

Potencial antioxidante de 10 accesiones de yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, procedentes de Cajamarca - Perú

Antioxidant potential of 10 yacon *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson accessions native from Cajamarca - Peru

Inés Arnao¹, Juan Seminario², Ruth Cisneros¹, Juan Trabucco¹

¹ CI Bioquímica y Nutrición de la Facultad de Medicina-UNMSM.

² Universidad Nacional de Cajamarca (UNC).

Resumen

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es parte de nuestra biodiversidad alimentaria y medicinal, utilizándose tanto las raíces como las hojas, por sus propiedades antioxidantes, hipoglicemiantes y antibacterianas. Por estas características, su uso como alimento funcional y/o nutracéutico es promisorio. **Objetivos:** Evaluar la capacidad antioxidante de 10 accesiones de yacón procedentes de Cajamarca. **Diseño:** Estudio descriptivo, transversal y prospectivo. **Instituciones:** Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición, Facultad de Medicina, UNMSM y Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Perú. **Material biológico:** Hojas y raíces de yacón. **Intervenciones:** Se usó hojas y raíces de plantas de yacón cultivadas en el Campo Experimental del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos, ciudad de Cajamarca (2 536 msnm), de la colección que mantiene la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNC. La procedencia de estas accesiones fueron las localidades Yanamango, Chuquibamba, Yanac, Cumbico, Bambamarca, Sapuc, Can Can, José Gálvez, Contumazá y San Ignacio. Se empleó la prueba de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidracilo) y se midió el contenido de fenoles totales y flavonoides totales. Se usó ácido ascórbico, ácido gálico (AG) y quercetina (Q) como referencia, respectivamente. **Principales medidas de resultados:** Contenido de fenoles totales y flavonoides totales. **Resultados:** Para la captación del radical DPPH, los extractos de raíces presentaron un IC₅₀, en el rango de 1,92 a 6,32 uL de raíz/mL. Sus fenoles totales variaron de 217,5 a 352,4 ug EAG/mL de raíz. Los extractos hidroalcohólicos de hojas mostraron un IC₅₀, para la captación del radical DPPH, entre 44,2 y 110,3 ug de hoja seca/mL. Sus fenoles totales estuvieron en el rango de 7,7 a 22,7 mg EAG/g de hoja y el de flavonoides entre 2,2 y 4,4 mg EQ/g de hoja. **Conclusiones:** En el presente estudio, las accesiones con mayor potencial antioxidante, para hojas y raíces, provinieron de las localidades de Yanamango y Chuquibamba. Estos resultados se podrían relacionar a su diferente distribución geográfica.

Palabras clave: *Smallanthus sonchifolius*, raíces y hojas de yacón, antioxidantes, fenoles totales.

Abstract

Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is part of our food and medicinal biodiversity and both roots and leaves are used due to their antioxidant, hypoglycemic and antibacterial properties. Consequently its use as functional food and/or nutraceutical is promising. **Objectives:** To determine the antioxidant capacity of 10 yacon accessions native from Cajamarca. **Design:** Descriptive, cross sectional and prospective study. **Setting:** Biochemistry and Nutrition Research Center, Faculty of Medicine, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), and Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Peru. **Biological material:** Yacon leaves and roots. **Interventions:** Yacon leaves and roots of plants cultivated in the Experimental Field of the Roots and Andean Tubers Program, Cajamarca's city (2 536 meters above sea level), were used, from the collection that supports the UNC Faculty of Agrarian Sciences. Origin of these accessions were Yanamango, Chuquibamba, Yanac, Cumbico, Bambamarca, Sapuc, Can Can, Jose Galvez, Contumaza, and San Ignacio. DPPH's (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) test was used and phenol and flavonoid total content was measured. Ascorbic acid, gallic acid (AG) and quercetin (Q) were used as reference. **Main outcome measures:** Total phenol and flavonoid content. **Results:** Root extracts radical DPPH capture presented an IC₅₀, range 1,92-6,32 uL of root/mL, and its total phenols varied from 217,5-352,4 ug EAG/mL of root. Leaves hydroalcoholic extracts showed an IC₅₀ for radical DPPH capture between 44,2-110,3 ug of dry leaf/mL. Its total phenols ranged between 7,7-22,7 mg EAG/g of leaf and flavonoids between 2,2-4,4 mg EQ/g of leaf. **Conclusions:** In the present study, accessions with major antioxidant potential for leaves and roots came from Yanamango and Chuquibamba. These results might relate to different geographical distribution.

Key words: *Smallanthus sonchifolius*, yacon roots and leaves, antioxidants, total phenols.

An Fac med. 2011;72(4):239-43

INTRODUCCIÓN

Los variados ecosistemas del Perú se reflejan en la diversidad ecológica, genética y de especies, que es necesario seleccionar para poder identificar las de mayores posibilidades y potencialidades, en prevenir o tratar enfermedades, en su aplicación en la agroindustria, entre otras ⁽¹⁾.

El *Smallanthus sonchifolius* (yacón) es una planta que crece hasta en los 3 500 msnm de altitud, en un rango óptimo de temperatura de 18 a 25°C y que no requiere de fertilizantes, pesticidas ni mayores cuidados. Estas características agronómicas permiten su cultivo en diferentes departamentos del Perú (Cajamarca, Junín, Huánuco, Puno

y Lima) y, en Sudamérica, desde Colombia hasta el norte de Argentina ⁽²⁾, adaptándose a los suelos de Oceanía, Europa y Asia ⁽³⁾.

El yacón es un recurso vegetal valorado por sus propiedades nutricionales y medicinales y ha concitado interés su uso en el tratamiento de la diabetes, pues se le atribuye una acción

hipoglicemiante. A la raíz se la considera como alimento prebiótico e hipocalórico, lo cual es debido a su contenido de fructooligosacáridos (FOS), compuestos que no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas de los humanos ⁽⁴⁾. En el caso de las hojas, los extractos acuosos han demostrado tener efectos hipoglicemiantes, además de poseer capacidad antioxidante y antimicrobiana ⁽⁵⁻⁷⁾.

En la actualidad, se ha relacionado el estrés oxidativo con las enfermedades crónicas, ocasionando sobreproducción de radicales libres y especies reactivas del oxígeno que producen un desbalance entre los niveles prooxidantes/antioxidantes a favor de los primeros. Para contrarrestar estos efectos perjudiciales para la salud, nuestro organismo cuenta con defensas antioxidantes, tales como las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa, glutatión peroxidasa, así como glutatión, ácido úrico y bilirrubina. Otro grupo de compuestos con función antioxidante incluye a la vitamina C, fenoles y flavonoides, que los ingerimos con los alimentos de origen vegetal.

Estudios fitoquímicos realizados con la raíz y las hojas de yacón han encontrado que contienen ácidos clorogénico, ferúlico, cafeico y flavonoides con propiedades antioxidantes, por lo que

su uso ha sido recomendado en la prevención y tratamiento de enfermedades tales como diabetes, obesidad, cáncer, hipertensión, aterosclerosis ⁽⁸⁾.

En base a los antecedentes expuestos, nos propusimos determinar in vitro los niveles de antioxidantes de extractos de hojas y de raíces de yacón, cultivados en Cajamarca, Perú, para identificar los cultivos con mayor potencial antioxidante.

MÉTODOS

El presente es un estudio descriptivo, transversal y prospectivo. Se empleó las accesiones de yacón que forman parte de la colección que mantiene la Facultad de Ciencias Agrarias, las que fueron cultivadas en el Campo Experimental del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad de Cajamarca, ubicada a una altitud de 2 536 msnm, latitud 7° 10', longitud, 78° 30'. La procedencia de estas accesiones fueron las localidades Yanamango, Chuquibamba, Yanac, Cumbico, Bambamarca, Sapuc, Can Can, José Gálvez, Contumazá y San Ignacio. Sus características agronómicas son mostradas en la tabla 1.

Las raíces fueron lavadas, peladas y procesadas hasta la obtención de un extracto. Las hojas fueron lavadas y

secadas en una estufa, a 37° C, hasta obtener un peso constante y, finalmente, molidas. Luego, se preparó extractos con etanol al 70%, en una proporción 1:15 (p/v), que fueron macerados por dos semanas a temperatura ambiente, con agitación, y luego filtrados en papel Whatman N° 1. El procesamiento de las muestras no fue mayor a una semana después de recolectada la planta.

Se evaluó la capacidad antioxidante de los extractos de raíces y hojas de yacón de las 10 accesiones. La capacidad de captación de radicales libres fue determinada mediante la prueba de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidracilo) ⁽⁹⁾, usando como estándar el ácido ascórbico. Los resultados fueron expresados como IC₅₀, que corresponde a la concentración del extracto que reduce en un 50% la coloración de una solución de DPPH. El contenido total de fenoles se midió según el método de Singleton ⁽¹⁰⁾, Rossi ⁽¹⁰⁾, usando el ácido gálico como referencia y expresando los resultados como mg de equivalentes de ácido gálico (EAG). Además, en los extractos de hojas se determinó el contenido de flavonoides totales empleando tricloruro de aluminio, según en el trabajo de Geissman ⁽¹¹⁾; los valores fueron expresados como mg de equivalentes de quercetina dihidratada (EQ).

Tabla 1. Características morfológicas de 10 accesiones de yacón procedentes de Cajamarca.

Accesiones	Procedencia	Morfotipo	Descripción morfológica
12	Yanamango, distrito de Jesús, provincia Cajamarca	I	Planta muy ramificada desde la base, tallo púrpura grisáceo, follaje verde amarillento, hojas triangulares, dentadas, lígula de la flor oblonga, amarillo-anaranjado, raíces púrpura grisáceas, pulpa amarillo-anaranjada, propágulos púrpura grisáceos.
25	Chuquibamba, distrito de Cachachi, provincia Cajabamba		
30	Yanac, distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión		
87	Can Can, distrito de Cajamarca		
50	Contumazá, distrito de Contumazá		
10	Cumbico, distrito de Magdalena, provincia Cajamarca	II	Planta no ramificada, tallo y follaje verde amarillento, hoja triangular, dentada, lígula de la flor ovada, amarillo-anaranjada, raíces gris anaranjadas, pulpa naranja, propágulos blancos.
90	Bambamarca, distrito de Bambamarca, provincia Hualgayoc		
75	Sapuc, distrito de Asunción, provincia Cajamarca		
94	José Gálvez, distrito de Celendín, provincia Celendín		
125	San Ignacio, distrito San Ignacio, provincia de San Ignacio	VI	Planta no ramificada, tallo verde amarillento, follaje verde oscuro, hoja triangular, dentada, lígula de flor amarillo anaranjado claro, hoja oblonga, raíz gris anaranjada, pulpa blanco amarillenta moteada de púrpura, propágulos rojo púrpura.

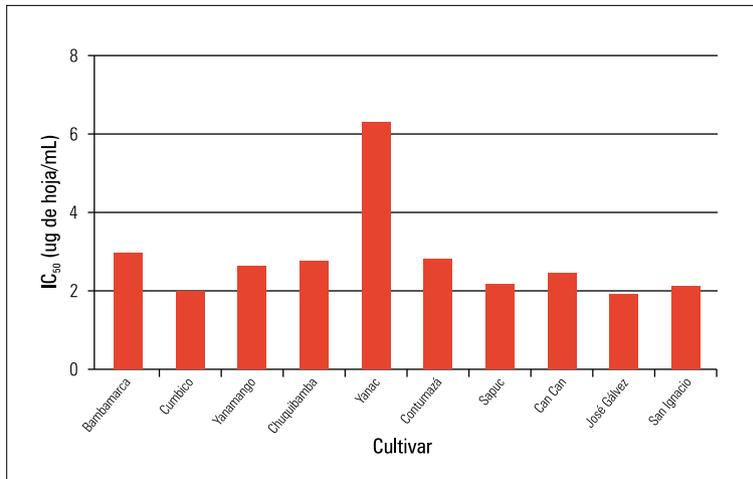


Figura 1. Actividad antioxidante de la raíz de yacón sobre el radical DPPH, en las 10 accesiones procedentes de Cajamarca.

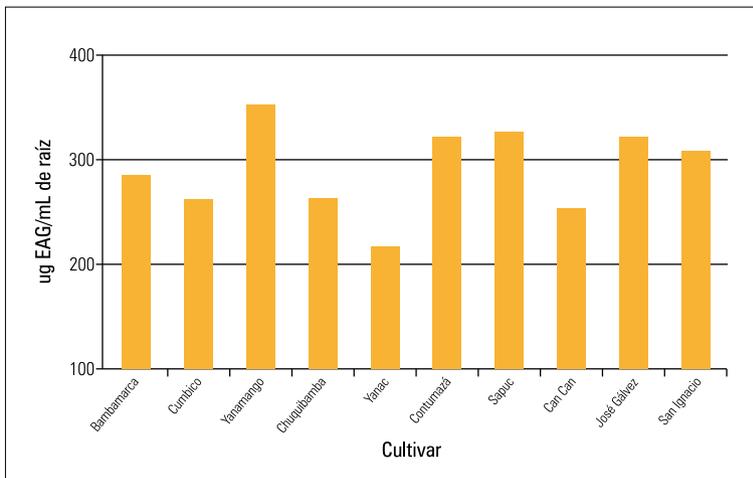


Figura 2. Contenido de fenoles totales de raíz de yacón en las 10 accesiones procedentes de Cajamarca.

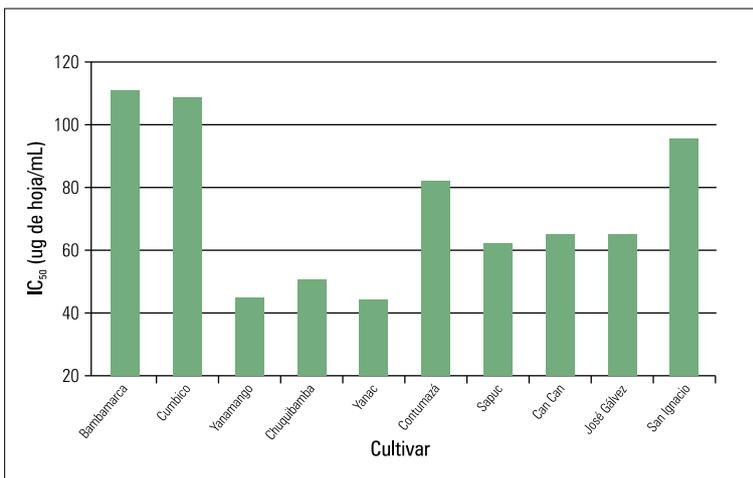


Figura 3. Valores de IC₅₀ de extractos de hojas de yacón de 10 cultivares procedentes de Cajamarca. Los valores de IC₅₀ son expresados en ug de hoja /mL.

RESULTADOS

En general, las accesiones estudiadas tuvieron un rendimiento agronómico aceptable de raíces, excepto la accesión 125, procedente de San Ignacio, que tuvo rendimiento muy bajo, probablemente porque todavía no ha logrado adaptarse al lugar de cultivo más frío y seco que el lugar de origen. Los valores promedios de 10 medidas para cada planta fueron: altura de la planta 101,8 cm, número de raíces 16,6, peso de las raíces 1 503,1 g.

La capacidad antioxidante en los extractos de raíces de yacón tuvo valores de IC₅₀ entre 1,92 y 6,32 uL de raíz/mL. Con excepción de la muestra procedente de Yanac, que mostró los valores más altos (figura 1), todas las otras presentaron un IC₅₀ menor a 3,0 uL de raíz/mL en la captación del radical 1,1-difenil-2-picrilhidracilo (DPPH).

En la figura 2 se presenta los resultados del contenido de los fenoles totales en los extractos de las raíces de yacón y se puede observar que sus niveles están en el rango de 217,5 a 352,4 ug de EAG/mL de raíz, teniendo los valores más altos las accesiones procedentes de las localidades de Yanamango, Contumazá, Sapuc, José Gálvez y San Ignacio.

Los extractos hidroalcohólicos de hojas de las diferentes accesiones procedentes de Cajamarca tuvieron valores de IC₅₀ de 50,7 a 110,3 ug de hoja/mL, siendo las de mayor potencial en la captación de los radicales DPPH las que correspondían a las localidades de Yanac, Yanamango y Chuquibamba. Estos resultados son mostrados en la figura 3.

El contenido de fenoles totales y flavonoides de los extractos de hojas de yacón variaron de 7,7 a 22,7 mg de EAG/g de hoja y entre 2,2 y 4,4 mg EQ/g de hoja, respectivamente. En este caso tenemos que los cultivares procedentes de las localidades de Yanamango y Chuquibamba presentaron los valores más altos de fenoles totales y flavonoides (figura 4).

Al realizar la correspondencia entre los valores de IC_{50} determinados por la prueba de DPPH y el contenido de fenoles de las hojas de yacón (figura 5), se obtuvo un R^2 de 0,89, lo que permitiría establecer que a mayor contenido de fenoles presentes en las hojas de yacón, menor IC_{50} .

DISCUSIÓN

Las plantas medicinales contienen varios compuestos fitoquímicos con propiedades antioxidantes, como los carotenoides, tocoferoles, ascorbato, ácido lipoico y fenoles, que resultan beneficiosos para nuestra salud. De ello deriva la importancia de su consumo como factor involucrado en la modulación del estrés oxidativa.

Uno de los aspectos a considerar cuando se trabaja con recursos vegetales de uso en la medicina tradicional es seleccionar la especie con mayor contenido del principio bioactivo asociado al efecto farmacológico que se desea evaluar, así como conocer su procedencia, para que la validación del conocimiento popular resulte significativa.

El departamento de Cajamarca es uno de los centros de diversidad fenotípica y de mayor producción de yacón. Seminario y colaboradores (4) encontraron cuatro morfotipos para esta región, y ocho para el norte del país, diferenciados principalmente por el color, peso, número de raíces por plantas, color de la pulpa y forma de las hojas, entre otros. Las muestras de yacón usadas en el presente estudio pertenecen a los morfotipos I, II y VI y sus características están descritas en la tabla 1.

Con la finalidad de determinar las accesiones procedentes de Cajamarca con mayor potencial antioxidante, en el presente trabajo medimos en extractos de hojas y raíces la capacidad de captación del radical DPPH y el contenido de fenoles totales.

Las raíces de yacón tuvieron valores de IC_{50} menores a 3,0 uL de raíz/mL y correspondió al cultivar de la localidad de José Gálvez el de mayor capacidad

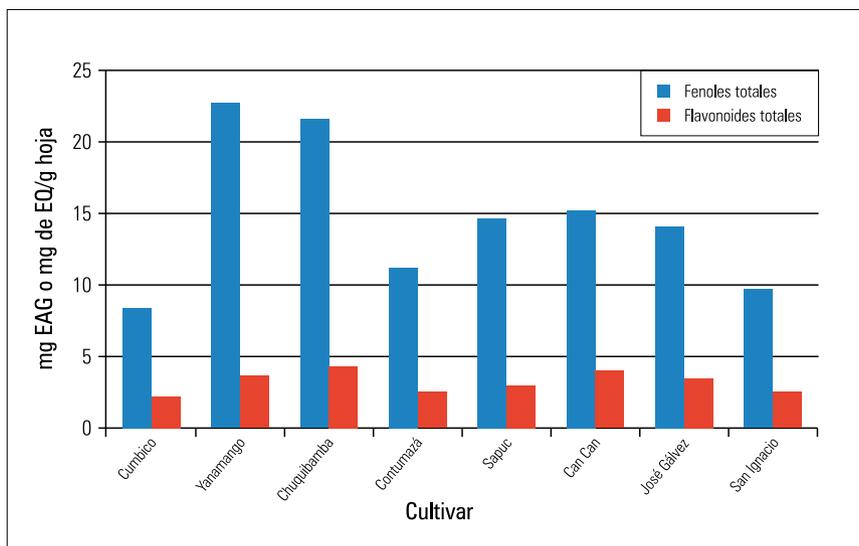


Figura 4. Valores de fenoles totales y flavonoides de diferentes cultivares procedentes de Cajamarca. Los fenoles totales están expresados como mg de EAG/g de hoja y los flavonoides como EQ/g de hoja.

antioxidante (IC_{50} 1,92). En lo que respecta a los fenoles totales, los niveles fueron muy semejantes para las 10 accesiones, variando entre el rango de 217,5 y 352,4 ug EAG/ uL de raíz.

En la determinación de la capacidad antioxidante realizado por Zavaleta y colaboradores (12), hallaron valores IC_{50} de 147,29 a 95,53 mg/mL para el olluco, sachapapa morada y pituca. Estos

valores son mayores a los encontrados para los extractos de las raíces de yacón estudiadas, lo cual sería un indicador de su mayor potencial antioxidante frente a los tubérculos antes mencionados.

Debido a la presencia de grupos hidroxílicos, dobles enlaces y anillos bencénicos, los compuestos fenólicos presentes en las plantas son capaces de secuestrar radicales libres y tener por

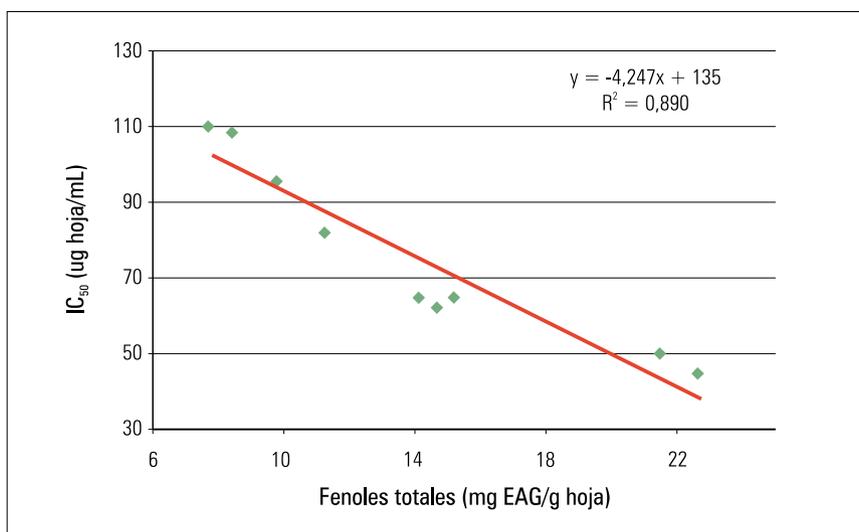


Figura 5. Correlación entre la actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales en hojas de yacón de diferentes cultivares procedentes de Cajamarca. Análisis estadístico: los resultados son presentados como el valor promedio de dos determinaciones realizadas en paralelo.

lo tanto una buena capacidad antioxidante. Tanto en raíces como en hojas de yacón se ha identificado los ácidos clorogénico, ferúlico, cafeico y sus derivados, como responsables de las propiedades antioxidantes atribuidos a esta planta⁽¹³⁾.

De acuerdo a Simonovska y col.⁽⁶⁾ y según datos no publicados de nuestro laboratorio, el solvente usado en la preparación de extracto de plantas afecta cualitativa y/o cuantitativamente la calidad biológica de los constituyentes químicos extraídos. Por tanto, la forma de preparación del extracto es muy importante para la actividad biológica que presenten.

Los extractos hidroalcohólicos de hojas de yacón muestran actividad para la captación del radical DPPH, con valores IC₅₀ de 44,2 a 110,3 ug/mL para las 10 accesiones estudiadas. En nuestro laboratorio también hemos determinado la capacidad antioxidante de otra variedad de yacón denominada 'blanco ecuatoriana' procedente de Cajamarca y encontramos un IC₅₀ de 110,0 ug/mL (datos no publicados). Valentová y col. determinaron para los extractos de hojas de yacón en solventes orgánicos y acuosos, IC₅₀ de 16,14 y 33,39 ug/mL, respectivamente. Asimismo, Aguilar y Bonilla⁽¹⁴⁾, trabajando con los flavonoides aislados de un extracto metanólico, encontraron un IC₅₀ de 24,7 ug/mL. Si bien los IC₅₀ obtenidos para las accesiones estudiadas procedentes de Cajamarca son más altos, debemos considerar que los autores mencionados llevaron a cabo procesos de extracción y aislamiento de los flavonoides de las hojas, enriqueciendo dichas fracciones.

En lo que respecta al contenido de fenoles totales de las 10 accesiones estudiadas, las de Yanamango y Chuquibamba presentaron valores de 22,7 y 21,5 mg de EAG/g de hoja seca, los que se corresponden con los niveles más altos de flavonoides (3,6 y 4,4 mg de EQ/g de hoja) y con la mayor capacidad antioxidante (IC₅₀ 44,8 y 50,7 ug/mL), respectivamente. En general, hemos encontrado que en los extractos

de hojas de yacón existe la siguiente correlación: a mayor contenido de fenoles totales, mayor capacidad antioxidante, que se evidencia con un menor IC₅₀.

Lachman y col.⁽¹⁵⁾ evaluaron el contenido total de fenoles en rizomas, hojas y raíces de 5 genotipos de *Smallanthus sonchifolius* procedentes de Nueva Zelandia, Alemania, Ecuador y Bolivia y encontraron que los valores de fenoles presentes en hojas y rizomas dependen de su origen botánico, rasgos morfológicos y los polimorfismos de los diferentes genotipos. Se determinó valores de 9,21 a 18,14 mg de EAG/kg de hoja seca para estos genotipos, correspondiendo los más altos a los de Bolivia y Ecuador. Sin embargo, las hojas de yacón procedentes de Yanamango (Cajamarca) y Chuquibamba (Cajabamba) presentaron un mayor contenido de fenoles.

Por lo expuesto, podemos concluir que, por su alto contenido de fenoles totales, flavonoides y menor valor de IC₅₀ frente al radical DPPH, tanto las raíces como las hojas de las accesiones de yacón procedentes de Cajamarca constituyen un recurso genético promisorio para ser usado como nutraceutico o suplemento alimenticio. De los cultivos de yacón estudiados, los que provinieron de las localidades de Yanamango y Chuquibamba presentaron el mayor potencial antioxidante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Li Pereyra E. Estado del arte del sector de plantas medicinales en Perú. Informe final. Disponible en: www.unido.org/fileadmin/import/69934_PERU_Informe_final_plantas_medicinales_2vf.pdf
- Muñoz A, Blanco T, Serván K, Alvarado-Ortiz C. Evaluación del contenido nutricional del yacón (*Polimnia sonchifolia*) procedente de sus principales zonas de producción nacional. Rev Horizonte Méd. 2006;6(2):69-73.
- Fernández E, Viehmannová I, Lachman J, Zámečnicková J. Organic farming of yacón [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson]. Proceedings of the conference Organic farming. 2007, 6-7.2:157-9.
- Seminario J, Valderrama M, Manrique I. 2003. El yacón. Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, Perú, 60 pag.

- Tasayco Yataco N. Actividad hipoglucemiante del extracto hidroalcohólico de hojas de *Smallanthus sonchifolius* (yacón) en ratas con diabetes tipo 1 y 2. Tesis para optar el grado de Magister en Farmacología con mención en Farmacología experimental. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2007.
- Volpato G, Vieira F, Damasceno D, Câmara F, Di Stasi L, LEMONICA I. Efeito do extrato aquoso de folhas de *Polymnia sonchifolia* (yacon) em ratas diabéticas. Rev Bras PI Med Botucatu. 2007;9(2):88-93.
- Aybar MJ, Sánchez RA, Grau A, Sánchez SS. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. J Ethnopharmacol. 2001;74:125-32.
- Simonovska B, Vovk I, Andrešek S, Valentová K, Ulrichová J. Investigation of phenolic acids in yacón (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers. J Chromatogr A. 2003;1016(1):89-98.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm Wiss Technol. 1995;28(1):25-30.
- Singleton V, Orthofer R, Lamuela-Raventós R. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Method Enzymol. 1999;299:152-78.
- Leonard J, Geissman TA. Absorption spectra of metal complexes of flavonoid compounds. J Org Chem. 1956;21:1395-401.
- Zavaleta J, Muñoz AM, Blanco T, Alvarado C, Loja B. Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. Rev Horizonte Méd. 2005;2(5):29-38.
- Muñoz AM, Ramos-Escudero F, Alvarado-Ortiz C, Castañeda B. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. Rev Soc Quím Perú. 2007;73(3):142-9.
- Aguilar E, Bonilla P. Actividad antioxidante e inmunológica de flavonoides aislados de hojas de *Smallanthus sonchifolius* (Yacón). Ciencia e Investigación. 2009;12(1):15-23.
- Lachman J, Fernández EC, Viehmannová I, Sulc M, Cepková P. Total phenolic content of yacón (*Smallanthus sonchifolius*) rhizomes, leaves, and roots affected by genotype. N Zealand J Crop Horticul Sci. 2007;35:117-23.

Artículo recibido el 6 de octubre de 2011 y aceptado para publicación el 13 de octubre de 2011.

Agradecimientos:

El presente trabajo ha sido parcialmente financiado por el CSI-VRI, proyecto N° 090104261.

Correspondencia:

Mg. Acela Inés Arnao Salas
Correo electrónico: inesarnao@hotmail.com.