

PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE TRES VARIEDADES DE PAPA NATIVA (*Solanum andigenum* sp.) A PARTIR DE BROTES POR TRASPLANTE DIRECTO E INDIRECTO, EN AMBIENTE PROTEGIDO DE LA UAC-TIAHUANACU

Seed production of three varieties of native potato (*Solanum andigenum* sp.) from shoots by direct and indirect transplant, in a protected environment of the UAC-Tiahuanacu

Andrea Quispe Tito¹; Víctor Hugo Hilari Esteban²; José Luis Casazola López³; Félix Mamani Reynoso⁴

RESUMEN

Bolivia es uno de los principales centros de origen y diversificación en papa, su cultivo se extiende a más de 125000 ha, el uso de brotes permite alto índice de multiplicación, alta producción de semilla de buena calidad y reducción de plagas, es por estas razones que el objetivo del trabajo fue producir y evaluar tres variedades de semilla de papa nativa a partir de brotes por trasplante directo (TD) y trasplante indirecto (TI), en un invernadero de los predios de la UAC de Tiahuanaco. Se evaluaron las variedades Imilla Negra (V1), Qhati Señorita (V2) y Saq'ampaya (V3) con TD y TI, resultando en seis tratamientos con tres repeticiones bajo un DCA. Las variables de estudio fueron, prendimiento, altura de prendimiento, altura a la floración, altura a la madurez fisiológica, número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta, categorización por calibre y por peso, y rendimiento. Se realizaron análisis de varianza, pruebas de medias con Duncan y análisis de efectos simples. El mejor porcentaje de prendimiento fue para la V2 por TD y TI, en la altura de prendimiento, floración y madurez fisiológica se obtuvo mayores alturas en la V1, seguido por la V2 y V3, se obtuvo mayor número de tubérculos por planta en la V2 con TD y TI. En la categorización por calibres, el mayor promedio fue para la V3 en el calibre II, V2 en el calibre III y V3 para el calibre IV, así como también se obtuvo mayor rendimiento por TD en las tres variedades de papa nativa. Se obtuvieron mejores resultados mediante el TD con la V3, esto muestra la viabilidad de la siembra por brotes de la papa nativa, en la que se obtienen buenos resultados de esta parte vegetativa, lo cual puede ser replicado por los productores para la obtención de una adecuada producción.

Palabras clave: Papa nativa, prendimiento, calibre, madurez fisiológica, peso, rendimiento.

ABSTRACT

Bolivia is one of the main centers of origin and diversification in potato, its cultivation extends to more than 125000 ha, the use of sprouts allows high multiplication index, high production of good quality seed and pest reduction, it is for these reasons that the objective of the work was to produce and evaluate three varieties of native potato seed from outbreaks by direct transplant (TD) and indirect transplant (TI), in a greenhouse on the grounds of the UAC of Tiahuanaco. Imilla Negra (V1), Qhati Señorita (V2) and Saq'ampaya (V3) varieties were evaluated with TD and TI, resulting in six treatments with three repetitions under one DCA. The variables of study were: yield, height of assimilation, height to the flowering, height to the physiological maturity, number of tubers by plant, weight of tubers by plant, categorization by size and by weight, and yield. Analysis of variance, tests of means with Duncan and analysis of simple effects were carried out. The best percentage of capture was for V2 by TD and TI, in the height of capture, flowering and physiological maturity, higher heights were obtained in V1, followed by V2 and V3, higher number of tubers was obtained per plant in V2 with TD and IT. In the categorization by calibers, the highest average was for V3 in caliber II, V2 in caliber III and V3 for caliber IV, as well as higher yield per TD in the three varieties of native potato. Better results were obtained through the TD with V3, this shows the viability of the sowing by shoots of the native potato, in which good results of this vegetative part are obtained, which can be replicated by the producers to obtain a Proper production.

Keywords: Native potato, capture, caliber, physiological maturity, weight, yield.

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

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

³ Coordinador Técnico, Alternativas Agropecuarias (ALTAGRO), Bolivia.

⁴ Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

Bolivia es uno de los principales centros de origen y diversificación en recursos filogenéticos de papa (*Solanum tuberosum*), siendo que es un cultivo tradicional y uno de los más importantes para el agricultor asentado en la zona andina. Las papas nativas se caracterizan por su calidad culinaria, alto contenido de materia seca, contenido elevado de antocianinas y gran diversidad en el color de la pulpa de los tubérculos como blanco, amarillo, rojo, morado con combinaciones vistosas y únicas (IssAndes, 2014).

Según Ramírez (2009) citado por Mamani (2014) la papa se constituye en uno de los más importantes productos de la economía y alimentación boliviana, su cultivo se extiende a más de 125000 ha y una producción anual que oscila entre 700000 y 900000 t entre papa para consumo y semilla, después del autoconsumo, almacenamiento de semilla y las pérdidas en post cosecha, los productores logran introducir al mercado nacional 450000 t de 25 variedades de las cuales sobresalen Waych'a (*Solanum andigenum*) y Desiré (*Solanum tuberosum*).

Se produce un poco más de 7574.57 t de semillas certificadas de papa de diferentes variedades, gran parte de esta cantidad es producida por la empresa SEPA (Semilla de Papa) del departamento de Cochabamba y varias decenas de Asociaciones de Productores dispersos entre La Paz, Cochabamba y Potosí, la oferta es 7574.57 t año⁻¹, esto representa la siembra de aproximadamente 1100.55 ha año⁻¹, tanto para la siembra de invierno (destinada al consumo) como para la siembra de año (para semilla) (INIAF, 2010).

El uso de brotes tiene ventajas en la producción como a) la producción de semilla con elevado índice de multiplicación, b) de los tubérculos utilizados para obtener los brotes, se puede cosechar tres veces en intervalos de 30 días y se puede utilizar el mismo tubérculo como semilla, c) en un espacio de terreno relativamente pequeño se puede obtener altos niveles de producción de semilla de buena calidad. Entre las desventajas se tiene la elevada inversión en mano de obra y que los brotes en su primera etapa se muestran muy delicados a los factores adversos (INIAP, 2006). En este tipo de producción se reduce las plagas de mayor incidencia en las zonas del Altiplano Central

Boliviano, como ser el gorgojo de los Andes, la polilla de la papa y otras enfermedades de la papa.

Es por estas razones que el objetivo del trabajo fue producir semilla de tres variedades de papa nativa a partir de brotes por trasplante directo e indirecto, en un ambiente protegido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se realizó en un invernadero situado en los predios Unidad Académica Campesina (UAC) de Tiahuanaco, dependiente de la Universidad Católica Boliviana, que se encuentra en la localidad de Tiahuanaco, provincia Ingavi del departamento de La Paz, ubicado a 72 km de la ciudad de La Paz, entre las coordenadas 17° 35' a 18° 17' de latitud sur y 68° 20' a 69° 08' de longitud oeste y a una altura de 3883 m s.n.m. El lugar se caracteriza por tener una temperatura media anual de 12°C, precipitación acumulada anual de 40 a 150 mm, humedad relativa promedio de 64.3%, textura del suelo franco arcilloso y su topografía en general es de planicie (PDM Tiahuanaco, 2013).

Metodología

La estructura del invernadero fue con techo de dos aguas cubierto de agro film de color amarillo, paredes del mismo material, la temperatura mínima promedio durante el desarrollo de la investigación fue de 10°C, la temperatura máxima promedio de 42°C, temperatura promedio de 20°C y humedad relativa del 75%. Para determinar la temperatura del invernadero se utilizó un termómetro de máximas y mínimas.

El material vegetal fue brotes de papa de las variedades Saq'ampaya, Qhati señorita e Imilla Negra, importantes para las zonas altas de producción de papa (PROINPA, 1994). Para el almacigo de los brotes, se utilizaron seis cajas plásticas de 60 x 40 cm, seis platabandas de 3 x 1 m, listones de madera de 90 x 1.5 cm para fijar los tutores. Asimismo, el riego en el invernadero fue mediante una bomba de agua con fuerza de 1 HP.

La semilla de las tres variedades de papa nativa fue almacenada por tres semanas en un silo con luz difusa a una temperatura de 18 a 25°C, esto con el fin de obtener brotes cortos, gruesos y vigorosos (Figura 1).



Figura 1. Brotes seleccionados para el trasplante.

El desbrote fue múltiple, mediante la eliminación del primer brote (dominancia apical), para ello se hizo la selección de tubérculos con brotes de 2 a 3 cm de largo, para luego desprenderlas manualmente. La cosecha de brotes fue entre 2 a 3 veces. Después de la primera cosecha de los brotes de las tres variedades de papa nativa, estos fueron dispuestos a una distancia de 5 cm entre plantas e hileras, enterrando 2/3 partes del brote en el sustrato del almacigo.

El terreno fue roturado tres semanas antes de la siembra con el mullido y nivelado. Previo a la siembra, se aplicó estiércol de ganado bovino en una proporción de 12 t ha⁻¹. Asimismo, se realizó el análisis físico y químico del suelo en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

El trasplante directo de los brotes de las tres variedades de papa nativa fue directamente en la platabanda, seleccionando brotes de 2 cm de largo con un diámetro de 4 a 5 mm, el trasplante fue a una distancia de 15 cm entre plantas y 15 cm entre hileras. Para el trasplante indirecto, se cosechó del almacigo los brotes de las tres variedades de papa nativa, su trasplante fue cuando las plántulas presentaron una altura entre 5 y 6 cm, estas fueron sembradas a una distancia de 15 cm entre plantas y 15 cm entre hileras.

Para evitar la presencia de malezas y dar mayor aeración a las raíces, se realizó el deshierbe con una frecuencia de una vez por semana. El riego fue antes del trasplante y los riegos complementarios se realizaron con una frecuencia de tres veces por semana. Asimismo, se adicionó sustrato para formar los camellones durante el aporque.

A los 55 días después del trasplante, cuando las plantas alcanzaron una altura de 30 cm se efectuó el tutoreo para facilitar la manipulación del cultivo y mantener la planta erguida. Durante el desarrollo del cultivo, no se presentaron enfermedades foliares, sin embargo, hubo incidencia del insecto tijereta (Dermaptera), por lo que se aplicó extracto de locoto (*Capsicum pubescens*). La cosecha fue manual, los tubérculos fueron contados y clasificados por categorías según su diámetro (INIAF, 2010), la categoría II fue compuesta por los tubérculos con diámetro entre 71 y 90 mm, la categoría III entre 51 y 70 mm y la categoría IV por tubérculos con diámetro menor a 50 mm, no se tuvo tubérculos de la categoría I con diámetro superior a 91 mm.

El diseño empleado fue completamente al azar (DCA) con arreglo de dos factores (trasplantes x variedades), el área experimental contó con seis platabandas de 1 m² constituidas como unidades experimentales. El modelo lineal aditivo se muestra en la Ecuación 1.

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

Dónde: Y_{ijk} = una observación cualquiera; μ = media poblacional; α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A (variedades); β_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B (trasplantes); $(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B (interacción A x B); ε_{ijk} = error experimental.

Para el análisis de las variedades y tipos de trasplante se aplicaron pruebas de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$) y para el análisis de la interacción entre la variedad y el trasplante se aplicó el análisis de efectos simples al 5% de probabilidad.

El factor A fue compuesto por las variedades de papa nativa (V1 = Imilla Negra, V2 = Qhati Señorita y V3 = Saq'ampaya) y el factor B compuesto por los tipos de trasplante (TD = trasplante directo y TI = trasplante indirecto). La Tabla 1 muestra la combinación de los seis tratamientos evaluados con tres repeticiones, resultando en 18 unidades experimentales.

Tabla 1. Tratamientos de estudio.

Factor A	Factor B	Combinación	Tratamientos
V1	TD	V1 x TD	T1
	TI	V1 x TI	T2
V2	TD	V2 x TD	T3
	TI	V2 x TI	T4
V3	TD	V3 x TD	T5
	TI	V3 x TI	T6

Las variables de respuesta consistieron en evaluar el prendimiento por trasplante directo a los 14 y 21 días después del trasplante de los brotes, se consideró que la planta está emergida cuando se observó el ápice del tallo fuera de la superficie del suelo. En el caso del trasplante indirecto, la evaluación a los 14 y 21 días después del trasplante al lugar definitivo, se consideró que la planta está emergida cuando tiene dos cotiledones expandidos. La altura de la planta al prendimiento fue evaluado a los 21 días después de la siembra.

Asimismo, se evaluó la altura de la planta en la fase de floración a los 66 días después de la siembra. Para determinar la altura de la planta en la madurez fisiológica, se observó los tubérculos separando el sustrato del vástago de la raíz de cada planta, esta observación fue una vez por semana, hasta los 105 días después de la siembra, cuando el tubérculo alcanzó un calibre de 71 a 90 mm. El número de tubérculos por planta, fue mediante su conteo de las tres variedades de papa nativa.

El peso de los tubérculos por planta fue hallado con balanza digital, la categorización por calibre fue con la selección de los tuberculos para clasificarlos por calibre II, III y IV. La categorización por peso, fue evaluando el peso de los tubérculos por variedades y por tipo de trasplante. El rendimiento fue determinado para 3 m², se compararon las variedades de papa por el efecto del tipo de trasplante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas y químicas del suelo

El suelo tuvo 43% de arena, 32% de arcilla y 26% de limo, su clasificación textural es suelo franco, adecuado para la producción de cultivo de papa que requiere suelos francos a franco arcillosos (Intagri, 2000). El pH fue de 7.2 indicando que el suelo es neutro, con 6.99% de materia orgánica, fósforo disponible de 6.99 ppm, potasio de 0.619 meq 100g⁻¹, calcio de 1.966 meq 100g⁻¹, sodio de 0.515 meq 100g⁻¹, capacidad de intercambio catiónico de 4.892 meq 100g⁻¹ y conductividad eléctrica de 1168.5 dS m⁻¹. Al respecto FAO (2008), menciona que la papa tiene un alto rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, considerando un suelo ideal con un pH de 5.2 a 6.4 en el cultivo de papa.

Prendimiento

A los 14 días después del TD de los brotes se observó que la variedad V2 alcanzó el mayor porcentaje de prendimiento con 56.7%, seguido de la V3 con 45.5% y la V1 con 41.1%. Los resultados fueron similares para el TI, con 53.3% de prendimiento para la V2, 41.1% para V3 y 37.8% para la V1 (Figura 2).

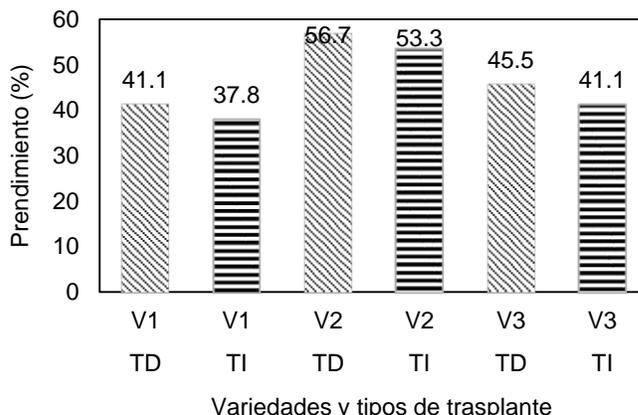


Figura 2. Porcentaje de prendimiento a los 14 días después del trasplante.

A los 21 días después del TD, la variedad V2 llegó al 88.9% de prendimiento, 70.0% para V3 y 62.2% para V1. El porcentaje de prendimiento para el TI fue 76.7% para V2, 63.3% para V3 y de 54.4% para V1 (Figura 3). Midmore (1988) indica que el incremento de la temperatura tiene efecto acelerador sobre los procesos químicos y biológicos, hasta alcanzar un óptimo que aproximadamente sucede de los 20 a 25°C para la papa.

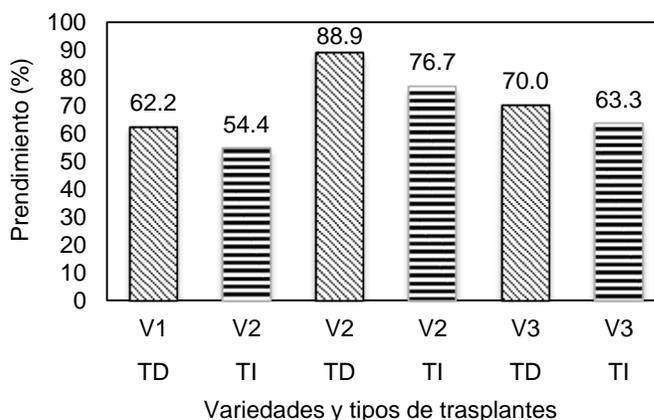


Figura 3. Porcentaje de prendimiento a los 21 días después del trasplante.



Figura 4. Brotede papa enraizado.

Altura de la planta al prendimiento

El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre variedades, no mostrando significancia en los tipos de trasplante y su interacción con la variedad (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza para la altura de la planta al prendimiento.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variedad	2	491.66	245.83	34.02	3.59	*
Trasplante	1	14.83	14.83	2.05	4.45	ns
Variedad x trasplante	2	15.50	7.75	1.07	3.59	ns
Error experimental	12	2623.12	7.23			
Total corregido	17	3158.97				

C.V. = coeficiente de variación = 28.90%; FV = fuentes de variación; GL= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; Fc = F calculado; Pr > F = probabilidad; Sig. = Significancia; * = significativo; ns = no significativo.

La prueba de comparación múltiple de medias Duncan (Figura 5) de la altura a prendimiento por TD y TI a los 21 días después del trasplante de brotes, señala que la V1 alcanzó 7.5 cm de altura, la V2 con 5.4 cm y la V3 con 4.6 cm de altura. Las diferencias de alturas se deben al estado fisiológico de los brotes en tamaño, grosor, coloración y vigorosidad al momento de la siembra y a las condiciones ambientales del invernadero en luz, sustrato y riego. Choque et al. (2007) considera que las condiciones medio ambientales son determinantes para el crecimiento de las plantas.

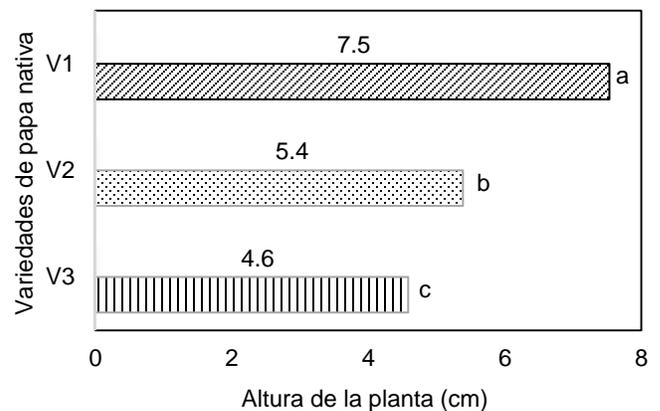


Figura 5. Prueba de Duncan para la altura de la planta al prendimiento.

Altura de la planta en la fase de floración

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias significativas entre variedades, trasplantes y la interacción entre estas (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza de la altura de la planta en la fase de floración.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variedad	2	8932.69	4466.35	97.19	3.59	*
Trasplante	1	266.44	266.44	5.80	4.45	*
Variedad x trasplante	2	13150.75	6575.38	143.08	3.59	*
Error experimental	12	16681.78	45.96			
Total corregido	17	3999.83				

El promedio de altura de la planta en la fase de floración de la V1 fue 58.5 cm, la V2 obtuvo 53.5 cm y la V3 tuvo 45.6 cm (Figura 6). Las variaciones se deben a las labores culturales efectuadas en el cultivo, como también a la luz, temperatura, sustrato y riego. Al respecto, Tavares (2002) indica que el control del crecimiento de la planta y desarrollo del tubérculo depende de la acción de los genes de las células.

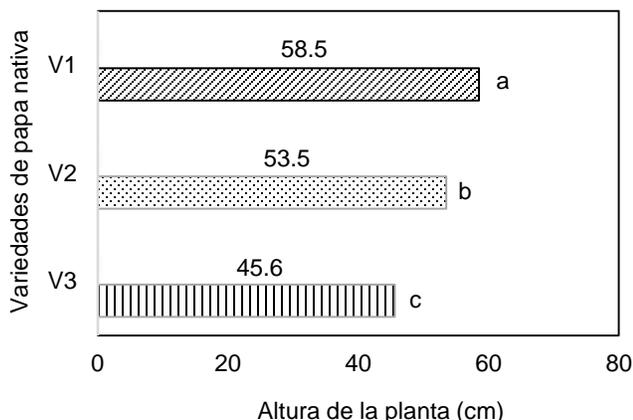


Figura 6. Prueba de Duncan para la altura de la planta en la fase de floración por variedad.

Mediante la aplicación del TD, la altura alcanzada fue 54.2 cm, por TI fue de 51.4 cm, estas diferencias son atribuidas a las condiciones ambientales del invernadero en cuanto a luz, sustrato y riego (Figura 7).

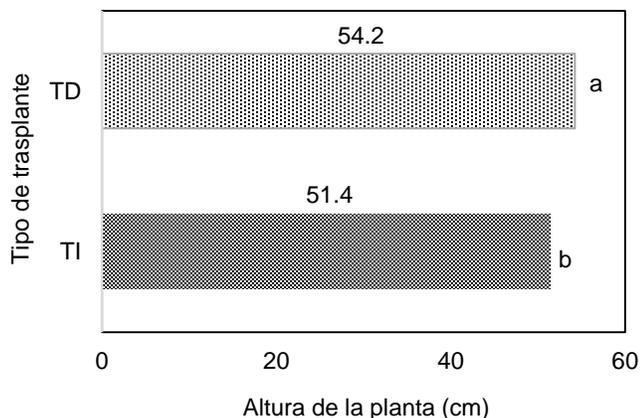


Figura 7. Prueba de Duncan para la altura de la planta en la fase de floración por trasplante directo e indirecto.

El análisis de efectos simples al 5% de probabilidad (Tabla 5), determinó que en la interacción de la variedad por trasplante, existen diferencias significativas en la V1 con TD.

Tabla 5. Análisis de efectos simples en la interacción de la variedad por trasplante para la altura de la planta en la fase de floración.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
V1	1	280.0	280.0	6.1	4.75	*
V2	1	182.4	182.4	4.0	4.75	ns
V3	1	204.8	204.8	4.5	4.75	ns
TD	2	368.6	184.3	4.0	3.89	*
TI	2	338.4	169.2	3.7	3.89	ns
Error experimental	12	16681.8	46.0			

La comparación de medias en altura de la planta en la fase de floración en variedades y trasplante, fue mayor para la V1 con 49.20 cm con TD, con TI el promedio fue de 30.50 cm. Con respecto a la V3, la altura obtenida con TD fue 31.00 y con TI de 37.50 cm. En la V2 la altura de la planta en la fase de floración por TD fue 25.70 cm y con TI fue 21.50 cm.

Altura de la planta en la madurez fisiológica

El análisis de varianza (Tabla 6) detalla diferencias altamente significativas en variedades, trasplante y la interacción entre estos factores.

Tabla 6. Análisis de varianza de la altura de la planta en la madurez fisiológica.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variación	2	27505.68	13752.84	319.89	3.59	*
Trasplante	1	1547.27	1547.27	35.99	4.45	*
Variación x trasplante	2	2802.20	1401.10	32.59	3.59	*
Error experimental	12	15606.09	42.99			
Total corregido	17	47486.05				

La prueba de comparación múltiple de medias Duncan (Figura 8) señala que la V1 alcanzó una altura de planta a la madurez fisiológica de 138.4 cm, mientras que para la V2 fue de 120.0 cm y para la V3 de 118.7 cm. Las alturas de planta en la madurez fisiológica se deben a las condiciones ambientales del invernadero.

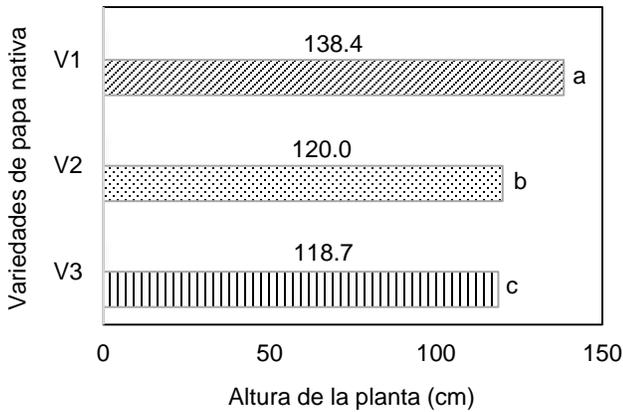


Figura 8. Prueba Duncan para altura a la madurez fisiológica por variedad.

La altura de la planta en la madurez fisiológica por TD fue de 127.3 cm y de 121.9 cm por TI, tal como se muestra en la Figura 9.

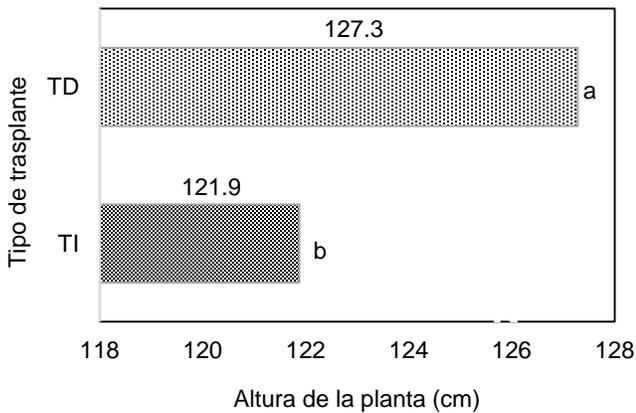


Figura 9. Pruebas Duncan para la altura de la planta en la madurez fisiológica por trasplante directo e indirecto.

El análisis de efectos simples (Tabla 7), determinó que en la interacción de la variedad por trasplante se tiene diferencias significativas en la V3 con TD.

Tabla 7. Análisis efectos simples en la interacción de la variedad por trasplante para altura de la planta en la madurez fisiológica.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
V1		1	202.4	202.4	4.7	4.8	ns
V2		1	173.6	173.6	4.0	4.8	ns
V3		1	268.7	268.7	6.3	4.8	*
TD		2	298.4	149.2	3.5	3.9	ns
TI		2	349.4	174.7	4.1	3.9	*
Error experimental	12	15606.1	43.0				

La interacción de la variedad por trasplante dio como resultado una altura de la planta en la madurez

fisiológica de 78.80 cm para la V3 con TI y de 70.10 cm con TD. Para la V1 la altura fue de 76.80 cm con TI y 72.70 cm con TD, en el caso de la V2, la altura fue de 77.60 con TI y de 10.00 con TD.

La defoliación tiene como fin obtener piel sin desprendimiento del tubérculo con buena consistencia para la cosecha, este proceso es conocido como "tuberización", la planta debe persistir defoliada de 15 a 21 días aproximadamente, dependiendo de la variedad y clima (en seco fija más rápido que en húmedo) en este proceso los tubérculos aumentan de peso en un 10% por la translocación final de los nutrientes y se fija la cáscara (Copoulos et al. 2008).

Número de tubérculos por planta

Los resultados muestran que no existen diferencias significativas para los factores de variedad y trasplante, pero si se tienen diferencias significativas en su interacción (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza para el número de tubérculos por planta.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variedad		2	2.36	1.18	0.13	3.59	ns
Trasplante		1	0.45	0.45	0.05	4.45	ns
Variedad x trasplante		2	125.46	62.73	6.66	3.59	*
Error experimental	12	3420.15	9.22				
Total corregido	17	3551.56					

Mediante el análisis de efectos simples al 5% de probabilidad, se determinó que en la interacción la variedad por trasplante, se tienen diferencias significativas en la V2 por TD (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis de efectos simples en la interacción de la variedad por trasplante para el número de tubérculos por planta.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
V1		1	40.2	40.2	4.4	4.75	ns
V2		1	43.6	88.6	9.6	4.75	*
V3		1	38.0	38.0	4.1	4.75	ns
TD		2	171.5	85.7	9.3	3.89	*
TI		2	120.2	60.1	6.5	3.89	ns
Error experimental	12	3420.2	9.2				

Resultado de la interacción de la variedad por trasplante, se tiene que la V2 tiene en promedio seis tubérculos por planta con TD y cinco con TI, para la V3 el promedio de tubérculos es cuatro para el TD y TI, mientras que para la V1 se obtuvo cuatro tubérculos por planta con TI y tres con TD.

Peso de tubérculos por planta

El análisis de varianza (Tabla 10), muestra diferencias significativas en la variedad y no así en el trasplante y en la interacción de estos dos factores.

Tabla 10. Análisis de varianza del peso de tubérculos por planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variedad	2	283091.65	141545.82	16.76	3.59	*
Trasplante	1	36395.50	36395.50	4.31	4.45	ns
Variedad x trasplante	2	39626.30	19813.15	2.35	3.59	ns
Error experimental	12	3056935.56	8444.57			
Total corregido	17	3412448.10				

En los pesos promedios de los tubérculos de papa nativa por planta, la V3 obtuvo 201.3 g, seguido de la V1 con 176.3 g y V2 con 137.7 g (Figura 10).

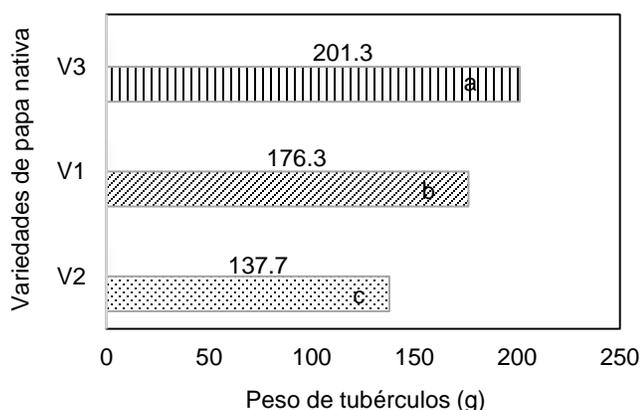


Figura 10. Prueba de Duncan para peso de tubérculos por planta por variedad.

CIP (2013) menciona que el peso está muy ligado al genotipo (variedad), se pueden modificar ligeramente por el manejo de la semilla o con algunas prácticas de campo, cuanto menos tiempo esté en el campo un cultivo, menor será el riesgo de contaminación. Los materiales precoces son cosechados más temprano, aunque en las variedades tardías el ciclo puede reducirse eliminando el follaje, una vez que los tubérculos han alcanzado el tamaño semilla, aún cuando el cultivo no haya llegado a su completa madurez.

Categorización por calibre

Calibre II

El análisis de varianza señala diferencias significativas en la variedad, a diferencia de los factores trasplante y variedad por trasplante (Tabla 11).

Tabla 11. Análisis de varianza para la categorización de calibre II.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variedad	2	312.83	156.42	5.17	3.59	*
Trasplante	1	2.67	2.67	0.09	4.45	ns
Variedad x trasplante	2	39.06	39.06	1.29	3.59	ns
Error experimental	12	3629.05	30.24			
Total corregido	17	4302.85				

La prueba de comparación múltiple de medias Duncan, muestra que la V3 obtuvo en promedio un diámetro de 80.1 mm, para V2 fue de 75.2 mm y para la V1 fue 74.1 mm (Figura 11).

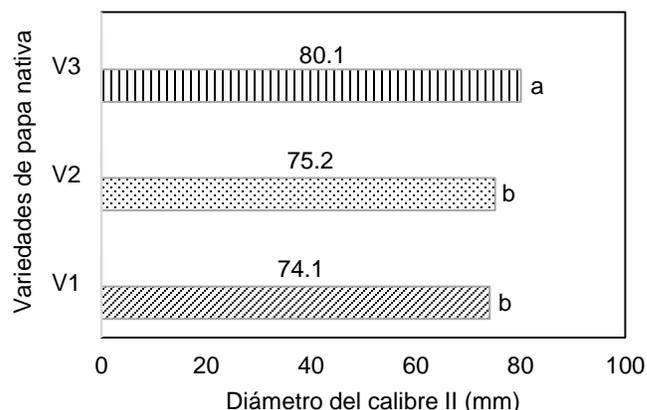


Figura 11 Prueba de Duncan para la categorización de calibre II por variedad.

Calibre III

Se registró diferencia significativa en el factor variedad, los factores trasplante y variedad por trasplante, no tuvieron significancia, tal como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Análisis de varianza para la categorización de calibre III.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variedad	2	1664.807	832.403	35.37	3.59	*
Trasplante	1	0.326	0.326	0.01	4.45	ns
Variedad x trasplante	2	98.599	49.300	2.09	3.59	ns
Error experimental	12	10637.354	23.534			
Total corregido	17	12329.493				

Resultado de la prueba de comparación múltiple de medias Duncan (Figura 12), el mayor promedio se obtuvo para la V2 con 56.1 mm de diámetro, para V3 de 55.4 mm y para la V1 de 48.7 mm.

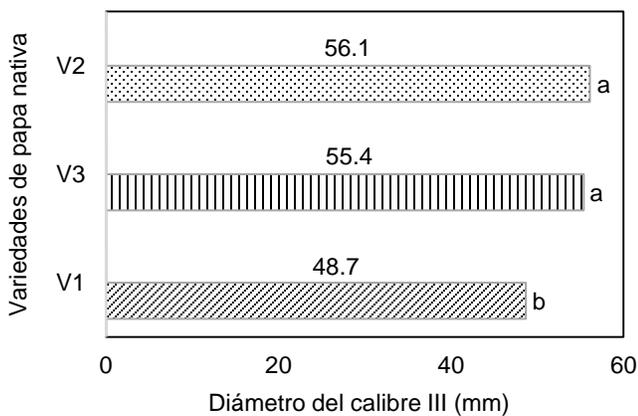


Figura 12. Prueba de Duncan para la categorización de calibre III por variedad.

Calibre IV

Al igual que en las anteriores categorías, existen diferencias significativas en el factor variedad (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis de varianza para la categorización de calibre IV.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variedad	2	3875.210	1937.605	16.39	3.59	*
Trasplante	1	82.904	82.904	0.70	4.45	ns
Variedad x trasplante	2	815.621	407.811	3.45	3.59	ns
Error experimental	12	226221.011	118.193			
Total corregido	17	230837.808				

La Figura 13 muestra que la V3 alcanzó en promedio 32.6 mm de diámetro, para la V2 y V1 fue de 30.6 y 28.9 mm respectivamente. Los resultados obtenidos pueden ser causados por las características genéticas de las variedades y la temperatura durante el crecimiento del tubérculo.

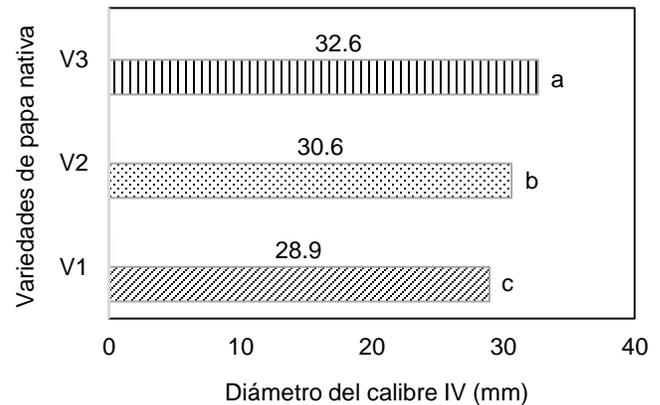


Figura 13. Prueba de Duncan para la categorización de calibre IV por variedad.

Hidalgo y Duarte (1997) señala que el control del crecimiento y desarrollo del tubérculo depende de la acción de los genes de las células vegetales y es influenciado por diversos factores ambientales, tales como luz, agua, nutrientes, minerales y temperatura.

Categorización por peso

Calibre II

El análisis de varianza señala diferencias significativas en el trasplante y en la interacción de la variedad por el trasplante (Tabla 14).

Tabla 14. Análisis de varianza para la categorización por peso del calibre II.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variedad	2	63.25	31.63	1.14	3.89	ns
Trasplante	1	179.18	179.18	6.44	4.75	*
Variedad x trasplante	2	305.56	305.56	10.99	3.98	*
Error experimental	12	1306.74	27.80			
Total corregido	17	1668.85				

El peso de la papa de calibre II bajo TD fue 89.9 g en promedio, con TI fue 87.9 g (Figura 14).

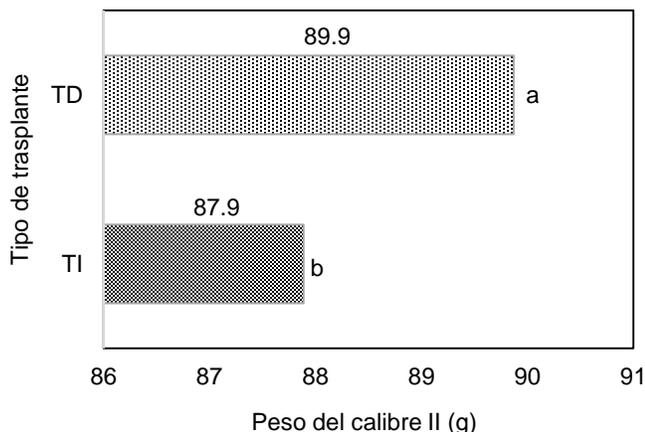


Figura 14. Prueba de Duncan para la categorización por peso del calibre II, con trasplante directo e indirecto.

El análisis de efectos simples determinó que en la interacción de la variedad por trasplante existen diferencias significativas en la V3 y en el TD (Tabla 15).

Tabla 15. Análisis de efectos simples en la interacción de variedad por trasplante, para el calibre II.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
V1	1	56.3	56.3	2.0	4.75	ns
V2	1	112.7	112.7	4.1	4.75	ns
V3	1	1874.6	1874.6	67.4	4.75	*
TD	2	8876.8	4438.4	159.7	3.89	*
TI	2	166.4	83.2	3.0	3.89	ns
Error experimental	12	1668.9	27.8			

Con TD el peso del calibre II para V3 fue de 18 g, mientras que para la V1 fue 10 g y para V2 de 6 g, estos valores son superiores a los obtenidos por TI, que fue de 11 g para la V3, 6 g para V1 y 2 g para V2.

Calibre III

El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre variedades (Tabla 16), esto se atribuye a las características genéticas intrínsecas de las variedades, como también climáticas del invernadero en temperatura, humedad y luz.

Tabla 16. Análisis de varianza para la categorización por peso del calibre III.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Variedad	2	627.77	313.88	4.45	3.89	*
Trasplante	1	116.87	116.87	1.66	4.75	ns
Variedad x trasplante	2	251.26	225.63	1.78	3.98	ns
Error experimental	12	7337.07	70.55			
Total corregido	17	8185.27				

En la comparación de medias de la prueba de Duncan, se observa que la V3 obtuvo mayor peso con 71.2 g, seguido de la V1 con 68.0 g y V2 con 65.5 g (Figura 15).

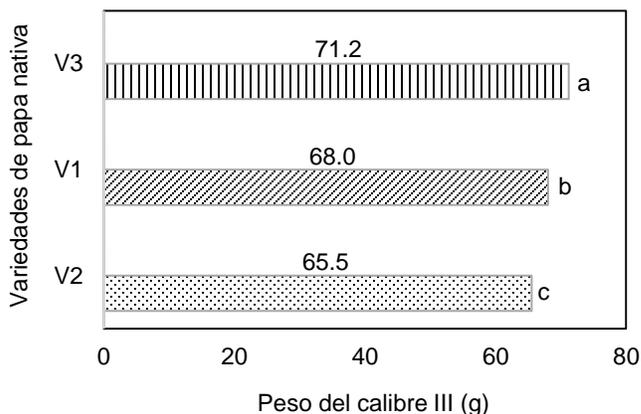


Figura 15. Prueba de Duncan para la categorización por peso del calibre III por variedad.

Calibre IV

El resultado del análisis de varianza muestra diferencias significativas entre tipos de trasplantes en cuanto al peso del calibre IV, no se halló diferencias significativas entre variedades, como tampoco en la interacción de la variedad por trasplante (Tabla 17).

Tabla 17. Análisis de varianza para la categorización por peso del calibre IV.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Sig.
Variedad	2	165.85	82.92	2.57	3.89	ns
Trasplante	1	262.52	262.52	8.13	4.75	*
Variedad x trasplante	2	201.96	100.98	3.13	3.98	ns
Error experimental	12	7554.82	32.29			
Total corregido	17	8154.29				

La prueba de comparación múltiple de medias Duncan para la evaluación de categorización por peso del calibre IV por trasplante muestra que por TD el peso fue de 50.5 g y por TI fue 48.5 g (Figura 16), probablemente esto se deba al estrés fisiológico al que fueron sometidos durante el trasplante al suelo definitivo.

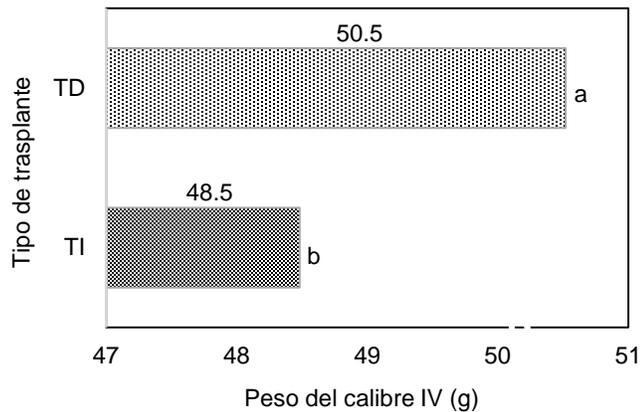


Figura 16. Prueba de Duncan para la categorización por peso del calibre IV.

Sanabria (2003), señala que el crecimiento del tubérculo se detiene bruscamente por debajo de los 7°C y por encima de los 19 a 25°C.

Rendimiento

La Figura 17 muestra mayor rendimiento por TD en las tres variedades de papa nativa, siendo para la V3 de 13.34 kg 3m⁻², para la V2 de 11.74 kg 3m⁻² y para V1 de 9.29 kg 3m⁻². Por TI el rendimiento para la V3 fue 12.21 kg 3m⁻², para la V1 de 8.98 kg 3m⁻² y para V2 de 8.11 kg 3m⁻².

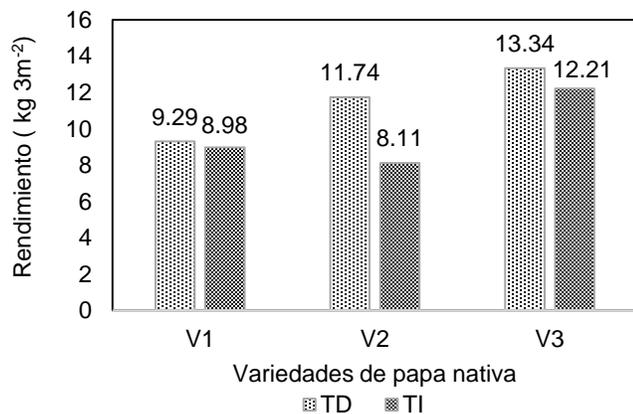


Figura 17. Rendimiento de papa nativa por trasplante y variedad.

INIAP (2006) indica que por la forma tradicional se obtienen 12 quintales de papas por cada quintal de siembra, con el uso de brotes en la siembra, se obtienen 8 brotes de un solo tubérculo de 60 a 80 g (2 cosecha de brotes), obteniendo 108 tubérculos en promedio, esto permite aumentar la tasa de multiplicación.

CONCLUSIONES

En referencia a porcentaje de prendimiento, los mejores resultados se obtuvieron en la V2 con 88.9% y 76.7% por TD y TI respectivamente. La V1 obtuvo mejores resultados en la altura de la planta al prendimiento con 7.5 cm, para la altura de la planta en la fase de floración fue 58.8 cm, en la altura de la planta en la madurez fisiológica fue 138.4 cm.

En cuanto al número de tubérculos por planta, la V2 presentó mejores resultados con la obtención de seis tubérculos por planta con TD y cinco tubérculos con TI. En la categorización por calibres, se muestra diferencias significativas en variedades, con un mayor promedio en la V3 con 80.1 mm de diámetro en calibre II, en el calibre III la V2 con un promedio de 56.1 mm y para el calibre IV la V3 con 32.6 mm, la V3 tuvo una mejor respuesta a los tratamientos por trasplante directo.

En la categorización por peso se muestra mayores promedios por TD por 89.9 g en categoría II, en la categoría III la V3 con 71.2 g y en la categoría IV por TI con 50.5 g. Se obtuvo mayor rendimiento por TD en las tres variedades de papa nativa, siendo para la V3 de 13.34 kg 3m⁻² y para V1 de 9.29 kg 3m⁻². Por TI el rendimiento para la V3 fue 12.21 kg 3m⁻² y para V2 de 8.11 kg 3m⁻². Se obtienen mejores resultados mediante el TD con la V3, esto muestra la viabilidad de la siembra por brotes de la papa nativa, en la que se obtienen buenos resultados de esta parte vegetativa, lo cual puede ser replicado por los productores para la obtención de una adecuada producción.

AGRADECIMIENTOS

Damos 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

CIP (Centro Internacional de la Papa). 2013. Tubérculo semilla de categoría certificada. Estudio agro económico. Perú. 40 p.

Copoulos, T., Arias, S., Ávila, H. 2008. Manual de producción de la papa. MCA- Honduras. Lima, Perú. 8 p.

Choque, E., Espinoza, R., Cadima, X., Zeballos, J., GABRIEL, J. 2007. Resistencia a helada en germoplasma de papa nativa de Bolivia. Revista Latinoamericana de la Papa. v. 14, n 1. 24-32.

FAO (Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. La eficiencia del uso de agua en cultivo de papa. Disponible en <http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/Eficiencia-del-Uso-del-Agua-en-el-Cultivo-de-la-papa.pdf> Consultado el 15 abril 2018.

Hidalgo, O., Duarte, R. 1997, Diseño de Invernaderos para la producción de semillas de papa en condiciones de Sierra. Centro Internacional de la Papa (CIP). Disponible en: <http://www.cipotato.org/csd/materials/tuberculos-semilla/Semilla4-4.pdf>. Consultado el 14 de marzo 2017.

IssAndes, 2014. Gestión técnica y organizativa de huertos de producción de semilla y papa consumo en unidades educativas. Alternativas Agropecuarias. Centro Internacional de la Papa. La Paz, Bolivia. 57 p.

Intagri (Instituto para la innovación Tecnológica en Agricultura). 2000. Análisis de suelos y aguas. México. 220 p.

INIAP (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). 2010. Dirección nacional de semillas Informe anual de resultados. 118 p.

INIAP. 2006. Uso de brotes: multiplicación acelerada del cultivo de papa. 56 p.

Mamani, H. 2014. Evaluación del rendimiento de seis variedades de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum* ssp andígena, *Solanum stenotomum* sp.) provenientes de dos sistemas (aeropónico y convencional) para la producción de semilla básica, en la provincia Ayopaya del departamento de Cochabamba. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 148 p.

Midmore, D. 1988. Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación. Centro Internacional de la Papa CIP. Lima, Perú.

PROINPA (Programa de investigación de la Papa). 1994. Catálogo Boliviano de cultivares de papa nativa. Cochabamba, Bolivia.

PDM Tiahuanacu. 2013. Diagnóstico del municipio de Tiahuanacu. La Paz, Bolivia. 206 p.

Sanabria, Q. 2003. Impacto del niño en la agricultura peruana. SENAMHI (Dirección General de Agrometeorología). Disponible en: <http://www.todopapa.com.ar/pdf/historiadelpapa.pdf>. Consultado el 22 de octubre 2017.

Tavares, S. 2002. El boletín de papa. v 5, n 7. Disponible en <http://redepapa.org/boletinpapa.html> Consultado 20 de mayo 2018.

Artículo recibido en: 23 de marzo 2018

Aceptado en: 11 de junio 2018