion. *Potato Res.* 44:359-373. doi:10.1007/BF02358596.
- Pulgar-Vidal, J. 1996. Las ocho regiones naturales del Perú. PEISA, Lima, PER.
- Quintero, M.A., R. Mendoza, y A.O. Herrera. 2012. Efecto del procesamiento sobre el contenido de minerales en tres variedades de papa criolla (*Solanum tuberosum* grupo Phureja). En: XXV Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa y XIV Encontró Nacional de Produção e Abastecimento de batata. Uberlandia, BRA. <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/images/eventos/arquivos/ALAP2012-0134.PDF>. (consultado 05 mar. 2018).
- Ramírez, L.A., C.M. Zukuaga, E.P. Gonzales, y A. Alejandro. 2013. Uso de esquejes de tallo lateral para evaluar la resistencia de genotipos de *Solanum phureja* a *Spongospora subterranea* f. sp. subterranea. *Trop. Plant. Pathol.* 38:303-3012. doi:10.1590/S1982-56762013005000018.
- Rivera, J.E., A.O. Herrera, and L.E. Rodríguez. 2011. Assessment of the processing profile of six “creole potato” genotypes (*Solanum tuberosum* Phureja group). *Agron. Colomb.* 29:73-81.
- Rodríguez, L.E., C.E. Nústez, y N. Estrada. 2009. Criolla latina, Criolla paisa, y Criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia (Colombia). *Agron. Colomb.* 27:289-303.
- Rodríguez, L.E., C.E. Nústez, y S.L. Navia. 2008. Criolla Guaneña y Criolla galeras, nuevas variedades de papa diploide para subregión Nudo de los Pastos-Colombia. Presentado en: XXIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa y VI Seminario Latinoamericano de Uso y Comercialización de la Papa. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar de Plata, ARG, 30 nov. - 6 dic. Presentación MEJ 12-166.
- Rojas-Mercado, L.P., y J.F. Seminario. 2014. Productividad de 10 cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Sci. Agropecu.* 5:165-175. doi:10.17268/sci.agropecu.2014. 04.01.
- Rozo, Y.C., and C.E. Nústez. 2011. Effects of phosphorus and potassium levels on the yield of the tuber variety Criolla Colombia in the departament of Cundinamarca. *Agron. Colomb.* 29:205-212.
- Rozo-Rodríguez, D., y L.M. Ramírez. 2011. La agroindustria de la papa criolla en Colombia. Situación actual y retos para su desarrollo. *Gest. Soc.* 4(2):17-30.

- Saldaña, T.M., J.A. Patiño, y J.M. Cotes-Torres. 2015. Distribución y asignación de biomasa en variedades de papa criolla (*Solanum phureja* Juz. and Buk.). *Agron. Colomb.* 33:322-329. doi:10.15446/agron.colomb.v33n3.50237.
- Santos, M. 2005. Evaluación del crecimiento, desarrollo y componentes de rendimiento de cuatro cultivares de papa criolla en dos localidades del departamento de Cundinamarca. Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, COL.
- Seminario, J., y W. Medina. 2009. Diversidad de papas nativas en agro ecosistemas tradicionales: caso del distrito de Chota, Cajamarca. *Fiat Lux* 5(1):5-24.
- Seminario, J., A. Seminario, y A. Domínguez. 2016. Potencial productivo de 12 cultivares de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Fiat Lux* 12(2):115-127.
- Seminario, J., A. Seminario, A. Domínguez, y B. Escalante. 2017. Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) del grupo Phureja. *Sci. Agropecu.* 8:181-191. doi:10.17268/sci.agropecu.2017.03.01.
- Seminario, J., y L. Zarpán. 2011. Conservación *in situ on farm-ex situ* de *Solanum tuberosum* L. grupo Phureja en la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes. *Arnaldoa* 18:103-114.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2017. Datos meteorológicos de la Estación Meteorológica A. Weberbauer (Convenio UNC-SENAHII). SENAMHI, Cajamarca, PER. http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=472645F0. (consultado 01 mar. 2018).
- Steel, R.G.D., y J.H. Torrie. 1985. Estadística: principios y procedimientos. 2a ed. Traducción de Ricardo Martínez. McGraw-Hill Latinoamérica, Bogotá, COL.
- Tinjacá, S., y L.E. Rodríguez. 2015. Catálogo de papa nativa de Nariño, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, COL.