

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y COMPUESTOS
BIOACTIVOS DE DIEZ CLONES DE CAMOTE (*Ipomoea
batatas* L.)**

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Tesista:

Bach. CARLOS ENRIQUE TARRILLO DOMÍNGUEZ

Asesora:

M. Sc. MIRIAM ELIZABETH RAMOS RAMÍREZ

Huánuco, Perú

2017

AGRADECIMIENTO

Al Todopoderoso, por guiarme en el camino del bien, a las personas e instituciones que con su apoyo hicieron posible la realización de esta investigación.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria -INIA- y el Programa Nacional de Innovación Agraria -PNIA- por su valioso auspicio y darme la oportunidad de desarrollar esta investigación en el marco de Proyecto PNIA 044-“Evaluación y selección de clones promisorios de camote (*Ipomoea batatas* L.) para el mercado nacional, de exportaciones y la industria”.

A Mg. Sc. Miriam E. Ramos Ramírez por sus recomendaciones y asesoramiento para mi formación académica y profesional.

A Sianko por todo el apoyo y sobre todo por su amistad muy sincera, una fortaleza en momentos muy difíciles.

A la Ing. Rocío Del Pilar Galindo Lujan por su incondicional apoyo en la realización, antes, durante y después, de la tesis.

INDICE

CARÁTULA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE	iii
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
2.1.1. El camote	3
2.1.2. Variedades de camote liberadas por el INIA	3
2.1.3. Clasificación morfológica	4
2.1.4. Origen y distribución	5
2.1.5. Importancia del cultivo	6
2.2. VALOR NUTRICIONAL Y COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	6
2.3. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	10
2.3.1. Compuestos fenólicos totales	12
2.3.2. Carotenoides totales	13
2.3.3. Capacidad antioxidante	14
2.4. USOS	16
2.5. ANTECEDENTES	17
2.6. HIPÓTESIS	20
2.7. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	21
2.7.1. Variables en estudio	21
2.7.2. Operacionalización de variables	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	22
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	22

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS	22
3.4. CLONES EN ESTUDIO	23
3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS	23
3.5.1. Diseño de investigación	23
3.5.2. Datos a registrar	24
3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información	24
3.6. MATERIALES Y EQUIPOS	25
3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	26
IV. RESULTADOS	30
4.1. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL	30
4.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS	32
4.2.1. Contenido fenólico total (CPT)	32
4.2.2. Contenido total de carotenoides (CTC)	32
4.2.3. Contenido total de flavonoides (CTF)	33
4.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE SEGÚN MÉTODOS DE ABTS Y DPPH	34
V. DISCUSIÓN	35
5.1. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL	35
5.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS	36
5.2.1. Contenido fenólico total (CPT)	36
5.2.2. Contenido total de carotenoides (CTC)	36
5.2.3. Contenido total de flavonoides (CTF)	37
5.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE SEGÚN MÉTODOS DE ABTS Y DPPH	37
VI. CONCLUSIÓN	38
VII. RECOMENDACIONES	39
VIII. LITERATURA CITADA	40
IX. ANEXO	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición proximal del camote	7
Cuadro 2: Composición nutricional en 100 gramos de camote	8
Cuadro 3: Ingestas recomendadas de energía y nutrientes	9
Cuadro 4: Requerimiento diario de Vitamina A por edad	10
Cuadro 5: Compuestos bioactivos y actividad antioxidante	15
Cuadro 6: Operacionalización de variables en investigación	21
Cuadro 7: Esquema de análisis de varianza para el DCA	23
Cuadro 8: Composición proximal de los clones promisorios de camote	31
Cuadro 9: Contenido fenólico total en muestras clones promisorio de camote, expresados en base seca.	32
Cuadro 10: Contenido total de carotenoides en muestras de clones promisorios de camote, expresados en base seca.	33
Cuadro 11: Contenido total de flavonoides en muestras de clones promisorios de camote, expresados en base seca.	34
Cuadro 12: Capacidad antioxidante, según métodos ABTS y DPPH en muestras de camote, expresados en base seca.	34
Cuadro 13: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de humedad en clones promisorios de camote del INIA.	55
Cuadro 14: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de materia seca en clones promisorios de camote del INIA.	55
Cuadro 15: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de ceniza en clones promisorios de camote del INIA.	56
Cuadro 16: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de grasa en clones promisorios de camote del INIA.	56
Cuadro 17: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de fibra en clones promisorios de camote del INIA	57
Cuadro 18: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de proteínas en clones promisorios de camote del INIA.	57
Cuadro 19: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido	

de carbohidratos en clones de camote del INIA.	58
Cuadro 20: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de energía total en clones promisorios de camote del INIA.	58
Cuadro 21: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido fenólico total en clones promisorios de camote del INIA.	59
Cuadro 22: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido total de carotenoides en clones de camote del INIA.	59
Cuadro 23: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido total de flavonoides en clones de camote del INIA.	60
Cuadro 24: Prueba de comparación múltiple de Tukey de la capacidad antioxidante ABTS en clones de camote del INIA.	60
Cuadro 25: Prueba de comparación múltiple de Tukey de capacidad antioxidante ABTS en clones de camote del INIA.	60
Cuadro 26: Análisis de varianza unifactorial (ANVA) de la composición de los clones promisorios de camote del INIA	61
Cuadro 27: Análisis de varianza unifactorial (ANVA) de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en clones de camote del INIA.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de actividades del trabajo de investigación	26
Figura 2: Cosecha (Huaral) y pelado (laboratorio) de camote	64
Figura 3: Clones de camote	64
Figura 4: Determinación de humedad	65
Figura 5: Determinación de ceniza	65
Figura 6: Digestión de proteínas	65
Figura 7: Determinación de grasa	66
Figura 8: Determinación de fibra cruda	66
Figura 9: Espectrofotómetro UV-Vis, Genesys 10S UV-Vis	66
Figura 10: Harina de los clones de camote	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Métodos y procedimientos utilizados en la caracterización nutricional	48
Anexo 2: Determinación del contenido fenólico total	51
Anexo 3: Determinación del contenido de flavonoides totales	52
Anexo 4: Determinación del contenido total de carotenoides	52
Anexo 5: Determinación de la capacidad antioxidante por el método de ABTS	53
Anexo 6: Determinar la capacidad antioxidante por el método de DPPH	54
Anexo 7: ANVA de Composición Proximal, Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante	61
Anexo 8: Curva estándar de procedimientos de compuestos bioactivos	62
Anexo 9: Cosecha y pelado de camote	64
Anexo 10: Muestras de clones	64
Anexo 11: Equipos	65

RESUMEN

La investigación permitió determinar la composición nutricional y compuestos bioactivos de diez clones promisorios de camote (*Ipomoea batatas* L.) del INIA, provenientes de la Estación Experimental Agrícola Donoso – Huaral - Lima, material vegetal que fue acondicionado para el análisis proximal. La evaluación de la composición nutricional presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) y mostró valores en el rango 74,29 a 85,45% de humedad; materia seca 14,55 a 25,71%; ceniza 2,85 a 7,41%; grasa 0,54 a 2,97%; fibra 2,92 a 4,95%; proteína 5,31 a 9,38%; carbohidratos 82,69 a 91,29% y calorías 379,48 a 395,75 kcal por 100 gramos de muestra. Los compuestos fenólicos reportaron valores de 161,22 a 253,99 mg GAE/100 g de muestra. De otra parte, el contenido total de flavonoides reportaron valores de 41,57 a 549,10 mg CE/100 g. Asimismo, los carotenoides presentaron valores entre 12,94 a 123,14 mg β -caroteno/100 g de camote. Los valores de ABTS mostraron de 5,94 a 11,03 μ mol TE/g de muestra. Los valores de DPPH fueron de 2,75 a 6,68 μ mol TE/g de muestra. De este estudio se puede destacar que el camote es fuente natural de compuestos bioactivos y por consiguiente de compuestos antioxidantes que pueden prevenir enfermedades crónicas.

Palabras clave: Capacidad antioxidante, carotenoides, compuestos fenólicos, fitoquímicos, flavonoides.

ABSTRACT

The research allowed to determine the nutritional composition and bioactive compounds of ten promissory clones of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) from INIA, from the Agricultural Experimental Station Donoso - Huaral - Lima, vegetal material that was conditioned for the proximal analysis. The evaluation of the nutritional composition showed significant differences ($p > 0,05$) and showed values in the range 74,29 to 85,45% of humidity; dry matter 1455 to 25,71%; ash 2,85 to 7,41%; fat 0,54 to 2,97%; fiber 2,92 to 4,95%; 5,31 to 9,38% protein; carbohydrates 82,69 to 91,29% and calories 379,48 to 395,75 kcal per 100 grams of sample. The phenolic compounds reported values of 161,22 to 253,99 mg GAE/100 g of sample. On the other hand, the total content of flavonoids reported values of 41,57 to 549,10 mg CE/100 g. Likewise, the carotenoids showed values between 12,94 to 123,14 mg β -carotene/100 g of sweet potato. The ABTS values showed from 5,94 to 11,03 $\mu\text{mol TE/g}$ of sample. The DPPH values were from 275 to 6,68 $\mu\text{mol TE/g}$ of sample. From this study it can be highlighted that the sweet potato is a natural source of bioactive compounds and therefore of antioxidant compounds that can prevent chronic diseases.

Keywords: Antioxidant capacity, carotenoids, phenolic compounds, phytochemicals, flavonoids.

I. INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomoea batata* L.) es un tubérculo originario de América, cultivado principalmente en zonas tropicales y subtropicales, es el quinto cultivo más importante en países tropicales debido a su fácil adaptación al medio y el 95% de la producción mundial se obtiene en países en vías de desarrollo (FAOSTAT, 2013). Este tubérculo posee un alto contenido de energía debido a los carbohidratos (20-25%) fácilmente digeribles, como también un rico valor nutricional debido a su fuente natural de carbohidratos, fibra dietaria, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos: fenoles, betacarotenos, antocianinas, flavonoides (FAO, 2006).

Los hábitos alimentarios están basados en consumo de bajos niveles de vegetales y elevado contenido de calorías, grasa y carbohidratos, usualmente asociado con enfermedades crónicas tal como arterosclerosis, degeneraciones neurológicas, envejecimiento, cáncer, diabetes e inflamaciones. Una dieta alimentaria con camote se constituye en una alternativa, como fuente de antioxidantes para atenuar y proteger el organismo humano de enfermedades crónicas asociadas con el estrés oxidativo, inducido por factores endógenos y exógenos que crea desequilibrio entre el radical libre y los sistemas de defensa antioxidante, debido a sus componentes polifenólicos, flavonoides, carotenoides, antocianinas y proteínas (Rumbaoa *et al.*, 2009). La actividad antioxidante de los fitoquímicos presentes en el camote puede ser medido por su contenido fenólico total, carotenoides totales, flavonoides totales, capacidad antioxidante contra los radicales libres, mediante los métodos ABTS y DPPH (Huang *et al.*, 2010).

Por otro lado, cabe destacar que la deficiencia de vitamina A es la primera causa de muerte temprana en los niños y un factor de riesgo mayor para mujeres embarazadas y lactantes. Se estima que 10 de cada 1000 muertes en el mundo, ocurre anualmente en niños. Algunos estudios en Sudáfrica demostraron que el consumo de 125 g de camote de pulpa naranja mejora la presencia de vitamina A en niños y puede cumplir un rol importante en los países en desarrollo como una estrategia alimentaria viable a largo plazo

para controlar la deficiencia de vitamina A (Van Jaarsveld *et al.*, 2005). Los niños y mujeres embarazadas son más propensos a sufrir desnutrición por deficiencias de vitamina A. La Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó que esa deficiencia (VAD) afecta cerca 190 millones de niños en edad preescolar y 19 millones de mujeres embarazadas, principalmente en África y Sur Este de Asia (WHO, 2011).

En ese sentido el estudio financiado por el INIA en el marco del proyecto “Evaluación y selección de clones promisorios de camote (*Ipomoea batatas* L.) para el mercado nacional, de exportaciones y la industria” ejecutada en el INIA-Perú y plantea como objetivo principal: Determinar el valor nutricional y compuesto bioactivos de diez clones de camotes (*Ipomoea batatas* L.)” y como objetivos específicos: Determinar el contenido de proteínas, grasa cruda, fibra cruda, cenizas, humedad y carbohidratos de diez clones promisorios de camote del INIA; evaluar el contenido de compuestos fenólicos, carotenoides totales y flavonoides totales de diez clones promisorios de camote del INIA; y evaluar la actividad antioxidante según los métodos DPPH y ABTS de diez clones promisorios de camote del INIA.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. El camote

El camote (*Ipomoea batatas* L.), cultivo ampliamente conocido por ser consumido en más de 100 países, aunque el 95% de la producción mundial se obtiene en países en vías de desarrollo, donde ocupa el quinto lugar en importancia después del arroz, trigo, maíz y yuca; con una producción anual mayor a 135 millones de toneladas. Es un alimento reconocido como eficaz en la lucha contra la desnutrición debido a sus características nutritivas y facilidad de cultivo y producción (FAOSTAT, 2013). Esta raíz tuberosa se cultiva principalmente en zonas tropicales y subtropicales de las regiones costa y sierra, conocido como batata o boniato según el país de origen. Es una planta herbácea y perenne (Albán *et al.*, 2011).

2.1.2. Variedades de camote liberadas por el INIA

Para la obtención de nuevas variedades de camote, el INIA realizó ensayos en distintos ambientes del país, con participación de agricultores en la evaluación del material genético. La fuente principal de material genético fue el Programa de Mejoramiento Genético del CIP, y la colecta de material nativo del Programa del INIA (CIP 2002).

Cañetano – INIA. Camote amarillo, tipo "apichu" (dulce) de color de piel y pulpa naranja clara, raíces tuberosas de forma redonda, de 4 meses de período vegetativo; fue seleccionado por el Programa de Mejoramiento Genético del CIP en San Ramón, en 1988, y proviene de policruzamiento recolectada en un campo experimental (La Yarada) de la Universidad Nacional de Tacna.

Imperial - INIA. Es un camote tipo "kumara" (no dulce), de color de piel y pulpa crema, contenido de materia seca 28-30%, contenido de almidón 19-21%, variedad para actividades de procesamiento alimentario e industrial, adecuado para la producción de almidón, período vegetativo cinco meses, resistente a nemátodos. Esta

variedad fue entregada al Programa Nacional de Papa y Camote del INIA por el Departamento de Genética y Mejoramiento del Centro Internacional de la Papa en 1992 y evaluada en costa central y norte del Perú.

INA 100-INA. Camote amarillo tipo "Apichu", color de piel y pulpa naranja intenso, periodo vegetativo (cuatro meses), contenido de materia seca 22-24%, susceptible al ataque de nemátodos. Tiene como progenitor femenino a la variedad "Jewel" y como progenitor masculino se utilizó una mezcla de polen de las principales variedades peruanas y extranjeras. El mejoramiento se efectuó en la Estación Experimental de San Ramón (Junín) del CIP.

INIA 306 – Huambachero. De tipo morado, color de piel morada oscura y pulpa naranja, contenido de materia seca 30-32%, periodo vegetativo (4-5 meses), resistente al ataque de nemátodos. Esta variedad se seleccionó del material genético nativo colectado en 1996 en el valle de Huacho.

Clon 199062.1. Camote amarillo tipo "apichu" de color de piel naranja y pulpa naranja clara, periodo vegetativo de cinco meses, contenido de materia seca 32%, facilita la comercialización en zonas alejadas, adecuado para consumo fresco y procesamiento, el rendimiento va de 30-35 toneladas/hectárea, resistente al ataque de nemátodos. Este clon fue seleccionado en ensayos de observación en los valles de Chíncha, Cañete y Huaral.

2.1.3. Clasificación morfológica

Huamán (1992) realizó la siguiente clasificación por la forma.

Familia	:	Convolvulaceae
Tribu	:	<i>Ipomoeae</i>
Género	:	<i>Ipomoea</i>
Sección	:	<i>Batatas</i>
Especie	:	<i>Ipomoea batatas</i> (L), Lam

Nombres comunes: boniato, batata douce, Camote, apichu, kumara.

Existe una gran cantidad de genotipos, que localmente son clasificados por la coloración, sabor y textura de la raíz, así como por la morfología de la planta (Fonseca *et al.*, 1994).

El camote es una planta herbácea de crecimiento recto, semirecto, extendido y muy extendido, sus raíces reservantes presentan una longitud de 30 a 40 cm y un diámetro de 15 a 20 cm (Huamán, 1992; FAO, 2006). El tallo es de forma cilíndrica, en general de un metro de longitud y con las hojas simples, de forma y tamaño variado, distribuidas en espiral. Las flores pueden presentarse o no, de coloración variada desde el verde pálido a púrpura oscuro y el fruto es una cápsula de 1 a 4 semillas (Huamán, 1992; FAO, 2006).

La parte más aprovechable para el consumo humano son las raíces reservantes, cuya variación de color tanto en cáscara como pulpa son blanco, crema, amarillo, anaranjado, rojo y morado (FAO, 2006; Loebestein y Thottappilly, 2009).

Es un cultivo que se adapta desde el nivel del mar hasta los 2,500 metros de altura, para establecimiento de plantaciones comerciales se cultiva entre los 0 y 900 metros sobre el nivel del mar, donde se presentan temperaturas de 20 a 30°C, las cuales aceleran su metabolismo (FAO, 2006).

2.1.4. Origen y distribución

Los estudios basados en el análisis de caracteres morfológicos y el número de especies silvestres del género *Ipomoea*, postularon que el centro de origen del camote fue la península de Yucatán en México y la desembocadura del río Orinoco en Venezuela. Asimismo, el camote cuenta con centros secundarios de diversidad genética como la región comprendida entre Perú y Ecuador. Ciertas investigaciones muestran que se cultivó desde hace más de 10 mil años en la región Ayacucho (Zhang *et al.*, 2000^a).

2.1.5. Importancia del cultivo

En la mayoría de los países en desarrollo se trata de un cultivo de subsistencia, tolerante a amplias condiciones de suelo y climas. Su principal característica su fácil adaptación desde el nivel del mar hasta los 2500 metros de altura, por lo que se ha convertido en cultivo básico para la alimentación de las comunidades que viven en las tierras altas de Uganda, Ruanda y Burundi en África y en Papua y Nueva Guinea. Los países asiáticos, particularmente China, son los principales productores, abarcando el 80% de la producción mundial (FAO, 2006).

El interés por el camote, es debido sobre todo a su alto contenido de β -caroteno (provitamina A), usado por muchas organizaciones para combatir la ceguera y enfermedades provocadas por deficiencia de vitamina A, especialmente en países pobres (Ávalos, 2008).

En el Perú, la mayor zona de producción está en la Región Lima con el 70% de la superficie cultivada. Los valles costeros de Ancash, Lambayeque, La Libertad, Ica y Arequipa registran volúmenes muy importantes de producción (INIA, 2006).

2.2. VALOR NUTRICIONAL Y COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El camote, desde varias décadas atrás fue utilizado como alimento estratégico para superar épocas de escasez como lo ocurrido en China y Uganda, en los primeros años de las décadas de 1960 y 1990, respectivamente (Neff, 2012).

El valor nutritivo del camote es mayor que la papa, ya que es fuente importante de fibra, antioxidantes, vitaminas y minerales. El camote amarillo, especialmente el de pulpa naranja, presenta contenido de beta-caroteno mayor que la zanahoria y son suficientes 4 rebanadas para cubrir el requerimiento diario de vitamina A en una persona. Su uso como alimento funcional, está recomendado contra la deficiencia de vitamina A que provoca el retraso del crecimiento en los niños, piel

reseca, problemas visuales e incluso pérdida de la visión, muy comunes en países en vías de desarrollo (Linares *et al.*, 2008).

En el cuadro 1 y 2 se muestra un resumen de la composición proximal del camote.

Cuadro 1. Composición proximal del camote

Componentes	Cantidad
^{bh} Humedad (%)	¹ 52-87
^{bh} Matria seca (%)	¹ 13-48
^{bs} Proteínas (%)	² 10,07
^{bs} Fibra cruda	³ 4,62; ⁴ 11,05
^{bs} Cenizas (%)	² 4,50
^{bs} Grasa (%)	² 2,70
^{bs} Carbohidratos (%)	⁴ 38,30
^{bs} kcal (100 g)	² 217,78

Fuente: ¹ Loebestein y Thottappilly (2009); ² Woolfe (1992); ³ Linares *et al.* (2008); ⁴ FAO (2006); bh = Base húmeda, bs = Base seca.

La composición nutricional del camote varía significativamente entre los distintos genotipos, además está influenciado por las condiciones agroecológicas del cultivo, estado de madurez, entre otros factores (Ukom *et al.*, 2009).

Los componentes del camote son el almidón, fibra cruda, proteína, cenizas y grasa en variedades dulces, y están en rangos de 42,4-77,3 g, 1,9-6,4 g, 1,1-4,9 g, 1,3-9,5 g y 0,2-3,0 g por cada 100 g de muestra en base seca, respectivamente (Ishida *et al.*, 2000; Mei *et al.*, 2010).

El almidón es un carbohidrato principal del camote dulce, representa aproximadamente 80% de la materia seca. El contenido de amilosa de fécula de camote dulce varía entre 0 y 34,16% entre genotipos (Zhu y Wang, 2014).

El total de carbohidratos disponibles en el camote es del 25 a 30%, de los cuales el 98% son de fácil digestión. Cuando se somete a tratamiento térmico la concentración de azúcares aumenta por la hidrólisis del almidón dada por la enzima α -amilasa (Albán *et al.*, 2011).

Cuadro 2: Composición nutricional en 100 gramos de camote

	Humeda d (%)	Ceniza (%) (bh)	Grasa (%) (bh)	Fibra (%) (bh)	Proteín a (%) (bh)	Carbohidrat os (%) (bh)	Kcal (bh)
u a			0,10		1,60	20,10	86
e b ñ	69,90	1,10	0,20	1,00	1,20	27,60	116
t c e			0,30	0,90	1,40	25,70	110

: a: USDA's National Nutrient Database for Estándar citado por Ruíz, 2010; b: Tabla Peruana de Composición de Alimentos. MINSA, 2009; c: Herrera *et al.*, 2013. bh: Base húmeda.

La cantidad de proteína disponible es baja, 1 a 4% del peso fresco, pero posee un contenido de aminoácidos muy balanceado, destacando en su composición el ácido aspártico y ácido glutámico. La proteína es deficiente en cisteína, metionina, lisina y leucina. Además, la humedad es 69,68% y ceniza 0,997% (Albán *et al.*, 2011).

Requerimiento de calorías y vitamina A.

En los cuadros 3 y 4 se muestran los requerimientos de Vitamina A por edades, como también el requerimiento de calorías por edad y sexo.

Cuadro 3. Ingestas recomendadas de energía y nutrientes para la población

Categoría	Proteínas	Vit. A	Energía (kcal)
Edad	(g)	Eq Retinol µg	
Ambos sexos			
0-6 meses	16,2	375	525
6-11 meses	19,6	400	700
1-3 años	19,3	400	1050
4-6 años	27,3	450	1350
7-9 años	36,7	500	1700
Niñas			
10-18 años	56,0	600	2000
Niños			
10-18	57,5	600	2400
Mujeres			
19-65 años	55,0	500	2050
Embarazadas	+ 6,0	800	+ 278
Lactantes	+ 17,5	850	+ 450
65 o + años	55,0	600	1850
Hombres			
19-65 años	65,0	600	2600
65 o + años	65,0	600	2150

2004: Proteínas: OMS, 1985; UNU/Fundación CAVENDES, 1988: Vitaminas: FAO/OMS, 2002.

La vitamina A (retinol), se encuentra solo en productos de origen animal que han convertido el caroteno ingerido de los vegetales en vitamina A. Sin embargo, la provitamina A se encuentra en todos los vegetales amarillos y verdes como: zanahoria, camote, espinaca, brócoli, etc. (Carbajal, 2013).

Cuadro 4. Requerimiento diario de Vitamina A por edad.

Categoría	Vitamina A (Hidrosoluble) ug/día
Niños: 1-3 años	400
4-6 años	450
7-9 años	500
Adolescentes: Mujeres 10-18 años	600
Hombres 10-18 años	600
Adultos: Mujeres 19-50 años	500
51-65 años	500
Hombres 19-51 años	600

Fuente: FAO/WHO, 1988.

La carencia de vitamina A, provoca ceguera nocturna y otras anomalías visuales, así como trastornos estructurales de los ojos, la piel, los dientes y huesos (FAO/WHO, 1998).

2.3. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Los compuestos biológicamente activos o bioactivos, son metabolitos secundarios que se pueden encontrar en plantas, alimentos de origen animal, bacterias y hongos. Como tales, no se consideran nutrientes; sin embargo, aportan beneficios para la salud en distintos de los aspectos nutricionales básicos, pero también afectan los procesos fisiológicos, las funciones del organismo y el estado de salud, siendo preventivos de muchas enfermedades (Muñoz *et al.*, 2007).

Un antioxidante es considerado como una sustancia que tiene la capacidad de disminuir significativamente o inhibir la oxidación del sustrato, incluso en concentraciones más bajas que el sustrato oxidable, es así que el antioxidante al colisionar con el radical libre (RL) le cede un electrón oxidándose a su vez y transformándose en un radical libre débil no tóxico (Tiburcio *et al.*, 2010).

Los radicales libres son moléculas que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo,

lo que le da una configuración espacial que genera una alta inestabilidad (Halliwell y Gutterioge, 1999).

Los antioxidantes tienen diferentes mecanismos de acción: unos impiden la formación de los radicales libres (sistema de prevención), otros inhiben la acción de los radicales libres (sistema barredor) y otros favorecen la reparación y la reconstrucción de las estructuras biológicas dañadas (sistema de reparación).

Cuando existen condiciones normales se produce un equilibrio entre la generación de radicales libres y su neutralización por los sistemas de defensa antioxidante. El problema se origina cuando este equilibrio es alterado, ya sea por la sobreproducción de radicales libres, por la deficiencia de compuestos bioactivos en el organismo o ambos; esto conlleva a que se genere un estado denominado “estrés oxidativo”, que es un proceso de deterioro cuyo efecto final es la muerte celular (Criado y Moya, 2009).

Los compuestos antioxidantes son importantes para los seres vivos ya que cumplen con la función de neutralizar los radicales libres, que pueden causar daño oxidativo a biomoléculas (lípidos, proteínas, ADN), desencadenando enfermedades crónicas tales como la arterosclerosis, diabetes, cáncer, infarto del miocardio, derrame cerebral, envejecimiento y otras enfermedades degenerativas en los seres humanos (Uttara *et al.*, 2009).

La mayor capacidad antioxidante de frutas y vegetales es debido a su contenido de vitamina E, ácido ascórbico, antocianinas, carotenos, flavonoides, así como diferentes polifenoles, tales compuestos son dependientes de las condiciones agronómicas y ambientales del cultivar.

En los vegetales de colores vivos que va del color amarillo al rojo oscuro existe gran cantidad de polifenoles generalmente en la cáscara y piel, los colores rosa, rojo, azul, malva y violeta de ciertos vegetales se deben a la presencia de compuestos fenólicos, entre ellos las

antocianinas, mientras que la presencia de colores cremas, anaranjados y amarillos son indicativos de carotenoides (Badui, 2006).

2.3.1. Compuestos fenólicos totales

Los fenoles son compuestos químicos con actividad antioxidante como captadores de radicales libres para neutralizar peligrosas especies reactivas de oxígeno e iones metálicos quelantes (Flores *et al.*, 2002), su potencial antioxidante es dependiente del número y posición de los grupos hidroxilos y de su conjugación, así como de la presencia de electrones donadores en su estructura.

Existen más de 8000 compuestos fenólicos que difieren en estructura química y en actividad, provienen de alimentos de origen vegetal tales como frutas, semillas, vegetales, cereales y bebidas como vino, té, cerveza, su distribución en tejidos y células vegetales, varían considerablemente entre compuestos (Jáuregui *et al.*, 2007). Estos metabolitos esenciales para el desarrollo y reproducción de las plantas, actúan como agentes protectores frente a patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa a condiciones de estrés, alelopatía y factores ambientales (Waitzel, 2006).

Los polifenoles forman parte de un conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de tener varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxílicas (Maureen y Prieto, 2000). La mayoría de los compuestos polifenólicos poseen una estructura de tres anillos, dos aromáticos y un heterocíclico oxigenado, los más sencillos tienen un anillo aromático y conforme aumenta el número se vuelve más compleja la estructura (Mercado *et al.*, 2013).

Flavonoides totales: Los flavonoides son constituyentes de las plantas muy valiosos en la captura de radicales libre, debido a la gran cantidad de grupos hidroxilos presentes en su estructura (Badui, 2006). Los flavonoides pertenecen a la mayor clase de compuestos

polifenólicos ampliamente distribuidos en las plantas y entre ellos se pueden encontrar flavonas, flavonoles, isoflavonas, flavonoles, catequinas, flavononas (Fenema, 2000; Badui, 2006). Son de gran interés, debido a su gran importancia en la dieta humana y la gran variedad de actividades biológicas que estos presentan; entre ellas inhibición de enzimas hidrolíticas y oxidativas (fosfolipasa, ciclooxigenasa, lipoxigenasa), efectos antibacteriales, actividad antiinflamatoria y antioxidante. Estos actúan como antioxidantes; ayudan a contrarrestar o disminuir el riesgo de cáncer, enfermedades cardiovasculares, estrés oxidativo (Zheng y Wang, 2001; Badui, 2006).

2.3.2. Carotenoides totales

Los carotenoides son pigmentos orgánicos (rojo, amarillo y naranja) distribuidos en la naturaleza. Se estima que la producción anual de carotenoides en la naturaleza es de alrededor de 100 mil toneladas. Estos pigmentos son sintetizados en su mayoría por algas de los océanos, algunas clases de hongos (*Phycomyces*) y bacterias (*Flavobacterium multivorum* y *Brevibacterium linens*).

El nombre genérico deriva de la zanahoria, *Daucus carota*, ya que fue de esta hortaliza de donde se aislaron por primera vez. Se encuentran en frutas, verduras, flores, semillas y algunas estructuras animales.

En la dieta, fuentes mayoritarias de β -caroteno son las zanahorias, espinacas, acelgas, brócoli, níspero, pimiento rojo y apio verde. En general, las mayores concentraciones de carotenoides se encuentran en aquellos tejidos con gran cantidad de clorofilas (Fenema *et al.*, 2000; Badui, 2006). Estos componentes juegan funciones muy importantes en la fotosíntesis y en la protección de los tejidos vegetales. Pero el papel más importante en la dieta es su capacidad para funcionar como precursor de la vitamina A. Sin embargo, para obtener beneficios de los carotenoides, estos deben absorberse, transportarse y depositados en ciertos tejidos (Badui, 2006).

Constituyen también, los principales pigmentos de ciertas flores amarillas, anaranjadas y rojas. Además, se encuentran dispersos en los componentes lipídicos de ciertos productos alimenticios de origen animal, tales como la leche, mantequilla, yema de huevo, mariscos y peces (Cheftel 1976).

Son varios los factores que afectan el contenido de carotenoides en las plantas, entre los cuales se pueden mencionar, los factores genéticos, el estado de madurez del vegetal, su procesamiento y almacenamiento; factores ambientales como, la exposición a la luz, condiciones del cultivo y enfermedades de los vegetales (Fenema *et al.*, 2000).

2.3.3. Capacidad antioxidante

El efecto beneficioso de los alimentos vegetales se atribuye principalmente a sustancias con actividad antioxidante como los compuestos polifenólicos, el ácido ascórbico, carotenoides y vitamina E.

Existen dos tipos principales de antioxidantes: el “primario” (ruptura de la reacción en cadena, secuestradores de radicales libres), y el “secundario” o “preventivo”. Los mecanismos antioxidantes “secundarios” pueden incluir la desactivación de metales, inhibición de los hidroperóxidos lipídicos interrumpiendo la producción de volátiles indeseables, la regeneración de antioxidantes “primarios”, así como la eliminación de oxígeno en estado singulete (Namiki, 1990).

Los métodos ABTS y DPPH evalúan la capacidad de la muestra para neutralizar radicales libres, ambos presentan excelente estabilidad en ciertas condiciones, aunque también muestran diferencias (Mercado *et al.*, 2013).

Cuadro 5: Compuestos bioactivos y actividad antioxidante en camote.

Componente	$\mu\text{g/g}$	$\text{mg}/100\text{g}^{**}$	$\mu\text{mol/g}$
Carotenoides totales	4,46-157,9 ^b	0,45-15,79	
	1,2-216 ^c	0,12-21,6	
	510,39 ^g	51,04	
	41,7-251 ^h	4,17-25,10	
	3,2-665 ⁱ	0,32-66,50	
	16800 $\mu\text{g}/100\text{g}^k$	16,8	
		0,50-44,6 ^l	
		88,36 ^m	
Compuestos fenólicos	4,15-16,8 mg/g^b	287,68 ^a	
		415-1680	
		96,03-864,26 ^{n*}	
		233,06 ^{n*}	
	16,1-74,6 mg/g^f	1610-7460	
		501,69 ^g	
		4,79-6,42 ^l	
	1099 ^m		
		1992,7-1159 ^j	
Flavonoides totales		7,24 ^a	
		241,28 ^g	
		22,02-35,47 ^l	
DPPH			23,33-27,79 ^b
ABTS			6,20-9,20 ⁱ

Fuente: a=Ruíz, 2013; b=Tang *et al.*, 2015; c=Tomlins *et al.*, 2011; f=Lim *et al.*, 2013; g=Duvivier *et al.*, 2010; h=Bechoff *et al.*, 2010; i=Kim *et al.*, 2015; j= Rumbaoa *et al.*, 2009; k=Dansby and Howell-Benjamín, 2003 (harina); l=Huang *et al.*, 2006; m=Herrera *et al.*, 2013; n=Yoshimoto, 1999; ñ=Vinson, 1998. * Citado por Rumbaboa *et al.*, 2009. ** Valores convertidas de sus valores originales $\mu\text{g/g}$ o mg/g .

El DPPH puede obtenerse sin una preparación previa, mientras que el ABTS tiene que ser generado tras una reacción que puede ser química (dióxido de manganeso, persulfato potasio), enzimática (peroxidasa, mioglobina), o eletroquímica; una ventaja del radical ABTS es que su espectro presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico, a diferencia del DPPH que presenta un pico de absorbancia a 515 nm (Kuskoski *et al.*, 2005).

El ensayo ABTS consiste en la técnica de decoloración, en la cual el radical es generado directamente en una forma estable antes de la

reacción con los antioxidantes (Re *et al.*, 1999). El radical ABTS es soluble tanto en medio acuoso como orgánico permitiendo la evaluación de antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos, por desgracia la cinética de reacción del ABTS con algunos antioxidantes puede ser bastante lenta y por ende el punto final de medición debe fijarse de forma arbitraria (Alam *et al.*, 2012), los resultados son expresados como equivalentes de TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), usado como antioxidante sintético.

El método DPPH desarrollado por Brand *et al.*, (1995) se fundamenta en la medición de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH, presenta un color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo pálido al reaccionar con una sustancia antioxidante. La reducción del DPPH se monitorea espectrofotométricamente por la disminución en la absorbancia a una longitud de onda de 515 nm.

2.4. USOS

El camote presenta inconvenientes para panificación: la carencia de gluten, que es un componente proteico responsable de la esponjosidad de los productos de panadería. No obstante, dicha característica lo hace atractivo en la elaboración de productos destinados a los celíacos, personas que presentan diferentes grados de intolerancia al gluten. Industrialmente, destaca la elaboración de hojuelas (chips) de camote, similares a las hechas con papa; y la producción de jugos, cervezas y colorantes para alimentos, a partir de variedades de pulpa morada y anaranjada. Asimismo, el soju es un aguardiente tradicional en algunas regiones de Japón, preparada a partir de camote rico en antocianinas y carotenos que le otorgan sabores frutados. Actualmente se evalúa la posibilidad de usar residuos industriales de camote para producir aditivos de alimentos o suplementos nutricionales, ya que son fuente de fibras, compuestos antioxidantes y otras sustancias con efectos positivos para la salud (Martí *et al.*, 2011).

2.5. ANTECEDENTES

Según Chen *et al.*, (2003), analizaron la composición química de tres variedades típicas de camote, entre ellas el XuShu18, SuShu2 y SuShu8 cultivadas y muy consumidas en la China Comunista, y llegaron a obtener resultados: humedad de 63,3 a 81,4 %; materia seca de 18,6 a 31,9 %; expresado en base seca proteína 4,9 a 5,5%, lípido 1,0 a 1,5 %, ceniza 2,2 a 3,1 % y fibra 1,9 a 4,4%.

De otra parte, Dansby and Howell-Benjamín, (2003), realizaron la caracterización de la composición proximal de camote fresco y harina de camote hidropónico y concluyeron que los resultados fueron: en camote fresco la humedad 84,7%, ceniza 0,91%, grasa 0,89%, proteína 1,2%, carbohidratos 12,6%, y en harina de camote humedad 3,0%, ceniza 4,5%, grasa 1,0% y proteína 1,0% y carbohidratos 90,6%, con cambios no significativos en almacenamiento. El contenido de carotenoides fue 1566 µg β-caroteno/100 g en camote fresco. La harina no presentó deterioro en la calidad después de cinco meses de almacenamiento.

Aina *et al.*, (2009), reportaron las propiedades químicas y fisicoquímicas de 21 cultivares de camote del Caribe, y determinaron que la humedad osciló entre 62,9 y 83,8%; proteínas varió entre 1,9 y 4,4%; grasa entre 0,23 y 1,83%. Cenizas, en la que se incluye los minerales, fue significativamente diferente, variando de 1,9 a 4,4%. El contenido de azúcar varió de 1,8% a 4,7%. Concluyen que estos cultivares son de interés para la incorporación dentro de los alimentos saludables, porque las antocianinas y carotenoides son antioxidantes de la dieta popular.

Rumbaoa *et al.*, (2009), estudiaron el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante en cinco variedades de camote cultivados en Filipinas y determinaron el contenido de fenoles totales entre 192,7 a 1159 mg GAE/100 g de muestra seca y concluyeron que las variedades estudiadas tuvieron alto contenido de fenoles totales y

considerable actividad antioxidante, estos componentes fenólicos son responsables de la actividad antioxidante en extractos de camote.

Duvivier *et al.*, (2010), realizaron el análisis de las propiedades químicas del camote producido en Taiwán y los resultados en base seca fueron: contenido de fenoles 501,69 mg GAE/100 g; flavonoides 241,28 mg CE//100 g, carotenoides 510,39 μg β -caroteno/g. La reducción de actividad antioxidante durante el proceso de secado fue debido a la pérdida de carotenoides y fenoles y sugieren que el proceso térmico perjudica la actividad antioxidante.

Tomlins *et al.*, (2011), encontraron que el contenido de carotenoides totales ($\mu\text{g/g}$) y de materia seca (%) de 11 variedades de camote cultivadas en la Republica de Uganda presentaron diferencias entre los camotes de colores naranja a blanco. Los resultados fueron en contenido de carotenoides, desde 1,2 a 216 $\mu\text{g/g}$ y materia seca de 26,8% a 39,4%. Los camotes de color naranja más intensas presentan la mayor concentración de carotenoides (pro vitamina A) y, por lo tanto, pueden presentar beneficios nutricionales muy potenciales para los consumidores, especialmente para los niños. Sin embargo, dado que el color naranja visual parece tener una relación con la concentración de carotenoides, las variedades con un contenido relativamente bajo de carotenoides pueden parecer de intensidad similar a aquellas con un contenido de carotenoides mucho más alto y, por tanto, beneficioso para la nutrición. Por ende, los consumidores que seleccionan para su beneficio nutricional (basado en el color naranja) pueden seleccionar aquellos que no son tan beneficiosos como se perciben.

Lim *et al.*, (2013), analizaron las propiedades asociadas con la prevención del cáncer, con la colaboración de Kansas State University, Kansas USA, International Potato Center, Kumasi Ghana, etc. Los resultados obtenidos fueron: 19,9 a 32,0% en materia seca; 1,5 a 2,2% proteína; 0,2% grasa; 1,1 a 1,4% ceniza; 12,0 a 15,8%

fibra dietaria; contenido fenoles totales de 16,1 a 74,6 mg GAE/g (bs) y actividad antioxidante de 47,9 a 84,4 mg TE/g (bs). Los resultados concluyeron que el camote enriquecido con antocianina P40 tiene beneficios preventivos contra cáncer colorectal induciendo mecanismos de detención del ciclo celular, antiproliferativos y apoptóticos, lo que le convierte en un potencial alimento de uso dietético en poblaciones de riesgo.

Ruíz (2013), encontró los siguientes resultados: humedad (74,03%) y materia seca (25,97%); en base seca se determinaron ceniza (3,90%), grasa (1,08%), proteína (6,30%) y fibra (3,66%). Los azúcares totales (21,69%), carotenoides (4,61 μg β -carotenoides/g), compuestos fenólicos (287,68 mg GAE/100g), flavonoides (7,24 mg QE/100g), capacidad antioxidante (107,55 mg BHA/E/100g). Debido a sus propiedades antioxidantes puede ser usado como un producto funcional, cuya demanda, se encuentra en crecimiento especialmente el internacional, ya que el consumidor desea alimentos que brinden beneficio extra a su salud, como la prevención de enfermedades.

Islam *et al.*, (2015), realizaron estudios en camote de color naranja cultivadas en la Republica de Bangladesh y concluyeron que el contenido de carotenoides fue mayor en muestras crudas comparadas con las muestras hervidas y los resultados fueron similares a los reportados en otros estudios donde las muestras crudas de OFSP (camote de pulpa naranja) contenían significativamente más carotenoides que las muestras hervidas. Las concentraciones más bajas en la muestra hervida podrían deberse a la pérdida de carotenoides durante la ebullición. Entre las siete variedades de camote, el contenido de carotenoides totales, tanto en crudas como en hervidas, fue mayor en Kamalasundari (Bari SP-2) (61,94 $\mu\text{g/g}$ vs 58,32 $\mu\text{g/g}$) y el más bajo en Bari SP-5 (19,31 $\mu\text{g/g}$ vs 18,24 $\mu\text{g/g}$). Por lo tanto, las variedades con mayor contenido de carotenoides podrían utilizarse como un suplemento alimentario para combatir la deficiencia de vitamina A entre las personas pobres y carentes de

nutrientes de Bangladesh.

Tang *et al.*, (2015), analizaron cinco variedades de camote procesados y crudo cultivadas en la República de China, llegaron a la conclusión que el contenido de fenoles totales (TPC) más alto se mostró en camote crudo dentro del rango de 4,15 a 16,8 mg GAE/g. Las variedades de camote crudo y procesado difirieron en su contenido de carotenoides totales (TCC) y la muestra crudo presentó mayor contenido en niveles de 4,46 a 157,9 µg/g, y la actividad antioxidante difirieron en sus valores de DPPH y presentaron resultados entre 23,33 y 27,79 µmol TE/g.

Por otro lado, Wang *et al.*, (2016), reportaron los resultados de los estudios realizados en varios tipos de camote cultivadas en la Republica Comunista de China: humedad de 62,8 a 82,2 g/100 g, ceniza 1,1 a 4,9 g/100 g, proteína cruda 1,3 a 9,5 g/100 g, grasa cruda 0,2 a 3,0 g/100 g, carbohidratos 21,9 a 77,3 g/100 g y fibra cruda 1,9 a 6,9 g/100 g, y concluyeron que el camote está convirtiéndose en foco de investigación en los últimos años por sus propiedades nutricionales y funcionales únicas. Estos componentes contribuyen de forma beneficiosa para la salud, tales como efectos antioxidantes, antiinflamatorios, antidiabéticos, antimicrobianos, antiobesidad y antienvjecimiento. El camote puede desarrollarse como un cultivo sostenible para diversos productos alimentarios nutricionalmente mejorados y de valor agregado para promover la salud humana.

2.6. HIPÓTESIS

Hipótesis general

La composición nutricional y los compuestos bioactivos presentes en el camote serán similares en los diez clones promisorios del INIA.

Hipótesis específicas

- El contenido de proteínas, grasa cruda, fibra cruda, cenizas, humedad y carbohidratos presente en el camote serán iguales para los diez promisorios del INIA.

- El contenido de compuestos fenólicos, carotenoides totales, flavonoides presentes en el camote serán iguales en los diez clones promisorios del INIA.
- La actividad antioxidante según los métodos de DPPH y ABTS presente en el camote serán semejantes en los diez clones promisorios del INIA.

2.7. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.7.1. Variables en estudio

Variable independiente (X): Cultivares de diez clones promisorios de camote del INIA.

Variable dependiente (Y): Composición nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de diez clones promisorios de camote del INIA.

2.7.2. Operacionalización de variables

En el cuadro 6 se muestra las variables con sus dimensiones o sub-variables e indicadores respectivos del trabajo de investigación.

Cuadro 6: Operacionalización de variables en investigación

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Cultivares de camote (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	Diez clones promisorios: 14, 39, 54, 58, 246, 336, 435, 937, 3459 y Benjamín	Madurez comercial
Variable dependiente Composición nutricional de los cultivares	Composición proximal	Humedad, Materia seca, ceniza, grasa, fibra, proteínas, carbohidratos y energía
Compuestos bioactivos de los cultivares	Compuestos bioactivos	Compuestos fenólicos Carotenoides totales
Capacidad antioxidante de los cultivares	Capacidad antioxidante	Flavonoides totales Métodos de DPPH y ABTS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se realizó en las instalaciones de la Sede Central del INIA, en la ciudad de Lima, en el área de “valoración y uso de los recursos genéticos con aptitud industrial”, en el período comprendido entre los meses de diciembre de 2016 a marzo de 2017.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

a) Tipo de investigación: Descriptiva

La investigación fue descriptiva porque se buscó obtener y describir los resultados de la evaluación de la composición nutricional y compuestos bioactivos de diez clones promisorios de camote.

b) Nivel de investigación: Experimental

El nivel de investigación fue experimental porque permitió caracterizar los clones a partir de la evaluación de los componentes nutricionales, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de diez clones promisorios de camote.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS

a) Población

La población estuvo constituida de 20 plantas por cada uno de los diez clones promisorios de camote, manejadas bajo condiciones agroclimáticas de la EEA. Donoso Huaral del INIA.

b) Muestra

La muestra fue de 4 kg por cada clon, acopiándose 40 kg de camote en total y acondicionados previa identificación, y trasladados al laboratorio del INIA, La Molina.

c) Unidades de análisis

La unidad de análisis comprendió 1 kilogramo de cada clon de camote para evaluar los componentes nutricionales, bioactivos y capacidad antioxidante.

3.4. CLONES EN ESTUDIO

El PNIA promovió el estudio experimental de diez clones promisorios de camote, los mismos fueron analizados en la presente investigación para determinar su composición nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante. Estos clones fueron: 14, 39, 54, 58, 246, 336, 435, 937, 3459 y Benjamín.

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis nula: Los diez clones promisorios de camote del INIA presentan igual composición nutricional, compuestos bioactivos y actividad antioxidante.

$$H_0: V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_n$$

Hipótesis de investigación: Al menos uno de los clones promisorios de camote del INIA presenta composición nutricional, compuestos bioactivos y actividad antioxidante diferentes.

$$H_i: V_i \neq V_j$$

3.5.1. Diseño de la investigación

El método aplicado fue experimental, que permitió evaluar y determinar las características nutricionales, bioactivos y capacidad antioxidante, y realizar la comparación respectiva entre los diez clones de camote. Para la estimación y comparación de resultados entre los clones se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) tanto para la evaluación de la composición nutricional y compuestos bioactivos.

Cuadro 7. Esquema de análisis de varianza para el DCA

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
Tratamiento	(t-1)
Error Experimental	t (r – 1)
Total	rt – 1

El modelo estadístico fue la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Observación del cultivar i en la repetición j .

T_i : Efecto del cultivar i .

ε_{ij} : Término de error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

3.5.2. Datos a registrar

Se registró la cantidad de materia prima en estudio (camote), los datos generados de los análisis de la caracterización nutricional y compuestos bioactivos. Los procedimientos y métodos para cada prueba analítica.

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

a) Técnicas

Para la obtención y registro de información y datos, se utilizaron técnicas de recolección a través de fuentes primarias, fuentes secundarias y fuentes de terceros relacionados a la investigación.

La ficha bibliográfica permitió la organización y planificación del trabajo de gabinete durante el desarrollo de la investigación.

La ficha de cita textual permitió obtener registro de datos e información relacionada a la investigación como libros, revistas, tesis, informes, etc.

b) Procesamiento de la información

Los resultados fueron expresados como medias y su respectiva desviación estándar. La descripción estadística incluyó, para prueba de hipótesis, el análisis de varianza (ANVA) unifactorial y la prueba de comparación múltiple Tukey ($p < 0,05$). Los datos fueron procesados con el programa estadístico InfoStat versión 2015.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

Materia prima

Las muestras de camote fueron cultivadas y acopiadas en las parcelas experimentales de la EEA Donoso del INIA en la ciudad de Huaral de la Región Lima Provincias. Fueron producidas, entre los meses de julio a octubre, bajo condiciones agroclimáticas de la zona (altitud 180 msnm, temperatura promedio 22°C, humedad relativa promedio 86%). Se trasladó al área de “valoración y uso de los recursos genéticos con aptitud industrial” del INIA en la ciudad de Lima, donde se procedió a su limpieza, acondicionado y almacenado en condiciones controladas.

Las muestras de cada clon promisorio de camote se almacenaron en congelación a 20°C bajo cero, para posterior análisis proximal y compuestos bioactivos (fenoles totales, carotenoides totales, capacidad antioxidante y flavonoides totales).

Materiales y equipos:

Materiales: Desecador, papel filtro, matraces, pipetas, probetas, buretas, vasos de precipitado, crisoles, embudos, tubos de ensayo, pinzas, balones Soxhlet, fiolas, licuadora, piseta, micropipetas, etc.

Equipos: Estufa de aire forzado, rango de temperatura 20-300°C (UF160Plus; Memmert, Alemania), mufla 1100°C (Thermolyne FB1410M; Thermo Scientific, Alemania), equipo micro-kjeldahl (JP SMS; VELP Scientific, Italia), equipo Soxhlet (SB 162-3; Stuart, Italia), digestor de fibra de temperatura máxima 350°C (FB1419M; Thermo Scientific, USA), balanza analítica, capacidad 0,1 mg a 252 g (AND AyD), refrigerador, congelador (Bosch), espectrofotómetro UV/Vis (Thermo Scientific, Genesys G10S, China), destilador de agua (Reles, DL/OCI, Perú), destilador de alcohol y éter, centrifuga (Rotina, D-78532, 1735, Alemania), molino con 1800 rpm (Retsch ZM200, Alemania) de alto impacto, etc.

Reactivos: Éter de petróleo, ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, etanol 96%, carbonato de calcio, agua destilada, ácido clorhídrico, acetona, sulfato de cobre, sulfato de potasio, ácido bórico, reactivo Folin-Ciocalteu, reactivo 2,2 Diphenyl-1-picryl hidrazyl (DPPH) (Sigma Aldrich Chemistry, Alemania), reactivo Ácido 2,2'azinobis-(3- etilbenzotiazolina)-6-sulfónico (ABTS) (Calbiochem, Alemania), Butylhidroxytolueno (BHT) (Sigma Aldrich Chemistry, Rusia), Trolox (Calbiochem, China), ácido gálico (Merck, Alemania), beta caroteno (Merck, Alemania), catequina (Merck, Alemania), etc.

3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la figura 1, se muestra la secuencia de actividades de la investigación, la recolección del material vegetal, acondicionamiento y posterior caracterización nutricional y compuestos bioactivos de diez clones promisorios de camote.

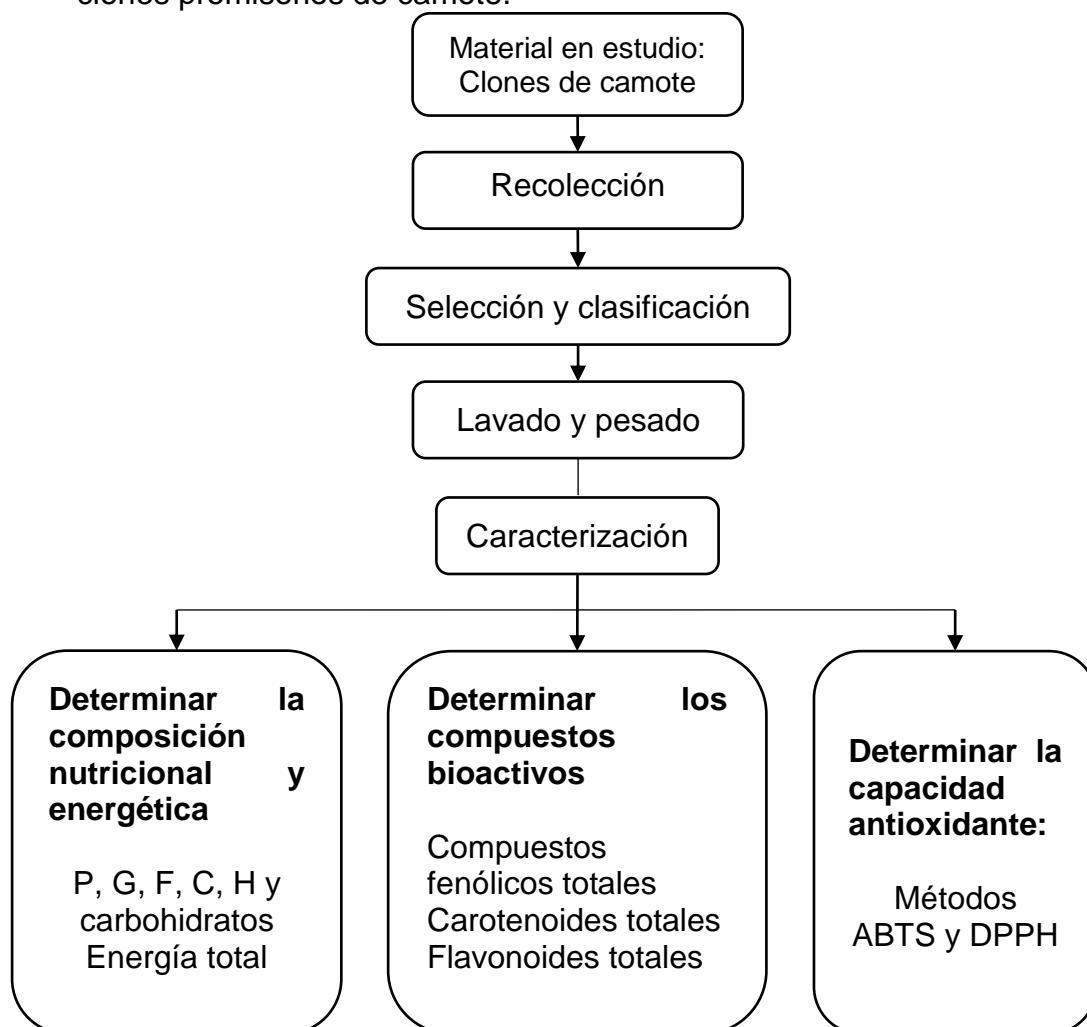


Figura 1. Esquema de actividades del trabajo de investigación

Acondicionamiento del material vegetal

El camote se acondicionó de acuerdo a cada análisis para determinar la composición nutricional, compuestos bioactivos y actividad antioxidante, para ello se utilizó la parte comestible.

Diez clones promisorios de camote fueron analizados en este estudio. Las muestras fueron lavadas y cortadas en cubos pequeños, trituradas en molino, pesado y almacenadas a -20°C.

Caracterización nutricional, compuestos bioactivos y actividad antioxidante

Para determinar la composición nutricional, las muestras fueron lavadas, cortadas en cubos pequeños, pesados y analizados siguiendo la metodología especificada por la Association of Official Analytical Chemist.

Humedad. Se realizó a través de métodos de desecación de 100°-105°C, usando una estufa (UF 160 Plus; Memmert, Alemania) hasta obtener peso constante y evaporar el agua (AOAC 925.09:2000).

Cenizas. Se realizó por el método de calcinación a 650°C, usando una mufla (Thermolyne FB1410M; Thermo Scientific, USA) hasta obtener cenizas blancas y/o grises (AOAC 923.03:2000).

Carbohidratos. El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia según la fórmula:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Ceniza} + \% \text{ Proteína} + \% \text{ Grasa}).$$

Grasa. Se realizó por el método de extracción de la grasa en éter de petróleo usando un equipo Soxhlet (SB162-3; Stuart, Italia) y posterior pesado del extracto. El contenido de grasa se calculó en porcentaje (AOAC 930.09:2000).

Proteínas. Se determinó usando un equipo micro Kjeldahl (JP SMS

gallery; VELP Scientific, Italia) a través del método Kjeldahl basado en la combustión húmeda de la muestra por calentamiento en H₂SO₄, en presencia de catalizadores metálicos, y reducción de nitrógeno de las proteínas a amoníaco que se destiló y cuantificó por volumetría ácido/base (AOAC 984.13:2000).

Fibra cruda. Mediante método de hidrólisis ácido-base, para la obtención de residuo de celulosa insoluble a través de tratamientos ácidos y básicos (AOAC 2000), usando el destilador (FB1419M; Thermo Scientific, USA).

Kilocalorías. El cálculo se realizó sumando los valores de grasa, carbohidratos y proteínas, multiplicado por sus respectivos factores de conversión.

Para determinar los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante, se siguieron los métodos modificados como se detallan.

Preparación de extracto de componentes fenólicos (CTP, CTF, ABTS y DPPH).

Para la extracción de componentes bioactivos se pesaron 0,5 gramos de pulpa de camote fue mezclada con 5 mL acetona/agua/ácido acético (70/29,5/0,5) y dejado en reposo durante la noche a condiciones de congelación a -20°C. La suspensión fue centrifugada y filtrada en membrana de 0,45 µm y reextraída con 5 mL de solvente. La solución filtrada fue diluida a 10 mL. El extracto de la muestra fue almacenado a 4°C protegido de la luz y utilizado como solución stock para análisis subsiguientes.

Determinación de contenido fenólico total

Se determinó por el método modificado por Taga *et al.*, (1984), cuyo procedimiento es detallado en el anexo 1.

Determinación de contenido de flavonoides totales

Se siguió la metodología AICI3 modificado y descrito por Quettier-

Deleu *et al.*, (2000) y Huang *et al.*, (2006), mostrado en el anexo 2.

Determinación de contenido de carotenoides totales

Se utilizó el método de Rodríguez-Amaya y Kimura (2004) y Bechoff *et al.* (2010), mostrado en el anexo 3.

Determinación de capacidad antioxidante

La actividad antioxidante ABTS [2,2'-azinobis-(3-etibenzotiazalina-6-ácido sulfónico)] se determinó siguiendo la metodología descrito por Re *et al.*, (1999), con algunas modificaciones descrito en el anexo 4.

La cuantificación de actividad antioxidante DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) de extractos de camote en determinó usando el método descrito por Huang *et al.* (2010), presentado en el anexo 5.

IV. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL

En el cuadro 8 se muestra la composición proximal de clones de camote, en la que se evidenció una variación de los niveles del contenido de humedad en muestras en el rango de 74,29 a 85,45%. Los clones 435 (85,45%), 3459 (84,24%) y Benjamín (83,24%) fueron superiores a los clones 937 (75,21%), 39 (75,01%), 246 (74,29%). En cuanto al contenido de materia seca, este fluctúa entre 14,55 a 25,71%.

Respecto al contenido de cenizas, éste presentó niveles variables en el rango de 2,85 a 7,41%, y registró diferencias significativas entre clones.

Referente al contenido de grasa, los clones registraron valores entre 0,54% (clon 14) a 2,97% (clon 937). Asimismo, determinó estadísticamente diferencias significativas.

La fibra cruda presente varía entre los niveles 2,92% (336) a 4,95% (clon 435) y presentó diferencias significativas entre clones.

El contenido de proteínas presente en los clones registró niveles variables entre 5,31% (clon 14) a 9,38% (clon 54). Los clones 54, 3459, 58 y 246 presentaron mayor contenido de proteína.

Los clones de camote presentaron contenido de carbohidratos en el rango de 82,69% (clon 3459) a 91,29% (clon 14), mostrando diferencias significativas entre clones.

Finalmente, el aporte de energía calórica en camote fluctuó entre los niveles de 379,48 kcal (clon 54) y 395,75 kcal (clon 937) por cada 100 gramos, con diferencias significativas.

Cuadro 8: Composición proximal de los clones promisorios de camote del INIA.

Clon	Humedad		Materia seca		Ceniza (bs)		Grasa (bs)		Fibra (bs)		Proteína (bs)		Carbohidratos (bs)		Energía	
	%		%		%		%		%		%		%		bs	kcal/100g
14	78,45 ± 0,65 ^f	± 0,65 ^c	21,55 ± 0,65 ^c	± 0,06 ^h	2,85 ± 0,01 ⁱ	± 0,01 ⁱ	0,54 ± 0,01 ⁱ	± 0,03 ^{ae}	5,31 ± 0,04 ^e	± 0,10 ^a	91,29 ± 0,10 ^a	± 0,04 ^e	5,31 ± 0,04 ^e	± 0,10 ^a	391,34 ± 0,17 ^b	
39	75,01 ± 0,31 ^{gh}	± 0,31 ^{ab}	24,99 ± 0,31 ^{ab}	± 0,09 ^{ef}	4,19 ± 0,01 ^h	± 0,01 ^h	0,74 ± 0,01 ^h	± 0,01 ^g	5,92 ± 0,09 ^d	± 0,02 ^b	89,14 ± 0,02 ^b	± 0,09 ^d	5,92 ± 0,09 ^d	± 0,02 ^b	386,90 ± 0,36 ^d	
54	81,96 ± 0,08 ^d	± 0,08 ^e	18,04 ± 0,08 ^e	± 0,13 ^b	6,05 ± 0,01 ^b	± 0,01 ^b	0,74 ± 0,01 ^b	± 0,04 ^b	9,38 ± 0,13 ^a	± 0,25 ^f	83,82 ± 0,25 ^f	± 0,13 ^a	9,38 ± 0,13 ^a	± 0,25 ^f	379,48 ± 0,45 ^e	
58	80,19 ± 0,11 ^e	± 0,11 ^d	19,81 ± 0,11 ^d	± 0,04 ^c	5,31 ± 0,04 ^c	± 0,01 ^e	1,79 ± 0,01 ^e	± 0,03 ^c	7,95 ± 0,06 ^b	± 0,09 ^e	84,96 ± 0,09 ^e	± 0,06 ^b	7,95 ± 0,06 ^b	± 0,09 ^e	387,71 ± 0,11 ^{oa}	
246	74,29 ± 0,37 ^h	± 0,37 ^a	25,71 ± 0,37 ^a	± 0,15 ^f	4,38 ± 0,03 ^f	± 0,03 ^f	1,67 ± 0,03 ^f	± 0,05 ^d	7,93 ± 0,08 ^d	± 0,25 ^d	86,00 ± 0,25 ^d	± 0,08 ^d	7,93 ± 0,08 ^d	± 0,25 ^d	390,83 ± 0,45 ^b	
336	75,52 ± 0,06 ^g	± 0,06 ^b	24,48 ± 0,06 ^b	± 0,10 ^{ef}	4,29 ± 0,01 ^g	± 0,01 ^g	1,14 ± 0,01 ^g	± 0,01 ^g	5,46 ± 0,03 ^e	± 0,07 ^b	89,11 ± 0,07 ^b	± 0,03 ^e	5,46 ± 0,03 ^e	± 0,07 ^b	388,52 ± 0,43 ^c	
435	85,45 ± 0,16 ^a	± 0,16 ^h	14,55 ± 0,16 ^h	± 0,05 ^g	3,63 ± 0,02 ^c	± 0,02 ^c	2,03 ± 0,02 ^c	± 0,04 ^a	6,82 ± 0,20 ^c	± 0,25 ^c	87,52 ± 0,25 ^c	± 0,20 ^c	6,82 ± 0,20 ^c	± 0,25 ^c	395,62 ± 0,16 ^a	
937	75,21 ± 0,20 ^g	± 0,20 ^b	24,79 ± 0,20 ^b	± 0,04 ^g	4,78 ± 0,02 ^a	± 0,02 ^a	2,97 ± 0,02 ^a	± 0,07 ^a	7,73 ± 0,20 ^b	± 0,18 ^e	84,52 ± 0,18 ^e	± 0,20 ^b	7,73 ± 0,20 ^b	± 0,18 ^e	395,75 ± 0,23 ^a	
3459	84,24 ± 0,23 ^b	± 0,23 ^g	15,76 ± 0,23 ^g	± 0,22 ^a	7,41 ± 0,01 ^a	± 0,01 ^a	1,89 ± 0,01 ^a	± 0,04 ^f	8,00 ± 0,15 ^b	± 0,08 ^g	82,69 ± 0,08 ^g	± 0,15 ^b	8,00 ± 0,15 ^b	± 0,08 ^g	379,80 ± 0,87 ^e	
Benjamín	83,24 ± 0,33 ^c	± 0,33 ^f	16,76 ± 0,33 ^f	± 0,14 ^f	4,03 ± 0,02 ^b	± 0,02 ^b	2,17 ± 0,02 ^b	± 0,06 ^e	5,91 ± 0,04 ^d	± 0,08 ^c	87,88 ± 0,08 ^c	± 0,04 ^d	5,91 ± 0,04 ^d	± 0,08 ^c	394,74 ± 0,62 ^a	

Valores promedios ± desviación estándar. Letras comunes en una misma columna indica que no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). **bs:** Base seca.

4.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS

4.2.1. Contenido fenólico total (CPT)

En el cuadro 9 se aprecia el contenido de compuestos fenólicos en camote. Los diferentes clones de camote usado en este estudio contienen niveles variables de compuesto fenólico total, que fueron expresados como mg GAE/100 g, en base seca. El contenido fenólico entre las muestras analizadas en este estudio estuvo en el rango de 161,22 a 253,99 mg GAE/100 g de muestra de camote. El contenido fenólico total fue mayor en el clon 39 (naranja) (253,99 mg GAE/100 g), seguido de 246 (naranja) (221,03 mg GAE/100 g), el clon 435 (naranja ligero) (216,25 mg GAE/100 g) y Benjamín (pulpa naranja) (216,00 mg GAE/100 g).

Cuadro 9: Contenido fenólico total en muestras clones promisorio de camote, expresados en base seca.

Clones	Contenido fenólico total (mg GAE/100 g)		
14	188,08	±	9,31 ^c
39	253,99	±	10,25 ^a
54	170,67	±	0,91 ^d
58	208,61	±	2,84 ^b
246	221,03	±	2,49 ^b
336	173,65	±	11,32 ^{cd}
435	216,25	±	3,05 ^b
937	161,22	±	6,41 ^d
3459	173,63	±	2,90 ^{cd}
Benjamín	216,00	±	6,21 ^b

Valores promedios ± desviación estándar del contenido fenólico total en muestras de clones promisorios de camote. Letras diferentes en una misma columna indican que existe diferencias significativas entre clones ($p < 0,05$).

4.2.2. Contenido total de carotenoides (CTC)

En el cuadro 10 se aprecia el contenido total de carotenoides, base seca, en camote. Los resultados en los clones 14, 39, 54, 58, 246,

336, 435, 937, 3549 y Benjamín fueron expresados como mg β -caroteno/100 g de muestra. Entre los diez clones promisorios de camote el contenido total de carotenoides fue mayor en Benjamín (naranja) (123,14 mg β -caroteno/100 g), seguido del clon 58 (naranja) (119,19 mg β -caroteno/100 g) y el clon 246 (naranja) (103,62 mg β -caroteno/100 g). El contenido total de carotenoides (CCT) reportaron valores que van desde 12,94 mg β -caroteno/100 g hasta 123,14 mg β -caroteno/100 g.

Cuadro 10: Contenido total de carotenoides en muestras de clones promisorios de camote, expresados en base seca.

Clones	Contenido total de carotenoides (mg β -Caroteno/100 g)		
14	12,94	±	0,35 ^f
39	15,80	±	0,11 ^f
54	19,48	±	1,08 ^{ef}
58	119,91	±	3,50 ^a
246	103,61	±	5,07 ^b
336	57,76	±	1,02 ^c
435	33,18	±	0,98 ^d
937	19,15	±	2,47 ^{ef}
3459	29,36	±	1,96 ^{de}
Benjamín	123,14	±	13,16 ^a

Valores promedios \pm desviación estándar del contenido total de carotenoides en muestras de clones de camote. Letras diferentes indican que existe diferencias significativas entre clones ($p < 0,05$).

4.2.3. Contenido total de flavonoides (CTF)

En el cuadro 11 se observa el contenido total de flavonoides en clones de camote, expresado como mg CE/100 g de muestra. En las muestras analizadas en este estudio estuvieron en el rango 41,57 a 549,10 mg CE/100 g de muestra. El mayor contenido de flavonoides fue en el clon 435 (ligero) (549,10 mg CE/100 g), seguidos del clon 58 (naranja) (529,63 mg CE/100 g), Benjamín (naranja) (480,75 mg CE/100 g) y el clon 246 (naranja) con 447,08 mg CE/100 g.

Cuadro 11: Contenido total de flavonoides en muestras de harina de clones promisorios de camote, expresados en base seca.

Clones	Contenido total de flavonoides (mg CE/100 g)		
14	41,57	±	2,34 ^g
39	333,27	±	6,78 ^d
54	308,74	±	14,15 ^e
58	529,63	±	9,22 ^a
246	447,08	±	12,05 ^c
336	248,69	±	7,59 ^f
435	549,10	±	12,91 ^a
937	251,01	±	576 ^f
3459	436,38	±	10,25 ^c
Benjamín	480,75	±	0,33 ^b

Valores promedios ± desviación estándar del contenido total de flavonoides en muestra de camote. Letras diferentes indican que existe diferencias significativas entre clones ($p < 0,05$).

4.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE SEGÚN MÉTODOS DE ABTS Y DPPH

En el cuadro 12 se aprecia la capacidad antioxidante según el método de ABTS, que evidenció valores entre los rangos 5,78 $\mu\text{mol TE/g}$ a 11,03 $\mu\text{mol TE/g}$ de muestra y según el método DPPH presentó valores entre los rangos 2,75 $\mu\text{mol TE/g}$ y 6,68 $\mu\text{mol TE/g}$ de muestra.

Cuadro 12: Capacidad antioxidante, según métodos ABTS y DPPH, en muestras de camote, expresados en base seca.

Clones	ABTS ($\mu\text{mol TE/g}$)		DPPH ($\mu\text{mol TE/g}$)	
14	5,94	± 0,26 ^e	2,75	± 0,12 ^f
39	11,03	± 0,78 ^a	6,68	± 0,64 ^a
54	6,53	± 0,37 ^{de}	3,17	± 0,33 ^{ef}
58	6,81	± 0,62 ^{cde}	3,38	± 0,32 ^{def}
246	8,95	± 0,41 ^b	5,19	± 0,28 ^b
336	6,57	± 0,43 ^{de}	3,86	± 0,18 ^{cdf}
435	7,48	± 0,38 ^{cd}	3,76	± 0,18 ^{cde}
937	5,78	± 0,10 ^e	3,41	± 0,13 ^{def}
3459	7,43	± 0,43 ^{cd}	3,95	± 0,06 ^{cd}
Benjamín	7,67	± 0,44 ^c	4,31	± 0,44 ^c

Valores promedios ± desviación estándar de capacidad antioxidante en muestras de camote. Letras diferentes en una misma columna indican que existe diferencias significativas entre clones ($p < 0,05$).

V. DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL

El contenido de humedad en camote, presentó diferencias significativas entre clones, los valores hallados en este estudio fueron superiores al reportado por Chen *et al.*, (2003), 63,3-81,4%. Sin embargo, son similares a los estudios de Wang *et al.*, (2016), 62,8 a 82,2%; Loebestein y Thottappilly (2009), 52-87%; Aina *et al.*, (2009), 62,9-83,8%; Dansby and Howell-Benjamín (2010), 84,7%, diferencias que son atribuidas a la variedad, aspectos climáticos, prácticas culturales, agrícolas entre otros factores.

El contenido de materia seca fluctúa entre intervalos de 14,55 % a 25,71%. Los resultados obtenidos en este estudio presentan valores dentro del rango establecido por Loebestein y Thottappilly (2009), 13 a 48%; Chen *et al.*, (2003), 18,6 a 31,9% y Lim *et al.*, (2013), 19,9-32%. Los estudios de Tomlins *et al.*, (2011), 26,8 a 39,4% fueron superiores, que pueden estar asociados con diversos factores como se indicaron.

El contenido de cenizas en clones analizados, en base seca, presentaron valores que guardan relación con los reportes de Ishida *et al.*, (2000) y Mei *et al.*, (2010), 1,3 a 9,5%; Aina *et al.*, (2009), 1,9 a 4,4% y Wang *et al.*, (2016), 1,1 a 4,9%.

El contenido de grasa en los clones estudiados, determinó estadísticamente diferencias significativas y presentaron valores, en base seca, que guardan relación con los reportes de Ishida *et al.* (2000) y Mei *et al.* (2010), con 0,2 a 3,0%; Loebestein y Thottappilly (2009), 0,29 a 2,7%; Wang *et al.*, (2016), con 0,2 a 3,0% y Aina *et al.*, (2009), 0,23 a 1,83%.

Los valores de fibra reportados, en base seca, se encuentra dentro de los niveles mencionado por Ishida *et al.*, (2000) y Mei *et al.* (2010), 1,9 a 6,4% y Wang *et al.*, (2016), 1,9 a 6,9% y FAO (2006), 11,05%.

Los niveles de contenido de proteína cruda, en base seca, evidencian valores superiores a los rangos establecidos por Ishida *et al.*, (2000) y Mei *et al.*, (2010), 1,1 a 4,9%; Aina *et al.*, (2009), 1,9 a 4,4% y presentan valores dentro del rango determinado por Wang *et al.*, (2016), 1,3 a 9,5%.

En cuanto al contenido de carbohidratos, en base seca, reporta valores superiores al publicado por Wang *et al.*, (2016), 21,9-77,3% y similar al reportado por Ruíz, (2013), 85,07%.

De otra parte, el aporte calórico de los clones de camote en el presente estudio determinó diferencias significativas, con valores cercanos al reportado por USDA's National Nutrient Database for Estándar citado por Ruíz, (2010).

5.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS

5.2.1. Contenido fenólico total (CPT)

Los datos obtenidos, en base seca, en este estudio para el contenido de fenoles totales se encuentra dentro de los valores reportados por Yoshimoto (1999), 96,03 a 864,26 mg GAE/100 g; Vinson (1998), 233,06 mg GAE/100 g y Rumbaoa *et al.*, (2009), 192,7 a 1159,0 mg GAE/100 g. Los estudios realizados por Huang *et al.*, (2006), 4,79 a 6,42 mg GAE/100 g reportaron valores inferiores. Asimismo, los estudios de Tang *et al.*, (2015), 4,15 a 16,80 mg GAE/g (415 a 1680 mg GAE/100 g); Ruíz (2013), con 287,68 mg GAE/100 g; Lim *et al.*, (2013), 16,1 a 74,6 mg GAE/g (1610 a 7460 mg GAE/100 g) y Duvivier *et al.*, (2010), 501,69 mg GAE/100 g reportaron valores superiores, los que podrían estar atribuidas a la presencia de pigmentos, factores climáticos, manejo agronómico, procedencia de camote, etc.

5.2.2. Contenido total de carotenoides (CTC)

El contenido total de carotenoides obtenido, en base seca, en esta investigación fue comparable, excepto los clones 246, 58 y Benjamín que tuvieron valores superiores, con los valores determinados por Kim *et al.*, (2015), 3,2 a 665 μ g β -caroteno/g (0,32 a 66,50 mg β -caroteno/100 g); Duvivier *et al.*, (2010), 510,39 μ g β -caroteno/g (51,04 mg β -caroteno/100 g); Bechoff *et al.*, (2010), 41,7 a 251 μ g β -caroteno/g (4,17 a 25,10 mg β -caroteno/100 g). Sin embargo, los resultados de las investigaciones de Tang *et al.*, (2015), 4,46 a 157,9

$\mu\text{g } \beta\text{-caroteno/g}$ (0,45 a 15,79 mg $\beta\text{-caroteno/100 g}$) reportaron valores inferiores comparada con los clones, las que podrían deberse a aspectos de pigmentación del camote, factores climáticos, manejo agronómico, procedencia de camote, etc.

5.2.3. Contenido total de flavonoides (CTF)

Los datos obtenidos, en base seca, en este estudio para el contenido total de flavonoides en la mayoría de los clones presentaron valores superiores a los reportados por Duvivier *et al.*, (2010), 241,28 mg CE/100 g. Asimismo, Huang *et al.*, (2006) y Ruíz (2013) revelaron valores de 22,02 a 35,47 mg CE/100 g y 7,24 mg CE/ 100 g, inferiores respectivamente.

5.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE SEGÚN MÉTODOS DE ABTS Y DPPH

La capacidad antioxidante según el método de ABTS presentó valores que guardan contraste con el resultado determinado por Kim *et al.*, (2015), 6,2 a 9,2 $\mu\text{mol TE/g}$. Los estudios, de capacidad antioxidante según el método de DPPH, de Tang *et al.*, (2015), 23,33 a 27,79 $\mu\text{mol TE/g}$, reportó valores superiores.

VI. CONCLUSIÓN

- La caracterización nutricional, evidenció como compuestos mayoritarios a los carbohidratos (82,69 a 91,29%) en base seca, y la humedad (74,29 a 85,15%); registrando un menor contenido de proteína (5,31 a 9,38%), ceniza (2,85 a 7,14%), fibra (2,92 a 4,95%) y grasa (0,54 a 2,97%), con un buen aporte energético de 394,74 a 395,75 Kcal/100 g., en consecuencia, puede ser una alternativa para promover productos derivados con bajo índice glucémico.
- El contenido de compuestos fenólicos totales presentó valores que fluctuaron de 161,22 a 253,99 mg GAE/100 g), evidenciando mayor contenido el clon 39 (253,99 mg GAE/100 g) y el clon 937 presentó el valor más bajo (161,22 mg GAE/100 g), diferencias que pueden ser debido a factores de variedad y color de pulpa. El contenido de carotenoides totales fluctuó en el rango de 12,94 a 123,14 mg β -caroteno/100 g, sobresaliendo los clones de pulpa naranja (Benjamín, 58 y 246) con valores de 123,14 mg β -caroteno/100 g, 119,91 mg β -caroteno/100 g y 103,61 mg β -caroteno/100 g, respectivamente, expresado como β -caroteno (provitamina A). Se evidenciaron mayor contenido de flavonoides en los clones (435, 58 y Benjamín) registrando valores de 549,10 mg CE/100 g, 529,63 mg CE/100 g y 480,75 mg CE/100 g, respectivamente.
- El clon 39 demostró mayor capacidad antioxidante por los métodos ABTS y DPPH, registrando 11,03 μ mol TE/g y 6,68 μ mol TE/g respectivamente. El consumo de camote puede ser una alternativa para la promoción de efectos saludables, debido a los compuestos bioactivos presente y por consiguiente beneficioso para prevención de enfermedades crónicas.

VII. RECOMENDACIONES

- Estudiar el efecto del secado a diferentes temperaturas y la cocción por diferentes métodos que pueden afectar la calidad nutricional y componentes bioactivos.
- Evaluar los compuestos bioactivos en almacenamiento y la capacidad antioxidante en diferentes partes del camote, como la cáscara, pulpa, hojas.
- Analizar el índice glucémico y su posible efecto en la reducción de los problemas de obesidad en la población.
- Evaluar el contenido de posibles componentes antinutricionales en la alimentación.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aina, A., Falade, K., Akingbala, J. & Titus, P. 2009. Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*. Págs. 1696-1704.
- Alam, M., Bristi, N. y Rafiquzzaman, M. 2012. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*.
- Albán, C. y Figueroa. 2011. Elaboración de sopa instantánea a partir de harina de camote (*Ipomoea batata*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- AOAC (Association of Analytical Communities, US). 2000. *Official Methods of Analysis*. 18 ed. Gaythersburg, MD. USA.
- Ávalos, C. 2008. Camote, raíz prodigiosa. Derrotó el hambre en África y en China. *Generación*. Págs. 39-43.
- Badui, S. 2006. *Química de los alimentos*. 4ª edición. Edit. Pearson. México, México. Págs. 402-410
- Bechoff, A., Westby, A., Owori, C., Menya, G., Dhuique-Mayer, C. Dufour, D., et al. 2010. Effect of drying and storage on the degradation of carotenoids in orange-fleshed sweet potato varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Págs. 622-629.
- Brand, W., Cuvelier, M. y Berset, C. 1995. Use of a free radical methods to evaluate antioxidant activity. *LWT- food Science and Technology*. Págs. 25-30.
- Carbajal, A. 2013. *Manual de Nutrición*. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. <http://www.ucm.es/nutricioncarbajal>
- Centro Internacional de la Papa (CIP). Fonseca, C. Zuger, R. Walker, T. y Molina, J. 2002. Estudio de impacto de la adopción de las nuevas

- variedades de camote liberadas por el INIA, en la costa central, Perú. Caso del valle de Cañete. Impresión: Comercial Gráfica Sucre S.R.L. Lima, Perú. Pág. 24.
- Chen, Z., Schols, H.A. and Voragen, A.G.J. 2003. Physicochemical properties of starches obtained from three varieties of Chinese sweet potatoes. *Journal of Food Science*. Vol. 68, N° 2.
- Cheftel, J. 1976. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. 2ªed. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Págs. 207-208.
- Criado, C. y Moya, M. 2009. Vitaminas y antioxidantes. Actualizaciones del médico. Departamento de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid, España. Págs. 4-34.
- Dansby, M. and Bowell-Benjamín, A. 2003. Production and proximate composition of a hydroponic sweet potato flour during extended storage. NASA/Tuskegee Center for food and Environmental Systems for Human Exploration of Space. *Journal of Food Processing Preservation*. Págs. 153-164.
- Duvivier, P., Hsieh, P., Lai, P. Y. and Charles, A. L. 2010. Retention of phenolics, carotenoids, and antioxidant activity in the taiwanese sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) CV tainong 66 subjected to different drying conditions. *African journal of food agriculture nutrition and development*. Nairobi, Kenya. Volume 10 No. 11.
- FAO. 2004. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Technical Paper Series N° 1. Rome. http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y5686e/y5686e00.htm
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. Ficha técnica. Productos procesados y frescos. Camote (*Ipomoea batata*). http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/

- FAO/OMS. 2002. Human vitamin and mineral requirements. Informe de una reunión consultiva conjunta de expertos. Roma. FAO. http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/004/Y2809E/y2809e00.htm
- FAOSTAT. 2013. División estadística de la FAO. Consultado agosto de 2016 en: <http://www.faostat.fao.org>.
- Fenema, O. y Tannenbaum, S. 2000. Química de los Alimentos. 2ª ed. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Págs. 799-806.
- Flores, S., González, J., Culebras, J. y Tuñón, M. 2002. Los flavonoides, propiedades y acciones antioxidantes. Nutrición Hospitalaria.
- Fonseca, F., Daza, M., Aguilar, C., Benzencon, N., Benavides, M., Fano, H., Goyas, H., Prain, G., Roncal, H. y Tafur, S. 1994. El camote en los sistemas alimentarios de la Yunga Norte del Perú, Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. Págs. 11-14.
- Halliwell, B. y Gutteridge, J.M.C. 1999. Free Radicals in Biology and Medicine, 3rd ed., Oxford University Press. Oxford, USA.
- Herrera, P. y Sisalima, D. 2013. Elaboración de donas (rosquillas) a base de harina de camote morado, quinua y trigo, y evaluación de su potencial nutritivo. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Huamán, Z. 1992. Botánica sistemática y morfología de la planta de batata o camote, centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. Págs. 5-16.
- Huang, M. H.; Chu, H. L.; Juang, L. J. & Wang, B. S. 2010. Inhibitory effects of sweet potato leaves on nitric oxide production and protein nitration. Food Chemistry. Págs. 480–486.
- Huang, Y.; Chang, Y. y Shao, Y. 2006. Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan, Food chemistry. Págs. 529-538.

- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2006.
<http://www.inia.gob.pe/>
- Ishida, H., Suzuno, H., Sugiyama, N., Innami, S., Tadokoro, T., & Maekawa, A. 2000. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* poir). Food Chemistry. Págs. 359–367.
- Islam, S., Nusrat, T., Begum, P. and Ahsan, M. 2015. Carotenoids and β -carotene in orange fleshed sweet potato: A posible solution to vitamine A deficiency. Journal of Science Direct of Food Chemitry. Págs. 628-631.
- Jáuregui, A., Escudero, D., Ureta, A. y Castañeda, B. 2007. Evaluación d la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. Revista de la Sociedad Química del Perú.
- Kim, H., Park, W., Bae, J., Kang, S., Yang, M., Lee, S., Lee, H., K., S. and Ahn, M. 2015. Variations in the carotenoid and anthocyanin contents of Korean cultural varieties and home-processed sweet potatoes. Journal of Science Direct of Food Composition and Analysis. Págs. 188-193.
- Kuskoski, E. M.; Asuero, A.; Troncoso, A.; Mancini-Filho, J. y Fett, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar la actividad antioxidante en pulpas de frutos. Ciencia Tecnología de Alimentos. Campinas, Brasil. Págs. 726-732. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf>.
- Lim, S., Xu, J., Kim, J., Chen, T., Su, X., Standard, J., Carey, E., Griffin, J., Herndon, B., Katz, B., Tomich, J. and Wang, W. 2013. Role of antocyanin-enriched purple-fleshed sweet potato p40 in colorectal cancer prevention. Journal Mol. Nutr. Food. Págs.1908-1917.
- Linares, E., Bye, R., Rosa, D y Pereda, R. 2008. El camote. Biodiversitas. Págs. 11-15.
- Loebestein, G. y Thottappilly, G. 2009. The sweet potato. Estados Unidos:

- Springer. En Ruíz, 2013.
- Martí, H.; Corbino, G. y Chludil, H. 2011. La batata: el redescubrimiento de un cultivo. *Journal of Plant Nutrition*.
- Maureen, A. y Prieto, E. 2000. Plantas que contienen polifenoles. Antioxidantes dentro del estilo de vida. *Cubana Invest Biomed*.
- Mei, X., Mu, T. H., & Han, J. J. 2010. Composition and physicochemical properties of dietary fiber extracted from residues of 10 varieties of sweet potato by a sieving method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Págs. 7305–7310.
- Mercado, G., Carrillo, L., López, J. y Parrilla, E. 2013. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de especies típicas consumidas en México.
- MINSA. Reyes, M.; Gómez-Sánchez, I.; Espinoza, C.; Bravo, F.; Ganoza, L. 2009. *Tabla Peruana de Composición de Alimentos*. 8^{va} ed. Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.
- Muñoz, A.; Ramos, F.; Alvarado, C. y Castañeda, B. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. Lima, Perú. *Revista Sociedad Química del Perú*. Págs.142-149.
- Namiki, M. 1990. Antioxidants/antimutagens in food *Crit. Rev. Food Science Nutritions*. Págs. 273-300.
- Neff, M. 2012. Sweet potato promise shines for small eterprise and hunger relief in developing countries. Disponible en http://www.innovations-report.com/html/reports/agricultural_sciences/repot-95592.html (enero, 2017).
- OMS. 1985. Necesidades de energía y de proteínas. Serie de Informes Técnicos N° 724. Ginebra, Suiza.
- Quettier-Deleu, C. Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M.,

- et al. 2000. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal Ethnopharmacology*. Págs. 35-42. En: Liao, W., Lai, Y-C., Yuan, M., Hsu, Y. y Chang, Ch. 2011. Antioxidative activity of wáter extract of sweet potato leaves in Taiwan. *Journal of Science Direct of Food Chemitry*. Págs. 1224-1228.
- Re, R., Pelligrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Elsevier. Págs. 1231-1237.
- Rodríguez-Amaya, D., y Kimura, M. 2004. Harvest Plus Handbook for Carotenoides Analysis. En: Tomlins, K., Owori, C., Bechoff, A., Menya, G. and Westby, A. Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato. 2011. *Journal of the Science Direct of Food Chemistry*. Págs. 14-21.
- Ruíz, A. 2013. Caracterización del extracto sólido y seco de dos genotipos de camote (*Ipomoea batata* L.), gelatinizado y fortificado con residuo sólido de zanahoria amarilla (*Daucus carota*). Trabajo de tesis para optar el grado de Ingeniero agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Ruíz, L. 2010. Obtención de harina de camote para su aplicación como base en la elaboración de producto de tipo galletas. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Rumbaoa, R., Comago, D. y Gerónimo, I. 2009. Phenolic content and antioxidant capacity of philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. *Journal of Science Direct of Food Chemistry*. Págs. 1133-1138.
- Taga, M., Miller, E. & Pratt, D. 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61, 928-931. En: Liao, W., Lai, Y-C., Yuan, M., Hsu, Y. y Chang, Ch. 2011. Antioxidative activity of wáter extract of sweet potato leaves in Taiwan.

- Journal of Science Direct of Food Chemistry. Págs. 1224-1228.
- Tang, Y., Cai, W. and Xu, B. 2015. Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed White, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. Journal of Science Direct of Food Science and Human Wellnes. Págs. 123-132.
- Tiburcio, J., Condezo, L. y Asquieri, E. 2010: Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia*) Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Tomlins, K., Owori, C., Bechoff, A., Menya, G. and Westby, A. 2011. Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato. Journal of the Science Direct of Food Chemistry. Págs. 14-21.
- Ukom, A.; Ojmelukwe, P. y Okpara, D. 2009. Nutrient composition of selected sweet potato (*Ipomoea batata* L.) varieties as influenced by different levels of nitrogen fertilizer application. Pakistan Journal of Nutrition. Pakistán. Págs. 1791-1795.
- UNU/FUNDACIÓN CAVENDES. 1988. Guías de alimentación. Bases para su desarrollo en América Latina. Caracas. Informe de la Reunión de la Universidad de las Naciones Unidas y la Fundación Cavendes. En: Arch. Latinoamerica Nutritions. Págs. 376-426.
<http://www.iacd.oas.org/Educa135/Venezuela2000/venezuela2000.htm>
- Uttara, B., Singh, A., Zamboni, P. y Mahajan, R. 2009. Oxidative stresses and neurodegenerative diseases: A review of upstream and downstream antioxidant therapeutic options. National Institutes of Health Search Term Search database. Págs. 65-74.
- Van Jaarsveld, P. J., Faber, M., Tanumihardjo, S. A., Nestel, P., Lombard, C. J., & Spinnler Benadé, A. J. 2005. B-Carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose response test. American Journal of

- Clinical Nutrition. Págs. 1080-1087.
- Waitzel, B. J. 2006. Las plantas medicinales y las ciencias. Una visión multidisciplinaria. Instituto Politécnico Nacional. Pág. 587.
- Wang, S., Nie, S. and Zhu, F. 2016. Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Journal of Science Direct of Food Research International*. Págs. 90-116.
- FAO/WHO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1988. Requisitos de vitamina A, hierro, ácido fólico y vitamina B12. Informe de una consulta mixta FAO/OMS de expertos. Roma, Italia. Colección de Alimentos y Nutrición de la FAO, No. 23.
- WHO. 2011. Guideline: Vitamin A supplementation in infants and children 6-59 months of age. Geneva: World Health Organization. 2011.
- Woolfe, J. 1992. Sweetpotato an untapped food resource. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra.
- Zhang, D. P.; Carbajulka, D.; Ojeda, L.; Rossel, G.; Milla, S.; Herrera, C.; Ghislaim, M. 2000^a. Microsatellite analysis of genetic diversity in sweet potato varieties from Latin America. CIP Pogram Report
- Zheng, W., & Wang, S. Y. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Págs. 5165–5170.
- Zhu, F. y Wang, S. 2014. Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweet potato starch. *Trends in Food Science & Technology*. Págs. 68–78.

IX. ANEXO

Anexo 1: Métodos y procedimientos utilizados en la caracterización nutricional.

Análisis químico: La composición proximal de los clones promisorios de camote se determinó de acuerdo a las metodologías oficiales de la AOAC.

Procedimiento para determinación de humedad

- Se pesó los crisoles
- Se pesó 5 g de muestra fresca aproximadamente, previamente picada en cubos pequeños y homogenizada y se secó en estufa a 105°C hasta obtener peso constante, aproximadamente 4-5 horas.
- Se retiró de estufa y enfrió en campanas desecadores.
- Se pesó los crisoles conteniendo la muestra secada.
- Se reportó datos para determinar el porcentaje de humedad.

El cálculo del porcentaje de humedad se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_o - W_f}{P} * 100$$

Donde:

Wo: Peso inicial de crisol más la muestra fresca

Wf: Peso final de crisol más la muestra seca

P: Peso de muestra

Procedimiento para determinación de proteínas

- Se pesó 0.25 gramos de muestra (harina de camote) y colocar en balones digestores.
- Se añadió como catalizador sulfato de cobre y agregó H₂SO₄
- Se colocó en el equipo micro Kjeldahl y calentó durante 3-4 horas (digestión).
- Se enfrió el contenido de la solución y agregó NaOH al 50%
- Se realizó la destilación y agregó 3-4 gotas del indicador rojo de metilo
- Se tituló con HCl 0.05 N.

La determinación de nitrógeno total se realizó mediante la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Nitrógeno Total} = \frac{(Vb - Vm) * N * 0.014}{P} * 100$$

Donde:

P: Peso de muestra

N: Normalidad de HCl

Vb: Gasto de HCl para titular el blanco

Vm: Gasto de HCL para titular la muestra destilada

El % de proteínas se calculó mediante:

$$\% \text{ Proteína} = \%N * f$$

Donde:

%N: Porcentaje de nitrógeno total

f: Factor 6.25

Procedimiento para determinación de grasa.

- Se pesó 2.5 g de muestra (harina de camote)
- Se añadió 150 mL de éter de petróleo en el balón de extracción y colocó la muestra dentro del tubo de extracción y añadió éter de petróleo hasta cubrir la muestra.
- Se colocó el balón, previamente pesada, con la muestra en el aparato de extracción y calentó hasta ebullición durante 5-6 horas.
- Se retiró la muestra y recuperó el solvente
- Se evaporó los restos de solvente y llevó a estufa a 105°C por 1 hora aproximadamente.
- Se enfrió en desecador y pesó el balón conteniendo la grasa.
- Se reportó los datos para la determinación del % de grasa mediante la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{Pg - P}{Pm} * 100$$

Donde:

Pg=Peso de balón más grasa

P=Peso de balón vacío

Pm= Peso de muestra

Determinación de Fibra Cruda

- Se pesó 2.5 g de muestra (harina de camote) y se realizó el desengrasado 5-6 horas aproximadamente, con solvente de extracción.
- En un beacker de 500 ml se adicionó H₂SO₄ 1.25% y aforó hasta 200 mL
- Se llevó a ebullición por 30 minutos en una cocina eléctrica a 280°C.
- Se realizó el filtrado, utilizando papel filtro para fibra.
- Se lavó el papel con NaOH 1,25% sobre el mismo beacker y aforó hasta 200 mL
- Se llevó a ebullición por 30 minutos a 280°C.
- Se realizó un segundo filtrado con papel filtro para fibra y neutralizar con H₂SO₄ 1.25%.
- Se realizó lavado del papel con agua destilada y etanol 78°.
- Se trasvasó el residuo a un crisol usando etanol.
- Se secó en estufa a 105°C por 5-6 horas para eliminar H^o y enfrió en desecador.
- Se pesó el crisol más muestra seca (secada en estufa).
- Se realizó la incineración en mufla a 600°C por 5-6 horas aproximadamente, hasta obtener residuo blanco.
- Se enfrió el crisol con la muestra incinerada y pesó el crisol más muestra, reportándose el dato después de incineración en mufla.

El cálculo de la fibra cruda se realizó utilizando la fórmula siguiente:

$$\%FC = \left(\frac{(W_{estufa\ de\ muestra}) - (W_{mufla\ de\ muestra})}{W_{muestra}} \right) * 100$$

Determinación de Cenizas.

- Se pesó el crisol de porcelana, previamente secado

- Sobre el crisol, se pesó 2.5 gramos de muestra (harina de camote)
- Se colocó el crisol con la muestra, por 4 horas aproximadamente, en estufa a 105°C para eliminar el contenido de agua.
- Se enfrió en desecador y pesó para reportar el peso después de estufa.
- Posteriormente se llevó a mufla a 600°C para su incineración (aproximadamente 5 horas).
- Se colocó el crisol en desecador hasta enfriar y pesó el crisol con la muestra incinerada
- Se reportó el peso final del crisol más la muestra (peso después de mufla).

El cálculo del porcentaje de la ceniza se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ceniza} = \left(\frac{(W_{\text{crisol} + \text{ceniza}}) - (W_{\text{crisol}})}{W_{\text{muestra}}} \right) * 100$$

Anexo 2: Determinación del contenido fenólico total.

La determinación de contenido fenólico total siguió en base al método modificado por Taga *et al.*, (1984). Una alícuota de 1 mL del extracto de la muestra fue mezclada con 3 mL de agua destilada y 1 mL de reactivo Folin-Ciocalteu/agua (1:4 v/v). Después de 5 minutos fue añadido 1 mL de solución de Na₂CO₃ al 10% y la mezcla fue puesta en reposo en oscuridad durante 1 hora. La absorbancia fue medida a 760 nm usando espectrofotómetro UV-Vis (Genesys G10S, China). La solución estándar de ácido gálico fue preparada para la curva de calibración. Los resultados fueron expresados como mg de ácido gálico equivalente (GAE) por 100 g de muestra, en base seca. Los cálculos se expresan con la siguiente ecuación:

$$\text{Promedio } \text{mg GAE} / 100 \text{ g muestra} = \left(\frac{\left(\frac{(Abs - 0.0028)}{0.0187} \right) * Vol. \text{ diluir} * f}{P} \right) * 100$$

Donde:

Abs = Absorbancia

Vol. diluir = Volumen a diluir

f = Factor de dilución

P = Peso de muestra

Anexo 3: Determinación del contenido de flavonoides totales.

El contenido de flavonoides totales se determinó usando el método AlCl₃ modificado y descrito por Quettier-Deleu et al. (2000) y Huang *et al.*, (2006). Una alícuota de 0,5 mL de cada extracto de camote fresco se transfirió a un tubo de ensayo y se añadió 2 mL de agua destilada, se homogenizó; se añadió 0.15 mL de la solución NaNO₂ 5%, se mantuvo en reposo a temperatura ambiente durante 5 minutos. Inmediatamente se agregó 0.15 mL de AlCl₃ 10% y se dejó en reposo durante 6 minutos a temperatura ambiente. Se añadieron 1 mL de NaOH 1M y 1,2 mL de agua destilada. El procedimiento se realizó protegida de la luz. La mezcla se homogenizó y se realizó la lectura de la absorbancia a 510 nm usando un espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution G10S UV-Vis, China. Se calculó el contenido de flavonoides, utilizando las curvas de catequina y expresada en mg de catequina equivalente (CE) por 100 gramos de muestra.

Los cálculos son expresados con la siguiente ecuación:

$$\text{Promedio } mg \text{ CE} / 100 g \text{ muestra} = \left(\frac{\left(\frac{(Abs - 0.0056)}{0.0024} \right) * Vol. \text{ diluir} * f}{1000} \right)}{P} * 100$$

Donde:

Abs = Absorbancia

Vol. diluir = Volumen a diluir

f = Factor de dilución

P = Peso de muestra

Anexo 4: Determinación del contenido total de carotenoides.

El contenido de carotenoides fue determinado utilizando etanol/acetona (v/v) en presencia de BHT y éter de petróleo seguida del análisis espectrofotométrico, como describe Rodríguez-Amaya y Kimura (2004) y Bechoff *et al.* (2010). Para la extracción de carotenoides se pesó en tubo

falcon aproximadamente 0,5 g de muestra triturada y fue mezclada con 5 mL de solvente etanol/acetona. Se centrifugó (D-78532 1705, Germany) por 5 minutos a 2400 rpm. Se decantó sobre un tubo graduado de 50 mL y cubrió de la luz. Se hizo la reextracción hasta 4 veces. Se colectó los extractos y se enrazó a 20 mL con solvente. Se mezcló con 10 mL de éter de petróleo y se agitó. Se dejó en reposo durante 30 minutos. Se mezcló con 5 mL de agua destilada y se dejó en reposo. Se colectó el sobrenadante y la absorbancia fue medida a 450 nm en espectrofotómetro (G10S UV-Vis, Genesys, China). Todos los procedimientos de preparación y extracción se realizaron en luz tenue y/o luz excluida. El contenido de carotenoides fue calculado utilizando la curva estándar de calibración de β -caroteno y expresada en mg de β -caroteno equivalente por 100 gramos de muestra.

Los cálculos se determinan según la fórmula siguiente:

$$\text{Promedio } mg \beta\text{-caroteno} / 100 g \text{ muestra} = \left(\frac{\left(\frac{(Abs - 0.0303)}{0.2811} \right) * Vol. diluir * f}{1000} \right)}{P} * 100$$

Donde:

Abs = Absorbancia

Vol. diluir = Volumen a diluir

f = Factor de dilución

P = Peso de muestra

Anexo 5: Determinación de la capacidad antioxidante por el método de ABTS.

La capacidad antioxidante de extracto de camote se determinó por método espectrofotométrico basándose en la decoloración del radical monocatión ABTS [2,2'-azinobis-(3-etibenzotiazalina-6-ácido sulfónico)], según metodología descrito por Re *et al.*, (1999), con algunas modificaciones. Se mezclaron 300 L de extractos de cada uno de los clones de camote con 3

mL de ABTS preparada un día antes (12-16 horas antes) en etanol y se homogenizó. La mezcla se mantuvo en la oscuridad durante 30 min. La absorbancia de ABTS se midió a 734 nm, utilizando espectrofotómetro (G10S UV-Vis, Genesys, China). Los resultados fueron expresados como concentración de Trolox equivalente ($\mu\text{mol TE/g}$ de camote), a través de curva de calibración.

Con la siguiente ecuación se realiza los cálculos para determinar la capacidad antioxidante por método ABTS:

$$\text{Promedio } \mu\text{mol Trolox} / 100 \text{ g muestra} = \left(\frac{\left(\frac{((\Delta\text{ABTS} - \text{Abs}) + 0.02)}{0.011} \right) * \text{Vol. diluir} * f}{1000} \right)}{P} \right) * 1000 * \left(\frac{1}{250.29} \right) * 100$$

Donde:

ΔABTS = Delta de ABTS

Abs = Absorbancia

Vol. diluir = Volumen a diluir

f = Factor de dilución

P = Peso de muestra

Anexo 6: Determinar la capacidad antioxidante por el método de DPPH.

La cuantificación de actividad antioxidante DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) de extractos de camote se determinó usando el método descrito por Huang *et al.* (2010). Se mezclaron 300 μL de extractos de cada uno de los clones de camote con 2.7 mL de DPPH preparada un día antes en etanol y se homogenizó. La mezcla se mantuvo en la oscuridad durante 30 min. La absorbancia fue medida a 517 nm, utilizando espectrofotómetro (G10S UV-Vis, Genesys, China). Los resultados fueron expresados como concentración de Trolox equivalente ($\mu\text{mol TE/g}$), a través de curva de calibración.

$$\text{Promedio } \mu\text{mol Trolox} / 100 \text{ g muestra} = \left(\frac{\left(\frac{((\Delta\text{DPPH} - \text{Abs}) - 0.002)}{0.0094} \right) * \text{Vol. diluir} * f}{1000} \right)}{P} \right) * 1000 * \left(\frac{1}{250.29} \right) * 100$$

Donde:

Δ ABTS = Delta de ABTS

Abs = Absorbancia

Vol. diluir = Volumen a diluir

f = Factor de dilución

P = Peso de muestra

Cuadro 13: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de humedad en clones promisorios de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0,05
Humedad	435	3	85,45	A
	3459	3	84,24	B
	Benjamín	3	83,24	C
	54	3	81,96	D
	58	3	80,19	E
	14	3	78,45	F
	336	3	75,52	G
	937	3	75,21	G
	39	3	75,01	G H
	246	3	74,29	H

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$). Los clones 435, 3459 y Benjamín presentaron mayor humedad.

Cuadro 14: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de materia seca en clones promisorios de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0,05
Materia seca	246	3	25,71	A
	39	3	24,99	A B
	937	3	24,79	B
	336	3	24,48	B
	14	3	21,55	C
	58	3	19,81	D
	54	3	18,04	E
	Benjamín	3	16,76	F
	3459	3	15,76	G
	435	3	14,55	H

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre clones. Los mayores contenidos de materia seca presentaron los clones 246, 39, 937 y 336.

Cuadro 15: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de ceniza en clones promisorios de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0,05
Ceniza	3459	3	7,41	A
	54	3	6,05	B
	58	3	5,31	C
	937	3	4,78	D
	246	3	4,38	E
	336	3	4,29	E F
	39	3	4,19	E F
	Benjamín	3	4,03	F
	435	3	3,63	G
	14	3	2,85	H

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$). Los clones con mejor comportamiento en cuanto al contenido de ceniza, incluido minerales, fueron el 3459, 54 y 58.

Cuadro 16: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de grasa en clones promisorios de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0,05
Grasa	937	3	2,97	A
	Benjamín	3	2,17	B
	435	3	2,03	C
	3459	3	1,89	D
	58	3	1,79	E
	246	3	1,67	F
	336	3	1,14	G
	54	3	0,74	H
	39	3	0,74	H
	14	3	0,54	I

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$). El clon 937 presentó mayor contenido de grasa, seguido de clones Benjamín y 435.

Cuadro 17: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de fibra en clones promisorios de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0,05
Fibra	435	3	4,95	A
	937	3	4,85	A
	54	3	4,28	B
	58	3	3,94	C
	246	3	3,65	D
	14	3	3,55	D E
	Benjamín	3	3,44	E
	3459	3	3,13	F
	39	3	2,95	G
	336	3	2,92	G

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$). Los clones 435, 937 y 54 presentaron mayor contenido de fibra.

Cuadro 18: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de proteínas en clones promisorios de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0,05
Proteína	54	3	9,38	A
	3459	3	8,00	B
	58	3	7,95	B
	246	3	7,93	B
	937	3	7,73	B
	435	3	6,82	C
	39	3	5,92	D
	Benjamín	3	5,91	D
	336	3	5,46	E
	14	3	5,31	E

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$). El clon 54 presentó mayor contenido de proteína, en base seca.

Cuadro 19: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de carbohidratos en clones de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0,05
Carbohidratos	14	3	91,29	A
	39	3	89,14	B
	336	3	89,11	B
	Benjamín	3	87,88	C
	435	3	87,52	C
	246	3	86,00	D
	58	3	84,96	E
	937	3	84,52	E
	54	3	83,82	F
	3459	3	82,69	G

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$). El clon con mejor comportamiento en cuanto al contenido de carbohidratos fue el 14.

Cuadro 20: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido de

Variables	Clones	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0,05
Energía total	937	3	395,75	A
	435	3	395,62	A
	Benjamín	3	394,74	A
	14	3	391,34	B
	246	3	390,83	B
	336	3	388,52	C
	58	3	387,71	C D
	39	3	386,90	D
	3459	3	379,80	E
	54	3	379,48	E

energía total en clones promisorios de camote del INIA.

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$). El aporte de energía expresado en kcal/100 g, base seca, presentó valores mayores en los clones 937, 435 y Benjamín.

Cuadro 21: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido fenólico total en clones promisorios de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Prueba Tukey $p=0,05$	
Contenido fenólico total (CTP)	39	4	253,99	A	
	246	4	221,03	B	
	435	4	216,25	B	
	Benjamín	4	216,00	B	
	58	4	208,61	B	
	14	4	188,08	C	
	336	4	173,65	C	D
	3459	4	173,63	C	D
	54	4	170,67	D	
	937	4	161,22	D	

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$). El clon 39 presentó mayor contenido fenólico total, seguido de los clones 246, 435 y Benjamín, expresado en mg GAE/100 g en base seca.

Cuadro 22: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido total de carotenoides en clones de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Prueba Tukey $p=0,05$		
Contenido total de carotenoides (CTC)	Benjamín	4	123,14	A		
	58	4	119,91	A		
	246	4	103,61	B		
	336	4	57,76	C		
	435	4	33,18	D		
	3459	4	29,36	D	E	
	54	4	19,48	E		F
	937	4	19,15	E		F
	39	4	15,80	F		
	14	4	12,94	F		

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$). El contenido total de carotenoides evidenció valores más altos en los clones Benjamín, 58 y 246.

Cuadro 23: Prueba de comparación múltiple de Tukey del contenido total de flavonoides en clones de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0,05		
Contenido total de flavonoides (CTF)	435	4	549,10	A		
	58	4	529,63	A		
	Benjamín	4	480,75		B	
	246	4	447,08			C
	3459	4	436,38			C
	39	4	333,27			D
	54	4	308,74			E
	937	4	251,01			F
	336	4	248,69			F
	14	4	41,57			G

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$). El contenido total de flavonoides evidenció valores más altos en los clones 435, 58 y Benjamín.

Cuadro 24: Prueba de comparación múltiple de Tukey de la capacidad antioxidante ABTS en clones de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Prueba Tukey $p=0,05$		
Capacidad antioxidante ABTS	39	4	11,03	A		
	246	4	8,95		B	
	Benjamín	4	7,67			C
	435	4	7,48			C D
	3459	4	7,43			C D
	58	4	6,81			C D E
	336	4	6,57			D E
	54	4	6,53			D E
	14	4	5,94			E
	937	4	5,78			E

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 25: Prueba de comparación múltiple de Tukey de capacidad antioxidante ABTS en clones de camote del INIA.

Variables	Clones	N	Promedio	Prueba Tukey $p=0,05$		
Capacidad antioxidante DPPH	39	4	6.68	A		
	246	4	5.19		B	
	Benjamín	4	4.31			C
	3459	4	3.95			C D
	336	4	3.86			C D E
	435	4	3.76			C D E
	937	4	3.41			D E F
	58	4	3.38			D E F
	54	4	3.17			E F
	14	4	2.75			F

Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$).

Anexo 7: ANVA de Composición Proximal, Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

Cuadro 26: Análisis de varianza unifactorial (ANVA) de la composición de los clones promisorios de camote del INIA.

Variable	FV	SC	GI	CM	F	p-valor
Humedad	Clones	482.60	9	53.62	601.12	<0.0001
	Error	1.78	20	0.09		
	Total	484.38	29			
Materia seca	Clones	482.60	9	53.62	601.12	<0.0001
	Error	1.78	20	0.09		
	Total	484.38	29			
Ceniza	Clones	45.32	9	5.04	386.95	<0.0001
	Error	0.26	20	0.01		
	Total	45.58	29			
Grasa	Clones	16.00	9	1.78	9196.09	<0.0001
	Error	3.9E-03	20	1.9E-04		
	Total	19.01	29			
Fibra	Clones	14.48	9	1.61	1038.09	<0.0001
	Error	0.03	20	1.6E-03		
	Total	14.51	29			
Proteína	Clones	49.69	9	5.52	404.88	<0.0001
	Error	0.27	20	0.01		
	Total	49.96	29			
Carbohidratos	Clones	202.69	9	22.52	873.94	<0.0001
	Error	0.52	20	0.03		
	Total	203.21	29			
Energía total	Clones	938.02	9	104.22	528.76	<0.0001
	Error	3.94	20	0.20		
	Total	941.97	29			

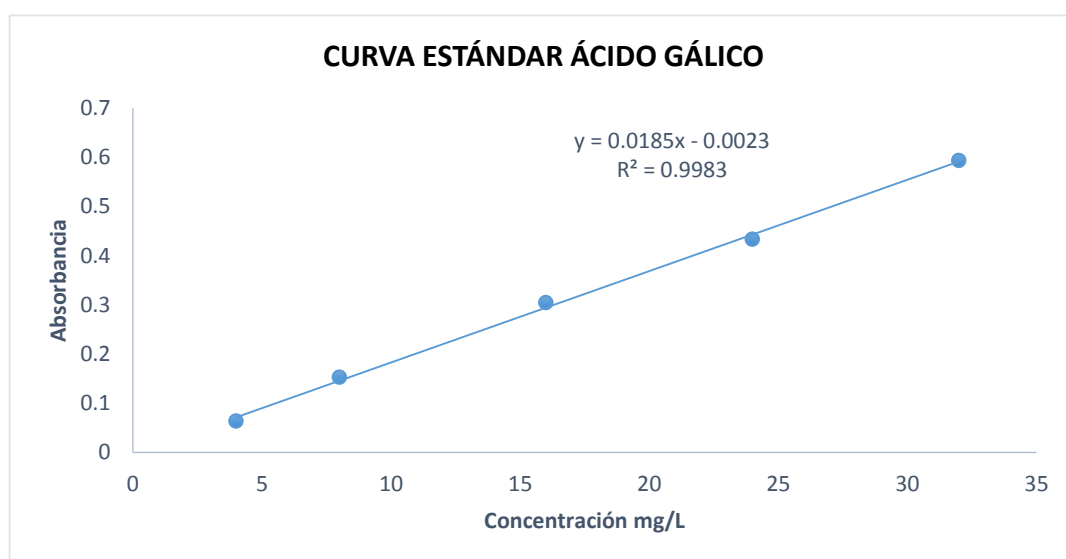
El ANOVA unifactorial indica que existe diferencias en el análisis proximal de los clones de camote, de acuerdo con las muestras analizadas (F: 601,12; $p < 0,01$ en humedad y materia seca; F: 386,95; $p < 0,01$ en ceniza; F: 9196,09; $p < 0,01$ en grasa; F: 1038,09; $p < 0,01$ en fibra; F: 404,88; $p < 0,01$ en proteína; F: 873,94; $p < 0,01$ en carbohidratos; F: 528,76; $p < 0,01$ en energía). Como la significancia es inferior a 0,05 ($p < 0,05$) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación (al menos uno de los clones promisorios de camote del INIA presenta composición nutricional diferentes).

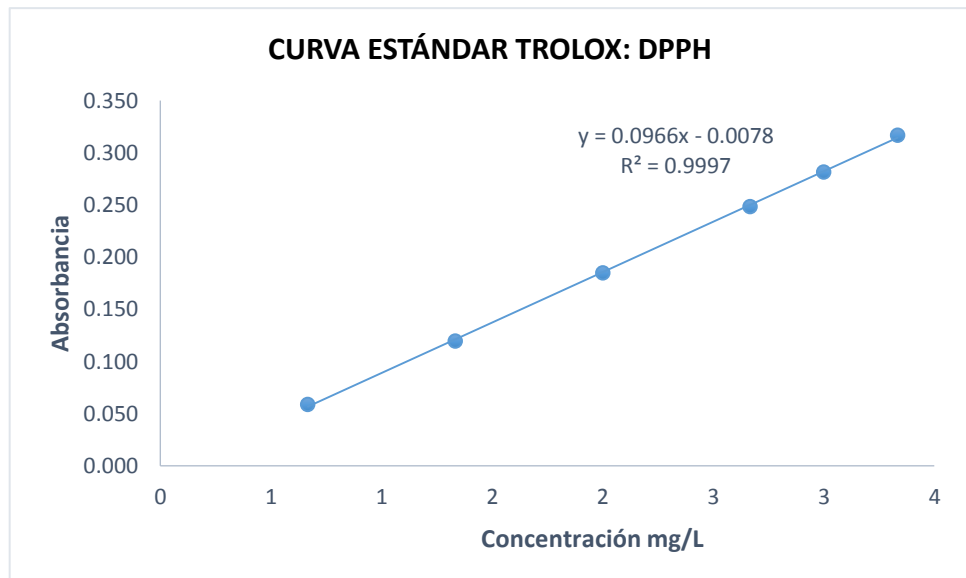
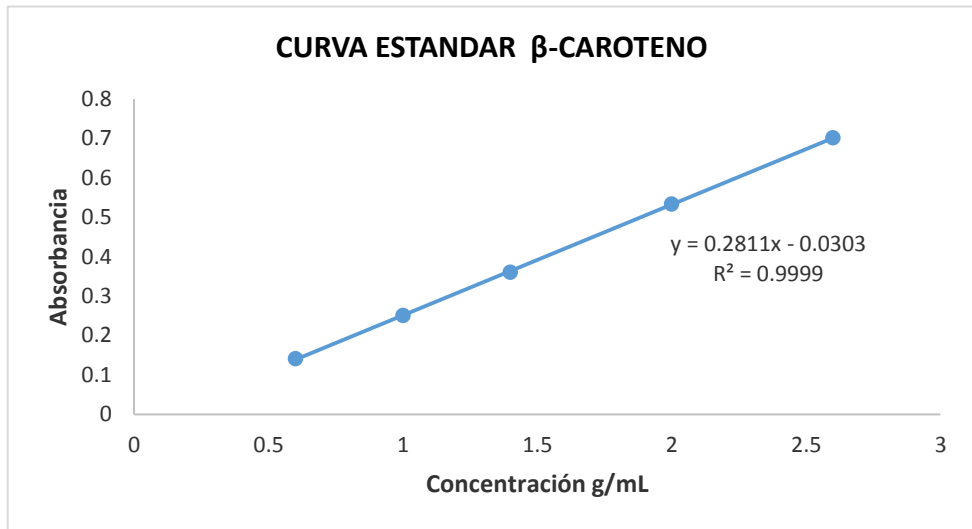
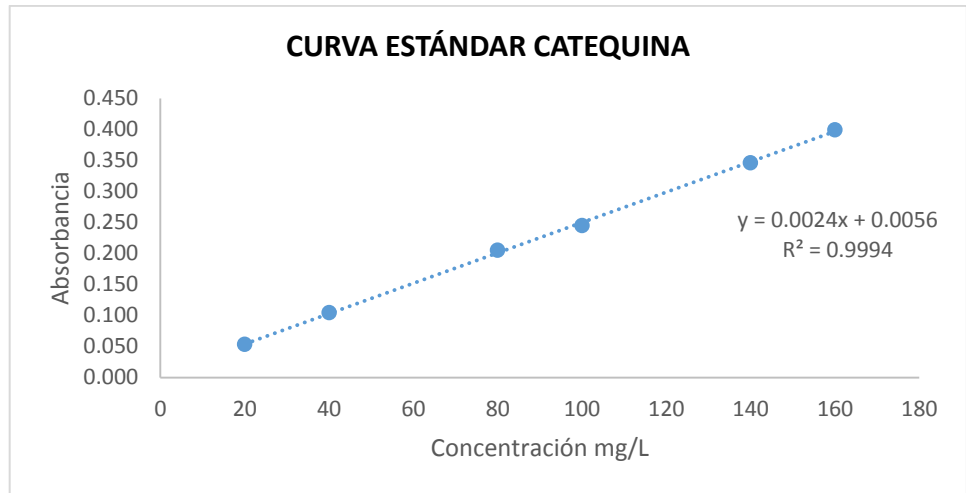
Cuadro 27: Análisis de varianza unifactorial (ANVA) de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en clones de camote del INIA.

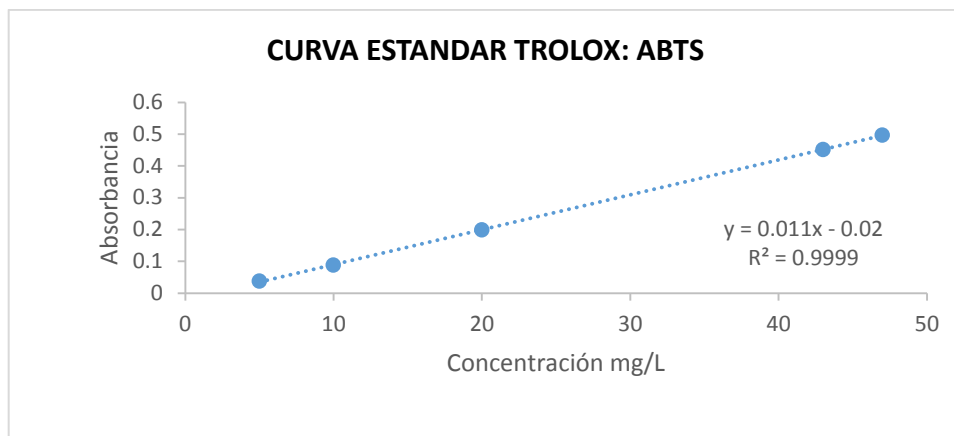
Variable	FV	SC	Gl	CM	F	p-valor
CTP	Clones	31279,31	9	3475,48	80,39	<0,0001
	Error	1297,04	30	43,23		
	Total	32576,35	39			
CTC	Clones	72754,37	9	8083,82	360,22	<0,0001
	Error	673,23	30	22,44		
	Total	73427,60	39			
ABTS	Clones	88,95	9	9,88	47,58	<0,0001
	Error	6,23	30	0,21		
	Total	95,18	39			
DPPH	Clones	46,95	9	5,22	52,41	<0,0001
	Error	2,99	30	0,10		
	Total	49,94	39			

El ANVA unifactorial indica que existe diferencias en compuestos bioactivos y capacidad antioxidante, de acuerdo con muestras analizadas (F: 80,39; $p < 0,01$ para CTP; F: 360,22; $p < 0,01$ para CTC, F: 47,58; $p < 0,01$ para ABTS y F: 52,41; $p < 0,01$ para DPPH). Como la significancia es inferior a 0,05 ($p < 0,05$) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación (al menos uno de los clones promisorios de camote del INIA presenta compuestos bioactivos y capacidad antioxidante diferentes).

Anexo 8: Curvas estándar de los procedimientos de compuestos bioactivos







Anexo 9: Cosecha y pelado de camote

Figura 2: Cosecha (Huaral) y pelado (laboratorio) de camote



Anexo 10: Muestras de clones

Figura 3: Clones de camote: 14, 39, 54, 58, 246, 336, 435, 937, 3459 y Benjamín



Anexo 11: Equipos

Figura 4: Determinación de humedad de los clones de camote en estufa (Memmert), previo pesado en balanza analítica



Figura 5: Determinación de ceniza en mufla (Thermo Scientific)



Figura 6: Digestión de proteínas en digestor Kjeldhal semiautomático y titulación de nitrógeno total



Figura 7: Determinación de grasa en equipo Soxleth



Figura 8: Determinación de fibra cruda

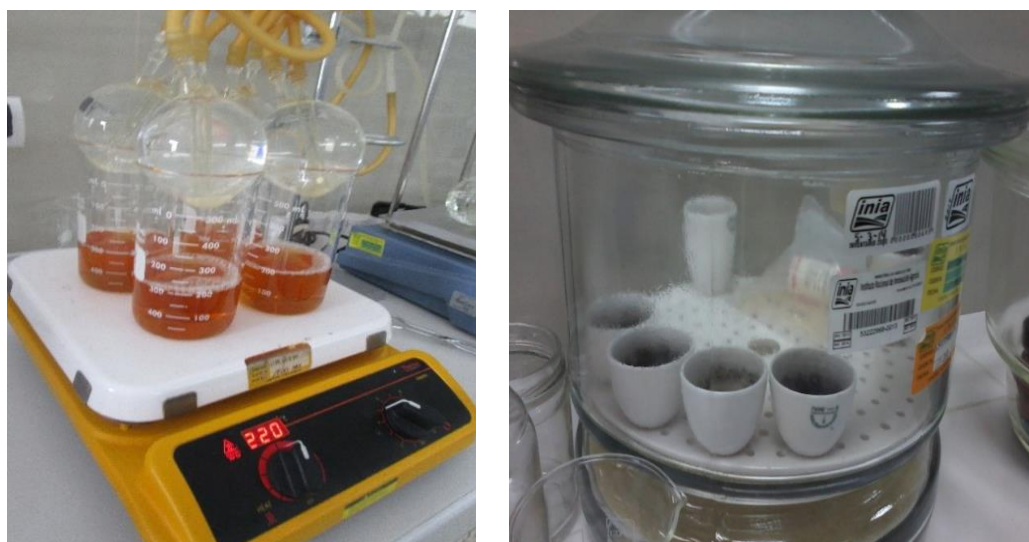


Figura 9: Espectrofotómetro UV-Vis, Genesys 10S UV-Vis



Figura 10: Harina de los clones de camote

