

PRODUCCIÓN DE SEMILLA A PARTIR DE BROTES DE TRES VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS (Saq'ampaya, Imilla Negra y Waych'a) BAJO AMBIENTE PROTEGIDO TIPO TÚNEL - LA PAZ

Seed production from sprouts of three native potato varieties (Saq'ampaya, Imilla Negra and Waych'a) under protected tunnel-type environment - La Paz

Gabriela N. Choque P.¹, Eduardo Oviedo F.², Félix Mamani R.³, Juan J. Aparicio P.⁴

RESUMEN

La investigación evaluó la producción de semilla por brotes en ambientes atemperados en tres variedades nativas: Saq'ampaya, Imilla Negra y Waych'a. La multiplicación de la semilla por esta técnica (brotes y ambientes atemperados) es eficiente en espacio y calidad, para el pequeño productor. En ese contexto, los objetivos fueron a) evaluar las características morfológicas del tubérculo para semilla y b) evaluar el rendimiento de la semilla y analizar el contenido de hierro y zinc por variedad. Se ha utilizado un diseño experimental de bloques al azar; y fue realizado en las comunidades Jiwasi Chico (municipio de Tiahuanacu) y Causaya (municipio de Taraco) del departamento de La Paz, Bolivia. Los resultados muestran que, en relación al número de tubérculos por planta, Saq'ampaya tiene 11.55; Imilla Negra 10.52 y Waych'a 8.46. En el rendimiento de tubérculo por variedades, Saq'ampaya obtuvo 307.79 g planta⁻¹; Waych'a con 276.34 g planta⁻¹ e Imilla Negra con 251.61 g planta⁻¹. Al comparar las variedades por tamaño y calibres, la altura del tubérculo tiene diferencia significativa en las categorías super extra, extra, 1ra, 2da, 3ra, 4ta y 5ta de la Saq'ampaya en relación a la Waycha e Imilla Negra, debido a su forma alargada, que también influye en el diámetro. En relación al color de piel, Saq'ampaya tiene el color blanco-crema, Imilla Negra morado y Waych'a rosado. El color de la pulpa en la variedad Saq'ampaya es amarilla, en Imilla Negra es blanco y en Waych'a es intermedio amarillo claro. En referencia al contenido de hierro, Saq'ampaya tiene 1.37 mg 100g⁻¹; Imilla Negra 1.38 mg 100g⁻¹ y Waych'a 1.06 mg 100g⁻¹. Se determinó que la variedad con mayor contenido de zinc es Imilla Negra con 0.533 mg 100g⁻¹, seguido de la variedad Saq'ampaya con 0.900 mg 100g⁻¹ y Waych'a con 0.690 mg 100g⁻¹.

Palabras clave: Semilla, brotes, hierro, zinc, *Solanum tuberosum*.

ABSTRACT

The research evaluated seed production by sprouting in temperate environments in three native varieties: Saq'ampaya, Imilla Negra and Waych'a. Seed multiplication by this technique (sprouting and tempered environments) is efficient in space and quality for the small producer. In this context, the objectives were a) to evaluate the morphological characteristics of the seed tuber and b) to evaluate seed yield and analyze the iron and zinc content by variety. A randomized block experimental design was used and was carried out in the communities of Jiwasi Chico (municipality of Tiahuanacu) and Causaya (municipality of Taraco) in the department of La Paz, Bolivia. The results show that, in relation to the number of tubers per plant, Saq'ampaya has 11.55; Imilla Negra 10.52 and Waych'a 8.46. In tuber yield per variety, Saq'ampaya obtained 307.79 g plant⁻¹; Waych'a with 276.34 g plant⁻¹ and Imilla Negra with 251.61 g plant⁻¹. When comparing the varieties by size and caliber, the height of the tuber has a significant difference in the super extra, extra, 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th categories of Saq'ampaya in relation to Waycha and Imilla Negra, due to its elongated shape, which also influences the diameter. In relation to the skin color, Saq'ampaya has the white-cream color, Imilla Negra purple and Waych'a pink. The color of the pulp in the Saq'ampaya variety is yellow, in Imilla Negra it is white and in Waych'a it is light yellow intermediate. In reference to iron content, Saq'ampaya has 1.37 mg 100g⁻¹; Imilla Negra 1.38 mg 100g⁻¹ and Waych'a 1.06 mg 100g⁻¹. It was determined that the variety with the highest zinc content is Imilla Negra with 0.533 mg 100g⁻¹, followed by Saq'ampaya with 0.900 mg 100g⁻¹ and Waych'a with 0.690 mg 100g⁻¹.

Keywords: Seed, sprouts, iron, zinc, *Solanum tuberosum*.

¹Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. gaby_scop89@hotmail.com

²Docente, Carrera Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. oviedo_bo@yahoo.com

³Docente, Carrera Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. prograno@yahoo.es

⁴✉ Docente Investigador, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y de Recursos Naturales, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4555-4037>. iiaaren.aparicio@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El origen de la papa (*Solanum ssp.*) no se conoce con precisión, pero los investigadores están de acuerdo que el centro de origen de esta especie se encuentra en el altiplano entre Perú y Bolivia, alrededor del Lago Titicaca, debido que en esta zona se encuentra mayor variabilidad genética de especies silvestres y variedades cultivadas de papa (Ochoa, 2001). En el altiplano entre Perú y Bolivia, alrededor del Lago Titicaca, se encuentra la mayor variabilidad genética de especies silvestres y variedades cultivadas de papa, la cual fue domesticada hace unos 10 000 años por la mujer cuando el hombre se dedicaba a la caza y pesca (Estrada, 2000).

La papa pertenece a la familia Solanáceas y al género *Solanum*, posee siete especies cultivadas y se reconocen 196 especies silvestres distribuidas en América, desde el sudoeste de Estados Unidos hasta el centro de Argentina y Chile. La evolución filogenética y las fuerzas evolutivas de selección, migración, mutación, hibridación, poliploidización e introgresión, han contribuido a la divergencia y a explica el origen de la gran variabilidad genética presente en las especies silvestres y cultivadas (Gabriel et al., 2011).

Hasta inicios del decenio de 1990, casi la totalidad de las papas se producían y consumían en Europa, América del Norte y en los países de la antigua Unión Soviética. Desde entonces se ha producido un espectacular aumento de la producción y la demanda de papa en Asia, África y América Latina, donde la producción aumentó de menos de 30 millones de toneladas a principios del decenio de 1960 a más de 165 millones en 2007 (FAO, 2008).

La calidad del tubérculo semilla es esencial para generar una planta vigorosa y sana, que pueda tomar del suelo los nutrientes y agua que esta requiere para su rendimiento. El manejo adecuado, fertilización para la producción del tubérculo semilla, control de enfermedades, eliminación de plantas enfermas o anormales, cosecha y almacenamiento, aseguran la óptima calidad del tubérculo semilla (Pardavé, 2004).

El brote es un tallo que se origina en el "ojo" del tubérculo, el tamaño y apariencia del brote varía según las condiciones en los que se ha almacenado el mismo, cuando se siembra el tubérculo los brotes aceleran su crecimiento, y al salir a la superficie del suelo se convierten en tallos, es deseable la presencia

de brotes cuando el tubérculo se comercializa para semilla (Egusquiza, 2000).

Se establecen categorías de semilla, con el fin de asegurar que en las multiplicaciones se mantengan las categorías genéticas y fitosanitarias de las variedades. Las categorías reconocidas en la producción de semillas son: genética pre-básica, registrada y certificada. En las normas específicas para cada especie, se determina la secuencia obligatoria de multiplicación de las diferentes categorías (INIAF, 2010).

I. Genética, semilla producida bajo la responsabilidad y control directo del obtentor de la variedad de acuerdo a las metodologías de mantenimiento de la variedad.

II. Pre-Básica, semilla resultante de la multiplicación de semillas genética, esta categoría está determinada para semillas de aquellas especies que por su naturaleza requieren una multiplicación vegetativa mediante el cultivo de tejidos, de acuerdo a la reglamentación específica.

III. Básica, producida bajo la responsabilidad de control directo del obtentor responsable del registro de la variedad, de acuerdo a la metodología de mantenimiento de la variedad, descrita al momento de su registro.

Para producir una categoría se debe sembrar una semilla de categorías "Genética, Pre-Básica". Puede ser mantenida dentro de su categoría siempre y cuando cumpla los requisitos de calidad exigidos para la categoría, se otorga una etiqueta oficial de color blanco.

IV. Registrada, semilla resultante de la multiplicación de semilla Básica, se otorga una etiqueta oficial de color rosado.

V. Certificada, semilla resultante de la multiplicación Registrada, se otorga una etiqueta oficial de color celeste (INIAF, 2010).

La investigación evaluó la producción de semilla por brotes en ambientes atemperados de tres variedades de papa: Saq'ampaya, Imilla Negra y Waych'a (que es considerada la variedad comercial), considerando que la multiplicación de la semilla por esta técnica (brotes y ambientes atemperados) es eficiente en espacio y calidad, para el pequeño productor. En ese contexto, los objetivos fueron a) evaluar las características

morfológicas del tubérculo para semilla y b) evaluar el rendimiento de la semilla y analizar el contenido de hierro y zinc por variedad.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en la comunidad Jiwasi Chico y Causaya. La comunidad Jiwasi Chico se encuentra en el municipio de Tiahuanaco, provincia Ingavi del departamento de La Paz, se encuentra a 110 km de la ciudad de La Paz, geográficamente se halla situado a 16° 28' 05.3" de latitud sur y 68° 55' 22.8" longitud oeste, a una altitud de 3 845 m s.n.m. La comunidad Causaya se sitúa en el municipio de Taraco, provincia Ingavi del departamento de La Paz, se encuentra a 70 km de la ciudad de La Paz, geográficamente se halla situado a 16° 24' y 16° 40' latitud sur y 68° 47' y 68° 35' latitud oeste, a una altura de 3 840 m s.n.m.

Metodología

Las semillas fueron obtenidas a través del proyecto "Innovación para la Seguridad y Soberanía Alimentaria en los Andes- Issandes" en la que fueron identificadas las variedades nativas Saq'anpaya, Imilla negra y Waych'a como variedad comercial. El presente trabajo de investigación se realizó bajo el diseño experimental de bloques al azar (Calzada 1982), el modelo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_l + \beta\alpha_{jl} + e_{ijk} \quad (1)$$

Dónde: Y_{ijk} = una observación cualquiera; μ = media poblacional; α_i = efecto del i-esima variedad; β_j = efecto de bloque por localidad; α_l = efecto del l-esimo por localidad; $\beta\alpha_{jl}$ = efecto de interacción localidad x variedad; e_{ijk} = error experimental.

En total se establecieron tres bloques, es decir, tres repeticiones por cada tratamiento, donde se establecieron tres surcos por tratamiento, 10 plantas por surco, la distancia de siembra entre plantas fue de 20 cm y entre surcos de 42 cm.

Los tratamientos fueron: T1 (Imilla negra); T2 (Waych'a) y T3 (Saq'ampaya).

Manejo de la investigación

Preparación: para el ensayo previamente se habilitó ambientes cubiertos, carpa tipo túnel. Se abonó el suelo utilizando guano descompuesto de bovino y ovino mezclando de dos a tres veces con la tierra a una profundidad de 25-30 cm, para luego trasplantar los brotes que estarán listos para sembrar en el invernadero tipo túnel. Se instaló riego por goteo con el uso de cintas de gotero separados a una distancia de 42 cm.

Trasplante: se realizó el riego por goteo antes de trasplantar las plántulas, con cuatro hojas, sin dañar sus raíces a una distancia de 20 cm entre plántulas y 35 cm entre surcos; se tapó con sustrato hasta la mitad de la plántula

Labores agronómicas

Deshierbe: se eliminó las malezas de la carpa tipo túnel para evitar la competencia de nutrientes con la planta de papa. Estas se efectuaron dos veces, con el aporque.

Aporque: se realizaron dos aporques, a fin de dar un mejor sostén a la planta, permitiendo aflojar y oxigenar el suelo, para realizarlo, se introdujo tierra del exterior de la carpa.

Defoliación: una vez cumplido el ciclo del cultivo de la papa en la carpa tipo túnel, se realizó un corte de follaje, y se dejó por 15 días para completar la maduración; luego se procedió a la cosecha. Esta labor sirve para controlar el tamaño del tubérculo y se realizó un muestreo al azar para determinar la cosecha en el momento adecuado.

Cosecha: una vez cumplido el ciclo fisiológico del cultivo de papa alcanzando la madurez de los tubérculos se procedió a la cosecha de los tubérculos de las tres variedades.

Variables de medición

Número tubérculos por planta: se cuantificó las ocho plantas que se tomaron como muestra del surco central de cada unidad experimental, seguido se contabilizó el número de tubérculos por planta de cada variedad.

Rendimiento de tubérculo por variedades ($g\ planta^{-1}$): se determinó esta variable después de la cosecha por muestra tomada por unidad experimental.

Rendimiento de tubérculos por tamaño o calibres: una vez cosechados los tubérculos se procedió a la selección y clasificación por calibres o tamaños, extra (EX), primera (I), segunda(II), tercera (III), cuarta (IV), quinta (V); se procedió a medir la altura de tubérculo (cm), diámetro de tubérculo(cm) con (Vernier Caliper 0-150 mm, cm) y peso de tubérculo (balanza digital 2 000g x 0.1 g) de cada tratamiento por cada planta de las variedades.

Color de piel y pulpa por variedad: se determinó el color de piel y pulpa por variedad de acuerdo a la codificación de matriz de colores de Royal Horticultural Society descrito por Huamán (2008) para el cultivo de papa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de tubérculos por planta

La Tabla 1 muestra en el análisis de varianza (ANVA), que existe significancia ($p < 0.05$) entre comunidades, no existe significancia ($p > 0.05$) entre variedades y para la interacción comunidades por variedades.

Tabla 1. Análisis de varianza para el número de tubérculo por planta.

FV	SC	GL	CM	FC	Pr > F
Comunidad	40.86	1	40.86	7.98	0.0223 *
Bloque*comunidad	7.77	4	1.94	0.38	0.8175
Variedad	29.60	2	14.80	2.89	0.1135 NS
Comunidad*variedad	18.49	2	9.24	1.81	0.2253 NS
Error	40.95	8	5.12		
Total	137.68	17			

FV = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM = cuadrado medio; FC = factor de corrección; Pr > F = probabilidad de F; * = significativo; NS = no significativo. CV = 22.23 %.

Según la prueba de Duncan (5 %) existe diferencia estadística en los números de tubérculo por planta, entre las comunidades (Tabla 2), el promedio de la comunidad Causaya es superior con 11.68 tubérculos por planta frente a la comunidad Jiwawi Chico con 8.67 tubérculos por planta.

Tabla 2. Prueba Duncan (5%) para el número de tubérculos por planta.

Comunidad	Promedio (n^0)	Prueba de Duncan (5%)
Causaya	11.68	a
Jiwawi Chico	8.67	b

Mamani (2014) obtuvo semilla sexual con un número de tubérculos por planta con 7.48; mayor al tipo de semilla asexual 6.13 tubérculos por planta; siendo estas diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de semilla, se asemeja a los resultados obtenidos.

Los promedios para el número de tubérculos por planta en las variedades son: Saq'ampaya con 11.55 unidades, Imilla Negra con 10.52 unidades y Waych'a con 8.46 tubérculos por planta. No existe diferencia estadística. Mamani (2014), en la variedad Saq'ampaya vía semilla sexual obtuvo 4.80 tubérculos tamaño papa "gourmet", mientras que, vía semilla asexual, esta variedad tuvo 2.70 tubérculos "gourmet" y estadísticamente diferentes. Pinaya (2013), en la comparación de medias de prueba de Duncan ($p < 0,05$) muestra 2.43 tubérculos por planta para la variedad Waycha. Los resultados obtenidos en el presente trabajo no se asemejan porque hay mayor producción en número de tubérculos por planta en las tres variedades que los registrados por los autores citados.

Rendimiento de tubérculo por variedades

El análisis de varianza para rendimiento de tubérculo por variedades (Tabla 3), muestra que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre comunidad, variedad y la interacción comunidades por variedades.

Tabla 3. Análisis de varianza para el rendimiento de tubérculo por variedad.

FV	SC	GL	CM	FC	Pr > F
Comunidad	83.98	1	83.98	0.03	0.8781 NS
Bloque*comunidad	37894.38	4	9473.60		
Variedad	9516.07	2	4758.04	1.42	0.2963 NS
Comunidad*variedad	7142.19	2	3571.09	1.07	0.3883 NS
Error	26771.80	8	3346.48		
Total	81408.42	17			

FV = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM = cuadrado medio; FC = factor de corrección; Pr > F = probabilidad de F; NS = No significativo. CV = 20.77 %.

El rendimiento de tubérculo por variedades en comunidades muestra los siguientes promedios: en la comunidad de Jiwawi Chico de 280.74 $g\ planta^{-1}$ y en la comunidad de Causaya de 276.34 $g\ planta^{-1}$. Rousselle et al. (1999), manifiestan que el número de tubérculos está influenciado por los factores del medio ambiente, principalmente el fotoperiodo y la temperatura. El promedio del rendimiento por variedades para la variedad Saq'ampaya fue de 307.79 $g\ planta^{-1}$, Waych'a de $g\ planta^{-1}$ e Imilla negra de 251.61 $g\ planta^{-1}$. No existe diferencia estadística, pero la variedad nativa comercial muestra mejor rendimiento.

Quispe (2009), observó que existen diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Duncan al 5 % en peso de tubérculo por genotipo de papa nativa Pali Blanca con 112 g planta⁻¹, Saq'ampaya con 114 g planta⁻¹ y Polonia con 139 g planta⁻¹. Canqui y Morales (2009), señalan que el aporque es una labor cultural que ayuda a eliminar malezas, evitar la exposición de los tubérculos al sol o a las heladas, y el exceso de humedad, también darle espacio suficiente a las raíces para la formación de los tubérculos, otro factor que influye en el desarrollo de los tubérculos es la temperatura ambiente, considerando que esta es elevada, la planta desgasta energía en su supervivencia, restando energía a su producción de tubérculos.

Rendimiento de tubérculos por tamaño o calibres

Altura de tubérculo

Los promedios y la comparación de medias de Duncan ($p < 0.01$) ratifica que es altamente significativo en las variedades para la altura de tubérculo extra, primera, segunda, tercera, cuarta y quinta (cm) (Tabla 4), la variedad de Saq'ampaya es superior estadísticamente a Waych'a e Imilla Negra. Esta diferencia estadística se debe a que los tubérculos de la variedad Saq'ampaya son alargados.

Tabla 4. Promedios y prueba Duncan (5 %) entre variedades.

Variedad	Super extra (cm)	Extra (cm)	1ra (cm)	2da (cm)	3ra (cm)	4ta (cm)	5ta (cm)
Saq'ampaya	11.16 ^a	4.34 ^b	9.12	7.37	6.12	4.52	6.22
Waych'a	4.78 ^b	6.22 ^a	4.15	4.11	3.05	2.42	5.98
Imilla Negra	4.63 ^c	6.01 ^a	4.08	3.60	2.91	2.38	4.00

Diámetro de tubérculo

Para diámetro de tubérculo (cm) el promedio y la comparación de medias de Duncan ($p < 0.01$), señala que existe diferencia significativa para extra, primera y segunda (cm). Nuevamente la variedad Saq'ampaya por ser alargada presenta un diámetro menor (Tabla 5). A partir de la tercera categoría, no existe diferencia estadística entre las variedades.

Tabla 5. Promedios y prueba Duncan (5%) entre variedades.

Variedad	Super extra (cm)	Extra (cm)	1ra (cm)	2da (cm)	3ra (cm)
Waych'a	7.36 ^a	6.22 ^a	5.30 ^a	5.30 ^a	3.11
Imilla Negra	6.42 ^b	6.01 ^a	5.28 ^a	5.28 ^a	3.97
Saq'ampaya	5.21 ^c	4.34 ^b	3.69 ^b	3.69 ^b	2.06

Prueba Duncan ($\alpha = 5\%$) a,b,c.

Peso de tubérculo

Los promedios y la comparación de medias de Duncan ($p < 0.01$) muestran que no es significativo en las variedades para el peso del tubérculo extra, primera, segunda, tercera y cuarta (g) (Tabla 6).

Tabla 6. Promedios del peso del tubérculo entre variedades.

Variedad	Super extra (g)	Extra (g)	1ra (g)	2da (g)	3ra (g)	4ta (g)
Saq'ampaya	148.93	76.51	60.54	37.09	23.24	11.14
Waych'a	140.11	83.67	61.83	42.93	26.17	15.03
Imilla Negra	104.55	78.80	60.92	38.74	24.73	13.58

Color de piel por variedad

La determinación de esta variable de color de la piel se realizó después de la cosecha de acuerdo a la codificación de matriz de colores de las tres variedades de papa.



Figura 1. Color de la piel en Saq'ampaya, color predominante blanco-crema; intensidad color predominante intermedio; color secundario 1 crema; distribución del color secundario 1 en los ojos.



Figura 2. Color de piel en Imilla Negra; color predominante 8 morado; intensidad color predominante 3 intenso oscuro; color secundario 8 morado; distribución del color secundario 1 en los ojos ausente.



Figura 3. Color de piel en Waych'a; color predominante 5 rosado; intensidad color predominante 3 intenso oscuro; color secundario 1 blanco crema; distribución del color secundario 5 anteojos.

Color de pulpa por variedad

Se determinó el color de la pulpa después de la cosecha, se tomó una muestra al azar de cada variedad de tubérculo como Saq'ampaya, Imilla Negra, y Waych'a de acuerdo a la codificación de matriz de colores.



Figura 4. Color de pulpa en Saq'ampaya; pigmentación de los tejidos del tubérculo 4 amarillo; textura de la piel del tubérculo 3 intermedia; color predominante 4 amarillo (áreas dispersas); color secundario 5 amarillo oscuro; distribución del color secundario en áreas dispersas.



Figura 5. Color de pulpa en Imilla Negra; pigmentación de los tejidos del tubérculo 1 blanco; textura de la piel del tubérculo 5 áspera; color predominante 2 crema; color secundario 1 blanco; distribución del color secundario en anillo vascular ancho.



Figura 6. Color de pulpa en Waych'a; pigmentación de los tejidos del tubérculo 3 intermedios; textura de la piel del tubérculo 3 amarillo claro; color predominante manchas dispersas; color secundario 2 cremas; distribución del color secundario: manchas dispersas.

Análisis del contenido de hierro y zinc

Los análisis se realizaron en la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas del Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación de Salud (SELADIS).

Análisis de contenido de hierro en papa

La variedad Imilla Negra tiene $1.38 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ de hierro, seguido por la variedad Saq'ampaya con $1.37 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ y variedad Waych'a con $1.06 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ de hierro.

Laruta (2014), realizó análisis de contenido de hierro en las variedades de Waych'a con el tratamiento 1 (testigo) (Hierro 0-Zn-0) obtuvo contenido de hierro de 0.55 mg 100g⁻¹ y Pinta Boca 29 (Hierro 40-Zinc 0) con un contenido de hierro de 0.75 mg 100g⁻¹. Gabriel et al. (2014), mencionan que los cultivares con más alto contenido de hierro fueron Saq'ampaya con 14.50 mg kg⁻¹, Imilla Negra con 10.90 mg kg⁻¹, el rango de variación para el contenido de hierro está entre 2.3 a 13.5 mg kg⁻¹ como valores mínimos y máximos respectivamente. FAO (2001), indica que el nivel de concentración de hierro encontrado en las especies AJH, GON y STN podría suplir el 25 % del consumo diario de hierro recomendado para niños de entre 1 a 3 años (6 mg día⁻¹) y el 21 % del consumo diario de hierro recomendado para mujeres en edad fértil (29 mg día⁻¹), considerando una ingesta diaria promedio de papa de 200 y 800 g para niños y mujeres respectivamente.

Análisis de contenido de Zinc de papa

Se determinó que la variedad con mayor contenido de zinc es Imilla Negra con 0.533 mg 100g⁻¹, seguido de la variedad Saq'anpaya con 0.900 mg 100g⁻¹ y la variedad Waych'a con 0.690 mg 100g⁻¹.

Laruta (2014) realizó análisis de contenido de zinc en los tubérculos de Waych'a, tratamiento 11 (Hierro 20-Zinc 10) obteniendo 0.26 mg 100g⁻¹ de papa y Pinta Boca, Tratamiento 20 (Hierro 0-Zinc 15), con 0.31 mg 100g⁻¹ de papa. FAO (2001), indica que los contenidos más altos de zinc fueron para los cultivares Yuraj Saq'anpaya con 5.20 mg kg⁻¹, donde el contenido de zinc varía entre 0.9 a 5.2 mg kg⁻¹ como valores mínimos y máximos respectivamente. Para el zinc, el consumo diario de AJH, GON y STN supliría el 15 y 18 % del consumo diario recomendado para niños entre 1 a 3 años (4.1 mg día⁻¹) y el 51 y 61 % del consumo diario recomendado para mujeres en edad fértil (4.9 mg día⁻¹).

CONCLUSIONES

En relación al número de tubérculos por planta, Saq'ampaya tiene 11.55; Imilla Negra con 10.52 y Waych'a con 8.46. En el rendimiento de tubérculo por variedades, Saq'ampaya obtuvo 307.79 g planta⁻¹; Waych'a con 276.34 g planta⁻¹ e Imilla Negra con 251.61 g planta⁻¹. Al comparar las variedades por tamaño y calibres, la altura del tubérculo tiene diferencia significativa en las categorías super extra, extra, 1ra, 2da, 3ra, 4ta y 5ta de la Saq'ampaya en

relación a la Waych'a e Imilla Negra, debido a su forma alargada, que también influye en el diámetro. En relación al color de piel, Saq'ampaya tiene el color blanco – crema, Imilla Negra morado y Waych'a rosado. El color de la pulpa en la variedad Saq'ampaya es amarilla, en Imilla Negra es blanco y en Waych'a es intermedio amarillo claro. En referencia al contenido de hierro, Saq'ampaya tiene 1.37 mg 100g⁻¹; Imilla Negra 1.38 mg 100g⁻¹ y Waych'a 1.06 mg 100g⁻¹. Se determinó que la variedad con mayor contenido de zinc es Imilla Negra con 0.533 mg 100g⁻¹, seguido de la variedad Saq'anpaya con 0.90 mg 100g⁻¹ y Waych'a con 0.69 mg 100g⁻¹.

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 PIAACC, AGRUCO, UMSS - COSUDE por brindar el apoyo económico para realizar el trabajo de investigación orientado al trabajo dirigido de Licenciatura.

BIBLIOGRAFÍA

- Canqui, F; Morales, E. 2009. Conocimiento local en el cultivo de la papa (en línea). En Fundación PROINPA. Cochabamba-Bolivia. Consultado 15 ene. 2020. Disponible en <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Papa/Varios%20Papa/pdf20.pdf>
- Calzada, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Quinta Edición. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 97 p.
- Egusquiza, R. 2000. La papa, producción y comercialización. AV Prisma y Proyecto papa andina – COSUDE. Lima, Perú. CIMAGRAF srl. 191 p.
- Estrada, N. 2000. La Biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. La Paz, Bolivia. PROINPA / CID / CIP. 372 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2001. Human Vitamin and Mineral Requirements (en línea). Report of a joint FAO / WHO expert Bangkok, Thailand. 281 p. Consultado 1 feb. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/y2809e/y2809e.pdf>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2008. El mundo de la papa (en línea). Año Internacional de la papa 2008. Consultado 1 feb. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/potato-2008/es/mundo/>
- Gabriel, J; Pereira, R; Gandarillas, M.A. 2011. Catálogo de nuevas variedades de papa en Bolivia. Cochabamba, Bolivia. PROINPA. 30 p.
- Gabriel, J; Botello, R; Casazola, JL; Vera, R; Rodríguez, FA; Angulo, A. 2014. Revalorización de las papas nativas de Bolivia (*Solanum tuberosum* L.) como fuente de hierro y zinc. Selva Andina Research Society. 5(1): 3-12.
- Huamán, Z. 2008. Descriptores morfológicos de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Centro de conservación de la biodiversidad agrícola de Tenerife (ccbat). España. Producciones Gráficas s.l. 40 p.
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) 2010. Norma General sobre semillas de Especies Agrícolas. Dirección Nacional de Semillas. La Paz, Bolivia. INIAF. 18 p.
- Laruta, F. 2014. Efecto de la aplicación de diferentes niveles de Hierro y Zinc al suelo en dos variedades de papa (*Solanum ssp.*), en el Municipio de Taraco, Provincia Ingavi del departamento de La Paz. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de san Andrés. 138 p.
- Mamani, J. 2014. Producción de papa "gourmet" a partir de semilla sexual y asexual con tres variedades nativas en ambiente atemperado de Quipaquipani, Provincia Ingavi, La Paz. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 103 p.
- Ochoa, C. 2001. Las papas de sud América: Bolivia. IFEA, Instituto Francés de Estudios Andinos. La Paz Bolivia. Plural Editores. 535 p.
- Pardavé, C. 2004. Cultivo y Comercialización de la Papa. Perú. Palomino E. I. R. L. 1ra edición. 133 p.
- Pinaya, WJ. 2013. Producción de semilla Pre-Básica de tres variedades de papa con la aplicación de dos niveles de fertilización bajo ambiente atemperado en el centro experimental Quipapaquipani, Viacha. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 91 p.
- Quispe, E. 2009. Evaluación agronómica de tres genotipos de Vitroplantas de papa Nativa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigenum* L.) Bajo tres diferentes sustratos hidropónicos para la producción de semilla pre-básica en invernadero. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 81 p.
- Rousselle, P; Robert Y; Crosnier, R. 1999. La patata, producción, mejora, plagas y enfermedades, utilización. Paris, Francia. Mundi Prensa. 601 p.

Artículo recibido en: 19 de mayo 2021

Aceptado en: 23 de agosto 2021