



Nueva variedad de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam.) con mejores características agronómicas y comerciales

New variety of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam.) with better agronomic and commercial characteristics

Eladio Cantoral Quispe*; Alexander Chavez Cabrera; Arnold Flores Lázaro

Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Donoso, Carretera Huaral-Chancay km 5.6, Huaral, Lima, Peru.

Received September 13, 2019. Accepted February 18, 2020.

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el valor agronómico y económico de un nuevo clon de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam.) lanzado como variedad comercial. Se realizaron las siguientes evaluaciones: (1) Cruzamiento de parentales, siembra de semilla botánica en invernadero y trasplante de plántulas en casa de malla, (2) Ensayos de rendimiento en campo y (3) Parcelas de comprobación o validación (para definir su valor agronómico y rentabilidad). Se evaluó rendimiento de raíces ($t\ ha^{-1}$), reacción a virus, color de pulpa, vigor de planta, pérdida de peso en almacén, cocción, dulzura, porcentaje de humedad, materia seca, grasa, fibra cruda, carbohidratos y proteína, cantidad de sólidos solubles (grados Brix), carotenoides ($\mu g\ \beta\text{-CE}\ g^{-1}$) y actividad antioxidante con radical ABTS ($\mu mol\ TE\ g^{-1}$). Se demostró que agronómica y económicamente el Clon 54, denominado INIA 329-Bicentenario, es superior a la variedad comercial Amarillo Benjamín usada como testigo, porque es resistente a virus, tiene mejores características comerciales: alto rendimiento ($3,0\ t\ ha^{-1}$ adicionales), mejor forma, más tamaño, mejor color de pulpa, rápida cocción, mayor dulzura, más materia seca, menos contenido de grasa y mayor vida útil en almacén, y porque su rentabilidad es mayor, presentando menor riesgo para el productor.

Palabras clave: camote; *Ipomoea batatas* (L.) Lam.; nueva variedad; resistencia; valor económico.

Abstract

The objective of this study was to determine the agronomic and economic value of a new sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam.) clone proposed as a commercial variety. For this purpose, the following evaluations were carried out: (1) parental crossing, seed sowing in greenhouse and seedling transplantation in a mesh house, (2) field performance assessment and (3) plot validation (profitability analysis). root yield ($t\ ha^{-1}$), viral detection, pulp color, plant vigor, weight loss during storage, cooking, sweetness, moisture percentage, dry matter, fat, raw fiber, carbohydrates and proteins, amount of soluble solids (Brix degrees), carotenoids ($\mu g\ \beta\text{-CE}\ g^{-1}$) and antioxidant activity with ABTS radical ($\mu mol\ TE\ g^{-1}$) were evaluated. It was demonstrated that the clone 54, named as INIA 329-Bicentenario, was agronomically and economically better than the commercial variety Amarillo Benjamín, used as a control group. The clone 54 showed viral resistance and better commercial features such as higher yield ($3.0\ t\ ha^{-1}$ of additional yield), better shape, size and pulp color, faster cooking. Moreover, the clone 54 was sweeter, and had lower fat content and a longer shelf life. Thus, the clone 54 showed higher profitability and lower risk for the farmers.

Keywords: sweet potato; *Ipomoea batatas* (L.) Lam.; new variety; resistance; economic value.

1. Introducción

El camote *Ipomoea batatas* (L.) Lam. es uno de los cultivos alimenticios más importantes del mundo en términos de consumo humano, especialmente en el sub-Sahara de África, algunas partes de Asia y las islas del

Pacífico (Oishimaya, 2017; Rossel *et al.*, 2008; FAO, 2019). Es sembrado en gran escala en países en desarrollo, cuya importancia radica en la diversidad de su uso y en su bajo costo de producción (Rodríguez-Delfin *et al.*, 2014; Glato *et al.*, 2017). Los

How to cite this article:

Cantoral, E.; Chavez, A.; Flores, A. 2020. Nueva variedad de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam.) con mejores características agronómicas y comerciales. Scientia Agropecuaria 11(1): 39-48.

* Corresponding author
E-mail: ecantoral@inia.gob.pe (E. Cantoral).

beneficios para la salud son sustanciales, especialmente para las poblaciones en peligro de nutrición, pues en comparación con la papa, el camote es una fuente más rica en nutrientes y fibra; desafortunadamente, en algunas partes del mundo, es considerado como un cultivo agrícola pobre (Bowser et al., 2017). Por sus características es utilizado para consumo directo (en estado fresco), procesamiento industrial y para la alimentación de animales (Chacón y Reyes, 2009). Es versátil y delicioso con un alto valor nutricional (Chacón y Reyes, 2009; Carpio et al., 2017) y medicinal muy valiosa por sus propiedades anticancerígenas, antidiabéticas y antiinflamatorias (Vidal et al., 2018). Es rico en almidones simples y carbohidratos complejos, β -caroteno, fibra dietética, manganeso, vitamina B5 y vitamina B6, y otros minerales (Chacón y Reyes, 2009; Castillo et al., 2014; Carpio et al., 2017; Bowser et al., 2017). Es recomendado en la dieta de pacientes diabéticos o prediabéticos debido a su bajo índice glucémico (Forlan et al., 2018).

Los factores ambientales son importantes en la producción de camote, ya que influyen en la calidad y el contenido de nutrientes de sus raíces reservantes (en adelante solo raíces); además, estos interactúan con factores genéticos. En relación a los factores genéticos, el análisis transcriptómico, como técnica para la evaluación de la expresión génica, ha sido utilizado para la evaluación de genes asociados con la variación de la forma de la hoja (Gupta et al., 2019). Esta situación hace que las variedades respondan de manera diferente ante un determinado ambiente (Fonseca et al., 1993, Carpio et al., 2017). Además del ambiente, otros factores de poscosecha, como el almacenamiento y procesamiento, también afectan el contenido de los nutrientes en el camote (Carpio et al., 2017).

La evaluación y selección de los clones avanzados y variedades nativas de camote se realiza en cuatro etapas conforme lo establecieron Fonseca et al. (1993): (a) ensayos de observación o de introducción, (b) ensayos avanzados bajo diseño estadístico, (c) ensayos en finca y de multiplicación de material, y (d) ensayos de validación para la liberación de las nuevas variedades. Inicialmente se evalúa un número considerable de materiales, que se va reduciendo por selección sucesiva hasta la etapa final, donde prevalecen 1 o 2 materiales, los más promisorios (Fonseca et al., 1993). Al respecto, Macías et al. (2011) encontraron una amplia variabilidad genética entre los materiales que evaluaron, siendo de gran importancia el establecimiento, colección y

conservación de estos materiales para futuros programas de mejoramiento genético. La caracterización agronómica en campo les permitió cuantificar la potencialidad productiva del camote, por rendimiento de raíces, obteniendo entre 28,4 t ha⁻¹ y 23,1 t ha⁻¹. En este sentido, Sarceño (2015) evaluó la adaptabilidad de 10 cultivares de camote provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia, originarias de Perú, midiendo altura de planta, largo de entrenudo, número de camotes, rendimiento, coloración de pulpa y grados brix por cultivar, que sirvieron para determinar el cultivar que más se adaptó a las condiciones ambientales del lugar y con el cual el agricultor obtiene más beneficios en la producción. Resalta a la vez que la coloración de pulpa se asocia con el contenido de β -caroteno de acuerdo con el código de las tablas Munsell 2.5YR 7/8.

Actualmente en el Perú se cultivan alrededor de 15268 hectáreas anuales, con un rendimiento promedio de 17,2 t ha⁻¹. La mayor superficie cultivada se concentra en el departamento de Lima (\cong 8000 ha), destacando el valle de Cañete (Koo, 2019). Las variedades que actualmente existen, locales o criollas, no presentan las características agronómicas, nutricionales y comerciales adecuadas para la industria y la exportación, pues en el pasado, la generación de nuevas variedades estuvo orientada hacia el mercado nacional. Existe el interés creciente de empresarios de exportar camote, pero no encuentran la calidad necesaria en las raíces requerida por los diferentes mercados de destino.

El objetivo de este estudio fue determinar el valor agronómico y la rentabilidad de un nuevo clon de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam.) lanzado como nueva variedad comercial.

2. Materiales y métodos

Local experimental

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agraria (EEA) Donoso, Huaral, del Instituto Nacional de Innovación Agraria, entre 2010 y 2018. Se realizaron las siguientes evaluaciones: (1) Cruzamiento de los parentales, siembra de semilla botánica en bandejas y trasplante de plántulas en suelo dentro de una casa de malla, (2) Ensayos de rendimiento en campo (primer ensayo de adaptación de plantas segregantes; ensayos de observación en la EEA; ensayos de adaptación en diferentes localidades; ensayos preliminares y regionales de rendimiento), y (3) Parcelas de comprobación (análisis económico y de rentabilidad).

Cruzamiento de los parentales, siembra de semilla botánica y trasplante en casa de malla

Para estimular la floración y facilitar el cruzamiento, se injertaron yemas de los parentales Huayro y JP USA en el patrón silvestre Ipomoea nil (Rosset *et al.*, 2008). Las semillas botánicas producto del cruzamiento fueron sembradas en bandejas especiales con hoyos, debidamente identificadas por familias, a razón de una semilla por hoyo. A los 20 días, las 1600 plántulas segregantes obtenidas fueron trasplantadas en el suelo dentro de una casa de malla. Cuando estas cumplieron 4 meses de edad, se extrajeron cinco “esquejes-semilla” de cada una de ellas, descartando las más débiles y las no ramificadas. Al final del proceso quedaron 1400 plantas segregantes (de aquí en adelante denominados como clones). Los cinco “esquejes-semilla” constituyen una familia, como por ejemplo el Clon 54–2011, que es el segregante 105 de la familia resultante de la cruce entre Huayro (variedad criolla utilizada como madre) × JP USA (material genético promisorio, utilizado como padre).

Ensayos de rendimiento en campo

Primer ensayo de adaptación de plantas segregantes

Cada uno de los 1400 clones seleccionados fue sembrado en campo definitivo en la EEA Donoso, en un surco de 1,0 m de longitud × 0,90 m de ancho. Durante el crecimiento vegetativo y la cosecha se caracterizaron los aspectos foliares y las raíces, respectivamente. A la cosecha se seleccionaron 220 clones por presentar mejor tipo de planta, alta capacidad productiva y buenas características de las raíces.

Ensayos de observación en la EEA

Los 220 clones obtenidos en la etapa anterior se sembraron en parcelas de 3 surcos, cada uno de 1,0 m de longitud × 0,90 m de ancho. Durante todo el periodo vegetativo se verificaron las características morfológicas de plantas y raíces. En base a estas características, en la cosecha se seleccionaron 75 clones promisorios para la siguiente etapa. Los clones seleccionados en la campaña anterior fueron evaluados en la EEA Donoso, entre noviembre de 2012 y mayo de 2013. Cada clon fue sembrado en una parcela de 3

surcos de 5,0 m × 0,85 m, cosechando solo el surco central (4,25 m²). El experimento estuvo constituido de 80 tratamientos: los 75 clones promisorios y cinco testigos comerciales: INIA 306-Huambachero, INIA 320-Amarillo Benjamín, INA 100-INIA, Huayro y Clon de Piura (INIA, 2001; INIA, 2013).

Ensayos de adaptación en diferentes localidades

Se evaluaron siete clones promisorios seleccionados en la campaña anterior frente al mejor testigo: INIA 320-Amarillo Benjamín (de aquí en adelante solo Benjamín o simplemente el testigo), en dos localidades: EEA Donoso - Huaral e Imperial - Cañete. La siembra se efectuó en noviembre y diciembre 2013; y la cosecha en marzo y abril 2014, seleccionando en esta campaña seis clones promisorios. Las dimensiones de las parcelas experimentales fueron similares al ensayo anterior. Los clones seleccionados fueron evaluados en dos épocas diferentes, ambas en la localidad de Chilcal - Cañete, con la finalidad de verificar su adaptación y capacidad productiva; tomando como guía el trabajo realizado por Sarceño (2015). El ensayo estuvo compuesto de siete cultivares (seis clones promisorios y el testigo Benjamín). La primera época fue entre abril y noviembre 2014 y la segunda entre noviembre 2014 y abril de 2015.

Ensayo preliminar de rendimiento

El experimento fue conducido entre 2016 y 2017 en tres localidades (Huaral, Barranca y Cañete), en unidades experimentales de 28,8 m² y una superficie cosechada de 7,2 m², equivalente a los dos surcos centrales de cada unidad experimental. Para este fin se conformó un ensayo con cuatro clones provenientes de cruzamientos realizados en 2011 y seleccionados en la campaña anterior (clones 14, 39, 54 y 58), más cinco clones provenientes de cruzamientos realizados en forma paralela en 2012 (clones 35, 336, 246, 937 y 3459). Estos nueve clones fueron comparados con el testigo Benjamín.

Ensayo regional de rendimiento

Los cinco mejores clones del ensayo preliminar de rendimiento fueron evaluados en un ensayo regional en cinco localidades (Tabla 1). La superficie cosechada por cada tratamiento fue de 9,0 m².

Tabla 1

Localidades de prueba, fechas de siembra y cosecha, y georreferenciación del ensayo regional de rendimiento

Localidad	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Huaral	11/12/2016	07/03/2017	11°31'04.84" S	77°44'15.88" O	136
Chincha	10/11/2016	21/04/2017	13°27'30.42" S	76°07'54.52" O	66
Barranca	18/11/2016	18/04/2017	10°40'09.57" S	77°44'28.53" O	65
Cañete	07/01/2017	08/06/2017	13°02'54.59" S	76°24'45.02" O	40
Chiclayo	21/02/2017	17/07/2017	6°43'40.88" S	79°46'56.58" O	39

Comportamiento frente al virus

Con el apoyo del Centro Internacional de la Papa (CIP) se determinó la reacción a virus del material en estudio mediante bioensayos (prueba de planta indicadora), análisis serológico y de la reacción en cadena de polimerasa (PCR). Los esquejes del Clon 54-2011, junto con otros cinco cultivares, fueron sembrados en condiciones de invernadero y luego de un tiempo de establecimiento fueron injertadas a plantas indicadoras, para la evaluación de síntomas y posterior análisis de laboratorio en dos etapas consecutivas. Las muestras fueron analizadas individualmente mediante la prueba de NCM-ELISA (prueba cualitativa de laboratorio) y bioensayo (doble injerto en plantas de la especie indicadora *Ipomoea setosa*) para la detección de los siguientes virus de camote: virus del moteado plumoso del camote (SPFMV), virus del enanismo clorótico del camote (SPCSV), virus del moteado suave del camote (SPMMV), virus de moteado leve del camote (SPMSV), virus latente del camote (SPLV), virus de la mancha clorótica del camote (SPCFV), virus colutorio del camote (SPCV), virus C6 del camote (SPC-6V), virus G del camote (SPVG) y virus del mosaico del pepino (CMV), así como para la prueba de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) que evalúa presencia de begomovirus (Valverde y Moreira, 2004; Del Valle, 2012).

Parcelas de comprobación

Para comprobar el valor agronómico y económico del Clon 54-2011 (INIA 329-Bicentenario), seleccionado en los ensayos descritos anteriormente, comparado con el testigo Benjamín, se llevaron a cabo parcelas de comprobación en campos de agricultores, en tres localidades (Huaral, Chinchay y Cañete), durante dos campañas agrícolas consecutivas. En cada localidad, la superficie de la parcela de comprobación fue de 1008 m² con un área cosechada de 18,0 m² por unidad experimental.

Conducción y manejo de los experimentos de campo y características evaluadas

Las labores de manejo agrícola y cultural (riego, fertilización, aporque, deshierbo y control fitosanitario) fueron similares en todos los ensayos de rendimiento y las parcelas de comprobación. Los “esquejes-semilla” de los materiales genéticos en estudio se mantuvieron e incrementaron en una casa de malla y en campos semilleros con estricto control de plagas y enfermedades. En los ensayos de rendimiento y parcelas de comprobación se evaluaron las siguientes características:

- Rendimiento comercial, no comercial y total, de las raíces de cada parcela experimental en kg parcela⁻¹ y luego convertido a t ha⁻¹.
- Reacción a virus: negativa o positiva. Mediante las pruebas NCM-ELISA, PCR y Bioensayo en planta indicadora (*Ipomoea setosa*) (Del Valle, 2012).
- Color de pulpa: anaranjado, amarillo o morado (Chacón y Reyes, 2009; UPOV, 2010).
- Vigor de planta: muy bueno, bueno, regular y malo.
- Porcentaje de deshidratación de las raíces en condiciones naturales de almacenaje: pérdida de peso en almacén (Carpio *et al.*, 2017).
- Cocción: 1 = muy malo, 2 = malo, 3 = regular, 4 = bueno, 5 = muy bueno.
- Dulzor: 1 = totalmente desabrido, 2 = medianamente desabrido, 3 = medianamente dulce, 4 = dulce, 5 = muy dulce.
- Humedad, en porcentaje. Método 950.27 (AOAC, 2012).
- Materia seca, en porcentaje. Método 950.27 (AOAC, 2012).
- Grasa, en porcentaje. Método 948.22 (AOAC, 2012).
- Cantidad de sólidos solubles, en grados Brix. Método 931.12 (AOAC, 2012).
- Fibra cruda, en porcentaje. Método 930.10 (AOAC, 2012).
- Carbohidratos, en porcentaje. Según la metodología de Collazos *et al.* (1996).
- Proteínas, en porcentaje. Método modificado de Kjendal 920.152 (AOAC, 2012).
- Carotenoides, en µg β-CE g⁻¹. Metodología propuesta por Talcott y Howard (1999).
- Actividad antioxidante con radical ABTS, en µmol TE g⁻¹. Metodología propuesta por Re *et al.* (1999).

Análisis estadístico

Para evaluar la interacción genotipo y ambiente, asumiendo normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia, se hizo análisis de varianza de todas las características evaluadas por localidad y a través de localidades. Los ensayos de observación, ensayos de adaptación, ensayo preliminar de rendimiento, ensayo regional de rendimiento y las parcelas de comprobación, fueron conducidos bajo el diseño de bloques completos randomizados con tres repeticiones (excepto las parcelas de comprobación que tuvieron cuatro repeticiones), en los que se evaluaron siempre el Clon 54 y el testigo Benjamín.

Para determinar la vida útil de las raíces se hicieron ensayos de poscosecha, (Miranda, 2010; García *et al.*, 2014; García *et al.*, 2016) y para determinar el valor nutricional de estas se hizo análisis de laboratorio utilizan-

do el diseño completamente al azar con tres repeticiones. Para estos fines se tomaron muestras al azar de las diferentes localidades y etapas donde se instalaron los ensayos de rendimiento. En todos los casos se empleó el programa SAS 9.4 (SAS Institute).

3. Resultados y discusión

Ensayos de observación en la EEA

Los ensayos de observación en la EEA, desde los cruzamientos hasta las primeras evaluaciones en campo, permitieron seleccionar 75 clones promisorios, incluyendo al Clon 54-2011 (Huayro × JP USA), con un rendimiento máximo de 70,8 t ha⁻¹, siendo superado solo por los testigos Benjamín, Huayro y Clon de Piura, pero sin ser estadísticamente diferente a estos (datos no presentados). Se seleccionaron los mejores clones para la siguiente etapa del experimento, no sólo en base a rendimiento sino en base a características agronómicas y evaluación visual por resistencia a enfermedades. Para facilitar la discusión, de aquí en adelante el Clon 54-2011 será denominado solo como Clon 54.

Ensayos de adaptación en diferentes localidades

En Huaral el Clon 54 fue superior a Benjamín en 16,6 t ha⁻¹, mientras que en Cañete no hubo diferencias significativas, aunque Benjamín superó numéricamente al Clon 54. En promedio ambos cultivares fueron similares estadísticamente con una ligera diferencia a favor del Clon 54. Es conveniente resaltar que, frente al promedio nacional, el rendimiento de este fue 2,7 veces mayor. El Clon 54 fue seleccionado para la siguiente etapa por presentar resistencia a virus (observación visual), color anaranjado de pulpa y buen vigor de planta (datos no presentados). En relación con el color de la pulpa, Sarceño (2015) destaca que esta característica está asociada con el contenido de β-caroteno, lo cual le confiere a este clon mayor valor agregado pues su color anaranjado de pulpa es intenso (Figura 1). Aparte de las técnicas tradicionales como la escala de color CIELAB (Wang et al., 2011), se puede acudir también al uso de la técnica de imágenes de retrodispersión de luz láser que permite el análisis de calidad de las raíces reservantes de *I. batatas* durante su almacenamiento, obteniendo mejor precisión (Sanchez et al., 2019).

En el ensayo de la campaña 2014-2015, llevado a cabo en Cañete en dos épocas diferentes, en la época I el testigo superó estadísticamente al Clon 54 y en la época II ambos rindieron lo mismo. En promedio

Benjamín superó al Clon 54, pero la resistencia a virus (observación visual) de este, su buen vigor de planta y su supremacía sobre el promedio nacional (2,7 veces más) le permitieron ser seleccionado para la siguiente etapa (datos no presentados).



Figura 1. Color anaranjado (L*, a*, b*) de pulpa de la raíz del Clon 54 (izquierda) en comparación con el testigo Benjamín (derecha) [ver Tabla 3].

Ensayo preliminar de rendimiento

Para rendimiento total de raíces se detectó diferencias altamente significativas entre localidades, tratamientos y en la interacción genotipo × ambiente. En Huaral y Barranca no se encontraron diferencias significativas entre el clon en estudio y el testigo, sin embargo, en Cañete el Clon 54 superó a Benjamín (44,5 y 32,4 t ha⁻¹, respectivamente). A través de localidades, el rendimiento del Clon 54 (56,4 t ha⁻¹) fue estadísticamente igual al Clon 435 (60,1 t ha⁻¹), al Clon 336 (57,8 t ha⁻¹) y al testigo Benjamín (56,4 t ha⁻¹) [datos no mostrados]. Adicionalmente, su resistencia a virus (observación visual), color anaranjado de pulpa, muy buen vigor de planta y bajo porcentaje de deshidratación de sus raíces en condiciones naturales de almacenaje durante los 30 días posteriores a la cosecha, permitieron seleccionarlo para una siguiente etapa. Estas son características óptimas que diferencian positivamente al Clon 54 de los demás cultivares en evaluación. Es conveniente resaltar que Estrada (2018) encontró mayor deshidratación de las raíces en los primeros 7 días después de la cosecha. Al respecto, García et al. (2014) señalan que los camotes son productos perecederos con un metabolismo muy activo después de la cosecha, con mermas de peso promedio de 17,6% × semana a temperatura ambiente, siendo menores en refrigeración (4,7% × semana); y, recomiendan hacer selección, limpieza y transporte refrigerado para una buena comercialización, además de mantener la cadena de frío durante la venta para extender el tiempo de vida útil con las mínimas pérdidas poscosecha.

Por otro lado, su mayor dulzor (11,3 frente a 10,8° Brix) y su mayor actividad antioxidante

(35,2 frente a 17,9 $\mu\text{mol TE/g}$), en comparación con el testigo, favorecieron dicha selección. Es conveniente mencionar que tanto el Clon 54 como Benjamín tuvieron el mismo contenido de humedad, materia seca, fibra cruda, carbohidratos y proteínas. Además, el Clon 54 presenta menos contenido de grasa, que resulta beneficioso frente al doble contenido de grasa del testigo; así como, en el contenido de carotenoides en la pulpa, el Clon 54 es superado ampliamente –en este orden– por el Clon 435, Clon 58, testigo Benjamín, Clon 246, Clon 3459 y Clon 937. Con relación a esto, [García et al. \(2016\)](#) caracterizaron la composición química y calidad poscosecha de una variedad de camote proveniente de una producción semi mecanizada con buenas prácticas agrícolas (BPA); los camotes presentaron contenidos de azúcares reductores de 9,88%, fibra de 6,19% y proteína de 4,13%; estas características nutricionales sugieren su uso como suplemento alimenticio. La producción semi mecanizada con la implementación de las BPA, permitió obtener raíces con características de importancia para la agroindustria procesadora de alimentos IV Gama y, a nivel del consumidor, con una calidad física homogénea. En el presente experimento, ningún cultivar en estudio alcanzó estos parámetros, sobre todo en fibra y proteína. En este sentido, [Castillo et al. \(2014\)](#), indican que el contenido de materia seca varía ampliamente debido a factores tales como la variedad, la localidad, el clima, la duración del día, el tipo de suelo, la incidencia de plagas, enfermedades y las prácticas de cultivo; en sus estudios hallaron contenidos de materia seca entre 18,7% y 27,6 (con una media de 22,4%), que coincide con lo observado en este estudio (22,1%). Señalan a la vez que el contenido de materia seca está relacionado con la aceptación del consumidor final. En general, variedades de camote con altos contenidos de materia seca entre 22 y 26% son mejor aceptadas tanto por niños como adultos, aunque esto puede variar según la población meta.

Ensayo regional de rendimiento

En este ensayo se detectó diferencias altamente significativas entre localidades y entre tratamientos. La interacción genotipo \times ambiente fue significativa al 0,05 de probabilidad (datos no mostrados). Solo en Chincha, el testigo (39,6 t ha⁻¹) fue superior al clon en estudio (24,4 t ha⁻¹). En las otras localidades de prueba, el Clon 54 rindió estadísticamente lo mismo que el testigo Benjamín ([Tabla 2](#)).

Por consiguiente, se puede recomendar la siembra del Clon 54, ya sea en Huaral, Barranca, Cañete o Chiclayo, porque se lograría duplicar el rendimiento promedio nacional, además de tener resistencia a virus, pulpa de color anaranjado, muy buen vigor de planta, buena cocción, mayor dulzura y menor pérdida de peso en almacén ([Tabla 3](#)).

Con relación a esta última característica de menor pérdida de peso en almacén, [Carpio et al. \(2017\)](#) encontraron que el contenido de β -caroteno en camotes provenientes de La Molina y San Ramón (Perú) se incrementó durante el tiempo de almacenamiento; ellos obtuvieron un rango de 132 a 194 mg kg⁻¹ en base de peso fresco. Señalan que el predominio de color de algunas raíces podría deberse a la concentración del β -caroteno en toda la raíz; bajo este criterio hallaron que dos genotipos estudiados, cuyo color predominante fue anaranjado intenso y distribuido homogéneamente en toda la pulpa, presentaron los valores más altos de β -caroteno en ambos ambientes. Concluyen indicando que, respecto a la contribución nutricional y los requerimientos diarios, una porción promedio de 100 g de camote podría proveer más del 100% del requerimiento diario de β -caroteno en niños entre 4 y 8 años. Ciertamente, el Clon 54 con color de pulpa anaranjado puede proveer más de tres veces el requerimiento diario de contenido de β -caroteno ([Castillo et al., 2014](#); [Carpio et al., 2017](#)).

Tabla 2

Rendimiento total (t ha⁻¹) de las raíces de seis cultivares de camote, evaluados en un ensayo regional de rendimiento en cinco localidades de la costa peruana

	Huaral	Chincha	Barranca	Cañete	Chiclayo	Promedio
Clon 58	74,4 a	Clon 58 39,6 a	Clon 58 42,6 a	Clon 336 35,9 a	Benjamín 53,4 a	Clon 58 46,6 a
Benjamín	71,7 a b	Benjamín 39,6 a	Clon 336 39,4 a b	Benjamín 31,1 a b	Clon 336 46,3 a	Clon 336 45,1 a
Clon 336	69,1 a b	Clon 336 34,5 a b	Clon 246 35,4 a b c	Clon 58 30,8 a b	Clon 58 45,6 a	Benjamín 44,8 a
Clon 435	68,1 a b	Clon 435 27,8 b	Benjamín 28,1 b c	Clon 54 24,4 b	Clon 435 36,7 a	Clon 435 36,5 b
Clon 54	60,9 a b	Clon 246 25,5 b	Clon 435 25,9 b c	Clon 435 24,1 b	Clon 246 36,3 a	Clon 246 35,6 b
Clon 246	58,9 a b	Clon 54 24,4 b	Clon 54 24,3 c	Clon 246 21,8 b	Clon 54 35,9 a	Clon 54 34,0 b
Promedio	67,2 A	31,9 C	32,6 C	28,0 C	42,4 B	40,4
CV (%)	7,4	11,5	15,7	12,6	16,0	12,2
DMS	14,1	10,4	14,5	10,0	19,2	5,4

Valores seguidos de la misma letra minúscula en la vertical y letra mayúscula en la horizontal, no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad.

Tabla 3

Rendimiento, reacción a virus y características agronómica de las raíces de seis cultivares de camote, evaluados en el ensayo regional de rendimiento en cinco localidades de la costa peruana

Clon	Rendimiento Promedio (t ha ⁻¹)	Reacción a Virus †	Color de Pulpa			Vigor de planta	Cocción	Dulzura	Pérdida de peso en almacén (%)				
			L*	a*	b*								
Clon 58	46,6	a Susceptible	58,6	b	23,5	a	38,9	a	R	Media	Dulce	13,2	b
Clon 336	45,1	a Susceptible	62,7	a	16,9	cd	33,9	b	B	Buena	Muy dulce	7,6	a
Benjamín	44,8	a Susceptible	61,0	ab	18,5	c	35,5	b	B	Media	Semidulce	10,2	ab
Clon 435	36,5	b Susceptible	55,0	c	21,2	b	29,4	d	MB	Media	Dulce	13,9	c
Clon 246	35,6	b Susceptible	48,5	d	22,6	ab	25,8	e	B	Buena	Dulce	11,3	bc
Clon 54	34,0	b Resistente	59,3	b	16,1	d	31,9	c	MB	Buena	Muy dulce	10,7	abc
Promedio	40,4		58,0		19,8		32,6					11,2	
CV (%)	12,2		8,9		15,5		14,3					11,5	
Desv. Est.	5,4		4,2		3,1		4,7					2,3	

Valores seguidos de la misma letra minúscula en la vertical, no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad.

† Resultados del laboratorio del Centro Internacional de la Papa (CIP)

Vigor de planta: MB = muy bueno; B = bueno; R = regular.

Tabla 4

Resultados de detección de virus mediante NCM-ELISA, PCR y Bioensayo en planta indicadora (*Ipomoea setosa*), de cinco clones de camote

N° de orden	Código de muestra	Procedencia del material	Resultado de NCM-ELISA (virus detectados)	Resultado de PCR Begomovirus	Resultado de bioensayo (síntomas en planta indicadora y/o planta original)
1	INIA 320 Amarillo Benjamín FC: 20/08/18 M1	No indicado	Positivo (SPFMV, SPVG)	Negativo	Positivo
2	INIA Clon 54 FC: 20/08/18 M1	No indicado	Negativo	Negativo	Negativo
3	INIA Clon 58 FC: 20/08/18 M1	No indicado	Positivo (SPFMV, SPVG)	Negativo	Positivo
4	INIA Clon 246 FC: 20/08/18 M1	No indicado	Positivo (SPFMV)	Negativo	Positivo
5	INIA Clon 336 FC: 20/08/18 M1	No indicado	Positivo (SPFMV)	Negativo	Positivo
6	INIA Clon 435 FC: 20/08/18 M1	No indicado	Positivo (SPFMV)	Negativo	Positivo

Fuente: Adaptado del Reporte de Resultados N° 001-viro-19 del Centro Internacional de la Papa.

Comportamiento frente al virus

Los datos de reacción a virus obtenidos mediante las pruebas NCM-ELISA, PCR y Bioensayo en planta indicadora (*Ipomoea setosa*), realizadas en el CIP, y cuyos resultados se muestran en la [Tabla 4](#), resaltan la resistencia del Clon 54. La metodología utilizada fue similar a la de [Valverde y Moreira \(2004\)](#).

Del mismo modo, no se encontró significación estadística entre Benjamín y el Clon 54 para las características nutricionales y compuestos bioactivos como humedad, materia seca, sólidos solubles, fibra cruda y proteínas, lo que torna al Clon 54 ideal para el mercado externo; el porcentaje de grasa sigue siendo superior en Benjamín que en el Clon 54, pero en esta oportunidad el Clon 54 presentó mayor cantidad de carbohidratos que Benjamín, que le confiere ventaja en la fabricación de harinas. A diferencia del ensayo anterior, hubo menor actividad antioxidante en el Clon 54 que en el testigo Benjamín, sin restarle mérito alguno ([Tabla 5](#)).

Parcelas de comprobación

En la primera campaña (2017), solo en la localidad de Hualar se encontró diferencias significativas ($p=0,05$) entre ambos cultivares. El Clon 54 superó estadísticamente al testigo Benjamín solo en la localidad de Hualar, mientras que en Chinchá y Cañete

no se encontraron diferencias significativas entre cultivares. Comparando los rendimientos promedio de raíces obtenidos por localidad, el rendimiento fue mayor en Cañete que en Hualar y Chinchá, indicando que el mejor lugar para sembrar camote es Cañete pudiendo duplicar fácilmente el rendimiento promedio nacional con la siembra del clon en estudio ([Tabla 6](#)).

En la segunda campaña (2018), la tendencia para el rendimiento fue similar, es decir, en Hualar se observó nuevamente diferencias significativas entre tratamientos, y lo mismo ocurrió en Cañete. En Chinchá, por segundo año consecutivo, no se observó diferencias estadísticas entre tratamientos para esta característica. En esta campaña el rendimiento de las tres localidades fue ligeramente superior a los obtenidos el año anterior, logrando 3,4 t ha⁻¹ más, y Hualar – cuyo rendimiento promedio fue más bajo en 2017, en 2018 fue la localidad con mayor rendimiento promedio (casi el doble). En Chinchá y Cañete no hubo mayor variación en los rendimientos promedio por localidad ([Tabla 6](#)). Cuando se analizó el comportamiento de ambos cultivares dentro de cada localidad, se observó que el Clon 54 fue superior al testigo Benjamín en Hualar y en Cañete. Entre tanto, en Chinchá no hubo significancia entre ambos cultivares. En general, el Clon 54 rindió 10 por ciento más que Benjamín ([Tabla 6](#)).

Tabla 5

Resultados promedio del análisis nutricional y de compuestos bioactivos de las raíces de seis cultivares de camote, evaluados en el ensayo regional de rendimiento en tres localidades de la costa peruana

Clones	Humedad (%)	Materia seca (%)	Grasa (%)	Sólidos Solubles (°Brix)	Fibra Cruda (%)	Carbohidratos (%)	Proteínas (%)	Actividad antioxidante con radical ABTS (μmol TE/g)
Clon58	78,0	22,0	2,3	12,5	4,0	87,2	6,0	25,9
Clon336	75,3	24,7	1,5	12,4	3,7	89,1	5,1	13,4
Benjamín	78,4	21,6	2,1	12,1	4,9	86,9	6,2	22,7
Clon435	79,5	20,5	2,9	11,8	5,6	85,9	6,0	22,0
Clon246	73,8	26,2	2,3	14,0	4,0	88,9	4,8	18,6
Clon54	77,3	22,7	1,6	12,0	4,3	87,8	6,0	16,5
Promedio	77,1	23,0	2,1	12,5	4,4	87,6	5,7	19,9
Desv. Est.	2,1	2,1	0,5	0,8	0,7	1,2	0,6	4,6

Tabla 6

Rendimiento comercial de raíces (t ha⁻¹) de dos cultivares de camote en parcelas de comprobación instaladas en tres localidades de la costa peruana, en dos campañas

Año	Cultivar	HUARAL (mar 2017–ago 2017)	CHINCHA (may 2017–oct 2017)	CAÑETE (jun 2017–dic 2017)	Promedio
2017	Clon 54	35,5 a	36,3 a	47,1 a	39,6 a
	Benjamín	31,1 b	35,9 a	45,8 a	37,6 a
	Promedio	33,3 B	36,1 B	46,4 A	38,6
	CV (%)	5,3	7,0	11,2	9,0
	DMS	4,0	5,7	11,7	3,2
2018		(ago 2017 – mar 2018)	(nov 2017 – may 2018)	(dic 2017 – may 2018)	
	Clon 54	65,7 a	33,5 a	32,6 a	44,0 a
	Benjamín	56,1 b	36,1 a	27,9 b	40,0 b
	Promedio	60,9 A	34,8 B	30,3 C	42,0
	CV (%)	3,7	8,8	2,5	5,3
DMS	5,0	6,9	1,7	2,0	

Letras minúsculas iguales en la vertical indican que no hay diferencias significativas entre cultivares ($p < 0,01$)

Letras mayúsculas iguales en la horizontal indican que no hay diferencias significativas entre localidades ($p < 0,01$)

Cuando se realizó el análisis combinado de las dos épocas (2017 y 2018) y las tres localidades de cada época (Huaral, Chincha y Cañete), se encontró significancia entre localidades, épocas y variedades, así como en la interacción localidad × época, y localidad × variedad (datos no mostrados). El promedio del año 2018 fue superior al promedio del año 2017 en 8,8 por ciento; en Huaral se obtuvo mayor rendimiento de raíces en comparación con Cañete y Chincha. Y, en promedio, el Clon 54 superó en 7,7 por ciento al testigo Benjamín, y en 145,9 por ciento al promedio nacional.

La interacción variedad × época no fue significativa, mientras que variedad × localidad sí hubo diferencia significativa (datos no mostrados). El Clon 54 fue superior a Benjamín en 7,7%, a través de todas las localidades y en las dos épocas de siembra. Económicamente esto es importante para el agricultor como se muestra en el análisis respectivo. Si bien es cierto la ganancia no es extremadamente grande en peso de raíces, pero el Clon 54 tiene la ventaja de ser resistente a virus, poseer más dulzor, ser de una cocción más rápida, tener mayor vida útil en almacenamiento y en general tener mejores características organolépticas que Benjamín.

Análisis económico y de rentabilidad

Para demostrar que el Clon 54 es una excelente alternativa frente al testigo Benjamín, se hicieron análisis económicos y de rentabilidad comparando los rendimientos de raíces y los ingresos netos (ingresos totales menos costos de producción) de ambos cultivares. Los resultados muestran que la rentabilidad es mayor cuando se siembra el Clon 54 en las tres localidades donde se instalaron las parcelas de comprobación. Si se asume una venta al precio de S/ 0,30 el kg de ambos cultivares, con el Clon 54 se logra 59,4% más de rentabilidad que con el testigo Benjamín. Si el testigo (que tiene menos cualidades que el cultivar propuesto) se vendiera a un precio más bajo, como por ejemplo S/ 0,20 el kg, la diferencia de rentabilidad entre ambos cultivares sería mucho mayor.

Los resultados del análisis de todas las variables concurrentes investigadas indican claramente que el Clon 54, denominado oficialmente INIA 329-Bicentenario, es una excelente alternativa frente al cultivar testigo INIA 320-Amarillo Benjamín (INIA, 2013; INIA, 2016). Esta nueva variedad o cultivar de camote, reúne las características técnicas necesarias que justifican su incorporación en el proceso productivo comercial. Entre dichas características cabe señalar

las siguientes: (i) rendimientos superiores a las variedades comerciales actuales; (ii) presentar otras características no existentes en las variedades comerciales vigentes, tales como mejor vigor de planta, calidad del producto cosechado y resistencia a virus, entre otras. Sin duda, la adopción de la nueva variedad de camote INIA 329-Bicentenario mejorará de la rentabilidad de los productores y contribuirá con la calidad nutricional de los consumidores, especialmente los niños.

4. Conclusiones

Se demostró que el Clon 54 de camote, denominado INIA 329-Bicentenario, agrónomicamente es superior a la variedad comercial INIA 320-Amarillo Benjamín, porque muestra resistencia a virus, mejores características comerciales de las raíces reser-vantes como mayor rendimiento y tamaño, mejor forma, adecuado color de pulpa, rápida cocción, mayor dulzura, mayor cantidad de materia seca, menor contenido de grasa y mayor vida útil en almacenamiento, y representa menor riesgo para el productor de camote de la costa del Perú. Como producto de trabajos de investigación en el INIA, existe material genético promisorio, por ello se recomienda continuar investigando nuevas variedades de camote con alto potencial de rendimiento, aptas para diversos usos y con resistencia o tolerancia a virus.

Agradecimientos

Los autores agradecen al ingeniero químico Freddy Quispe Jacobo y a su equipo por el apoyo en los análisis nutricionales de laboratorio. Los experimentos del proyecto 044-PI fueron financiados con fondos del Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA), unidad ejecutora perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria de Perú.

Referencias bibliográficas

AOAC. 2012. Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 19th ed. Gaithersburg, Md. EEUU.

Bowser, T.J.; Ojwang, F.; Sahs, R.; Brandenberge, L. 2017. Promotion of orange flesh sweet potato by demonstration of acceptance and food product development. African Journal of Food Science 11(12): 383-388.

Castillo, R.; Brenes, A.; Esker, P.; Gómez, A. 2014. Evaluación Agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.). Agronomía Costarricense 38(2): 67-81.

Carpio, R.V.; Sotelo, A.; Grüneberg, W.J. 2017. Contenido de β -Caroteno, Hierro y Zinc, Efecto de Almacenamiento y Tipo de Cocción de Genotipos de Camote (*Ipomoea batatas* L.). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 28(2): 242-254.

Chacón, A.; Reyes, Y. 2009. Efecto del empaque sobre la textura y el color del camote (*Ipomoea batatas* L.)

durante el proceso de “Curado”. Agronomía Mesoamericana 20(1): 47-57.

Collazos, C.; Alvistur, E. et al. 1996. Tablas peruanas de composición de alimentos. 7ma Edición. Editora Grafica Acuatico. Perú. 71 pp.

Del Valle, L. 2012. Producción, multiplicación y manejo de propágulos de batata de sanidad controlada. 1ra Edición. INTA. Argentina. 78 pp.

Estrada, J. 2018. Efecto de dos temperaturas de almacenamiento sobre la vida poscosecha y la calidad composicional del camote (*Ipomoea batatas* L.) tipo “Criollo”. Tesis de pregrado, Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 77 pp.

Fonseca, C.; Molina, J.P.; Carey, E.E. 1993. Selección de nuevas variedades de camote (batata) con la participación de agricultores. Guía de Investigación CIP 5. Centro Internacional de la Papa. Perú. 28 pp.

Forlan, V. P.; Engelking, E. W.; Ferreira, L. C.; Alves, E.; Oliveria, H.C. 2018. Genetic diversity among sweet potato crops cultivated by traditional farmers. Revista Caatinga 31(3): 779 -790.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2019. FAOSTAT. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

García, A.; Pérez, M.; García, A. 2014. Evaluación del comportamiento postcosecha de la batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam) en condiciones de almacenamiento comercial. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 15(2): 177-186.

García, A.D.; Pérez, M.Y.; García, A.A.; Madriz, P.M. 2016. Caracterización postcosecha y composición química de la batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Variedad Topera. Agronomía Mesoamericana 27(2): 287-300.

Glato, K.; Aidam, A.; Ardo, N.; Bassirou. D.; Couderc, M.; Zekraoui, L.; Scarcelli, N.; Barnaud, A.; Vigouroux, Y. 2017. Structure of sweet potato (*Ipomoea batatas*) diversity in West Africa covaries with a climatic gradient. PLoS ONE 12(5): e0177697.

Gupta, S.; Rosenthal, D. M.; Stinchcombe, J. R.; Baucom, R. S. 2019. The remarkable morphological diversity of leaf shape in sweetpotato (*Ipomoea batatas*): the influence of genetics, environment, and GxE. New Phytologist 22: 2183-2195.

INIA - Instituto Nacional de Innovación Agraria. 2001. Camote INIA 306 – Huambachero. Nueva variedad de camote morado. Repositorio Institucional del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura y Riego.

INIA - Instituto Nacional de Innovación Agraria. 2013. Camote INIA 320 - Amarillo Benjamín. Repositorio Institucional del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura y Riego.

INIA - Instituto Nacional de Innovación Agraria. 2016. Resolución Jefatural N° 0138-2016-INIA. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura y Riego.

Koo, W. 2019. Camote Perú exportación 2019 marzo. AgrodataPerú. Disponible en: <https://www.agrodataperu.com/2019/04/camote-peru-exportacion-2019-marzo.html>

Macías, C.M.; Cobeña, G.A.; Álvarez, H.A.; Castro, L.E.; Cárdenas, F.M. 2011. Caracterización agronómica de germoplasma de camote (*Ipomoea batatas* L.) en Manabí. Revista EspamCienca 2(2): 37-43.

Miranda, D. 2010. Cambios en las propiedades físicas y químicas de camote anaranjado (*Ipomoea batata*) variedad Jonathan almacenado a refrigeración y medio ambiente. Sistémica: Revista especializada de la Facultad de Ingeniería, Nutrición y Administración 5: 41-55.

Oishimaya, S.N. 2017. World Leaders In: Sweet Potato Production. Worldatlas. Disponible en: <https://www.worldatlas.com/articles/world-leaders-in-sweet-potato-production.html>

Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine 26(9-10): 1231-1237.

- Rodríguez-Delfín, A.; Posadas, A.; Quiroz, R. 2014. Rendimiento y absorción de algunos nutrimentos en plantas de camote cultivadas con estrés hídrico y salino. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20(1): 19-28.
- Rossel, G.; Espinoza, C.; Javier, M.; Tay, D. 2008. Guías para la regeneración de germoplasma: camote. En: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. *Crop specific regeneration guidelines. Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR) System-wide Genetic Resource Programme (SGRP)*. Italia. 9 pp.
- Sanchez, P.D.; Hashim, N.; Shamsudin, R.; Mohd, M.Z. 2019. Quality evaluation of sweet potato (*Ipomoea batatas*) of different varieties using laser light backscattering imaging technique. *Scientia Horticultura* 260(2020): 108861.
- Sarceño, A.J. 2015. Adaptabilidad de cultivares de camote (*Ipomoea batatas*) en Moyuta, Jutiapa. Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar, Jutiapa. Guatemala.
- Talcott, S.T.; Howard, L.R. 1999. Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47(5): 2109-2115.
- UPOV - Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. 2010. Directrices para la ejecución del examen de la Distinción, la Homogeneidad y la Estabilidad. Batata (*Ipomoea batatas* L.). UPOV. Ginebra. 28 pp.
- Valverde, R.; Moreira, M. A. 2004. Identificación de virus en el cultivo de camote (*Ipomoea batatas* L.) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 15(1): 1-7.
- Vidal, A. R.; Zaucedo - Zuñiga, A.; Ramos-García, M. 2018. Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 19(2): 1-15.
- Wang, S.; Yu, D. J.; Song, K. 2011. Quality characteristics of Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Slices Dehydrated by the addition of Maltodextrin. *Horticulture environment and Biotechnology* 52(4): 435-441.