



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS



MODALIDAD: INVESTIGACIÓN

TEMA:

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y
CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIEDADES *DE Tropaeolum
tuberosum* (Ruíz y Pavón, Kuntze) MASHUA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO
PARA OPTAR POR EL GRADO DE QUÍMICO Y FARMACÉUTICO**

AUTORES:

RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA

LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES

TUTORA:

Q.F MARÍA ELENA JÍMENEZ MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2018



FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN



FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIETADES DE <i>Tropaeolum tuberosum</i> (Ruíz y Pavón, Kuntze) MASHUA		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	LAURA VALDEZ MSc. (REVISOR) Q.F MARÍA ELENA JÍMENEZ MSc.(TUTORA)		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	TERCER NIVEL – QUIMICO FARMACEUTICO		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	13 DE MARZO 2018	No. DE PÁGINAS:	69
ÁREAS TEMÁTICAS:	FITOQUÍMICA		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	CARÁCTER REDUCTOR, FENOLES, FLAVONOIDEOS, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0991517905 0988322386	E-mail: luisa.rodriguezr@ug.edu.ec raisa.doylete@ug.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: SEDE CIENCIAS QUIMICAS		
	Teléfono: 052970459		
	E-mail: www.fcq.ug.edu.ec		



**FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 29 enero 2018

Sr. /Sra.
DIRECTOR (A) DE LA CARRERA/ESCUELA
FACULTAD CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIEDADES DE *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz y Pavón, Kuntze) MASHUA" de las estudiantes srta. RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA, 0922965488 y srta. LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES, 2400258865, indicando ha (n) cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que las estudiantes están aptas para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

MARÍA ELENA JIMÉNEZ HEIBERT
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.I. 0905366985





FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN



CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado MARIA ELENA JIMENEZ HEINERT, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por srta. RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA, 0922965488 y srta. LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES, 2400258865, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de QUÍMICO Y FARMACÉUTICO.

Se informa que el trabajo de titulación: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIEDADES DE *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz y Pavón, Kuntze) MASHUA", ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (URKUND) quedando el 4% de coincidencia.



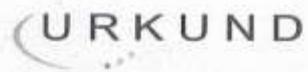
<https://secure.arkund.com/view/16064415-251036-988649/DccxDeGxDAD1v6>

Maria Elena Jimenez Heinert
MARIA ELENA JIMENEZ HEINERT

C.I. 0905366985

Raiza Michell Doylet Espinoza





Urkund Analysis Result

Analysed Document: ESTUDIO COMPARATIVO TROPAEOLUM TUBEROSUM DOYLET-RODRIGUEZ.docx (D35125353)
Submitted: 1/29/2018 5:58:00 PM
Submitted By: maria.jimenezhe@ug.edu.ec
Significance: 4 %

Sources included in the report:

tesis Byron Llanga.docx (D10123937)
TESIS_CLINOPODIUM_XIMENA_CULQUI.docx (D27121283)
tesis 2015 última versión.doc (D16188146)

Instances where selected sources appear:

7



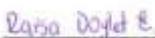


FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN



LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO
NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo, RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA, con cédula de ciudadanía N.º 0922965488 y LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES con cédula de ciudadanía N.º 2400258865 certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIEDADES DE *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz y Pavón, Kuntze) MASHUA" es de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad Y SEGÚN EL Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.


RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA
CI* 0922965488


LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES
CI*2400258865

*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899 - Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN



APROBACIÓN DEL TUTOR

Guayaquil, Marzo 2018

En calidad de tutora del Trabajo de Titulación, Certifico: Que he asesorado, guiado y revisado el trabajo de titulación en la modalidad de investigación, cuyo título es **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIEDADES DE *Tropaeolum tuberosum* (Ruíz y Pavón, Kuntze) MASHUA**, presentado por **RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA**, con cédula de ciudadanía N.º 0922965488 y **LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES** con cédula de ciudadanía N.º 2400258865, previo a la obtención del título de Química y Farmacéutica.

Este trabajo ha sido aprobado en su totalidad y se adjunta el informe de Antiplagio del programa URKUND. Lo Certifico.

A handwritten signature in purple ink, reading "Dra. María Elena Jiménez Heinert".

DRA. MARÍA ELENA JIMÉNEZ HEINERT, MSc.

TUTORA DE TESIS



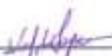
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN



Guayaquil, 13 Marzo 2018

CERTIFICADO DEL TUTOR REVISOR

Habiendo sido nombrado LAURA VALDEZ MSc, tutora del trabajo de titulación "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIEDADES DE *Tropaeolum tuberosum* (Ruíz y Pavón, Kuntze) MASHUA", certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA, con cédula de ciudadanía N.º 0922965488 y LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES con cédula de ciudadanía N.º 2400258865 con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Química y Farmacéutica en la Carrera de Química y Farmacia de Facultad de Ciencias Químicas, ha sido REVISADO Y APROBADO en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.


LAURA VALDEZ MSc
C.I. 0918440470



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN



CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

Acta de Registro de la sustentación Oral

El Tribunal de Sustentación del Trabajo de Titulación de la Srta. RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA y Srta. LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES después de ser examinado en su presentación, memoria científica y defensa oral da por aprobado el Trabajo de Titulación, denominado:

"ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIETADES DE *Tropaeolum tuberosum* (Ruíz y Pavón, Kuntze) MASHUA"

LAURA VALDEZ MSc
PRESIDENTE - MIEMBRO DEL TRIBUNAL

PILAR SOLEDISPA MSc
DOCENTE-MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. JULIO RODRÍGUEZ
DOCENTE-MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Abg. FRANCISCO PALOMEQUE
SECRETARIO ENCARGADO



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN



CARTA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Guayaquil, Martes 13 de Marzo 2018

Nosotros, **RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA** y **LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES**, autores de éste trabajo declaramos ante las autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil, que la responsabilidad del contenido de este **TRABAJO DE TITULACIÓN**, nos corresponde a nosotros exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil.

Declaramos también es de nuestra autoría, que todo el material escrito, salvo el que está debidamente referenciado en el texto. Además, ratifico que este trabajo no ha sido parcial ni totalmente presentado para la obtención de un título, ni en una Universidad nacional, ni una extranjera.

Raisa Doylet E.

RAISA MICHELL DOYLET ESPINOZA
CI° 0922965488

Luisa Rodríguez R.

LUISA MARÍA RODRÍGUEZ REYES
CI°2400258865

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios; nuestro principal motor y guía, ya que sin su ayuda la realización de esta investigación no hubiera sido posible, nos brindó fe y sabiduría en todo momento. El fruto de este trabajo se lo debemos a Él.

A nuestros amados padres, por su incondicional apoyo, soporte financiero y palabras de amor en tiempos difíciles, gracias por inspirarnos y motivarnos a ser cada vez mejores, respeto y amor infinito para ustedes.

A los docentes de nuestra querida Facultad que con mucho esfuerzo y cariño compartieron con nosotros sus amplios conocimientos, experiencias y consejos para prepararnos y encaminarnos hacia el mundo laboral.

De manera muy especial a nuestro apreciado Dr. Oswaldo Pesantez por estar siempre presto a colaborarnos, por su tiempo y gentileza para con nosotros; y también, a nuestra querida Dra. Migdalia Miranda por estar siempre atenta a responder nuestras inquietudes, por regalarnos su valioso tiempo y ser una valiosa guía para nosotras.

Finalmente, y de manera muy grata, a nuestra querida y apreciada Tutora Dra. María Elena Jiménez Heinert, por su excelente colaboración académica como docente y tutora, por su paciencia y por estar siempre pendiente de nosotras, infinitas gracias.

INDICE

ABSTRACT.....	XXVII
RESUMEN.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
PROBLEMA.....	4
HIPÓTESIS.....	4
OBJETIVOS.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
I.1 Familia Tropaeolácea.....	6
I.1.1 Generalidades.....	6
I.1.2 Clasificación.....	6
I.1.3 Relaciones filogenéticas.....	7
I.1.4 Distribución geográfica.....	7
I.1.5 Importancia	8
I.2 Tropaeolum tuberosum spp. tuberosum (Mashua).....	8
I.2.1 Aspectos generales.....	8
I.2.2 Origen	9
I.2.3 Hábitat.....	10
I.2.4 Taxonomía	10
I.2.5 Usos Tradicionales.....	11

I.2.6 Variedades de Mashua	12
I.2.7 Composición química y nutricional de la Mashua	14
I.3 Capacidad antioxidante.....	17
I.3.1 Método DPPH (2,2 difenil-1-picril hidrazilo).....	19
I.3.2 Compuestos fenólicos	19
I.3.4 Método de Folin-Ciocalteau	21
I.4 Cromatografía.....	21
I.4.1 Cromatografía de Capa Fina.....	22
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
II.1 Metodología de la investigación.....	24
II.1.1 Métodos científicos empleados en la investigación.....	24
II.2 Variables de la Investigación.....	25
II.2.1 Variables Dependientes	25
II.2.2 Variables Independientes.....	25
II.2.3 Variables Intervinientes	26
II.3 Criterios de exclusión.....	26
II.4 Criterios de inclusión.....	26
II.5 Operacionalización de las variables.....	27
II.6 Estudio farmacognóstico.....	29
II.6.1 <i>Recolección, selección y secado del material vegetal</i>	29
II.7 Determinación de los parámetros físico-químicos.....	30
II.7.1 Análisis de Parámetros de Calidad	30
II.8 Identificación de los metabolitos por tamizaje fitoquímico.....	34
II.9 Cromatografía de capa delgada.....	34

II.10 Determinación del Contenido de Fenoles Totales.....	35
II.11 Determinación del Contenido de Flavonoides Totales.....	36
II.12 Determinación de la Actividad Antioxidante.....	36
II.12.1 Actividad inhibidora del radical libre 2,2-difenil-1-picril hidrazilo (DPPH).....	36
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
III.1 Determinación de los parámetros físico-químicos.....	38
III.1.1 Humedad residual	38
III.1.2 Cenizas totales.....	38
III.2 Identificación de los metabolitos por tamizaje fitoquímico.....	41
III.3 Cromatografía de capa delgada.....	42
III.4 Determinación del Contenido de Fenoles Totales.....	44
III.5 Determinación del Contenido de Flavonoides Totales.....	46
III.6 Determinación de la Actividad Antioxidante.....	47
III.6.1 Actividad inhibidora del radical libre 2,2-difenil-1-picril hidrazilo (DPPH).....	48
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Composición Química	15
Tabla II. Composición química de 68 entradas de mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i> R. & P.), pertenecientes al Banco de Germoplasma del INIAP*	16
Tabla III. Operacionalización de las variables	27
Tabla IV. Resultados determinación de Humedad Residual	38
Tabla V. Resultados determinación de Cenizas Totales	39
Tabla VI. Resultados determinación de Cenizas Solubles en agua	39
Tabla VII. Resultados determinación de cenizas insolubles.....	40
Tabla VIII. Resultados determinación de Sustancias solubles	40
Tabla IX. Resultados Tamizaje Fitoquímico	41
Tabla X. Resultados de RF en CCD.....	43
Tabla XI. Resultados Determinación de Polifenoles Totales	46
Tabla XII. Resultados determinación de Flavonoides Totales.....	47
Tabla XIII. Porcentaje de captación de radicales libres por el método DPPH.....	48

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Variedades de Mashua	13
Figura 2. Estructura de los diferentes Flavonoides	21
Figura 3. Tubérculo de la Mashua Amarilla	56
Figura 4. Tubérculo de Mashua Rosada.....	56
Figura 5. Pesado del tubérculo de la Mashua Rosada	57
Figura 6. Rebanado de los tubérculos de Mashua Rosada	57
Figura 7. Tubérculo de Mashua Rosada rebanado para colocar en la estufa	58
Figura 8. Secado de la Mashua Rosada.....	58
Figura 9. Mashua colocada en el deshidratador para su secado.....	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico I. Curva de calibración del ácido gálico para la determinación de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu	45
Gráfico II. Curva de calibrado de Quercetina para la determinación de flavonoides totales	47
Gráfico III. Curva de calibración de ácido gálico para método DPPH.	48

**"COMPARATIVE STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND
REDUCING CHARACTER OF TWO VARIETIES OF *Tropaeolum
tuberosum* (Ruíz y Pavón, Kuntze) MASHUA"**

Authors: Raisa Michell Doylet Espinoza

Luisa María Rodríguez Reyes

Advisor: Q.F María Elena Jiménez MSc.

ABSTRACT

Tropaeolum tuberosum (mashua) is a species considered a marginal crop, which is why it is not appreciated by the population. This species has a great genetic variability, therefore, this research aims to compare the chemical composition and antioxidant activity of two varieties of mashua (yellow and pink). For its development, the phytochemical study was carried out in ethereal, ethanolic and aqueous extracts; in which the presence of phenolic and terpene compounds was found mainly. The total content of polyphenols and flavonoids was made in the ethanolic extracts and was determined by the Folin Ciocalteu and $AlCl_3$ method, respectively. For the determination of polyphenols a higher yield was obtained in the pink mashua extract 301.83 mg EAG / 100 g compared to the yellow mashua that had a yield of 268.93 mg EAG / 100 g. In the determination of total flavonoids was obtained for the pink variety 1,13 mg EQ / g and for the yellow variety 0,93 mg EQ / g. On the same extracts, the antioxidant activity was determined by the DPPH method; obtaining greater activity in the pink variety 35.60%. This study demonstrates the antioxidant power of the species *T. tuberosum*, which is not being used.

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y
CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIEDADES DE *Tropaeolum
tuberosum* (Ruíz y Pavón, Kuntze) MASHUA”**

Autores: Raisa Michell Doylet Espinoza

Luisa María Rodríguez Reyes

Tutora: Q.F María Elena Jiménez MSc.

RESUMEN

Tropaeolum tuberosum (mashua) es una especie considerada como cultivo marginal, por lo cual es poco apreciada por la población. Esta especie tiene una gran variabilidad genética, por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo comparar la composición química y actividad antioxidante de dos variedades de mashua (amarilla y rosada). Para su desarrollo se realizó el estudio fitoquímico en extracto etéreo, etanólico y acuoso; en el cual se encontró principalmente la presencia de compuestos fenólicos y terpénicos. El contenido total de polifenoles y flavonoides se realizó en los extractos etanólicos y fue determinado por el método de Folin Ciocalteu y AlCl_3 , respectivamente. Para la determinación de polifenoles se obtuvo un mayor rendimiento en el extracto de mashua rosada 301,83 mg EAG/100 g a comparación de la mashua amarilla que tuvo un rendimiento de 268,93 mg EAG/100 g. En la determinación de flavonoides totales se obtuvo para la variedad rosada 1,13 mg EQ/g y para la variedad amarilla 0,93 mg EQ/g. Sobre los mismos extractos se determinó la actividad antioxidante por el método DPPH; obteniéndose mayor actividad en la variedad rosada 35,60%. Este estudio evidencia el poder antioxidante que posee la especie *T. tuberosum*, la cual no está siendo aprovechada.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la búsqueda de nuevas alternativas curativas y terapéuticas en beneficio del bienestar del hombre ha tenido un creciente auge, el desarrollo de nuevas técnicas químicas y el descubrimiento de adecuados y complejos procesos de síntesis orgánica han dado lugar a la creación de nuevos fármacos; sin embargo, la fitoterapia empleada desde tiempos ancestrales, para muchos sigue siendo irremplazable, por lo cual, hasta la actualidad la humanidad continúa dedicando sus esfuerzos para documentar y estudiar las propiedades de las plantas e identificar nuevos principios activos terapéuticos.

En la región andina, existen numerosos cultivos de plantas alimenticias, domesticadas por las poblaciones autóctonas desde hace miles de años; las cuales, son usadas por los pobladores andinos rurales y forman parte de su cultura, empleándose principalmente para su alimentación. Sin embargo; y, a pesar de su importancia entre las poblaciones autóctonas, hay varios grupos poco conocidos y que pese a ello han sido poco estudiados, dentro de estos grupos constan algunos tubérculos y raíces que juegan un papel importante en la alimentación y en la economía, destacando los tubérculos de mashua; dado que, los pobladores andinos creen que cocinados aportan bienestar para las enfermedades del hígado y riñones (INIAP, 2004).

La mashua, *Tropaeolum tuberosum*, es uno de los tubérculos más importantes después de la papa, olluco y oca; cultivada en los valles

húmedos de la zona andina de Perú, Colombia, Argentina, Ecuador y Bolivia (Nacional Research Council, 1989). En el Ecuador, se cultiva en la Sierra norte y central de los Andes, se siembra en pequeñas parcelas de consumo familiar, junto a cultivos de papa, oca, y melloco. A pesar de ser un cultivo de buena adaptación y atribuírsele propiedades medicinales su cultivo es muy escaso, y la mayoría de las variedades ha ido desapareciendo con el pasar del tiempo (Izurieta,2013).

La información sobre estudios farmacognósticos de *Tropaeolum tuberosum* es escasa; sin embargo, un estudio demostró que constituye una fuente elevada de compuestos fenólicos, responsables de su capacidad antioxidante (Campos et al., 2006). Dentro de los usos terapéuticos de la mashua, se ha encontrado que ha sido usada en el tratamiento de la inflamación de las vías urinarias, enfermedades de los riñones y prostatitis (Rivera, 2005). No obstante, no existen estudios científicos que avalen dichas propiedades medicinales que se les ha atribuido.

La diversidad de los tubérculos de mashua viene dada por la forma, color, características de las yemas y color de la pulpa. La piel de los mismos varía en tonalidades que van desde el blanco hasta el violeta-púrpura muy oscuro, pasando por el amarillo, naranja, rojo y rosado, pudiendo poseer un solo tono o presentar manchas. De manera general presentan un alto contenido de proteínas, carbohidratos, fibra, ácido ascórbico y calorías (Morillo et al., 2016).

También, se ha encontrado que la mashua morada presenta mayor actividad antioxidante que la mashua amarilla (Chirinos et al., 2007). Promover el uso y el consumo de este tubérculo considerado como un cultivo marginal, va a estar relacionado en gran manera al conocimiento

que se disponga sobre sus componentes químicos, características nutricionales y funcionales, así como también propiedades medicinales. Por tal motivo, resulta de gran importancia realizar más estudios de esta especie, destinados a generar un valor agregado a este tubérculo que además de ser un gran alimento posee una alta capacidad antioxidante.

El presente trabajo de investigación, pretende realizar un estudio comparativo de la composición química y carácter reductor de los polifenoles presentes en dos variedades de mashua (Amarrilla chaucha y rosada), para evidenciar las diferencias en su composición y evaluar la capacidad antioxidante de cada una; además, orientar sus posibles usos y aplicaciones, y recuperar esta especie que debido a la falta de conocimiento por parte de la población ha quedado relegada a ser un cultivo marginal, desmereciendo su valor tanto nutritivo como medicinal; y, desaprovechando su potencial como un posible antioxidante natural a escala farmacéutica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

T. tuberosum constituye una especie poco estudiada en el Ecuador; y, pese a que existe una amplia gama de variedades de la misma, hasta el momento no se han realizado estudios comparativos sobre la composición química y actividad antioxidante entre una u otra variedad.

PROBLEMA

¿Existirá variación significativa en la actividad antioxidante de dos variedades de *Tropaeolum tuberosum*?

HIPÓTESIS

La variabilidad en las especies de *T. tuberosum*; específicamente las variedades amarilla chaucha y rosada, hace que éstas presenten diferente composición química y capacidad antioxidante debido a la influencia del genotipo sobre el contenido de fenoles totales y flavonoides.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Comparar la composición química, el carácter reductor y contenido de fenoles y flavonoides totales presentes en los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* spp. *Tuberosum* var. amarilla chaucha y var. rosada.

Objetivos específicos

- Determinar la composición química general de dos variedades de *Tropaeolum tuberosum* mediante tamizaje fitoquímico.
- Identificar los principales metabolitos de los extractos de dos variedades de *Tropaeolum tuberosum* en hexano, acetato de etilo y etanol mediante CCD.
- Cuantificar el contenido de fenoles totales presentes en dos variedades de *Tropaeolum tuberosum* por el método Folin-Ciocalteu
- Determinar el carácter reductor de los fenoles presentes en dos variedades de *Tropaeolum tuberosum* por el método DPPH.
- Determinar el contenido de flavonoides totales presentes en dos variedades de *Tropaeolum tuberosum* por el método de $AlCl_3$.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I.1 Familia Tropaeolácea

I.1.1 Generalidades

La familia Tropaeolaceae la constituyen plantas herbáceas, anuales o perennes, que pueden ser de naturaleza trepadora o postrada. Raíces, a menudo tuberosas o rizomatosas. Tallos simples o ramosos según su naturaleza. Hojas alternas, pecioladas largas, pinadas, separadas o lobuladas, peltadas o subpeltadas. Inflorescencia racemosa, alargada. Flores hermafroditas, zigomorfas, heteroclamídeas. Gamosépalos de 5 lóbulos, de tamaño igual o no. Pétalos en número de 5 o 2 –por reducción de los inferiores–, desiguales. Ovario súpero, con 3 carpelos y 3 lóculos; rudimentos seminales 1 por lóculo, con placentación de axilar a apical. Fruto en sámara, con 3 alas, o en triesquizocarpo –a veces, por aborto, con solo 1-2 mericarpos–. Semillas 1 por mericarpo, sin endospermo. (Kubitzki & Bayer, 2003)

I.1.2 Clasificación

Su clasificación ha sido muy discutida, en principio esta familia se había incluido dentro de Geraniaceae debido a sus flores esporádicas (Bentham

& Hooker, 1862) y también se incluyó junto a Balsaminaceae (Hutchinson, 1973). Otros autores, teniendo en cuenta las semejanzas del androceo y gineceo, destacaron dichas afinidades con Hippocastanaceae (Buchenau, 1902). Años más tarde, debido a la presencia de glucosinolatos (glucósidos de la esencia de mostaza), Dahlgren sospecha afinidades con otras familias y la integra dentro de las Capparales (Dahlgren, 1975). Actualmente se adopta la hipótesis de L. Andersson & S. Andersson, quienes incluyen la familia en el orden Brassicales. (Andersson & Andersson, 2000).

En cuanto a los caracteres morfológicos de las Tropaeoláceas se reconocían 3 géneros *Magallana* Cav., *Tropaeolum* L. y *Trophaeastrum* Sparre; más tarde, basándose en caracteres moleculares, se constata que se trata de solo 1 género con dos secciones *Tropaeolum* L. sect. *Tropaeolum* y *Tropaeolum* sect. *Chilensia* Sparre (Sparre & Andersson, 1991; Andersson & Andersson, 2000).

1.1.3 Relaciones filogenéticas

Tropaeolaceae se encuentra dentro del orden Brassicales, algunas de las sinapomorfías del orden son: glucosinatos de fenilalanina y/o tirosina, miricetina y otros flavonoides metilados, hojas en espiral, inflorescencia racimosa. Tropaeolaceae es familia hermana de Akaniaceae, algunas de las sinapomorfías en común son: flores grandes, placentación apical-axilar, 1-2 óvulos por carpelo.

1.1.4 Distribución geográfica

Tropaeolaceae se encuentran en su mayoría en Sudamérica, aunque algunas especies se extienden a Centroamérica. Gran parte de las especies se producen en áreas montañosas a lo largo de los Andes de Perú y Ecuador y en las tierras bajas templadas a subtropicales de Argentina y Chile. (Kubitzki & Bayer, 2003)

1.1.5 Importancia

Diversas especies se cultivan por su valor ornamental, tal es el caso de *T. majus* L. también conocida como <<taco de reina>> cuyas variedades de cultivos poseen tonalidades que van desde púrpura, chocolate, anaranja, etc.; dicha especie, también es hortícola y sus hojas se consumen en ensaladas mientras que los frutos en conserva, además a la infusión de sus hojas se le atribuyen propiedades antiescorbúticas. (Kubitzki & Bayer, 2003)

Otra especie que ha adquirido un uso práctico entre los indígenas es el *T. tuberosum*, que posee colores llamativos alcanzando hasta los 18 cm de largo y se consume como patatas, además se le dan usos terapéuticos. (Kubitzki & Bayer, 2003)

1.2 *Tropaeolum tuberosum* spp. *tuberosum* (Mashua)

1.2.1 Aspectos generales

La mashua es uno de los tubérculos más importantes después de la papa, olluco y oca; se cultiva en los valles húmedos de la zona andina de Perú,

Colombia, Argentina, Ecuador y Bolivia. Aunque ahora puede encontrarse en lugares tan lejanos como Canadá, Europa y Nueva Zelanda (National Research Council, 2009). Este cultivo es el menos popular (entre los cuatro mencionados) debido a su sabor amargo causado por la presencia de isotiocianatos liberados por la hidrólisis de los glucosinolatos.

Sus principales propiedades están relacionadas con el contenido de glucosinolatos así como el contenido de componentes fenólicos antioxidantes que son importantes para la salud (Chabur, 2012). En cuanto a su rendimiento, este cultivo presenta una alta productividad, ya que una sola planta alcanza a producir unos 4 kg de tubérculos. En cultivo mixto, se estima un rendimiento de 4 a 12 TM/ha, mientras que en cultivo puro sin manejo se obtiene de 20 a 30 TM/ha y bajo condiciones experimentales se ha logrado hasta 70 TM/ha, el doble de producción de papa, en sistemas similares (Temoche, 2003).

Crece en alturas de 3,000 a 4,000 msnm, pero la planta produce sus mejores cosechas y alto rendimiento entre 3,500 y 3,800 msnm (Cuya, 2009). A pesar de que la mashua normalmente crece en altura, son las condiciones frías (8 – 11 °C) y no la altitud en sí, las que son requeridas por la planta. La cosecha se realiza a los 6 – 9 meses de la siembra (Grau et al., 2003).

1.2.2 Origen

Según datos recolectados aparentemente la mashua es originaria del Altiplano Peruano – Boliviano, aunque otros aseguran que es originaria de los andes centrales y se encuentra en Ecuador, Perú y Bolivia (10° - 20° S).

Pero su mayor concentración de variabilidad está localizada entre Perú y Bolivia. Por este motivo no se ha podido explicar el lugar exacto de origen debido a que se encuentra homogéneamente distribuida en todos los Andes. Representaciones de la especie han sido encontradas en vasos ceremoniales de la cultura Wari (Ayacucho) y Tiahuanaco (Altiplano peruano - boliviano), lo que indica la antigüedad de este cultivo en los andes. (Cahuana, 2014)

1.2.3 Hábitat

Esta planta es una especie rústica, que crece bien a temperaturas bajas y en suelos pobres, sin necesidad de fertilizantes. Además, es resistente a nematodos, insectos y varias plagas, como el gorgojo de la papa. Por esta razón, en los Andes se siembra habitualmente como cerco perimétrico de protección de otros cultivos. (Lara, 2017)

1.2.4 Taxonomía

Según, Temoche et al., (2004), la ubicación taxonómica de las mashua es la siguiente:

Reino: Vegetal.

Clase: Angiospermas.

Sub clase: Dicotiledoneas.

Orden: Geraniales.

Familia: Tropaeolaceae.

Género: tropaeolum.

Especie: tuberosum R. et P.

Nombre Científico: Tropaeolum tuberosum R. et P.

Nombres Comunes: “mashua”, “añu”, “cubios”, “navios”, “isaño”, “isañu”.

1.2.5 Usos Tradicionales

Aquí se describen algunos usos de tubérculo de mashua.

- **Alimento:** La mashua es un tubérculo netamente andino que hace parte de las costumbres alimenticias de las comunidades indígenas, aquí se recopilan algunas de las recetas que forman parte de la cultura indígena y variantes que se le ha dado en la creación de nuevos platos a base de este tubérculo, además de su valor nutricional y el proceso de endulzado al que se lo somete para su consumo. (León, 2017)

- **Medicinal:** Menciona que la mashua tiene un sin número de aplicaciones en la medicina tradicional se la usa en tratamientos como: En contra de los cálculos renales, como antibiótico, contra candida albicans, escherichia coli y staphylococcus, buenos contra las dolencias génito urinarias, contra la anemia. (Valera, 2008)

- **Antiafrotisiaco:** Disminuye la cantidad de testosterona y dihidrotestosterona en la sangre. Se dice que reduce el instinto sexual y se

cuenta que las tropas de los incas llevaban la mashua como fiambre para olvidarse de sus mujeres. (Valera, 2008)

Más allá de su utilidad como repelentes de muchos insectos, nemátodos y otros patógenos. La mashua se destina una cierta cantidad para el consumo animal y otra cantidad se destina para el consumo humano, y se utiliza como ingredientes en sopas, guisos, encurtidos, mermelada, postres (Ortega, 1992).

Por su valor diurético y nutritivo es consumida con agrado por adultos y niños del área rural sancochada en una pachamanca, o en el horno, adquiere un sabor especial semejante al camote (Salas, 1998).

Actualmente la mashua es muy escasa debido a que tiene poco valor comercial, ya que no es muy apetecido por el hombre porque tiene un sabor picante cuando está cruda, debido a los isotiocianatos en cocido pierde esta característica, pero aún es rechazada por las personas de sexo masculino porque se dice que es anafrodisiaco; aunque estudios realizados en ratas muestran que no afecta la fertilidad sin embargo hay un descenso en los niveles de testosterona (Hernández y León, 1992).

Esta especie se considera única, dentro de los alimentos se le incluye propiedades de reprimir el deseo sexual (Tapia et al., 2007).

1.2.6 Variedades de Mashua

Se han reconocido más de 100 variedades de MASHUA, existiendo colecciones de germoplasma en Ecuador y Perú. Por el color se reconocen

muchas variedades como: Occe año, Yana año, Puca año, Yurac año, Ckello año o Sapallu año, Checche año y Muru año. (Perú Ecológico, 2007)

La mashua amarilla tardía, es la más difundida y alcanza un tamaño mayor que la amarilla chaucha, para la cual se señalan virtudes medicinales, por lo que se la utiliza contra el “mal de orina” (próstata). (Suquilanda, 2011).

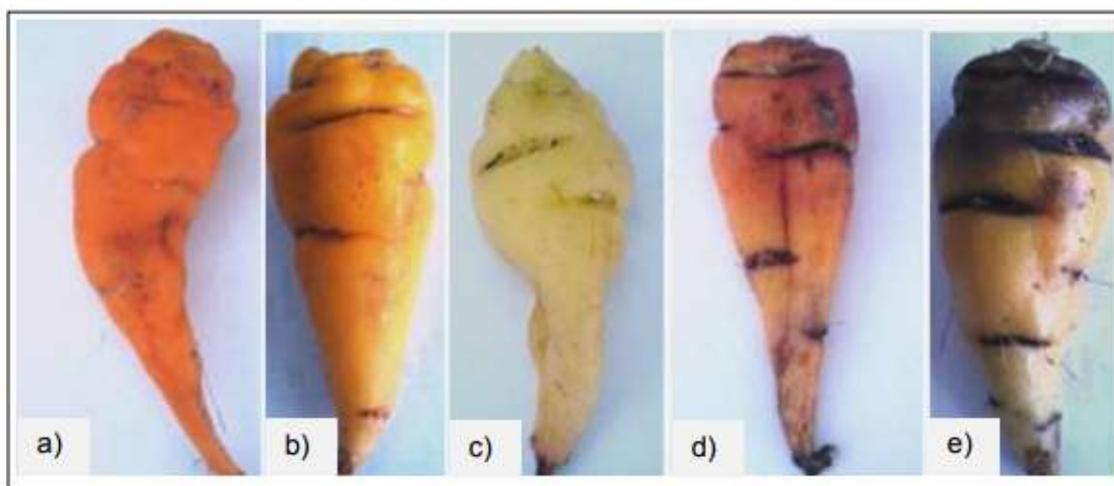


Figura 1. Variedades de Mashua

1. Zapallo, b) Amarilla chaucha, c) Blanca, d) Sucusu mashua, e) Shira

Fuente: (Paucar, 2014)

En Ecuador las variedades que se encuentran son:

- Quillu-zapallo-Amarilla gruesa: larga, gruesa, con muchos ojos.
- Amarilla chaucha: pequeña, de piel más lisa y menos ojos.
- Putsu, Pulsito, Puzungo: con una coloración roja sobre la piel amarilla (se la define como media colorada).
- Putsu redonda: la coloración igual a la anterior pero más pequeña y con una forma característica.

- Sucsu mashua: tiene pintas rosadas-rojas sobre la piel amarilla
 - Rodilla de Jesucristo o Sangre de Jesucristo: presenta manchas rojas a manera de sangre sobre la pulpa amarilla.
 - Mashua Shira: pintas negras sobre la piel amarilla
 - Mashua blanca: es una variedad rara.
 - Morada aguachenta: dura para la cocción.

1.2.7 Composición química y nutricional de la Mashua

La Mashua tiene un contenido alto en proteínas, carbohidratos, fibras y calorías. Es rica en vitaminas C y B. Su valor nutritivo supera al de algunos cereales y de la papa, por lo que forma parte de la dieta diaria nutricional de los habitantes de menores recursos en zonas rurales de la sierra norte y central del Ecuador. A este tubérculo se lo consume conjuntamente con papas, ocas y mellocos. Contiene un balance apropiado de aminoácidos esenciales. (Espin, 2013)

Algunas variedades de la Mashua pueden contener apreciables cantidades de carotenos (vitamina A) y de vitamina C (77 mg en 100 gramos de materia fresca comestible), siendo cuatro veces más que la cantidad de esta vitamina encontrada en la papa. (Espin, 2013)

Unas cantidades elevadas de aminoácidos esenciales como lisina, aminoácido limitante en muchos cereales y leguminosas. (Espinoza et al., 2002).

Tabla I. Composición Química

Componentes	Base Húmeda			Base Seca	
	(B H)			(B S)	
	(1) Rango	(2) Promedio	(3) Promedio	(4) Rango	(5) Promedio
Humedad (%)	79,10 – 88,8	87,4	86	78,3 – 92,4	-
Carbohidratos (g)	-	9,8	11	-	-
Proteínas (g)	1,13 – 2,65	1,5	1,6	6,9 – 15,7	11,4
Grasas (g)	-	0,7	0,6	0,1 – 1,4	4,3
Ceniza (g)	0,56 – 1,08	0,6	0,8	4,2 – 6,5	5,7
Fibra (g)	-	0,9	0,8	7,8 – 8,6	-
Azúcares (g)	5,37 – 9,33	-	-	-	-
Potasio (mg)	1,28 – 1,76	-	-	-	-
Fósforo (mg)	0,61 – 0,83	29	42	-	300
Calcio (mg)	-	12	7	-	50
Hierro (mg)	-	1,0	1,2	-	8,6
Vitaminas. A(mg)	-	-	1,5	-	214
Tiamina (mg)	-	0,10	0,06	-	0,46
Riboflavina (mg)	-	0,12	0,08	-	0,57
Niacina (mg)	-	0,67	0,6	-	4,3
Vitamina C (mg)	-	77,5	67	-	476

Fuente: (Beltran & Mera, 2013)

Tabla II. Composición química de 68 entradas de mashua (*Tropaeolum tuberosum* R. & P.), pertenecientes al Banco de Germoplasma del INIAP*

Parámetro	Unidad	Valor
Humedad	%	88,70
Cenizas	%	4,81
Proteína	%	9,17
Fibra	%	5,86
Extracto Etéreo	%	4,61
Carbohidrato Total	%	75,40
Ca	%	0,006
P	%	0,32
Mg	%	0,11
Na	%	0,044
K	%	1,99
Cu	ppm	9,00
Fe	ppm	42,00
Mn	ppm	7,00
Zn	ppm	48,00
Almidón	%	46,92
Azúcar Total	%	42,81
Azúcares Reductores	%	35,83
Energía	kcal/100g	440,00
Vitamina C	mg/100 mf	77,37
Eq. Retinol	Eq/100 mf	73,56

Fuente: (Espín *et al.*, 2004.)

Datos expresados en Base Seca

I.3 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de los alimentos ha despertado gran interés en los últimos tiempos. Ya se comercializan extractos con capacidad antioxidante, como ingredientes alimentarios, y algunos alimentos se expenden indicando esta propiedad, como atributo de fundamental interés para contribuir a la conservación de la salud o a la prolongación de la vida útil de los productos. (Ciappini et al., 2013)

La acción antioxidante presente en estas plantas es importante debido a que puede ayudar a las personas que las consumen a combatir enfermedades provocadas por una reacción de radicales libres o especies reactivas del oxígeno, nitrógeno o hierro. Los radicales libres son moléculas con un electrón desapareado, capaces de favorecer reacciones en cadena muy dañinas para el organismo, desencadenando un fenómeno conocido como estrés oxidativo. (Aguirre et al., 2012)

Campos et al. (2006) encontraron que los tubérculos de mashua presentaron la mayor actividad antioxidante en comparación con otros cultivos andinos (papas coloreadas, olluco y oca). Por otro lado, Chirinos et al. (2007) encontraron que los extractos purificados de dos genotipos de mashua (ARB 5241 y DP 0224) presentaron un alto contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante, lo cual indica que los extractos de mashua pueden ser considerados como una fuente potencial de nutraceuticos a futuro.

Entre los antioxidantes más conocidos figuran los tocoferoles, el ácido ascórbico, los flavonoides (quercitina, robinutina, luteolina, catequinas, entre otros), antocianinas, carotenoides, ácidos fenólicos (ácidos cafeico, ferúlico, gálico, clorogénico). El contenido de estos compuestos en los vegetales queda determinado por numerosos factores, entre los que se pueden mencionar: la especie, variedad, condiciones de cultivo y maduración. (Borges et al., 2009)

Chirinos et al. (2006) reportan que el contenido de antocianinas en la mashua morada con código DP 0224 corresponde a 131.9 ± 2.5 mg de CGE/100 g de mashua en base húmeda (b.h), el contenido de fenólicos corresponde a 275.5 ± 3.9 mg GAE/100 g de mashua (b.h), y actividad antioxidante de 29.6 ± 0.9 μ mol TE/g de mashua (b.h). Las antocianinas detectadas fueron diez, de las cuales 3 han sido identificadas como: delphinidina-3 glucósido, cianidina-3 glucósido y cianidina-3 rutinósido; las demás antocianinas correspondieron a derivados de las antocianinas: delphinidina y cianidina. El 58.7 % de las antocianinas presentes en las mashua se encuentran aciladas con ácidos alifáticos y el 41.3 % son antocianinas no aciladas.

También, Chirinos et al. (2008) identificaron y cuantificaron compuestos fenólicos no antocianínicos. Los compuestos encontrados en los diferentes genotipos fueron: ácido gálico, galocatequina, epigalocatequina, derivados de epigalocatequina y procianidina B2, diferentes derivados de ácido hidroxicinámico e hidroxibenzoico y derivados de miricetina y/o rutina. Las proantocianidinas contribuyeron significativamente a la actividad antioxidante total, pero otros compuestos fenólicos como los ácidos fenólicos, monómeros de flavan-3-oles, flavonoles y antocianinas también contribuyeron en la capacidad antioxidante de este tubérculo.

1.3.1 Método DPPH (2,2 difenil-1-picril hidrazilo)

Para la determinación de la actividad antioxidante se empleó el método de capturas de radicales libres utilizando el 2,2 difenil-1-picril hidrazilo(DPPH).

Este radical libre es susceptible de reaccionar con compuestos antioxidantes a través de un proceso caracterizado por la cesión de un átomo de hidrógeno proporcionado por el agente antioxidante. Los estudios cinéticos muestran que este proceso ocurre por medio de una reacción en la que puede medirse la disminución de la absorbancia en función del tiempo. (Guija, Inocente, Ponce, & Zarzosa, 2015)

La siguiente ecuación explica la actividad de un compuesto como antirradical:



Donde AH es un antioxidante que actúa como antirradical donando átomos de hidrógeno, dando como resultado radicales con estructuras moleculares estables que detendrán la reacción en cadena, tal es el caso de los fenoles. El nuevo radical formado (A•) puede interactuar con otro radical para formar moléculas estables (DPPH-A, A-A). La reacción entre el DPPH• y un compuesto depende de la conformación estructural del mismo, por lo que las comparaciones cuantitativas no siempre son apropiadas.(Escobar, 2016)

1.3.2 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal. En los últimos años se ha demostrado que una dieta rica en polifenoles vegetales puede mejorar la salud y disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares. (Quiñones et al., 2012)

Estos metabolitos secundarios de las plantas son cruciales para muchos de los aspectos importantes de la vida funcional de la planta, contribuyen al sabor, color, astringencia y amargor de frutas y verduras (Boudet, 2007).

Los compuestos fenólicos comprenden a los flavonoides, ácidos fenólicos y taninos, entre otros. (Huaccho, 2016)

Los flavonoides constituyen el mayor grupo dentro de los compuestos fenólicos y representan más de la mitad de los más de ocho mil compuestos fenólicos identificados; estos compuestos poseen un anillo aromático que llevan uno o más grupos hidroxilo y sus estructuras pueden ir desde una molécula fenólica simple a un polímero complejo de alto peso molecular. (Balasundram et al., 2006)

La actividad antioxidante de los flavonoides resulta de una combinación de sus excelentes propiedades, intervienen en procesos de defensa ante los radicales libres y actúan como captadores de estos radicales una vez formados, por ello desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo (Paucar, 2014). Los principales subgrupos de compuestos flavonoides son: flavonoles, flavonas, flavanonas (dihidroflavonas), isoflavonas y antocianidinas. (Quiñones, 2012).

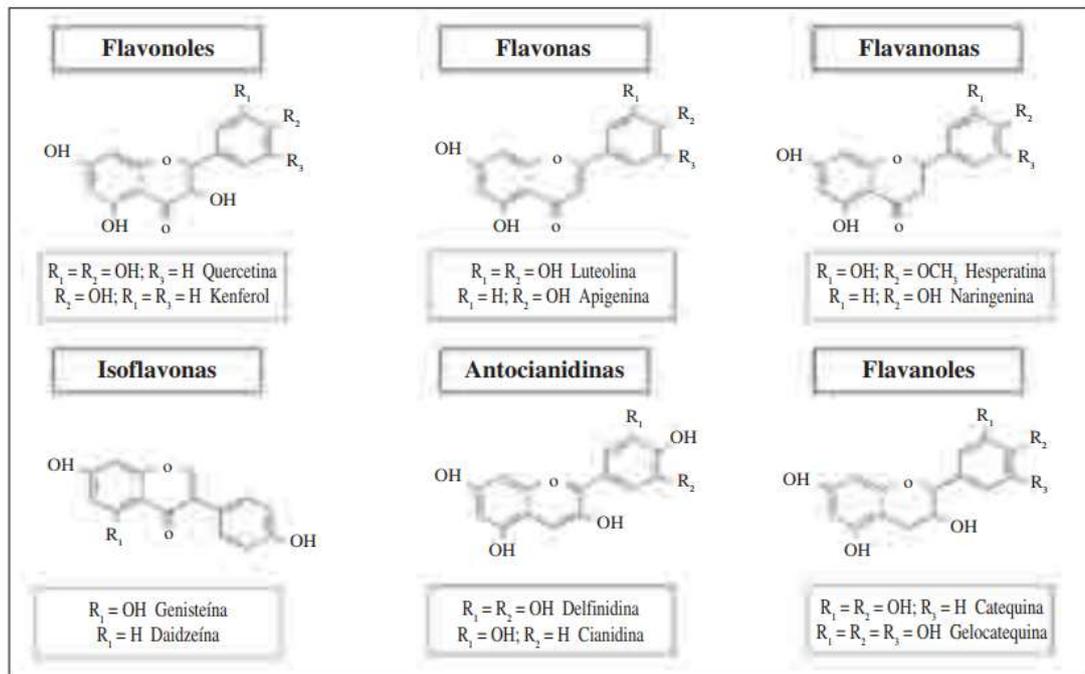


Figura 2. Estructura de los diferentes Flavonoides

Fuente: (Quiñones, 2012)

1.3.4 Método de Folin-Ciocalteu

Se determina la capacidad que tienen los polifenoles para reducir el Mo (VI) a Mo (V), como resultado de tal reacción, el reactivo de color amarillo adquiere un intenso color azul que se mide con el espectrofotómetro. (Leos-Rivas, 2016)

1.4 Cromatografía

La cromatografía comprende un conjunto de técnicas que tienen como finalidad la separación de mezclas basándose en la diferente capacidad de

interacción de cada componente en otra sustancia. De forma general, consiste en pasar una fase móvil (una muestra constituida por una mezcla que contiene el compuesto deseado en el disolvente) a través de una fase estacionaria fija sólida. La fase estacionaria retrasa el paso de los componentes de la muestra, de forma que los componentes la atraviesan a diferentes velocidades y se separan en el tiempo. Cada uno de los componentes de la mezcla presenta un tiempo característico de paso por el sistema, denominado *tiempo de retención*. Cuando el tiempo de retención del compuesto deseado difiere del de los otros componentes de la mezcla, éste se puede separar mediante la separación cromatográfica. (Angurell et al., 1999)

Las dos fases, se eligen de tal forma que los componentes de la muestra se distribuyen en cantidades distintas entre la fase móvil y la fase estacionaria. Aquellos componentes que son fuertemente retenidos por la fase estacionaria, se mueven con mucha lentitud con el flujo de la fase móvil, en cambio, los componentes unidos débilmente a la fase estacionaria, se mueven con rapidez.

Como consecuencia de las distintas velocidades de migración, los componentes de la muestra se separan en bandas o zonas distintas que se pueden analizar en forma cualitativa y cuantitativa.

1.4.1 Cromatografía de Capa Fina

La cromatografía en capa fina se basa en la preparación de una capa, uniforme, de un absorbente mantenido sobre una placa de vidrio u otro soporte. Los requisitos esenciales son: un absorbente, placas de vidrio, un dispositivo que mantenga las placas durante la extensión, otro para aplicar la

capa de l absorbente, y una cámara en donde se desarrollen las placas cubiertas. Es preciso también poder guardar con facilidad las placas preparadas y una estufa para activarlas.(Sánchez, 2010)

La fase móvil es líquida y la fase estacionaria consiste en un sólido. La fase estacionaria será un componente polar y el eluyente será por lo general menos polar, de forma que los componentes que se desplacen con mayor facilidad serán los menos polares.(Sánchez, 2010)

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1 Metodología de la investigación

La presente investigación es de tipo experimental-observacional, que se llevará a cabo en los laboratorios de Análisis de Medicamentos y de Productos Naturales de la facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil. Se determinará la composición fitoquímica y la actividad antioxidante de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* spp. *Tuberosum* var. amarilla chaucha y var. rosada.

II.1.1 Métodos científicos empleados en la investigación

Los métodos empleados son:

II.1.1.1 Métodos teóricos

Aplicado en la descomposición del problema y el análisis de sus partes, que en términos generales son el aprovechamiento de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* y su potencial uso, partiendo de su contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante.

II.1.1.2 Métodos empíricos

La Observación se empleó para comprobar la hipótesis planteada en este trabajo, haciendo uso de los resultados obtenidos frente a la bibliografía de referencia.

II.1.1.3 Métodos matemáticos o estadísticos

Se aplicó este método al análisis de los resultados, para lo cual se empleó la modalidad descriptiva con la utilización de la media de los datos obtenidos del método teórico.

II.2 Variables de la Investigación

II.2.1 Variables Dependientes

- Capacidad antioxidante
- Metabolitos secundarios
- Polifenoles y flavonoides totales

II.2.2 Variables Independientes

- Variedad de la especie
- Tipo de extracto vegetal

II.2.3 Variables Intervinientes

- Grado de maduración

II.3 Criterios de exclusión

Dentro de este estudio no se incluyen muestras vegetales distintas de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Spp. *Tuberosum* var. amarilla chaucha y var. rosada como: hojas, flores y tallos. También se excluyen tubérculos con bajo grado de madurez o dañados.

II.4 Criterios de inclusión

En este estudio sólo participan muestras de Tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Spp. *Tuberosum* var. amarilla chaucha y var. rosada obtenidos de la provincia de Cotopaxi.

II.5 Operacionalización de las variables

Tabla III. Operacionalización de las variables

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	INDICE	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTES	Variabilidad genética	Hibridación natural que da como resultado variedades dentro de una misma especie (mashua -amarilla chaucha- y -rosada-), modificando su composición fitoquímica	Caracterización botánica	Información morfológica -color -forma	Botánico
	Tipo de Extracto vegetal	Solubilidad de los metabolitos secundarios presentes en la muestra de acuerdo al tipo de solvente utilizado en la maceración	Solventes	(RF) CCD	Cámara de fluorescencia
DEPENDIENTES	Capacidad antioxidante	Mayor o menor respuesta de la actividad antioxidante en base al carácter reductor.	Ensayo DPPH	(%) inhibición del radical DPPH	Espectrofotómetro
	Metabolitos secundarios	Principios activos presentes en las dos variedades de mashua, extraídos en los diferentes solventes.	Marcha Fitoquímica	(-) Ausencia (+) Poca cantidad (++) Mediana cantidad (+++)	

				Abundante cantidad	
	Polifenoles y Flavonoides totales	Contenido de Flavonoides y Fenoles totales presentes en los tubérculos de las dos variedades de mashua.	Ensayo Folin-Ciocalteu Ensayo AlCl ₃	(mg/100g) Fenoles (mg/g) Flavonoides	Espectrofotómetro
INTERVINIENTE	Grado de maduración	El momento de cosecha de los tubérculos influye en el porcentaje de metabolitos secundarios presentes en la muestra.	Época del año		

II.6 Estudio farmacognóstico

II.6.1 Recolección, selección y secado del material vegetal

La especie vegetal utilizada fue *Tropaeolum tuberosum* spp. *Tuberosum* var. amarilla chaucha y var. rosada, de la cual se empleó sus tubérculos, los cuales fueron recolectados de fincas particulares en el cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi, Ecuador, el 24 de julio del 2017, en horas de la mañana. La identificación botánica se llevó a cabo en el Herbario Guay, Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Para la selección de los tubérculos se escogió los más maduros; los cuales, se sometieron a un proceso de lavado con agua potable, cortando y desechando las partes indeseables que tuvieren, para posteriormente ser rayados en finas rodajas y ser secados en una estufa universal de convección natural o de circulación de aire forzada marca MEMMERT a una temperatura de $50^{\circ}\text{C} \pm 5$, durante un periodo de 48 h, a fin de preservar los componentes fitoquímicos presentes. Posterior al proceso de secado de los tubérculos, ambas muestras fueron pulverizadas con la ayuda de una batidora doméstica marca Oster.

II.6.1.2 Almacenamiento

Una vez secado y pulverizado el material vegetal, las muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente, en frascos de vidrio transparente con tapa hasta su posterior uso.

II.7 Determinación de los parámetros físico-químicos

II.7.1 Análisis de Parámetros de Calidad

Para establecer la calidad de una droga vegetal es necesaria su evaluación; mediante el empleo de los métodos fisicoquímicos de análisis, a fin de garantizar que la muestra cumple los parámetros de calidad. Todos los análisis detallados en este epígrafe se realizaron siguiendo la metodología propuesta por Miranda & Cuellar (2000).

- Humedad residual
- Cenizas totales
- Cenizas solubles e insolubles
- Sustancias solubles

II.7.1.2 Humedad residual

Se realizó por el método gravimétrico; basado en la pérdida de masa que muestra una droga tras ser desecada en la estufa. La determinación se realizó por triplicado, utilizando 2 g de muestra, estufa marca MEMMERT a una temperatura de 105°C y una balanza analítica marca Kern Modelo: ABS-220-4.

Expresión de los resultados.

$$\text{Hg} = \frac{M_2 - M_1}{M_2 - M} \times 100$$

Hg = pérdida en peso por desecación (%).

M₂ = masa de la cápsula con la muestra de ensayos (g)

M₁ = masa de la cápsula con la muestra de ensayo desecada (g)

M = masa de la cápsula vacía.

100 = factor matemático.

II.7.1.3 Cenizas totales

Se realizó por el método gravimétrico, incinerando la droga hasta obtener el residuo inorgánico. La determinación se realizó por triplicado, utilizando 2 g de muestra, un horno mufla modelo MLW Eliktro Modelo: 245.3E a una temperatura de 700 a 750°C y una balanza analítica marca Kern Modelo: ABS- 220-4.

Expresión de los resultados:

$$C = \frac{M_2 - M}{M_1 - M} \times 100$$

C = porcentaje de cenizas totales en base hidratada.

M = masa del crisol vacío (g)

M₁= masa del crisol con la porción de ensayo(g)

M₂= masa del crisol con la ceniza (g)

100= factor matemático para los cálculos.

II.7.1.4 Cenizas solubles en agua

La determinación se realizó por triplicado, añadiendo 20 mL de agua al residuo de cenizas totales previamente obtenidas, se utilizó un horno mufla modelo MLW Eliktro Modelo: 245.3E a una temperatura de 700 a 750°C y una balanza analítica marca Kern Modelo: ABS- 220-4 repitiendo el procedimiento hasta alcanzar peso constante.

Expresión de los resultados:

$$Ca = \frac{M_2 - Ma}{M_1 - M} \times 100$$

Ca = porcentaje de cenizas solubles en agua en base hidratada.

M₂ = masa del crisol con las cenizas totales (g).

Ma = masa del crisol con las cenizas insolubles en agua (g)

M₁ = masa del crisol con la muestra de ensayo (g)

M = masa del crisol vacío.

100 = factor matemático.

II.7.1.5 Cenizas insolubles en ácido Clorhídrico

La determinación se realizó por triplicado, añadiendo de 2-3 mL de HCl al 10% al residuo de cenizas totales previamente obtenidas, se utilizó un horno mufla modelo MLW Eliktro Modelo: 245.3E a una temperatura de 700 a

750°C y una balanza analítica marca Kern Modelo: ABS- 220-4 repitiendo el procedimiento hasta alcanzar peso constante.

Expresión de los resultados

$$B = \frac{M2 - M}{P} \times 100$$

B= porcentaje de cenizas insolubles en ácido clorhídrico en base hidratada.

M = masa del crisol con las cenizas totales (g)

M2= masa del crisol con la ceniza insolubles en HCL (g)

P= peso de la muestra inicial (g)

100= factor matemático.

II.7.1.6 Sustancias solubles

Este ensayo se realizó por triplicado, a partir de 4 g de muestra usando como disolvente 100 mL de etanol al 98%. Se tomó una alícuota de 20 mL y se utilizó la estufa MEMMERT a una temperatura de 105°C y una balanza analítica marca Kern Modelo: ABS- 220-4.

Expresión de los resultados:

$$Ss = \frac{R.500.100}{M(100-H)}$$

Ss = sustancias solubles (%).

H = humedad de la muestra (%)

500 y 100 = factores matemáticos para los cálculos.

R = residuo de la muestra (g)

M = masa de la muestra (g).

II.8 Identificación de los metabolitos por tamizaje fitoquímico

El tamizaje fitoquímico se realizó mediante diferentes reacciones colorimétricas, de precipitación u otros cambios físico-químicos que determinaron la presencia de metabolitos secundarios. Esta determinación se llevó a cabo según procedimiento descrito por Miranda & Cuellar (2000).

El sistema de extracción utilizado fue con disolventes de polaridad creciente; directamente sobre la muestra vegetal, para lograr una adecuada extracción de los metabolitos de acuerdo a su selectividad por el disolvente empleado. La droga cruda se extrajo de manera continua con éter etílico, etanol y agua respectivamente, para la obtención de los extractos correspondientes, que fueron sometidos a diferentes ensayos.

II.9 Cromatografía de capa delgada

Se realizó el análisis por cromatografía en capa delgada a 3 tipos de extractos; en hexano, acetato de etilo y etanol, obtenidos por maceración durante 15 días. Se empleó una placa de la casa Merck de 20 x 10 cm, de gel de sílice F sobre soporte de aluminio.

El desarrollo cromatográfico fue de forma ascendente y se utilizó como fase móvil una mezcla de disolventes: Hexano: Cloroformo: Acetato de etilo: Metanol (10:5:5:2.5).

Para el revelado de las placas se emplearon las siguientes condiciones:

- Luz ultravioleta de longitud de onda de 254nm
- Rociado con etanol: ácido sulfúrico (50:50) y calor: se calentó a una temperatura de 100°C aproximadamente, hasta la aparición de manchas o modificación de la apariencia de las ya existentes.

II.10 Determinación del Contenido de Fenoles Totales

La cuantificación de los compuestos fenólicos totales se llevó a cabo empleando el método Folin–Ciocalteu de Singleton y Rossi (1965) con algunas modificaciones. Para el ensayo, en los tubos de reacción se colocaron 200 µL de cada muestra y se adicionaron 10 mL de solución diluida (1:10) de reactivo de Folin-Ciocalteu (grado analítico, Sigma Aldrich) más 1,8 mL de agua destilada. Se agitó y se dejó en reposo 5 minutos. Posteriormente se adicionaron 8 mL de solución al 7,5% de Na₂CO₃ y se agitó nuevamente. Se dejó reposar nuevamente durante 2 horas y las lecturas de absorbancia se realizaron por triplicado en el espectrofotómetro de marca Shimadzu a una longitud de onda de 765nm. La curva de calibración se preparó empleando ácido gálico (grado analítico, Sigma Aldrich) como sustancia patrón con diluciones de concentraciones de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 10, 30 y 40 mg/mL. El promedio de las absorbancias para cada muestra fue interpolado en la curva de calibración para determinar la concentración de fenoles totales.

II.11 Determinación del Contenido de Flavonoides Totales

La cuantificación de flavonoides totales se llevó a cabo mediante el método de AlCl_3 . La curva de calibración se preparó empleando quercetina (grado analítico, Sigma Aldrich) como sustancia patrón con diluciones de concentraciones de 0.008, 0.016, 0.024, 0.032, 0.04, 0.08, 0.24 y 0.32 mg/mL. El contenido de flavonoides totales del extracto de los tubérculos se expresó en mg de EQ/g de muestra. Para el ensayo se tomaron 0,5 mL de extracto de las muestras y se adicionaron 1,5 mL de etanol al 96%, además de 100 μL de una solución de reactivo de AlCl_3 (grado analítico, Sigma Aldrich) diluida (1:1) en etanol, también se adicionó 100 μL de solución de acetato de potasio 1M y 2,8 mL de agua destilada. Posteriormente, las muestras se dejaron reposar durante 30 min para luego colocarlas en la cubeta de cuarzo del espectrofotómetro de marca Shimadzu y leer las absorbancias por triplicado a una longitud de onda de 415 nm. El promedio de las absorbancias para cada muestra fue interpolado en la curva de calibración para determinar la concentración de flavonoides totales.

II.12 Determinación de la Actividad Antioxidante

II.12.1 Actividad inhibidora del radical libre 2,2-difenil-1-picril hidrazilo (DPPH)

Para determinar la actividad antioxidante se evaluó la capacidad atrapadora del radical DPPH basado en la metodología de Loizzo et al. (2012) con algunas modificaciones. Se utilizó un volumen de 2000 μL de una solución de DPPH (0.1 mmol) y se mezcló con 200 μL del extracto etanólico de cada muestra de mashua a una concentración de 1 mg/mL, las muestras se dejaron en ausencia de luz durante 30 minutos. Luego de este lapso de

tiempo se realizó la lectura de absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro marca Shimadzu.

La capacidad de captación de radicales DPPH se calculó según la siguiente ecuación:

$$\left[\left(\frac{A_0 - A_1}{A_0} \right) \right] * 100$$

A0 = es la absorbancia del control (DPPH sin muestra)

A1 = es la absorbancia en presencia de la muestra

Los resultados se convirtieron a porcentaje de inhibición. Se utilizó ácido gálico (grado analítico, Sigma Aldrich) como control positivo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1 Determinación de los parámetros físico-químicos

III.1.1 Humedad residual

Los porcentajes de humedad promedio obtenidos por triplicado a partir de 2 g de muestra se resumen en la tabla IV. Para ambas variedades de mashua los valores obtenidos del porcentaje de humedad residual estuvieron dentro de los límites de agua establecidos entre 8 a 14% (Fresno, 1999), aunque una droga vegetal generalmente debe poseer un contenido de humedad $\leq 10\%$. Estos resultados nos indican que las muestras cumplen con este parámetro.

Tabla IV. Resultados determinación de Humedad Residual

Tubérculos	Humedad Residual (%) $\bar{X} \pm \sigma$
Mashua amarilla	7,093 \pm 0,088
Mashua rosada	6,596 \pm 0,097

III.1.2 Cenizas totales

Los porcentajes de cenizas totales promedio obtenidos por triplicado a partir de 2 g de muestra se resumen en la tabla V. Para ambas variedades de mashua los valores obtenidos del porcentaje de cenizas totales estuvieron dentro de los parámetros referenciales $\leq 12\%$ (Miranda, 2002). Estos resultados nos indican que las muestras cumplen con este parámetro.

Tabla V. Resultados determinación de Cenizas Totales

Tubérculos	Cenizas Totales (%) $\bar{X} \pm \sigma$
Mashua amarilla	3,915 \pm 0,115
Mashua rosada	3,475 \pm 0,219

III.1.2.1 Cenizas solubles en agua

Los resultados expresados en la tabla VI, indican los porcentajes promedio de minerales solubles en agua. Estos porcentajes son aceptados ya que están dentro de los parámetros referenciales $\leq 5\%$.

Tabla VI. Resultados determinación de Cenizas Solubles en agua

Tubérculos	Cenizas solubles (%) $\bar{X} \pm \sigma$
Mashua amarilla	2,527 \pm 0,214
Mashua rosada	2,755 \pm 0,118

III.1.2.2 Cenizas insolubles en ácido Clorhídrico

Los resultados expresados en la tabla VII, indican los porcentajes promedio de minerales insolubles en ácido. Estos porcentajes son aceptados ya que están dentro de los parámetros referenciales $\leq 1\%$. Si en la determinación el contenido de cenizas es elevado puede ser indicador que en la recolección existió contaminación de materia mineral.

Tabla VII. Resultados determinación de cenizas insolubles

Tubérculos	Cenizas insolubles (%) $\bar{X} \pm \sigma$
Mashua amarilla	0,379 \pm 0,097
Mashua rosada	0,314 \pm 0,003

III.1.2.3 Sustancias solubles

Los resultados expresados en la tabla VIII, indican los porcentajes promedio de sustancias solubles en agua y etanol al 98%. Los valores obtenidos para las sustancias solubles indican que el mayor porcentaje de metabolitos presentes en los tubérculos son de naturaleza medianamente polar lo que se demuestra en el porcentaje de sustancias solubles en alcohol, superior a las solubles en agua.

Tabla VIII. Resultados determinación de Sustancias solubles

Tubérculos	Sustancias solubles en etanol (%) $\bar{X} \pm \sigma$	Sustancias solubles en agua (%) $\bar{X} \pm \sigma$
Mashua amarilla	26,886 \pm 0,114	12,163 \pm 0,337

Mashua rosada	11,270 ± 0,235	7,149 ± 0,097
----------------------	----------------	---------------

III.2 Identificación de los metabolitos por tamizaje fitoquímico

En la tabla IX se muestran los resultados del estudio fitoquímico realizado a los extractos etéreo, alcohólico y acuoso. Se identificó la presencia de compuestos fenólicos como flavonoides y taninos para ambas variedades de mashua; compuestos que podrían ser los responsables de la actividad antioxidante de esta planta, también hubo presencia de metabolitos secundarios como Triterpenos y alcaloides. En cuanto a esta identificación cualitativa no se presentan diferencias significativas en la composición fitoquímica de estas dos variedades de mashua.

Tabla IX. Resultados Tamizaje Fitoquímico

EXTRACTO ETÉREO			
Ensayo	Metabolito	Resultado	
		M. amarilla	M. rosada
Sudán	Aceites y grasas	+++	++
Dragendorff	Alcaloides	++	++
Wagner	Alcaloides	++	++
Mayer	Alcaloides	++	++
Baljet	Lactonas y Coumarinas	+	+
Liebermann-Burchard	Triterpenos-esteroides	+++	++
EXTRACTO ALCOHÓLICO			
Dragendorff	Alcaloides	++	++

Wagner	Alcaloides	++	++
Mayer	Alcaloides	++	++
Catequinas	Catequinas	+	+
Resinas	Resinas	-	-
Fehling	Azúcares reductores	+++	+++
Baljet	Lactonas	+++	+
-Liebermann-Burchard	Triterpenos - esteroides	+++	++
Espuma	Saponinas	-	-
Cloruro Férrico	Taninos	+++	+++
Ninhidrina	Aminoácidos	+++	+++
Borntrager	Quinonas	-	-
Shinoda	Flavonoides	+	+
Antocianidina	Antocianidinas	+	+
EXTRACTO ACUOSO			
Dragendorff	Alcaloides	++	++
Wagner	Alcaloides	+	+
Mayer	Alcaloides	++	++
Shinoda	Flavonoides	+++	+++
Fehling	Azúcares reductores	+++	+++
Espuma	Saponinas	-	+
Mucílagos	Mucílagos	-	-

III.3 Cromatografía de capa delgada

A los extractos en hexano, acetato de etilo y metanol se les realizó la cromatografía en capa delgada. La determinación de los valores del Rf depende de la polaridad del compuesto la cual está determinada por el número y naturaleza de los grupos funcionales presentes; también dependerá de la naturaleza del disolvente a utilizar. Los resultados de la CCD (tabla X) son indicativos de compuestos fenólicos.

Tabla X. Resultados de RF en CCD

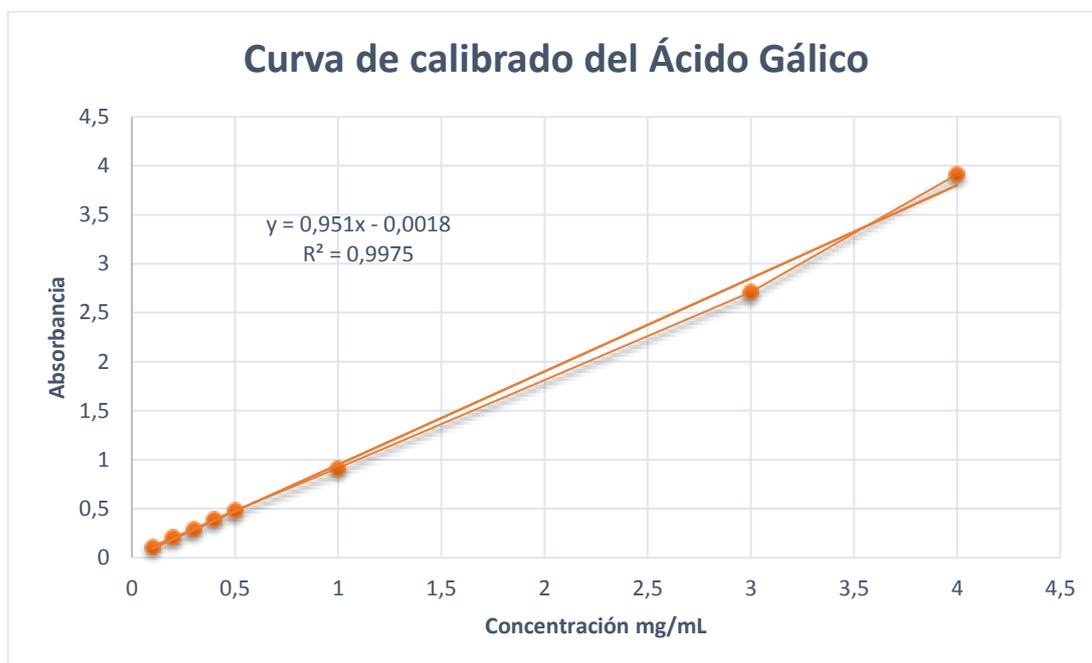
TIPO DE EXTRACTO	RF	RF
	MASHUA AMARILLA	MASHUA ROSADA
Acetato de etilo	0,14	
		0,16
	0,31	
	0,71	
	0,8	0,81
	0,86	
	0,91	0,86
Hexano	0,94	0,96
	0,16	
	0,71	0,16
	0,8	
	0,86	
	0,91	0,84
	0,95	
Alcohol	0,07	
	0,22	0,16
	0,68	

	0,76	
	0,83	0,82
	0,89	
	0,95	0,95

III.4 Determinación del Contenido de Fenoles Totales

La determinación del contenido fenólico total en los extractos etanólicos de las dos variedades de mashua se desarrolló mediante el método Folin-Ciocalteu. A partir de la curva estándar de ácido gálico se cuantificó los compuestos fenólicos totales y los resultados se expresaron en equivalentes de ácido gálico (mg EAG / 100 g de muestra). (Ver Gráfico I).

Gráfico I. Curva de calibración del ácido gálico para la determinación de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu



En la Tabla XI, se observan los resultados obtenidos de la cuantificación de fenoles totales para las dos variedades de mashua; encontrándose que la variedad rosada tuvo un mayor contenido de polifenoles 307,83 mg EAG/100g de mashua con respecto a la variedad amarilla 268,93 mg EAG/100g valores similares a los reportados por Chirinos et al (2006), con valores entre 174,9 y 374 mg EAG/100 g de mashua fresca.

Allende et al., (2007), afirman que el contenido de compuestos fenólicos se ve influenciado por diversos factores; entre ellos genéticos, dado que la composición puede variar significativamente entre variedades de una misma especie vegetal, además existen factores ambientales como luz y temperatura que afectan el crecimiento y calidad del cultivo, finalmente y no menos importante el estado fisiológico; es decir, estado óptimo de madurez

también determina la calidad en cuanto a los compuestos bioactivos presentes.

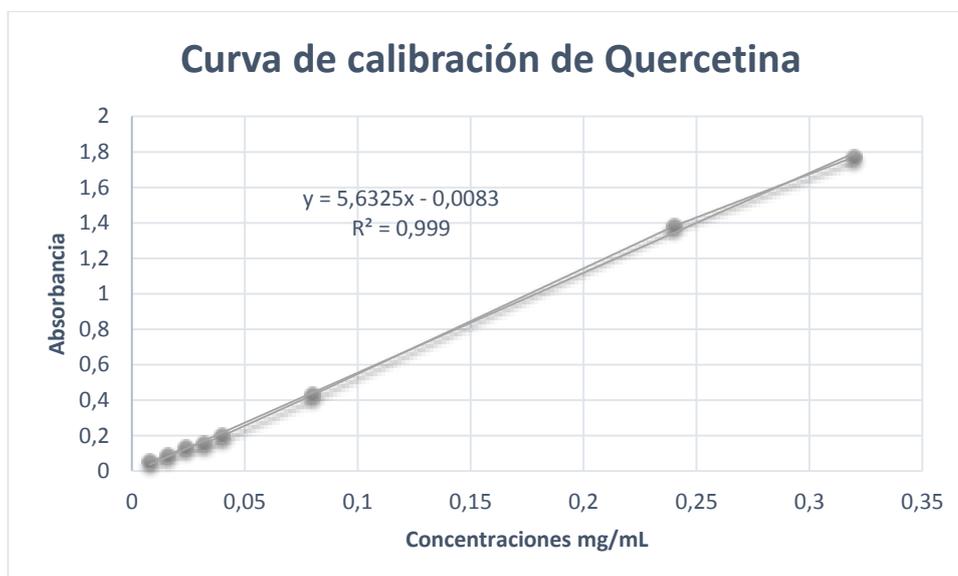
Tabla XI. Resultados Determinación de Polifenoles Totales

Tubérculos	Polifenoles totales (mg EAG / 100g muestra)
Mashua amarilla	268,93
Mashua rosada	307,83

III.5 Determinación del Contenido de Flavonoides Totales

La determinación del contenido de flavonoides totales en los extractos etanólicos de las dos variedades de mashua se llevó a cabo mediante el método de $AlCl_3$. A partir de la curva estándar de quercetina se cuantificó los flavonoides totales y los resultados se expresaron en equivalentes de quercetina (mg EQ / g de muestra. (Ver Gráfico II).

Gráfico II. Curva de calibrado de Quercetina para la determinación de flavonoides totales



En la Tabla XII, se observan los resultados obtenidos de la cuantificación de flavonoides totales para las dos variedades de mashua; encontrándose que la variedad rosada tiene un contenido de flavonoides totales de 1,13 mg EQ / g de mashua y la variedad amarilla 0,193 mg EQ / g, valores que no difieren de manera significativa entre sí.

Tabla XII. Resultados determinación de Flavonoides Totales

Tubérculos	Flavonoides totales (mg EQ /g muestra)
Mashua amarilla	0,93
Mashua rosada	1,13

III.6 Determinación de la Actividad Antioxidante

III.6.1 Actividad inhibidora del radical libre 2,2-difenil-1-picril hidrazilo (DPPH)

En la Tabla XIII, se expresan los porcentajes de la actividad antioxidante por el método DPPH de las dos variedades de mashua, a una concentración de 1 mg/mL, en la cual se observa que la variedad rosada presentó mayor porcentaje de captación de radicales libres (35,60%) seguida de la variedad amarilla que presentó un 32,82%. Los resultados se interpolaron con la curva de calibración de ácido gálico. (Ver gráfico III)

Gráfico III. Curva de calibración de ácido gálico para método DPPH

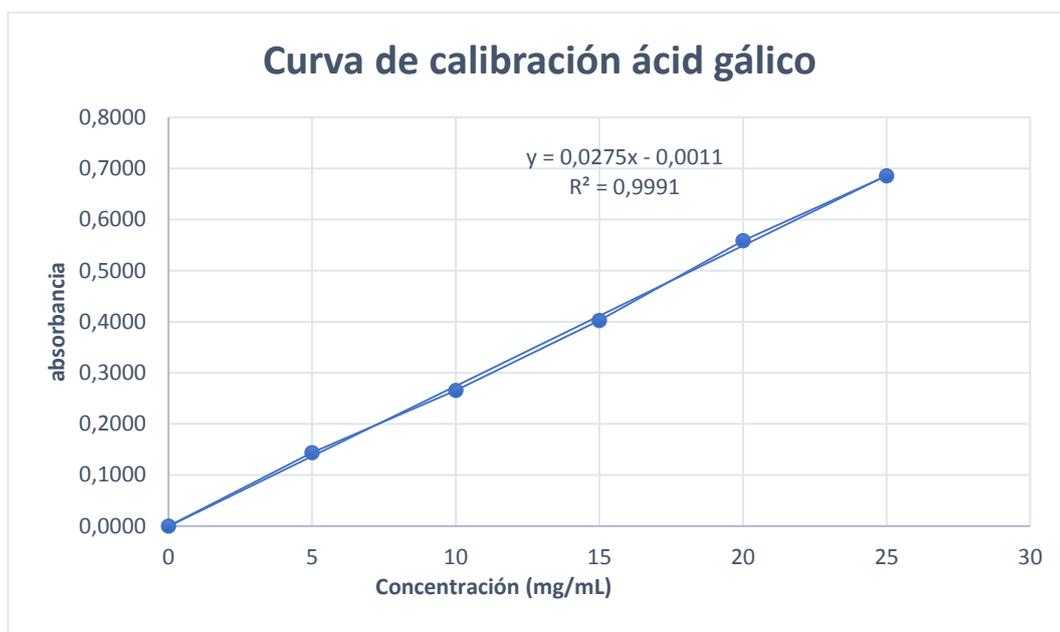


Tabla XIII. Porcentaje de captación de radicales libres por el método DPPH

Tubérculos	% Captación de radicales libres
Mashua amarilla	32,82%
Mashua rosada	35,60%

CONCLUSIONES

Se determinó mediante tamizaje fitoquímico la composición química general de las dos variedades de *Tropaeolum tuberosum*, obteniéndose que entre los compuestos bioactivos presentes se evidenció la presencia de compuestos grasos, azúcares, así como la presencia de flavonoides y taninos responsables de su actividad antioxidante.

Se realizó la identificación de metabolitos secundarios por cromatografía en capa delgada, dando indicativos de la presencia de compuestos fenólicos.

Para la cuantificación de fenoles totales se obtuvo un mayor rendimiento de compuestos fenólicos expresados en mg EAG/ 100 g para la mashua rosada (301,83 mg EAG/100 g) mientras que la mashua amarilla obtuvo (268,93 mg EAG/100 g).

Para la cuantificación de flavonoides totales se obtuvo para la mashua rosada (1,13 mg EQ/ g) mientras que la mashua amarilla obtuvo (0,93 mg EQ/100 g).

Los extractos etanólicos de la mashua amarilla y rosada, evaluados por el método del DPPH, expresaron un porcentaje de captación de radicales libres de DPPH de 34,25 y 32,82%, respectivamente; correspondiendo el de mayor capacidad antioxidante al extracto etanólico de la mashua variedad rosada.

RECOMENDACIONES

Profundizar en el estudio de la mashua como antioxidante natural, analizando la influencia del método de extracción en su composición química

Dado que la mashua resulta ser una buena fuente antioxidante se recomienda continuar con estudios farmacológicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre-Joya, J. A., Zugasti-Cruz, Alejandro., Belmares-Cerda, Ruth, Aguilar, C. N., & De La Garza-Toledo, Heliodoro. (2012). Actividad antioxidante de algunas plantas tropicales, subtropicales y semidesérticas. *Ene*, 4(7), 1.
2. Gil, M. I., Allende, A., & Martínez-Sánchez, A. (2007). Factors affecting the content of bioactive compounds in fresh-cut produce, 2007, 716–725.
3. Andersson, L., Andersson, S. 2000. A molecular phylogeny of Tropaeolaceae and its systematic implications. *Taxon* 49: 721–736
4. Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, 99(1), 191-203.
5. Beltran Sánchez, A. F., & Mera Pilco, J. G. (2013). Elaboración del tuberculo mashua (*tropaeolum tuberosum*) troceada en miel y determinación de la capacidad antioxidante (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).
6. Bentham, G., Hooker, J.D. (1862). *Genera Plantarum*, Vol. 1. London: Reeve.
7. Borges, G., Degeneve, A., Mullen, W., & Crozier, A. (2009). Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants, and cranberries. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(7), 3901-3909.
8. Boudet, A. M. (2007). Evolution and current status of research in phenolic compounds. *Phytochemistry*, 68(22), 2722-2735.
9. Cahuana Torres, R. E. (2014). Colección y caracterización morfológica de entradas de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* L.) del Valle Del Mantaro.
10. Campos, D.; Noratto, D.; Chirinos, R.; Arbizu, C.; Roca, W.; Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary

metabolites in four species of Andean tuber crops: Native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum Tuberosum* Ruiz y Pavón), oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y olluco (*Ollucus tuberosus* Caldas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 86(10): 1481-1488.

11. Chabur, M. 2012. Evaluación del efecto de liofilizado de cubios (*Tropaeolum tuberosum*) en las poblaciones microbianas de suelo como estrategia de manejo de rhizoctonias en cultivo de papa. Tesis (Magíster en Ciencias – Bioquímica). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
12. Chirinos, R.; Campos, D. Costa, N.; Arbizu, C.; Pedreschi, R.; Larondelle, Y. 2008. Phenolic profiles of andean mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers: Identification by HPLC-DAD and evaluation of their antioxidant activity. *Food Chemistry*. Vol. 106: 1285-1298.
13. Ciappini, M. C., Stoppani, F. S., Martinet, R., & Alvarez, M. B. (2013). Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en mieles de tréboles, eucalipto y alfalfa. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (19), 45-51.
14. Cuya, R. 2009. Efecto de secado en bandeja y atomización sobre la actividad antioxidante de la mashua (*Tropaeolum tuberosum* R & P). Tesis (Mg Sc en Tecnología de Alimentos). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
15. Dahlgren, R. (1975). A system of classification of the angiosperms to be used to demonstrate the distribution of characters. *Bot. Notiser* 128: 119–147
16. Espín Castro, C. I. (2013). Aporte al rescate de la mashua aplicando técnicas de cocina de vanguardia (Bachelor's thesis).
17. Espín, S., Villacrés, E., & Brito Grandes, B. (2004). Caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos.

18. Espinoza, S., Monteghirfo, M., Alvarez, J. y Arnao, I. (2002). Análisis electroforético unidimensional y bidimensional de las proteínas de *Tropaeolum tuberosum* (Mashua). Centro de investigación de Bioquímica y nutrición, laboratorio de química bioorgánica. (UNMSM).
19. Fresno, A. M. (1999). Farmacognosia general . Madrid - España: Síntesis .
20. Grau, A.; Ortega, R.; Nieto, C.; Hermann, M. 2003. Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 25. International Potato Center, Lima, Peru / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
21. Hutchinson, J. (1973). The families of flowering plants, 3rd edn. Oxford: Clarendon Press
22. Izurieta, C. (Ed.). (2013). Patrimonio alimentario [Edición especial]. *El Telégrafo*. Recuperado de: <http://www.culturaypatrimonio.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/PAlimentario-N2.pdf>
23. Kubitzki, K. and Bayer, C. (2003). Flowering Plants · Dicotyledons. 1st ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pág. 400-404.
24. León, A. (2017) Factores que influyen en el conocimiento tradicional de mashua (*tropaeolum tuberosum*) en dos comunidades indígenas. Edit. Univerisidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26214>
25. Leos-Rivas, C., Rivas-Morales, C., & García-Hernández, D. (2016). Actividad antioxidante y toxicidad. En Rivas-Morales, C., Oranday-Cardenas, M.A., & Verde-Star, M.J. (Eds.). Investigación en plantas de importancia médica. Barcelona, España: OmniaScience. 41-76.
26. Miranda M.; Cuellar A. (2000). Manual de prácticas de Laboratorio Farmacognosia y Productos Naturales. Edit. Universidad de la Habana. Cuba. pág 34-73.

27. National Research Council (2009). *Lost Crops of the Incas: Little Known Plants of the Andes With Promise For Worldwide Cultivation*. National Academy Press. Washington.
28. Ortega, L. (1992). *Usos y valor nutritivo de los andinos*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Agroindustria (INIAA). Programa de Investigación de Cultivos Andinos (PICA).
29. Paucar, S. (2014). *Composición Química Y Capacidad Antioxidante De Dos Variedades Mashua (Tropaeolum Tuberosum): Amarilla Chaucha Y Zapallo*. Quito.
30. Perú Ecológico. (2007). *Morfología*. Recuperado el 10 de 08 de 2015, de Perú Ecológico: http://www.peruecologico.com.pe/flo_mashua_1.htm
31. Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria*, 27(1), 76-89.
32. Rivera, F. (2005). Raíces y tubérculos con alto contenido energético y medicinal. *Desafío*. Recuperado de: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/675/1/T-SENESCYT-0127.pdf>
33. Sparre, B., Andersson, L. (1991). A taxonomic revision of the Tropaeolaceae. *Opera Bot.* 108: 5–139.
34. Suquilanda, M. (2011). *Producción orgánica de cultivos andinos (manual)*. Recuperado el 10 de 08 de 2015, de Technologies and practices for small agricultural producers: http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
35. Tapia, M. Fries, A. Mazar, I. y Rosell, C. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos* FAO-Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Lima, PE: 209
36. Temoche, C. 2003. *Evaluación de algunas características funcionales de 30 clones de mashua (Tropaeolum tuberosum)*, Ruiz

y Pavón). Tesis (Ing. en Industrias Alimentarias). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

37. Temoche, M., Campos, D., Chirinos, R. y Cisneros, L. (2004). Evaluación de los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante presente en 30 genotipos de mashua. *Revistas Científicas UNALM*.

38. Valera J. (2008). Plantas Medicinales Mashua. Recuperado 12 de julio de 2017, a partir de http://www.jorgevaleranatura.com/plantas_medicinales_curativas/m/ usos_propiedades.php?naturales=mashua-anu-isano#

ANEXOS



Figura 3. Tubérculo de la Mashua Amarilla



Figura 4. Tubérculo de Mashua Rosada

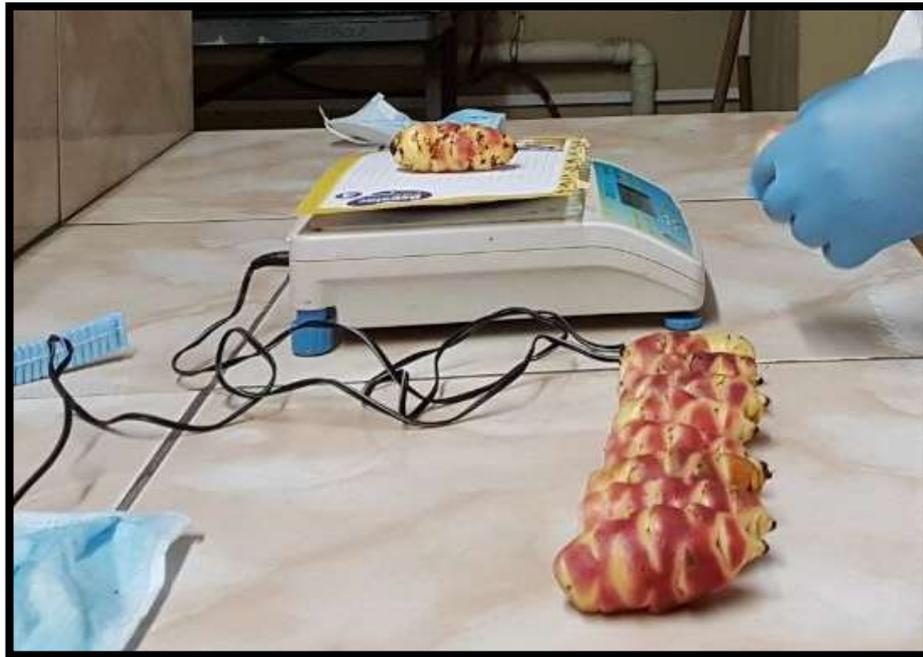


Figura 5. Pesado del tubérculo de la Mashua Rosada



Figura 6. Rebanado de los tubérculos de Mashua Rosada



Figura 7. Tubérculo de Mashua Rosada rebanado para colocar en la estufa



Figura 8. Secado de la Mashua Rosada



Figura 9. Mashua colocada en el deshidratador para su secado