

EFECTO DE LA DECAPITACIÓN FLORAL EN EL RENDIMIENTO DE TRES VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS (SAQ'AMPAYA, QHATI SEÑORITA E IMILLA NEGRA) EN EL ALTIPLANO NORTE BOLIVIANO

Effect of floral decapitation on the yield of three varieties of native potatoes (Saq'ampaya, Qhati señorita and Imilla Negra) in the bolivian Northern Highland

Freddy Andrés Bautista Condori¹; Víctor Freddy Mita Quisbert²; Félix Mamani Reynoso³

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum*) en Bolivia ha sido domesticada de formas silvestres, cultivadas por miles de años en culturas ancestrales andinas en diferentes microclimas de los Andes. La decapitación floral evita que se destine fotosíntatos a la formación de semilla para la producción de tubérculos, esto puede tener un efecto positivo sobre los rendimientos, motivo por el cual el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la decapitación floral en el rendimiento de tres variedades de papas nativas (Saq'ampaya, Qhati Señorita e Imilla Negra). El estudio se desarrolló en las áreas de producción de la Unidad Académica Campesina Tiahuanacu, provincia Ingavi del departamento de La Paz, las variables evaluadas fueron porcentaje de emergencia, número de tallos por planta, altura de planta, cobertura foliar, porcentaje de floración, días a la madurez fisiológica, materia verde y seca, número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta (kg), clasificación de los tubérculos, rendimiento ($t\ ha^{-1}$) e incidencia de plagas. La emergencia fue del 50% a los 75 DDS, a los 89 DDS se registró mayor porcentaje de emergencia, sobresaliendo la variedad Imilla Negra con 96% y Saq'ampaya con 84%, no se encontraron diferencias significativas para el número de tallos por planta, altura de planta, cobertura foliar, número, peso y clasificación de los tubérculos, rendimiento y su relación con las variedades y la decapitación floral, para las demás variables se hallaron diferencias estadísticas significativas, concluyendo que no existe efecto de la decapitación floral en el rendimiento sobre las tres variedades nativas de papa evaluadas.

Palabras clave: Variedades de papas nativas, decapitación floral, Altiplano Norte boliviano.

ABSTRACT

The potato (*Solanum tuberosum*) in Bolivia has been domesticated in wild forms, cultivated for thousands of years in Andean ancestral cultures in different microclimates of the Andes. The floral decapitation avoids the use of photo-rosettes for the formation of seed for the production of tubers, this can have a positive effect on the yields, reason for which the objective of the study was to evaluate the effect of the floral decapitation on the yield of three varieties of native potatoes (Saq'ampaya, Qhati Señorita and Imilla Negra). The study was developed in the production areas of the Tiahuanacu Rural Academic Unit, Ingavi province of La Paz city, the evaluated variables were percentage of emergence, number of stems per plant, height of plant, leaf coverage, percentage of flowering, days to physiological maturity, green and dry matter, number of tubers per plant, weight of tubers per plant (kg), classification of tubers, yield ($t\ ha^{-1}$) and incidence of pests. The emergency was 50% at 75 DDS, at 89 DDS there was a higher percentage of emergence, the Imilla Negra variety stood out with 96% and Saq'ampaya with 84%, no significant differences were found for the number of stems per plant, height of plant, foliar cover, number, weight and classification of the tubers, yield and its relation with the varieties and the floral decapitation, for the other variables significant statistical differences were found, concluding that there is no effect of the floral decapitation in the yield on the three native potato varieties evaluated.

Keywords: Varieties of native potatoes, floral decapitation, bolivian Northern Highland.

¹ Unidad Académica Campesina de Tiahuanacu, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Bolivia. freddyand17@gmail.com

² Docente, Unidad Académica Campesina de Tiahuanacu, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Bolivia.

³ Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) en Bolivia ha sido domesticada de formas silvestres, cultivadas por miles de años en culturas ancestrales andinas, dando lugar a una variabilidad de papas adaptadas a un gran número de diferentes microclimas de los Andes (Tapia y Fries, 2007). La variabilidad de la papa nativa se cultiva en regiones agroecológicas eminentemente paperas de los departamentos de La Paz, Cochabamba, Potosí, Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz, estas regiones muestran diferencias en altitud, clima, suelos y fisiografía.

A pesar de la gran importancia que tiene el cultivo, el rendimiento es bajo, con 5.60 t ha⁻¹ en promedio, sin embargo en Perú el rendimiento promedio es de 11.60 t ha⁻¹ (Quispe, 2013). Las razones que explican esta situación, son la falta de riego, suelos de moderada a baja fertilidad, variedades con bajo potencial de rendimiento, semilla de baja calidad, presencia de plagas, enfermedades, heladas, granizo y sequía. Por ello, la producción de alimentos en el Altiplano Norte tiende a ser de subsistencia y no alcanza niveles de producción importantes que permitan generar oferta de productos para el mercado (Canqui y Morales, 2010).

Recientes estudios indican que la papa es fuente natural de hierro, considerados como una alternativa para mejorar la salud de las comunidades pobres (Quispe, 2013). La producción de tubérculos depende básicamente de: a) la cantidad de energía solar interceptada por el cultivo, b) eficiencia de la planta para la conversión de energía en materia seca y c) la eficiencia en la translocación de la materia seca a los tubérculos (Midmore, 1981 mencionado por Rodríguez et al., 2010).

La decapitación floral durante el cultivo de la papa afecta al último factor, pues al cortar las flores, se evita que destine fotósinatos a la formación de semilla para la producción de tubérculos, esto puede tener un efecto positivo sobre los rendimientos, motivo por el cual el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la decapitación floral en el rendimiento de tres variedades de papas nativas (Saq'ampaya, Qhati Señorita e Imilla Negra) en el Altiplano Norte boliviano, comparando la interacción de variedades con la decapitación floral en relación a la evaluación de variables agronómicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El trabajo se realizó en una parcela de las áreas de producción de la Unidad Académica Campesina Tiahuanacu, situada en la comunidad de Achaca, municipio de Tiahuanacu, provincia Ingavi, Altiplano Norte del departamento de La Paz, distante a 72 km de la ciudad de La Paz. Geográficamente se sitúa a 17° 33' 00" de latitud sur y 68° 0' 00" de longitud oeste, a una altitud de 3854 m s.n.m. (Gobierno Municipal de Tiahuanacu, 2014).

Metodología

El método de recolección de la muestra de suelo fue en zigzag, realizado antes de la siembra. Posteriormente, la muestra fue remitida al laboratorio del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) para el análisis respectivo.

La preparación de suelo se desarrolló un mes antes de la siembra y consistió en el desterronado y nivelado del suelo. El abono utilizado fue de ovino (*Ovis aries*) a razón de 5 t ha⁻¹ recomendada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

La semilla fue proveniente de la institución Alternativas Agropecuarias (ALTAGRO), se descartó la semilla en estado de pudrición y deshidratación. El peso de la semilla seleccionada por variedades (Tabla 1) indica que el de mayor peso fue de la variedad Saq'ampaya con 48 g seguido de Imilla Negra con 30 g y Qhati Señorita con 22 g, el número de semillas para Qhati Señorita fue de 1150 (25.30 kg), 804 para Imilla Negra (14.12 kg) y 619 para Saq'ampaya (29.70 kg).

Tabla 1. Semilla seleccionada, peso promedio por semilla y número de semillas.

Variedad	Semilla seleccionada (kg)	Peso promedio por semilla (g)	Nº de semillas en semilla seleccionada
Imilla Negra	24.12	30	804
Qhati Señorita	25.30	22	1150
Saq'ampaya	29.70	48	619

Para el estudio se utilizó 79.12 kg de semilla, 26.37 kg por bloque, 4.40 kg por unidad experimental y 0.733 kg de semilla por surcos. La cantidad de abono ovino incorporado al suelo fue 289.00 kg para la parcela en estudio, 101.50 kg por bloque, 33.83 kg por unidad experimental y 2.810 kg por surco (Tabla 2).

Tabla 2. Insumos utilizados en la siembra.

Insumos	Área total cultivada (518.4 m ²)	Bloque (172.8 m ²)	Unidad experimental (28.8 m ²)	Surco (longitud 6 m)
Imilla Negra (kg)	24.12	8.04	1.34	0.223
Qhati Señorita (kg)	25.30	8.43	1.41	0.234
Saq'ampaya (kg)	29.70	9.90	1.65	0.275
Total semilla (kg)	79.12	26.37	4.40	0.733
Abono ovino (kg)	289.00	101.50	33.83	2.810

La muestra fue de 15 plantas por unidad experimental, el aporque fue desarrollado a los 50 días después de la siembra (DDS) cuando la altura de planta fue entre 6 a 15 cm. Durante la investigación, no se utilizaron insecticidas, el monitoreo fue constante con el uso de trampas de luz como control etológico.

La decapitación floral fue con el corte de las flores, con intervalos de cuatro días, desde la aparición de los primeros botones florales hasta la formación de la primera flor. Se desinfectó la tijera podadora a fin de no infectar con virus a las plantas. Para la cosecha del cultivo, la madurez fisiológica fue comprobada mediante la fricción en la epiderma del tubérculo, si este no sufre daños es indicador de madurez.

La disposición del estudio fue en parcelas divididas con tres repeticiones: el factor "a" compuesto por las variedades nativas (parcela principal) y factor "c" de decapitación floral en "un corte" (subparcelas), el modelo lineal se muestra en la Ecuación 1.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij} + \gamma_{ijk} + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Dónde: Y_{ijk} = variable de la respuesta en la parcela grande i , parcela pequeña j (decapitación floral); μ = media general; β_j = efecto del j -ésimo bloque; α_i = efecto del i -ésimo nivel del factor aplicado a la parcela principal; ε_{ij} = error experimental de la parcela principal; γ_{ijk} = efecto del j -ésimo nivel del factor asociado a la subparcela dentro de la i -ésima parcela

principal del j -ésimo bloque; $(\alpha\gamma)_{ik}$ = interacción del factor principal con el factor aplicado a las subparcelas; ε_{ijk} = error experimental a nivel de subparcelas.

Para la comparación de tratamientos se utilizó la prueba Tukey al 5% de error, contrastes ortogonales y regresiones polinómicas. El factor A fue compuesto por las variedades de papa (V1 = Imilla Negra; V2 = Qhati Señorita; V3 = Saq'ampaya), el factor C fue la decapitación floral (C0 = sin corte floral; C1 = con corte floral). El estudio fue realizado en 18 unidades experimentales dispuestos en tres bloques. Los tratamientos fueron los siguientes:

V1 C0 = Imilla Negra sin corte floral
 V1 C1 = Imilla Negra con corte floral
 V2 C0 = Qhati Señorita sin corte floral
 V2 C1 = Qhati Señorita con corte floral
 V3 C0 = Saq'ampaya sin corte floral
 V3 C1 = Saq'ampaya con corte floral

Inicialmente se evaluó el porcentaje de emergencia, que consistió en el conteo de número de plantas emergidas por unidad experimental, la evaluación fue desde la siembra hasta los 89 días. El seguimiento fue visual, desde los 68 hasta los 75 días se obtuvo los resultados hasta el 50% de emergencia, hasta los 89 días todas las plantas emergieron.

Se contó el número de tallos por planta a los 120 DDS en las tres variedades. Asimismo, se evaluó la altura de la planta, desde la base hasta la inserción de la última hoja, los datos fueron tomados cada 20 días. La cobertura foliar fue determinada con un bastidor dispuesto sobre el suelo (Figura 1), se contaron los cuadrados de 5 cm² cubiertos por el tejido vegetal, esta variable junto a la altura de la planta fueron medidas desde los 77 a los 159 DDS.



Figura 1. Vista del bastidor para la medición de la cobertura foliar.

Se efectuó la inspección visual de la formación de los botones florales para hallar el porcentaje de floración. Los días a la madurez fisiológica fueron determinados considerando la fecha de siembra y de cosecha. La materia verde y seca fue evaluada para la parte foliar y radicular, inmediatamente después de la cosecha, las muestras fueron pesadas e introducidas al horno mufla a una temperatura de 65°C durante 48 horas para obtener su peso seco.

Se obtuvo el número de tubérculos por planta mediante el conteo directo de los tubérculos de las unidades experimentales, luego estos fueron pesados. Los tubérculos fueron clasificados en las categorías primera, segunda, tercera, cuarta y quinta. Para clasificar la variedad Imilla Negra se midió el diámetro de los tubérculos, mientras que para las variedades Saq'ampaya y Qhati Señorita, la clasificación fue según en peso de los tubérculos debido a su forma alargada, esto siguiendo la recomendación de Cahuana et al. (2011).

El rendimiento fue obtenido a partir del peso de los tubérculos por planta y por tratamiento. La incidencia de plagas fue determinada por el grado de severidad causado por el Gorgojo de los Andes (*Premnotrypes spp.*), por ser considerado de mayor importancia económica. Se pesó el total de tubérculos por unidad experimental y de esta el peso de los tubérculos con daño causado por la plaga.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del suelo

La Tabla 3 muestra que la clase textural de suelo de la parcela experimental es franco arcilloso (FY), con un pH neutro de 6.48, con carbonatos libres presentes, suelo no sódico (P.S.I.) con 7.03%, conductividad eléctrica (C.E.) que indica la no salinidad con 0.064 dS m⁻¹, baja capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) con 7.14 meq 100g⁻¹, contenido de materia orgánica (M.O.) de 2.26% y fósforo disponible alto con 23.43 ppm.

Tabla 3. Resultados del análisis de suelo de la parcela experimental.

Parámetros	Resultados	Interpretación
Textura	FY	Franco arcilloso
pH	6.48	Neutro
Carbonatos libres	P	Presente
P.S.I.	7.03%	No sódico
C.E.	0.064 dS m ⁻¹	No salino
C.I.C.	7.14 meq 100g ⁻¹	Baja
M.O.	2.26%	Medio
Fosforo disponible	23.43 ppm	Alto

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN).

Porcentaje de emergencia

La Figura 1 muestra el porcentaje de emergencia de las tres variedades de papa nativa desde los 68 a los 89 DDS. A los 75 DDS el porcentaje de emergencia para las variedades V1, V2 y V3 fue de 50, 55 y 59% respectivamente. El mayor porcentaje de emergencia fue a los 89 DDS, para la V1 con 96%, seguido de la V3 con 90% y la V2 con 84%.

Según Canqui y Morales (2009) citado por Flores (2017) la emergencia ocurre a los 30 a 35 días después de la siembra, alcanzando el 100% a los 40-45 días, esto depende de la humedad y temperatura del suelo, durante esta fase la plántula sobrevive de las reservas contenidas en el tubérculo madre (Resquejo, 1999).

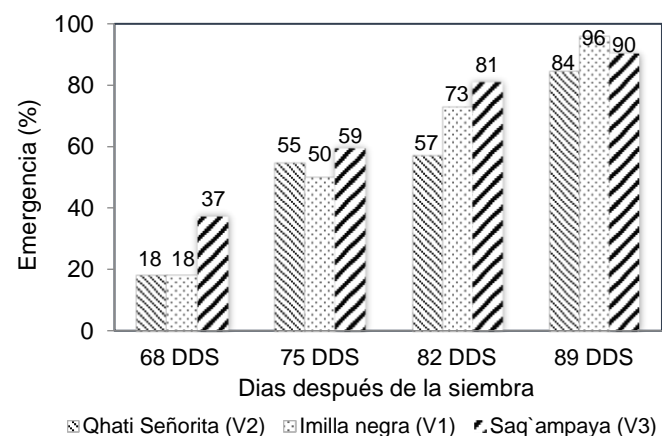


Figura 2. Porcentaje de emergencia de las tres variedades de papa a los 68, 75, 82, 89 DDS.

Número de tallos por planta

El análisis de varianza muestra que no existen diferencias significativas para la interacción decapitación floral por variedad, como tampoco en los factores individuales (Tabla 4). El número promedio de tallos por planta fue de tres para la V2 y dos tallos para V1 y V3. Choque (2000), señala que en condiciones del Altiplano Norte el número de tallos por planta está en un rango de dos a seis. En la campaña agrícola 2001-2002 Torres (2005), encontró 2.3, 2.0 y 2.1 tallos por planta para las variedades Gendarme, Sani Imilla y Waycha paceña, datos similares a los que se encontró en las variedades evaluadas.

Tabla 4. Análisis de varianza de número de tallos por planta a los DDS.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	0.11	2	0.06	0.25	0.7901
Variedad	0.78	2	0.39	1.75	0.2844 ns
Error parcela principal	0.89	4	0.22	0.57	0.6940
Decapitación floral	0.06	1	0.06	0.14	0.7185 ns
Decapitación floral x variedad	0.11	2	0.06	0.14	0.8697 ns
Error sub parcela	2.33	6	0.39		
Total	4.28	17			

C.V. = coeficiente de variación = 26.10%; FV = fuentes de variación; SC=suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM = cuadrados medios; Fc = F calculado; p-valor = nivel de significación; ns = no significativo.

Altura de planta

A los 77, 97, 117, 138, 159 DDS no existió diferencias estadísticas significativas para la interacción de la

decapitación floral por variedad y los factores individuales (Tabla 5). En esta variable se obtuvo cinco mediciones, debido a que a los 157 DDS, se presentó una helada de -4.2°C que quemó la parte foliar con flores causando su pérdida en los tratamientos sin corte floral.

Tabla 5. Cuadrados medios y análisis de varianza de la altura de planta a los 77, 97, 117, 138 y 159 DDS.

FV	GL	CM				
		77 DDS	97 DDS	117 DDS	138 DDS	159 DDS
Bloque	2	4.51	10.64	3.15	7.45	6.31
		ns	ns	ns	ns	ns
Variedad	2	3.02	3.68	168.30	551.28	630.37
		ns	ns	ns	ns	ns
Error parcela principal	4	5.25	14.25	20.19	56.35	51.76
Decapitación floral	1	0.01	1.32	14.83	3.42	1.21
		ns	ns	ns	ns	ns
Decapitación floral x variedad	2	4.17	4.06	3.85	6.33	4.99
		ns	ns	ns	ns	ns
Error sub parcela	6	0.45	3.46	4.79	9.51	7.73
Total	17					

C.V.: 77 DDS = 8.33%; 97 DDS = 12.15%; 117 DDS = 9.05%; 138 DDS = 8.73%; 159 DDS = 8.03%.

A los 138 DDS la V1 alcanzó mayor altura con 43.51 cm, seguida de la V2 con 36.59 cm y V3 con 23.84 cm. Al realizar el análisis de regresión polinómica de tercer grado para las tres variedades, entre la altura y los DDS, se obtiene un coeficiente de determinación que varía entre 0.9930 y 0.9993 esto indica su relación lineal positiva (Figura 3). Según PROINPA (1994) el hábito de crecimiento de la V1, V2 es semi-erecto y que la V3 es de crecimiento decumbente.

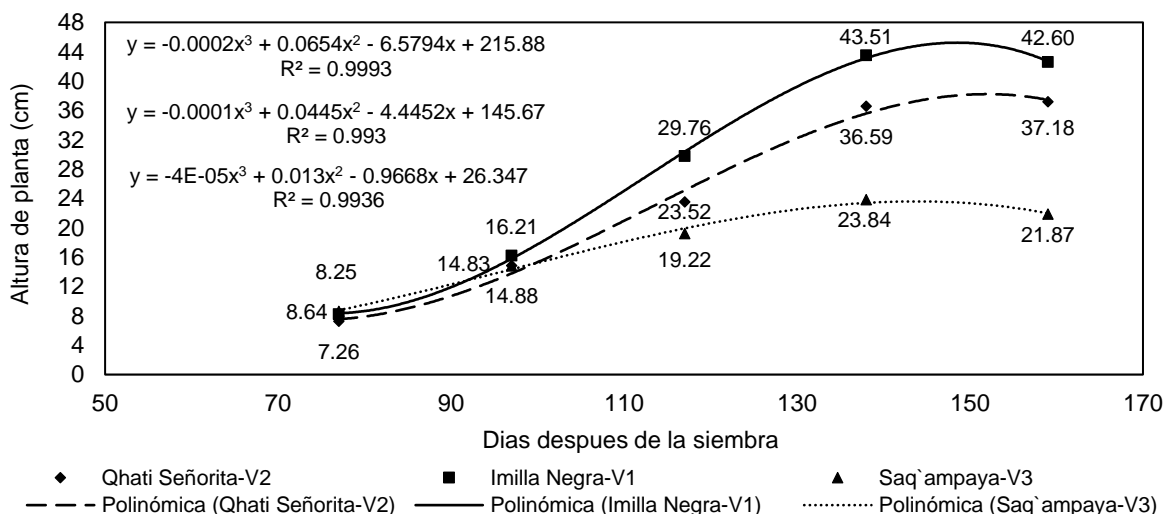


Figura 3. Altura de la planta a diferentes fechas después de la siembra en tres variedades de papa nativa.

Cobertura foliar

El resultado de los cuadrados medios (Tabla 6) muestra que no existe significancia para los factores evaluados, lo cual se atribuye al daño causado por la helada. Según Torrez (2005) el grado de perjuicio ocasionado por una helada depende de la fase vegetativa en la que se encuentra el cultivo, en cultivos agrícolas se pueden establecer cuatro grados crecientes de daños, el a) primer grado con muerte de

algunos órganos vegetativos como hojas y tallos tiernos, perturbación de las funciones del resto de los órganos, b) segundo grado, que además de la muerte de hojas y tallos se destruye gran parte de las flores, c) tercer grado con destrucción de hojas, tallos, flores y frutos que se forman y deformación de los sobrevivientes y d) cuarto grado con muerte de toda la planta. En el caso del estudio, se produjo la destrucción de hojas, flores que corresponden al segundo grado.

Tabla 6. Cuadrados medios y análisis de varianza de la cobertura foliar a los 77, 97, 117, 138, 159 DDS.

FV	GL	CM				
		77 DDS	97 DDS	117 DDS	138 DDS	159 DDS
Bloque	2	798.00 ns	689.91 ns	23609.54 ns	111899.66 ns	4305.63 ns
Variedad	2	3000.79 ns	4318.12 ns	2631.84 ns	148223.62 ns	200019.54 ns
Error parcela principal	4	2534.06	5093.72	8370.73	128492.02	91167.31
Decapitación floral	1	2.46 ns	375.38 ns	8945.42 ns	5919.76 ns	20164.00 ns
Decapitación floral x variedad	2	1715.15 ns	1232.75 ns	2222.58 ns	11821.38 ns	37948.25 ns
Error sub parcela	6	532.40	848.54	2753.47	21844.99	19343.31
Total	17					

C.V.: 77 DDS = 38.19%; 97 DDS = 25.51%; 117 DDS = 12.17%; 138 DDS = 15.42%; 159 DDS = 17.96%.

La Figura 4 muestra que a partir de los 77 DDS incrementa la cobertura foliar hasta los 138 DDS, desciende hasta los 159 DDS. A los 138 días la V1 obtiene mayor cobertura foliar con 1083.26 cm² seguida de la V2 con 976.72 cm² y la V3 con 784.10 cm². Resultado de la regresión polinómica de tercer grado entre la cobertura foliar y los días después de la siembra, se tiene un coeficiente de determinación

que varía entre 0.985 y 0.9919 indicando que existe una relación lineal positiva entre estas variables.

Según Egusquiza (2005) citado por Zabala (2012), la tuberización de la planta depende de la cantidad de follaje suficiente para producir excedentes de azúcares, aspecto que es logrado por las condiciones climáticas que favorecen en esta fase.

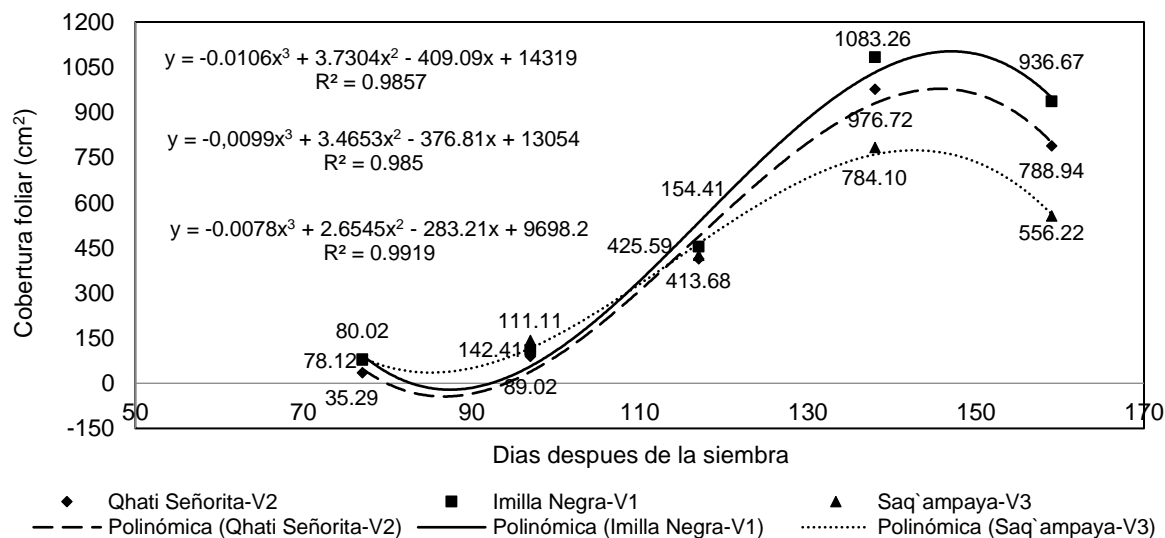


Figura 4. Cobertura foliar de la planta a diferentes DDS.

Porcentaje de floración

La V3 tuvo mayor porcentaje de floración (15%) a los 104 DDS seguida de la V1 (4%) y V2 que no tuvo floración. Considerando el porcentaje de emergencia mayor al 50%, a los 118 DDS la V3 obtuvo el 62% de floración, a los 125 DDS las variedades V1 y V2 tuvieron un porcentaje de floración de 71 y 50% (Figura 5). Según Canqui y Morales (2009) citado por Flores (2017), el inicio de la floración ocurre a los 50 a 60 días después de la siembra y el final de la floración ocurre a los 90 a 100 días de la siembra. .

A los 157 DDS la helada de -4,2°C quemó la parte foliar en plena floración e inicio de formación de bayas en la V1 y V2. Esta helada decapitó naturalmente las flores de todos los tratamientos en la parcela experimental evaluada.

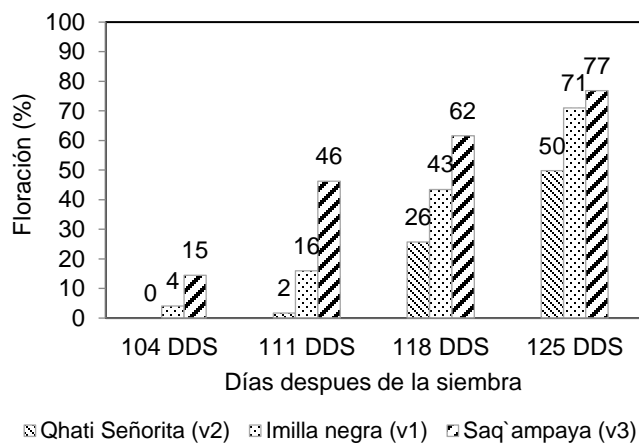


Figura 5. Porcentaje de floración a los 104, 111, 118, 125 DDS.

Días a la madurez fisiológica

La V3 adquirió su madurez fisiológica a los 168 DDS, precoz en comparación con la V2 y V1, que la obtuvieron a los 179 DDS. En ese sentido la cosecha para la V3 fue a los 176 DDS y para la V2 y V1 fue a los 187 DDS. Según PROINPA (1994) e Iriarte et al. (2009) la variedad Imilla Negra y Qhati Señorita tienen un ciclo vegetativo que varía desde 150 a 180 días DDS. Los datos que se obtuvieron para esta investigación concuerdan con la bibliografía mencionada.

Materia verde y seca

Materia verde radicular

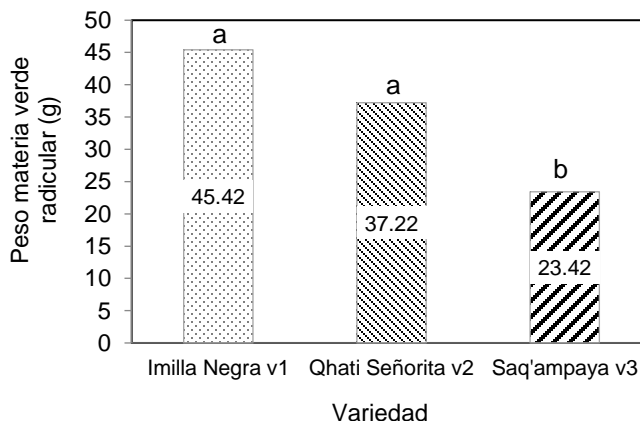
El análisis de varianza muestra significancia para el factor variedad (p-valor < 0.05) debido a que la variedad Saq'ampaya fue la más precoz, los demás factores mostraron no significancia (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de varianza de materia verde de la raíz.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	107.99	2	53.99	10.95	0.0239 ns
Variedad	1482.17	2	741.08	150.24	0.0002 *
Error parcela principal	19.73	4	4.93	0.14	0.9634
Decapitación floral	0.24	1	0.24	0.01	0.9386 ns
Decapitación floral x variedad	129.19	2	64.60	1.77	0.2489 ns
Error sub parcela	219.10	6	36.52		
Total	1958.42	17			

C.V. = 17.09; * = significativo.

La prueba Tukey (Figura 6) muestra que existe diferencia estadística significativa entre las variedades con relación al peso de materia verde de la raíz por planta, la V1 y V2 tienen los pesos más altos con 45.42 y 37.22 g, la V3 tuvo un peso de 23.42 g.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p < 0.05).

Figura 6. Comparación de medias Tukey para el peso de materia verde radicular.

Materia seca radicular

El análisis de varianza que se muestra en la Tabla 8, muestra diferencia significativa para la variedad debido a que una de ellas se encontraba en senescencia, los demás factores resultaron no significativos.

Tabla 8. Análisis de varianza de materia seca de la raíz.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	14.04	2	7.02	1.28	0.3716
Variedad	270.78	2	135.39	24.68	0.0056 *
Error parcela principal	21.95	4	5.49	0.67	0.6363
Decapitación floral	4.4E-03	1	4.4E-03	5.3E-04	0.9824 ns
Decapitación floral x variedad	17.82	2	8.91	1.09	0.3953 ns
Error sub parcela	49.15	6	8.19		
Total	373.75	17			

C.V. = 12.15%

La comparación de medias por la prueba de Tukey (Figura 7) indica que la V1 y V2 tienen peso de 26.41 y 26.20 g superior a la V3 con 18.08 g.

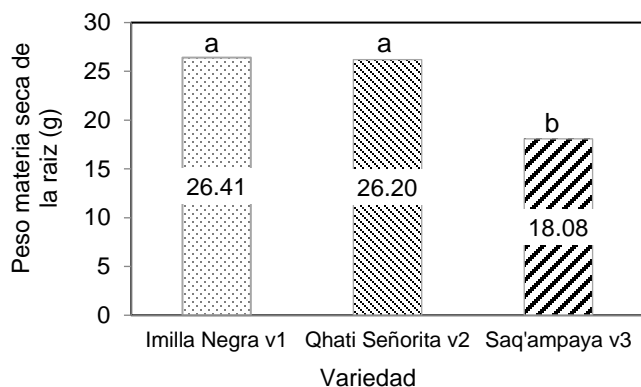


Figura 7. Comparación de medias por el test Tukey para el peso de la materia seca de la raíz.

Materia verde foliar

En el análisis de varianza (Tabla 9) indica que existe una diferencia estadística significativa para la interacción de la decapitación floral con la variedad, no se observa diferencias significativas para los demás factores evaluados.

Tabla 9. Análisis de varianza de la materia verde foliar.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	12.59	2	6.29	0.02	0.9803
Variedad	755.25	2	377.63	1.20	0.3901 ns
Error parcela principal	1256.45	4	314.11	3.86	0.0691
Decapitación floral	7.68	1	7.68	0.09	0.7689 ns
Decapitación floral x variedad	1350.91	2	675.46	8.31	0.0187 *
Error sub parcela	487.64	6	81.27		
Total	3870.52	17			

C.V. = 16.12%

Al realizar de análisis de contrastes ortogonales de la interacción de decapitación floral con la variedad, indica que solamente hay significancia para la V2 (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de contrastes ortogonales de la interacción de la decapitación floral con la variedad.

Contraste	Significancia
V1C0 con relación a V1C1	0.5149 ns
V2C0 con relación a V2C1	0.0146 *
V3C0 con relación a V3C1	0.073 ns

Mediante la comparación de promedios de Tukey (Figura 8) se observan las diferencias entre los tratamientos V2C0 y V2C1, cuyo peso de materia seca es 50.85 y 75.84 g.

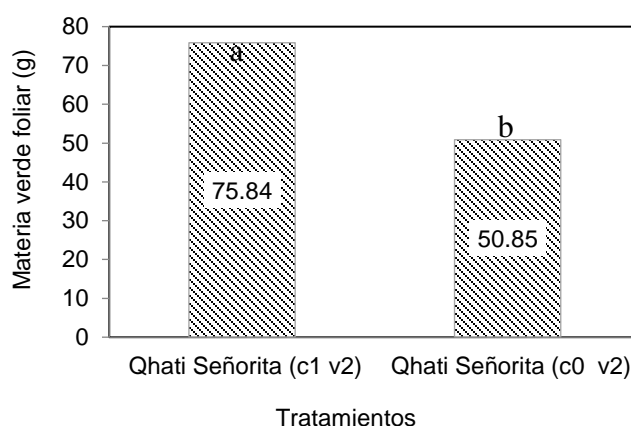


Figura 8. Comparación de promedios por contrastes ortogonales para la materia verde foliar en la V2.

Materia seca foliar

La Tabla 11 muestra que no existen diferencias significativas para los factores variedad y decapitación floral, mientras que para el factor de decapitación floral y su interacción con la variedad, si hubo diferencias significativas.

Tabla 11. Análisis de varianza de la materia seca foliar.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	73.80	2	36.90	0.22	0.8086
Variedad	678.41	2	339.21	2.06	0.2426 ns
Error parcela principal	658.58	4	164.65	2.76	0.1284
Decapitación floral	58.58	1	58.58	0.98	0.3598 ns
Decapitación floral x variedad	621.30	2	310.65	5.21	0.0488 *
Error Sub parcela	357.69	6	59.61		
Total	2448.36	17			

C.V. = 16.54%

El análisis de contrastes ortogonales de la interacción de la decapitación floral por la variedad para la materia seca foliar, señala diferencia significativa en la V2 (Tabla 12).

Tabla 12. Análisis de contrastes ortogonales para la interacción de la decapitación floral por la variedad.

Contraste	Significancia
V1C0 con relación a V1C1	0.6232 ns
V2C0 con relación a V2C1	0.0187 *
V3C0 con relación a V3C1	0.3735 ns

La comparación de promedios mediante contrastes ortogonales para la interacción de V2C0 con relación a V2C1, indican que el promedio de materia seca foliar para V2C0 es 43.41 g y para V2C1 es 63.56 g. Por lo tanto, se tiene un efecto positivo de la decapitación floral para esta variedad (Figura 9).

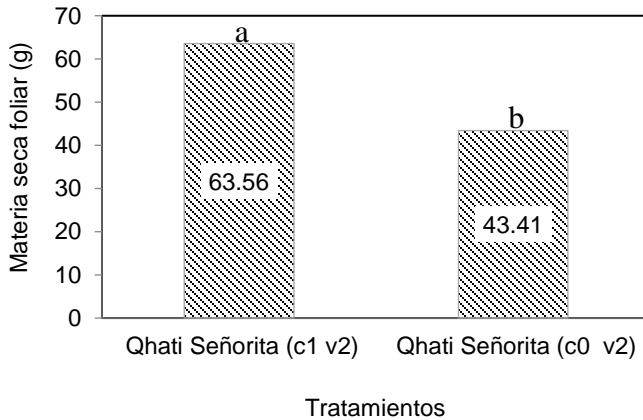


Figura 9. Comparación de promedios mediante contrastes ortogonales para la materia seca foliar.

Número de tubérculos por planta

El análisis de varianza muestra que no hay diferencias significativas entre los factores de estudio (Tabla 13), al respecto, para los tratamientos V2C0 y V2C1 el promedio de tubérculos por planta fue de 25 y 24, para los tratamientos V1C0 y V1C1 fue 16 tubérculos por planta y para los tratamientos V3C0 y V3C1 fue entre 18 y 15 tubérculos por planta, no se evidenció diferencias estadísticas significativas en las tres variedades bajo el efecto de la decapitación floral.

Tabla 13. Análisis de varianza del número de tubérculos por planta.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	21.21	2	10.61	0.33	0.7369
Variedad	304.02	2	152.01	4.73	0.0884 ns
Error parcela principal	128.61	4	32.15	1.68	0.2720
Decapitación floral	4.57	1	4.57	0.24	0.6427 ns
Decapitación floral x variedad	10.59	2	5.29	0.28	0.7679 ns
Error sub parcela	115.06	6	19.18		
Total	584.05	17			

C.V.= 23.00%

Torres (2005), al probar épocas de siembra en la campaña 2001-2002 usando estiércol y semilla de categoría certificada y en condiciones de secano obtuvo 12, 13 y 15 tubérculos por planta para la época 1 (siembra de septiembre) y 9, 18 y 9 tubérculos por planta para la época 3 (siembra de noviembre) para las variedades mejoradas Gendarme, Sani Imilla y Waycha, respectivamente. Khuno (2014) obtuvo de 7 a 10 tubérculos planta en la variedad mejorada Waycha.

Peso de tubérculos por planta

El análisis de varianza (Tabla 14) indica que no existen diferencias significativas de los factores evaluados sobre el peso de tubérculos por planta. En las tres variedades nativas evaluadas, el promedio de peso del tubérculos por planta fue de 0.49 kg, no habiendo diferencias entre variedades.

Tabla 14. Análisis de varianza del peso de tubérculos por planta.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	0.01	2	4.5E-03	0.13	0.8802
Variedad	0.01	2	2.7E-03	0.08	0.9251 ns
Error parcela principal	0.14	4	0.03	3.84	0.0700
Decapitación floral	1.1E-03	1	1.1E-03	0.13	0.7342 ns
Decapitación floral x variedad	0.05	2	0.02	2.68	0.1477 ns
Error sub parcela	0.05	6	0.01		
Total	0.26	17			

C.V. = 19.29%

En 10 plantas de 118 variedades de papas nativas, Mamani (2009) encontró en promedio 2.2 kg, con menor y mayor peso de tubérculos por planta, implicando una variación del rendimiento de las variedades por presentar características genéticas diferentes en cada especie.

Clasificación de los tubérculos

El análisis de varianza (Tabla 15) en relación a cuadrados medios de clasificación por categorías de primera, segunda, tercera, cuarta y quinta, según el peso y el diámetro, muestra que no existe significancia para los dos factores y su interacción.

Tabla 15. Cuadrados medios de la clasificación por categorías según el peso y el diámetro del tubérculo.

FV	GL	CM				
		Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
Bloque	2	0.91 ns	3.23 ns	0.97 ns	5.03 ns	3.24 ns
Variedad	2	33.11 ns	11.04 ns	29.46 ns	11.55 ns	4.54 ns
Error parcela principal	4	5.93	13.09	3.15	5.34	3.36
Decapitación floral	1	0.53 ns	0.19 ns	0.43 ns	1.2E-03 ns	0.68 ns
Decapitación floral x variedad	2	5.40 ns	1.47 ns	3.08 ns	1.92 ns	0.61 ns
Error sub parcela	5	1.61	1.04	6.22	4.00	0.84
Total	16					

C.V.: primera = 36.42%; segunda = 19.29%; tercera = 39.33%; cuarta = 41.79%; quinta = 33.32%.

Rendimiento

No existen diferencias significativas entre los dos factores y su interacción (Tabla 16). Los rendimientos obtenidos señalan que para V2C0 y V2C1 se obtuvo 13.79 y 15.31 t ha⁻¹ respectivamente, en las variedades V1C0 y V1C1 el rendimiento fue de 18.52 y 17.92 t ha⁻¹, para V3C0 y V3C1 el rendimiento fue de 18.89 y 19.63 t ha⁻¹ (Tabla 17). El rango de rendimiento Perú y Bolivia, entre los 3700 a 4100 m s.n.m. es de 4 a 25 t ha⁻¹ (Tapia y Fries, 2007).

Tabla 16. Análisis de varianza del rendimiento de papa.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	10.91	2	5.45	0.10	0.9088
Variedad	125.38	2	62.69	1.13	0.4092 ns
Error parcela principal	222.58	4	55.64	7.29	0.0257
Decapitación floral	0.08	1	0.08	0.01	0.9236 ns
Decapitación floral x variedad	2.63	2	1.31	0.17	0.8468 ns
Error Sub parcela	38.16	5	55.94		
Total	399.72	16			

C.V. = 12.20%

Tabla 17. Rendimiento de papa en tratamientos evaluados.

Tratamiento	Producción (kg)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
V1 C0	24.37	18.52
V1 C1	23.58	17.92
V2 C0	18.14	13.79
V2 C1	20.14	15.31
V3 C0	24.86	18.89
V3 C1	25.83	19.63

Canqui y Morales (2009) citado por Flores (2017) mencionan que en la fase de formación de estolones, inicia a los 15 a 20 días después de la emergencia. La FAO (2008) señala que la producción se reduce si se agota más del 50% del total de agua disponible en el suelo durante el período de estolonización y el inicio de la formación de los tubérculos y el crecimiento de los mismos, tiende a reducir la producción, mientras que el cultivo sufre menos la falta de agua al inicio del crecimiento vegetativo.

Incidencia de plagas

Se observan diferencias significativas en la incidencia de la plaga de Gorgojo de los Andes sobre la variedad y su interacción con la decapitación floral (Tabla 18).

Tabla 18 Análisis de varianza de la incidencia de plagas en los factores evaluados.

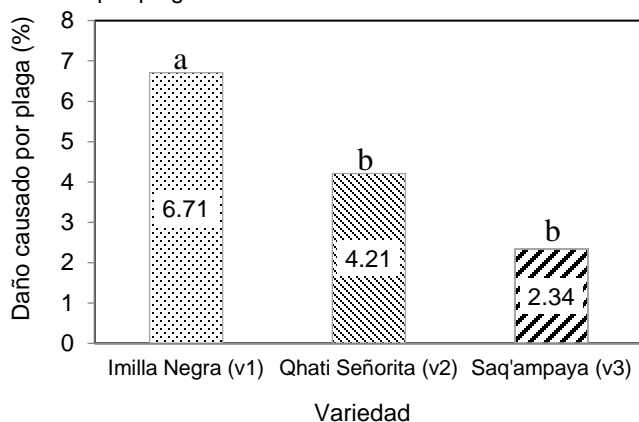
FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	17.90	2	8.95	2.62	0.1876
Variedad	59.73	2	29.86	8.74	0.0347*
Error parcela principal	13.67	4	3.42	3.03	0.1278
Decapitación floral	0.37	1	0.37	0.33	0.5922 ns
Decapitación floral x variedad	23.99	2	12.00	10.63	0.0158*
Error parcela principal	5.64	5	1.13		
Total	121.30	16			

C.V. = 20.04%

En la comparación de medias de Tukey al 5% (Figura 10), el daño ocasionado por la plaga del Gorgojo de los

Andes tiene mayor incidencia para la V1 con 6.71% de daño, la V2 tuvo un daño de 4.21% y la V3 con 2.34%.

Figura 10. Comparación de medias por Tukey del daño causado por plagas.



Los resultados de la Tabla 19 señalan diferencias significativas para V1 y V2, siendo más susceptibles a la plaga del Gorgojo de los Andes.

Tabla 19. Análisis de contrastes ortogonales de para la interacción de incidencia de plagas.

Contraste	Significancia
V1C0 con relación a V1C1	0.0354 *
V2C0 con relación a V2C1	0.0146 *
V3C0 con relación a V3C1	0.8756 ns

Mamani (2009) encontró un rango de variación de 8.9 a 87% de incidencia en el ataque al cultivo por la plaga del Gorgojo de los Andes, el ataque en promedio fue de 49.5%, esto indica que existen variedades resistentes y susceptibles al ataque de plagas dependiendo considerablemente de sus características genéticas.

CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas afectaron en el desarrollo normal del cultivo, específicamente la helada a los 157 DDS, cuando el cultivo se encontraba en floración, produciéndose una decapitación natural de las flores, con deficiencia de humedad en los meses de diciembre y enero. Los suelos de la parcela experimental tuvieron niveles aceptables en capacidad de campo.

Considerando una floración mayor al 50% en las unidades experimentales, solamente la variedad Saq'ampaya obtuvo el 62% de floración a los 118 DDS, en las otras variedades fue mayor al 50% a los 125

DDS. La V3 fue la más precoz en llegar a la madurez fisiológica a los 168 DDS, para la V1 y V2 fue a los 179 DDS.

Para las variables de número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta, clasificación por categorías y rendimiento, no hubo diferencias estadísticas significativas en relación a sus factores y sus interacciones, concluyendo que no existe efecto de la decapitación floral en el rendimiento sobre las tres variedades nativas de papa evaluadas.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al Proyecto "Fortalecer la Capacidad de Resiliencia de los Sistemas de Vida en base a la Papa Nativa en el Municipio de Tiahuanacu" - PIA-ACC 05 UMSA, financiado con fondos concursables del Proyecto de Investigación Aplicada para la Adaptación al Cambio Climático PIA-ACC, AGRUCO, UMSS - COSUDE por brindar el apoyo económico para realizar el trabajo de investigación orientado a la tesis de licenciatura.

BIBLIOGRAFÍA

Cahuana, Q., Condori, M., Flores, P. 2011. Cosecha, selección y clasificación de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum*). Revista visión Agraria. Lima, Perú, v. 13.

Flores, A. 2017. Evaluación de rendimiento de cuatro clones de papa (*Solanum tuberosum* sp.), en la Estación Experimental de Choquenaira. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 82 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. Las papas, la nutrición y la alimentación. Disponible en: <http://potato2008@fao.org>. Consultado el 20 junio 2017.

Canqui, F., Morales, E. 2010. Conocimiento local en el cultivo de la papa. Fundación Proinpa. Disponible en <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Papa/Varios%20Papa/pdf20.pdf>. Consultado el 12 febrero 2018.

Choque, G. 2000, Análisis descriptivo de características agro morfológicas en 271 accesiones de papa nativas en la estación experimental de Belén. Tesis de

licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 217 p.

Gobierno Municipal de Tiahuanacu. 2014. Plan de Desarrollo Municipal del Municipio Tiahuanacu. Provincia Ingavi. La Paz, Bolivia.

Iriarte, V., Condori, B., Parapo, D., Acuña, D. 2009. Catálogo etnobotánico de papas nativas del Altiplano Norte de La Paz - Bolivia. La Paz, Bolivia.

Khuno, B. 2014. Efecto del biol y abonofol en la tolerancia a heladas para la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum*) en la Estación Experimental de Choquenaira. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 130 p.

Mamani, M. 2009. Caracterización y evaluación de la diversidad de papas nativas en el municipio de Umala del departamento de La Paz. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 162 p.

PROINPA. 1994. Catálogo boliviano de cultivares de papa nativa No. 2. Cochabamba, Bolivia.

Quispe, N. 2013. Análisis de la cadena de valor de la papa nativa en los distritos de Huayana y Pomacocha, provincia de Andahuaylas-Apurímac. Tesis de maestría. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 157p.

Resquejo, M. 1999. Botánica On line. Nutrición mineral de las plantas. Disponible en: http://www.abocol.com/articulo_especial_htm. Consultado el 30 noviembre 2016.

Rodríguez, D., Dico, M., Rodríguez, L., Ñurtes, C. 2010. Efecto de diferentes niveles y épocas de defoliación sobre el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* cv. Parda pastosa). Revista Fac. Nal. Agr. Medellín (63) 215521 – 5531.

Tapia, M., Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s.pdf>. Consultado el 15 de febrero 2017.

Torres, S. 2005. Épocas de siembra y variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*) en la provincia Tomina-Chuquisaca. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 75 p.

Zabala, L. 2012. Comportamiento productivo de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* ssp.) bajo dos calibres de semilla registrada en la comunidad Collana. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 136 p.

Artículo recibido en: 23 de marzo 2018

Aceptado en: 31 de mayo 2018