Identificación de accesiones de papa con mayor rendimiento y potencial agroindustrial del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia

Víctor Iriarte[1], Edson Foronda[1], Edwin Iquize[1], Juan José Vicente[1], Oscar Altamirano[1], Grover Obando[1], Claudia Cupe[2], Ruth Guzman[1] y Hilda Veizaga[1]

[1]Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF
[2]Consultor Industrialización de alimentos

Resumen

Con el objetivo de identificar accesiones de papa del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia con mayor rendimiento y potencial agroindustrial. Se empleó material vegetal de 14 accesiones de papa seleccionadas en la campaña 2013-2014 por sus rendimientos sobresalientes. El estudio se estableció bajo el diseño bloques completos al azar (campaña 2014-2015). Los resultados arrojaron rendimientos estadísticamente similares de las 14 accesiones, se asume variabilidad intra bloque de la condición de sitio, además el rendimiento promedio general 29.93±13.58 que es mayor a 6.21 t/ha reportada para Cochabamba en la Encuesta Agropecuaria del 2008, asumiendo un potencial productivo de estas accesiones. En la evaluación participativa sobresale la accesión BOL 4633 (subespecie *andigena* x *tuberosum*), seguida por BOL 5893, 4966 y 4780 correspondientes a la *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*. Referente a las pruebas de calidad se identificaron accesiones con mayor porcentaje de sólidos, forma oblonga, ojos superficiales del tubérculo, en el procesado presenta mayor cantidad de bastones, 5 minutos requeridos de firmeza, crocantes, color blanco obtenido después del fritado, de buen sabor que corresponde a la accesión BOL 5871. Las accesiones de papa BOL 4633 y 5359 de la subsp. *andigena* también registraron altos contenido de materia seca (más de 20,0%), aunque los tubérculos poseen ojos profundos.

Palabras clave: Banco de germoplasma, evaluación participativa, sólidos totales, prueba de calidad

Introducción

Bolivia se considera un país megadiverso y centro de origen de diversas especies, encontrándose entre los 10 países con mayor biodiversidad del planeta que ha sido ratificado en el Convenio sobre Diversidad Biológica de especies tales como la papa, quinua, maní, entre muchas otras. El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF concentra las diferentes colecciones en el Centro Nacional de Innovación Toralapa, con aproximadamente 18000 accesiones en conservación y el Banco de Germoplasma de Tubérculos y Raíces Andinas contiene 1856 accesiones de papa correspondientes a ocho especies.

Estos recursos fitogenéticos constituyen uno de los más importantes para la seguridad alimentaria y para afrontar el cambio climático. Sin embargo, para su mejor aprovechamiento se requieren realizar evaluaciones sistemáticas de estos

materiales dentro de un proceso participativo y combinar esfuerzos para acelerar la obtención de resultados.La participación de los agricultores juega un rol decisivo para realizar un mejor aprovechamiento del Banco de Germoplasma de Papa y uno de los mecanismos a utilizar será a través de un diálogo sistemático entre agricultores y técnicos para identificar accesiones sobresalientes en rendimiento y calidad de papa para procesado.

En Bolivia, el empleo de la papa como producto procesado está adquiriendo cada vez más importancia. Actualmente se destaca la producción de papas prefritas congeladas, papas fritas en hojuelas y otros.La demanda de papas hace necesario la identificación de accesionespara los distintos usos y calidad de los tubérculos. Dentro los atributos que caracterizan la calidad culinaria de la papa se consideran la textura, olor, sabor y color (Ross y Scanlon, 2004).

En este marco se desarrolla este estudio, que tiene por objetivo de identificar accesiones de papa con mayor rendimiento y potencial agroindustrialdel Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia.

Materiales y métodos

Ubicación

El estudio se realizó en el Centro Nacional de Innovacion Toralapa, ubicada en la Provincia Tiraque del Departamento de Cochabamba, Bolivia (latitud 17°30’ S. longitud 65°40’O y altitud 3450 msnm). El lugar tiene una precipitación media anual de 550 mm, temperatura media anual de 10.9°C, con una máxima y mínima media de 15.3 y 1°C; y la precipitación fue 599 mm en el periodo 2014-2015. Las condiciones de suelo de esta zona son consideradas de baja fertilidad, ácidos, baja materia orgánica, y baja capacidad de intercambio catiónico como se indica en elCuadro 1 de análisis de suelo.

Cuadro 1. Características de los suelos del Centro Nacional de Innovación Toralapa

Análisis	Contenido	Condición
pH	5.00	Acido
Materia orgánica(%)	2.70	Baja
N Total (%)	0.16	Baja
P (ppm)	12.00	Media
K (meq/100 g suelo)	0.48	Media
CIC (meq/100 g suelo)	4.40	Baja

Material vegetal

En la campaña agrícola 2013-2014 a través de la selección de accesiones por el rendimiento se seleccionaron 41 accesiones de papa del Banco de Tubérculos y raíces andinas (Iquize y Rocabado, 2014), empleándose una presión de selección a P: 0.025 a partir del valor de referencia [$\overline{x}$+(2×S)](Stanfield, 1987; Marriotti, 1986). Por otro lado se analizaron los libros de campo de las tres últimas gestiones (2011-2012, 2012-2013, 2013-2014) para verificar los códigos “BOL” de las 41 accesiones y después de depuraciones por cantidad de semilla se identificaron 14 accesiones de papa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Datos de pasaporte de 14 accesiones de papa estudiadas

BOL	Especie	Nombre común	Departamento	Provincia	Localidad
4396	ADG	Saqampaya	Potosí	Tomás Frías	Potosí
4783	ADG	Toralapa	-	-	-
5871	AXT	Iscayachi	Cochabamba	Tiraque	Toralapa
4780	ADG	Takendama	-	-	-
4633	ADG	Kara Sullu	-	-	-
4278	ADG	Wila Pala	La Paz	Omasuyos	Achacachi
5893	ADG	Pala	Cochabamba	Bolívar	Bolivar
4966	ADG	Tekendame	Chuquisaca	Yamparáez	Lajas
5214	ADG	Saqampaya	La Paz	Pedro Domingo Murillo	La Paz
5314	ADG	Pala	Chuquisaca	Sud Cinti	Sultaca Baja
4699	ADG	Amajaya	-	-	-
6913	ADG	Thalla Mama	Potosí	Rafael Bustillo	Kitarjani
4571	ADG	Runa	La Paz	Los Andes	Laja
5359	ADG	Saqampaya	Potosí	Rafael Bustillo	Catavi

ADG: *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum*AXT: *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*

Implementación de ensayo

El ensayo se implementó sobre un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, cada unidad experimental comprendió tres surcos distanciados entre ellos a 0.85 m, en cada surco se sembraron 15 tubérculos por accesión y distanciados a 0.35 m.

Cosecha de tubérculo

Los tubérculos de papa cosechados se seleccionaron por categorías de tamaño con el fin de clasificar los tubérculos de tamaño extra y tamaño primera requeridos para procesar para la agroindustria. También se tomaron los rendimientos totales por unidad experimental.

Evaluación participativa de preferencia de agricultores.

Para identificar las mejores accesiones por tamaño, forma, color y rendimiento de tubérculos de las accesiones se registraron las percepciones de los agricultores empleándose evaluación participativa a partir de una matriz evaluación absoluta (PROINPA, 2000), para lo cual se formaron dos grupos, uno de Tarija y otra de Cochabamba (Figura 1).

Figura 1. Grupos de agricultores conformados por procedencia de Tarija y Cochabamba.

Evaluación de pruebas de calidad para procesar

La determinación del contenido de solidos totales también denominado gravedad específica de los tubérculos de papa, fue mediante (Shippers, 1976; y Cacace *et al.*, 1994):

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso Aire}}{\text{Peso aire} - \text{Peso en agua}}$$

Identificados los porcentajes de solidos de cada una de las accesiones de papa se agruparon en tres categorías (Cacace *et al.*, 1994): Categoría 1°= Alto contenido de materia seca (más de 20,0%); Categoría 2° = Contenido de materia seca intermedio (de 18.0 a 19.9%); Categoría 3°= Bajo contenido de materia seca (menos de 17.9%). En cambio para determinar la calidad de papa bastón fritado se determinó en base a la firmeza que presenta por 5 minutos, crocantes, sabor y color blanco después del fritado.

Figura 2. Pruebas de cocción y fritado de bastones de papa

Análisis estadístico

La determinación de diferencias entre las accesiones de papa respecto al rendimiento (t/ha.) se procesó con el modelo lineal mixto bajo la estructura del diseño bloques al azar (Steel y Torrie, 1992; SAS Institute Inc, 2016; Montgomery, 2003). Así mismo el rendimiento y el contenido de sólidos totales se procesaron con estadística descriptiva y límites de confianza.

Respecto a los resultados de evaluación participativa (matriz de evaluación), se asignaron ranking de 1, 3, 5 a los criterios (1: Carita triste, 3; Carita regular, 5; Carita feliz), en función de las frecuencias de cada casilla y de cada grupo se han ponderado valores medios en la escala de 1 a 5, estos resultados se acomodan a la estructura de bloques completos, donde los bloques estuvieron constituidos de grupos de agricultores y los tratamientos constituidos por las accesiones de papa evaluadas. En virtud a que las puntuaciones no siguen una distribución normal se optó por emplear el test no paramétrico de Friedman (bloques y tratamientos), el cual mide la discrepancia entre valores esperados (I+1/2) de cada promedio del ranking y las (Devore, 2012)

Resultados y discusión

Rendimiento

El rendimiento presento similitud entre las accesiones de papa a P: 0.05 (Cuadro 3), nótese (Figura 3) los promedios presentan errores estándares mayores, por lo cual la similitud de las accesiones respecto al rendimiento no se detectan diferencias estadísticas. Este resultado se debe posiblemente a que las accesiones de papa expresaron producto de la heterogeneidad de las unidades experimentales, la misma es reflejada por la variación intra bloques. Por otra parte el rendimiento general fue 29.93±13.58 que son

mayores a 6.21 t/ha reportada para Cochabamba en la Encuesta Agropecuaria del 2008 (INE, 2009), este aspecto denota que dichas accesiones tienen potencial productivo.

Cuadro 3. Prueba de efectos fijos para el rendimiento de tubérculos por parcela

Efecto	Grados libertad		F	Pr > F
	Numerador	Denominador		
Accesiones	13	26	0.71 ns	0.7398

ns: No Significativo a P: 0.05

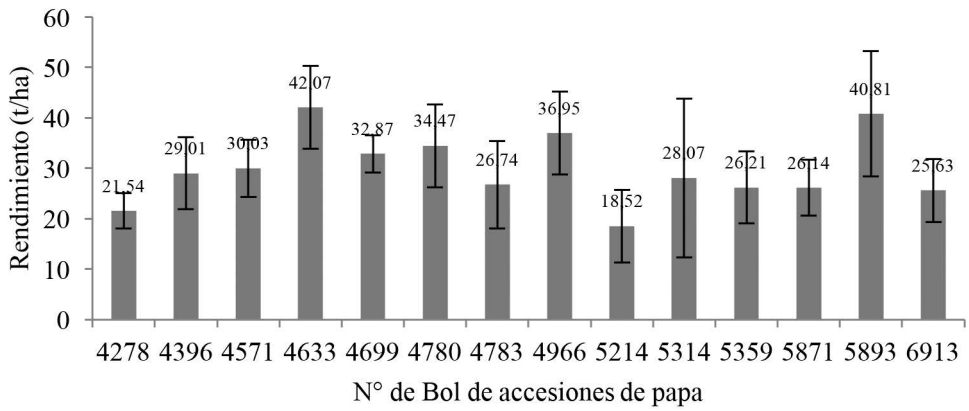

Figura 3. Respuesta del rendimiento de tubérculos de papa debido a accesiones

Las muestras (Figura 3) con mayores rendimientos se obtuvieron con la accesión BOL 4633, seguida por BOL 5893, 4966 y 4780 correspondientes a *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*.

Calificación de agricultores

Las accesiones con el mejor nivel de calificación realizado por agricultores del departamento de Cochabamba fueron las accesiones con BOL 4780, 4966, 4633 y 4396 debidas posiblemente a la cantidad de papa producida (Cuadro 4). En cuanto a agricultores provenientes de Tarija (Cuadro 5), las accesiones con el mejor nivel de calificación son BOL 4966, 4780 y 4633 definidas posiblemente por la cantidad de papa producida, si bien no coincidieron con los criterios de agricultores de Cochabamba fue a consecuencia del color del tubérculo que prefirieron Bol 4966 para comercializar como papa fresca.

Cuadro 4. Promedios de posición de las accesiones de papa según la preferencia de agricultores de Tiraque-Cochabamba

Sub especie	Bol	Suma (Ranking)	Media (Ranking)	N (Grupos)	DMS (5%)
ADG	4780	37.0	12.33	3	A
ADG	4966	35.0	11.67	3	AB
ADG	4633	33.0	11.00	3	ABC
ADG	4396	28.0	9.33	3	ABCDE
ADG	4783	26.0	8.67	3	BCDE
ADG	5214	24.0	8.00	3	CDEF
ADG	5359	20.5	6.83	3	DEFGH
ADG	5893	18.5	6.17	3	EFGHI
AxT	5871	14.5	4.83	3	FGHIJ
ADG	4278	12.0	4.00	3	GHIJ
ADG	4571	11.5	3.83	3	HIJ
ADG	5314	8.5	2.83	3	IJ
ADG	6913	4.5	1.50	3	J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,050)

Cuadro 5. Promedios de posición de las accesiones de papa según la preferencia de agricultores de Tarija

Sub especie	Bol	Suma (Ranking)	Media (Ranking)	N (Grupos)	DMS (5%)
ADG	4966	39.5	13.17	3	A
ADG	4780	37.5	12.50	3	A
ADG	4633	33.5	11.17	3	AB
ADG	4783	33.0	11.00	3	AB
AxT	5871	32.5	10.83	3	ABC
ADG	4278	23.5	7.83	3	BCDEFG
ADG	4396	22.5	7.50	3	CDEFG
ADG	5314	20.0	6.67	3	DEFG
ADG	5893	20.0	6.67	3	EFG
ADG	4699	17.0	5.67	3	GF
ADG	5359	16.5	5.50	3	GHIJ
ADG	5214	6.5	2.17	3	HIJ
ADG	6913	6.5	2.17	3	IJ
ADG	4571	6.5	2.17	3	J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,050)

Solidos totales

El mayor porcentaje de sólidos obtenidos fue para la accesión BOL 5871 que corresponde a la subespecie *andigena* x *tuberosum* (AxT), seguida por los BOL 4633 y 5359 que corresponden a la *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*, este alto porcentaje de sólidos obtenidos en la subespecie AxT fue favorecido también por la forma oblonga del tubérculo y ojos superficiales que caracteriza a la subespecie, como también en las pruebas de procesamiento donde se obtuvieron bastones que sobrepasaron los 5 minutos requeridos de firmeza, crocantes, color blanco obtenido después del fritado y de buen sabor, en cambio la subsp. *andigena* si bien se encuentra también en la categoría 1 con alto contenido de materia seca (más de 20.0%); según Cacace *et al.*, 1994, no son ideales para el procesamiento de papa bastón debido a los ojos profundos que presenta la subsp. *andigena* aspecto que desfavorece para obtener mayor cantidad de bastones por tubérculo.

Cuadro 6. Porcentaje de sólidos totales por accesión de papa

Subespecie	Accesión (BOL)	Sólidos totales (%)
ADG	4383	20.7
ADG	4396	16.1
ADG	4780	16.3
ADG	5214	23.0
A x T	5871	23.7
ADG	4966	20.0
ADG	4278	20.3
ADG	4633	22.1
ADG	4699	17.8
ADG	5893	20.3
ADG	5359	22.4
ADG	6913	21.6
ADG	4571	16.6
ADG	5314	20.7

El contenido de solidos (muestra de una réplica por accesión), la estadística descriptiva y límites de confianza (Cuadro 7) presenta valores interesantes, donde el promedio poblacional de estas accesiones comprende entre 18.68 a 21.57 %. Nótese, esta amplitud amerita realizar la validación de estos materiales en diferentes sitios y definir su comportamiento en función al requerimiento para el procesado de papas fritas Cacace *et al.*, (1994) que deben tener más de 20.0% de sólidos o materia seca.

Cuadro 7. Estadística descriptiva y límites de confianza para sólidos totales (%)

Variable	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Límites de confianza a 95%	
						Inferior	Superior
Solidos	14	20.12	2.50	16.11	23.70	18.68	21.57

Conclusiones

Los rendimientos observados no registraron significación estadística entre accesiones, pero presentan 29.93±13.58 y es mayor a 6.21 t/ha reportada para Cochabamba en la Encuesta Agropecuaria del 2008, asumiendo un potencial productivo de estas accesiones.

La evaluación participativa realizado por el método de matriz de evaluación absoluta con los agricultores de Tarija y Cochabamba indistintamente de la posición se identificaron por la forma, color, y rendimientos el Bol 4633, seguida por Bol 5893, 4966 y 4780 correspondientes a *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* corroborando la adecuada productividad de la subespecie para comercializar como papa fresca.

Según la prueba de calidad se identificaron con mayor porcentaje de sólidos, forma oblonga, ojos superficiales del tubérculo, en el procesado presenta mayor cantidad de bastones, 5 minutos requeridos de firmeza, crocantes, color blanco obtenido después del fritado, de buen sabor y que corresponde a la accesión BOL 5871 de la subespecie *andigena* x *tuberosum*. Las accesiones de papa BOL 4633 y 5359 de la subsp. *Andigena* también registró alto contenido de materia seca (más de 20,0%), pero no son ideales para el procesamiento de papa bastón debido a sus ojos profundos.

Referencias citadas

Cacace, J., Huarte, M. y Monti, M. 1994. Evaluation of potato cooking quality in Argentina. American Potato Journal 71: 145-153.

Devore, J. 2012. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Octava Edición. CENCAGE-Learning. México D.F.

Fundación PROINPA, Características de la Cadena Agroalimentaria de la Papa y su industrialización en Bolivia, PROINPA, Bolivia, 2000.

INE, 2009. Encuesta Agropecuaria Nacional 2008. INE y MDRyT.

Iquize E; Rocabado C. 2014. Rendimiento de tubérculos de dos gestiones agrícolas de *Solanum* sp. (papa), *Ullucus tuberosus* (papalisa), *Oxalis tuberosa* (oca) y *Tropaeolum tuberosum* (isaño) del Banco de Germoplasma de Tubérculos y Raíces Andinas de Bolivia. Revista Científica InfoINIAF N4 (ISSN 2308-250X, D.L.: 4-3-16-13 P.O.) 2014.

Marriotti J. 1986. Fundamento de genética biométrica. Secretaria de la Organización de los Estados Unidos (OEA). Washington- USA. 148 p.

Ross, K.A. y Scanlon, M.G. 2004.A fracture mechanics analysis of the texture of fried potato crust. Journal of Food Engineering 62: 417 - 423.
SAS Institute Inc. 2016.SAS® STAT Guide 9.2.Help and documentation. www.sas.com.

Schippers , P. 1976. The relationship between specific gravity and percentaje dry matter in potato tubers. American Potato Journal 53: 111-122.

Stanfield W. 1987. Genética. Trad. Por Patricia Ramos. Mc GRAW-HILL. México D.F. 551 p

Steel y Torrie. 1992. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill. México D. F.