

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



“Efecto antioxidante de los compuestos fenólicos de  
hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg.  
“huanarpo macho”. Ayacucho - 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
QUÍMICO FARMACÉUTICA

PRESENTADO POR:

**Bach. HUAMAN CASTRO, Viky**

AYACUCHO – PERÚ

2021

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

R.D. N° 039 –2022-FCSA–UNSCH-D

### BACHILLER: Viky HUAMAN CASTRO

En la ciudad de Ayacucho siendo las dos de la tarde del día catorce de enero del dos mil veintidós, se reunieron a través de la plataforma virtual los docentes miembros jurados de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado “Efecto antioxidante de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha Macrantha Mull* “huanarpo macho”. Ayacucho 2020”. Presentado por la bachiller Viky HUAMAN CASTRO para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Los miembros del Jurado de Sustentación conformado por:

Presidente : Prof. Maricela López Sierralta  
Miembros : Prof. Edwin C. Enciso Roca  
Prof. Vilma V. Falconí Oré  
4to jurado y secretario docente : Prof. Stephany M. Barbaran Vilcatoma  
Asesor : Prof. Johnny A. Tinco Jayo

Con el quorum de reglamento se dio por inicio la sustentación de tesis, la presidenta de la comisión pide a la secretaria docente dar lectura a los documentos presentados por las recurrentes, y da algunas indicaciones a la sustentante.

Da inicio la exposición la Bachiller: Viky HUAMAN CASTRO, una vez concluida. La presidenta de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas, seguidamente da pase al asesor de tesis Johnny A. Tinco Jayo para que pueda aclarar algunas preguntas, interrogantes, aclaraciones.

La presidenta invita a la sustentante abandonar el espacio virtual para que puedan proceder con la calificación.

### RESULTADO DE LA EVALUACIÓN FINAL

Bachiller: Viky HUAMAN CASTRO

JURADOS	TEXTO	EXPOSICIÓN	PREGUNTAS	P. FINAL
Prof. Maricela López Sierralta	17.0	17.0	17.0	17.0
Prof. Edwin C. Enciso Roca	18.0	18.0	18.0	18.0
Prof. Vilma V. Falconí Oré	18.0	17.0	17.0	17.0
Prof. Stephany M. Barbaran Vilcatoma	18.0	18.0	18.0	18.0
Prof. Johnny A. Tinco Jayo	18.0	18.0	18.0	18.0
<b>PROMEDIO FINAL</b>				<b>18.0</b>

De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: Aprobar a la Bachiller **Viky HUAMAN CASTRO**. Quien obtuvo la nota final de Dieciocho (18) para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo las 04:00 de la tarde, se da por concluido el presente acto académico virtual.

Firmado digitalmente por  
Dr. Edwin Carlos Enciso Roca  
Fecha: 2022.01.14  
16:36:49 -05'00'

Prof. Edwin C. Enciso Roca  
Miembro

Firmado digitalmente por Vivian Vilma Falconi Oré  
Fecha: 2022.01.14  
16:26:56 -05'00'

Prof. Vilma V. Falconí Oré  
Miembro

Firmado digitalmente por Dr. Johnny Aldo TINCO JAYO  
Fecha: 2022.01.14  
16:41:46 -06'00'

Prof. Johnny A. Tinco Jayo  
Asesor



Firmado digitalmente por  
BARBARAN VILCATOMA STEPHANY  
MASSIELL  
Fecha: 2022.01.14 16:03:54 -05'00'

Prof. Stephany M. Barbaran Vilcatoma  
Miembro – Secretario docente



Firmado digitalmente por  
MARICELA LÓPEZ SIERRALTA  
Fecha: 2022.01.14  
16:48:20 -05'00'

Prof. Maricela López Sierralta  
Presidente

A Dios por haberme guiado y protegido para el logro de mis objetivos, también por su inmensa fortaleza y paz. A mis padres por su amor y el apoyo incondicional de mis hermanos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por brindarme la oportunidad de forjarme profesionalmente y de manera general a todos los docentes que laboran en la Escuela de Formación Profesional de Farmacia y Bioquímica, por compartir sus conocimientos los cuales contribuyeron en mi formación universitaria.

A mi asesor Dr. Q.F. Johnny Aldo Tinco Jayo, por su valiosa asesoría sus conocimientos compartidos, experiencia científica, su consejo, paciencia y sugerencias para la preparación y culminación de la Tesis.

Al Mg. Q.F. Enrique Javier Aguilar Felices por su soporte, y constante colaboración y dedicación.

Al Dr. Q.F. Edwin Carlos Enciso Roca, por su valioso apoyo y constante sugerencias.

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT), ahora Pro-ciencia, por su financiamiento para el desarrollo del presente trabajo de investigación y fomentar la exploración científica en el área de la salud que es fundamental para el beneficio de la sociedad.

Al laboratorio Medifarma por su gran aporte en nuestra investigación y al analista Juan Carlos Obregón Pillaca estupendo profesional farmacéutico.

A todas las personas y amistades que me alentaron a seguir con mi propósito de manera desinteresada en la ejecución y culminación de la presente Tesis.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes del problema de investigación	5
2.2. <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg.	7
2.3. Compuestos fenólicos	10
2.3.1. Ácidos fenólicos	10
2.3.2. Flavonoides	11
2.3.3. Taninos	13
2.3.4. Cumarinas	13
2.4. Cuantificación por HPLC	14
2.5. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos	14
2.6. Impacto de los antioxidantes fenólicos en el organismo	15
2.7. Mecanismo de defensa de los antioxidantes	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Lugar de trabajo de la investigación	23
3.2. Población y muestras	23
3.5. Modelo y diseño de investigación	25
3.6. Determinación del contenido de fenoles totales	26
3.7. Determinación del contenido de flavonoides	26
3.8. Determinación de la capacidad antioxidante	26
3.8.1. Ensayo por el método DPPH	26
3.8.2. Ensayo por el método ABTS	27
3.8.3. Ensayo por el método de reducción de hierro (FRAP)	28
IV. RESULTADOS	29
V. DISCUSIÓN	37
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	47
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS	57

## ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Núcleo estructural de los principales ácidos fenólicos.	11
Tabla 2.	Clasificación de flavonoides principales.	12
Tabla 3.	Distribución de los distintos modelos de ensayos de la capacidad antioxidantes <i>in vitro</i> .	17
Tabla 4.	Metabolitos secundarios presentes en el extracto hidroalcohólico de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	30
Tabla 5.	Compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	31
Tabla 6.	Contenido de compuestos fenólicos cuantificados por HPLC en el extracto metanólico de hojas <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	32
Tabla 7.	Contenido de compuestos fenólicos cuantificados por HPLC en el extracto metanólico de tallos <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	33
Tabla 8.	Contenido de fenoles totales y flavonoides de los compuestos fenólicos en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	34
Tabla 9.	Capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de los ensayos de DPPH y ABTS de los compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho - 2021.	35
Tabla 10.	Capacidad antioxidante equivalentes a trolox de los compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	<i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”.	8
Figura 2.	Lugar centro poblado de San Sebastián de Sacraca, distrito de Lampa, de la provincia de Páucar del Sara Sara.	8
Figura 3.	Estructuras químicas de las principales clases de flavonoides	12
Figura 4.	Numeración de las posiciones en la estructura química de taninos	13
Figura 5.	Estructuras básicas de cumarinas simples.	14
Figura 6.	Estructura del DPPH- radical libre (Morado).	19
Figura 7.	Estructura del ABTS <sup>+</sup> (verde- azul)	19
Figura 8.	Estructura del Fe <sup>+3</sup> -TPTZ (azul)	20
Figura 9.	Estructura química del ácido gálico	20
Figura 10.	Estructura química de la quercetina	21
Figura 11.	Estructura química del trolox	21



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Constancia de certificación botánica de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	59
Anexo 2.	Procedimientos de extracto hidroalcohólico de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	60
Anexo 3.	Reconocimiento de los metabolitos secundarios del extracto hidroalcohólico de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	61
Anexo 4.	Procedimiento de aislamiento de compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	62
Anexo 5.	Reconocimiento de metabolitos secundarios para fenoles y flavonoides en la fracción de acetato de etilo aislado de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	63
Anexo 6.	Identificación de compuestos fenólicos del extracto metanólico de hojas de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg., por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).	64
Anexo 7.	Identificación de compuestos fenólicos del extracto metanólico de tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg., por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)	65
Anexo 8.	Flujograma para la determinación del contenido de fenoles totales de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	66
Anexo 9.	Curva de calibración del ácido gálico, Ayacucho – 2021.	67
Anexo 10.	Ensayos para la determinación del contenido de fenoles totales en hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	68
Anexo 11.	Flujograma para la determinación del contenido de flavonoides en hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	69
Anexo 12.	Curva de calibración de la quercetina, Ayacucho – 2021.	70
Anexo 13.	Ensayos para la determinación del contenido de flavonoides del extracto de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	71

Anexo 14.	Flujograma para la determinación de la actividad antioxidante por el método DPPH de compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	72
Anexo 15.	Curva de calibración para determinar la actividad secuestradora del radical libre DPPH, Ayacucho – 2021.	73
Anexo 16.	Ensayos para la cuantificación de la actividad antioxidante por el método del secuestro del DPPH de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	74
Anexo 17.	Flujograma para la determinación de la actividad antioxidante por el método ABTS de compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	75
Anexo 18.	Curva de calibración para determinar el secuestro del radical ABTS, Ayacucho – 2021.	76
Anexo 19.	Procedimiento para determinar la actividad antioxidante por el método de secuestro del radical ABTS de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	77
Anexo 20.	Flujograma para la determinación de la actividad antioxidante por el método FRAP de compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	78
Anexo 21.	Curva de calibración para determinar el potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP). Ayacucho – 2021.	79
Anexo 22.	Procedimiento para la determinación de la actividad antioxidante por el método del potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP) de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	80
Anexo 23.	Estadística descriptiva de los resultados del contenido de fenoles totales de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. Ayacucho – 2021.	81
Anexo 24.	Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para el contenido de fenoles totales en hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	82

Anexo 25.	Estadística descriptiva de los resultados del contenido de flavonoides de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. Ayacucho - 2021.	83
Anexo 26.	Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para el contenido de flavonoides en hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	84
Anexo 27.	Diagrama de barras del contenido de fenoles totales y flavonoides de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	85
Anexo 28.	Estadística descriptiva de los resultados de la capacidad antioxidante equivalente a trolox (TEAC) para el DPPH de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. Ayacucho – 2021.	86
Anexo 29.	Prueba de t Welch, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para la capacidad antioxidante equivalente a trolox (TEAC) del ensayo de DPPH de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	87
Anexo 30.	Estadística descriptiva de los resultados de la capacidad antioxidante equivalente a trolox (TEAC) para el ABTS de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. Ayacucho – 2021.	88
Anexo 31.	Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para la capacidad antioxidante equivalente a trolox (TEAC) del ensayo de ABTS de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.	89
Anexo 32.	Estadística descriptiva de los resultados de la capacidad secuestradora del radical libre DPPH de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg., Ayacucho – 2021.	90
Anexo 33.	Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para la capacidad secuestradora del radical libre DPPH de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho - 2021.	91
Anexo 34.	Estadística descriptiva de los resultados de la capacidad secuestradora del radical libre ABTS de los compuestos fenólicos	92

	de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. Ayacucho – 2021.	
Anexo 35.	Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para la capacidad secuestradora del radical libre ABTS de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho - 2021.	93
Anexo 36.	Estadística descriptiva de los resultados de potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP) de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. Ayacucho – 2021.	94
Anexo 37.	Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para el potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP) de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho - 2021.	95
Anexo 38.	Gráfico de barras de la actividad antioxidante según los modelos de DPPH, ABTS y FRAP de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.	96
Anexo 39.	Matriz de consistencia	97

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo la determinación del efecto antioxidante de compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, realizado en los laboratorios Farmacognosia y Toxicología de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica – UNSCH, durante los meses de noviembre de 2020 a febrero de 2021. Se obtuvo el extracto hidroalcohólico de las hojas y tallos, seguido de una extracción líquido – líquido con acetato de etilo. Se determinó el contenido de fenoles totales y flavonoides a través de los métodos de Folin Ciocalteau y cloruro de aluminio. Mientras que, la determinación de la actividad antioxidante fue realizado a través de los métodos del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), el radical 2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6 sulfónico) (ABTS) y el potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP). Mostrando las hojas mayor contenido de fenoles totales y flavonoides ( $309,06 \pm 5,70$  mg EAG/g de extracto y  $106,36 \pm 1,39$  mg EQ/g de extracto) que los tallos ( $251,14 \pm 2,50$  mg GAE/g de extracto y  $61,14 \pm 1,37$  mg QE/g de extracto), respectivamente, siendo estas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Asimismo, la capacidad antioxidante equivalente a trolox para hojas con los ensayos de DPPH, ABTS y FRAP ( $314,06 \pm 3,47$ ;  $406,62 \pm 3,26$  y  $314,75 \pm 2,12$   $\mu\text{mol ET/g}$  de extracto, respectivamente) fueron superiores al del tallo ( $188,08 \pm 3,12$ ;  $363,73 \pm 3,32$  y  $231,60 \pm 1,18$   $\mu\text{mol ET/g}$  de extracto, respectivamente), siendo también estas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Concluyendo que las hojas de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., tienen mayor contenido de fenoles totales, flavonoides y mayor capacidad antioxidante que el tallo.

**Palabras clave:** *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, antioxidantes, compuesto fenólicos.

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de plantas medicinales por el hombre ha venido desde la Prehistoria.<sup>1</sup> Denominando a la medicina tradicional como un conjunto de conocimientos, procedimientos curativos y creencias practicadas en mayor o menor grado en todas las culturas, por lo cual se valora la viabilidad de una ciencia con características locales, donde exista armonía entre la ciencia y la tecnología moderna con los conocimientos y las técnicas tradicionales.<sup>2</sup>

En las plantas encontramos miles de compuestos fenólicos que son considerados importantes antioxidantes en la dieta, por lo que podemos encontrarlas en frutas, hortalizas, raíces y cereales. Tienen funciones metabólicas importantes dentro de las plantas, por lo que son responsables del color y características de plantas y alimentos.<sup>3</sup>

Los metabolitos secundarios denominados así por presentar propiedades biológicas, se sintetizan en pequeñas cantidades y no de forma generalizada, ya sea por el género o familia a cuál pertenece la planta.<sup>4</sup> Los polifenoles que son un conjunto de moléculas heterogéneas que tienen varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxílicas se pueden clasificar dependiendo de su estructura donde resaltan en mayor importancia los ácidos fenólicos y los flavonoides, siendo estos últimos, los más importantes del grupo de polifenoles. Los flavonoides tienen una serie de sustituciones básicas que le permiten presentar diversas clasificaciones dentro de su grupo, siendo los más hallados en las plantas, donde la actividad antioxidante de los flavonoides resulta de la combinación de sus propiedades quelantes de hierro y secuestradoras de radicales libres.<sup>5</sup> Es preciso mencionar que los flavonoides pueden presentar actividades protectoras hepáticas, antiinflamatoria, antialérgica, antibacteriana y antifúngica.<sup>6</sup>

Los antioxidantes y su aporte en el organismo, hace referencia a las sustancias que forman parte de los alimentos diarios y la prevención de diversos efectos nocivos de las especies reactivas sobre funciones normales, asociado al proceso de óxido – reducción. Los radicales libres formados se liberan durante el metabolismo humano, procedentes de diversos factores exógenos y endógenos, generando un desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes, siendo el primero en mayor cantidad, llamado estrés oxidativo; existiendo dos vías fundamentales para proteger el organismo de los radicales libres, los cuales son antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos, el desbalance del sistema oxidativo produce enfermedades como el cáncer, cardiovasculares, respiratorias, neurológicas y a nivel del sistema endocrino entre otras. Señalando expectativas de vida humana que podría aumentar al disminuir los efectos del proceso oxidativo.<sup>7</sup>

Mencionar también que los antioxidantes tienen una afinidad hacia un determinado radical libre o varios, por lo que actúan en diferentes procesos de la secuencia oxidativa, logrando tener más de un mecanismo de acción. Sin desmerecer el papel que cumplen los radicales libres en el organismo cuando se fabrica en cantidades moderadas.<sup>8</sup> Las especies reactivas son producidas y utilizadas en las células cuando los mecanismos de los antioxidantes funcionan adecuadamente, cumpliendo la labor fisiológica de participar en condiciones normales, para la defensa frente a infecciones, fagocitosis e inflamación entre otros.<sup>9</sup>

*Jatropha macrantha* Müll. Arg., es utilizado tradicionalmente por la población como bebida afrodisiaca, asimismo, existen estudios realizados que aportan beneficio en la salud como es el efecto broncodilatador, vasodilatador, cicatrizante, antitúsígena, antiagregante y poseer efecto modulador de la respuesta eréctil. Motivo por el cual se propuso la evaluación del contenido de fenoles y flavonoides y la determinación de su capacidad antioxidante de sus hojas y tallos, ya que no existe ningún reporte de la capacidad antioxidante en relación con el contenido de fenoles totales y flavonoides.

#### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto antioxidante de los compuestos fenólicos de las hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”.

#### **Objetivos específicos**

- Realizar el screening fitoquímico para la identificación de los metabolitos secundarios presentes en hojas y tallos; y su identificación por HPLC.

- Determinar el contenido de fenoles totales de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”.
- Determinar el contenido de flavonoides de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”.
- Establecer la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos con modelos de DPPH, ABTS y FRAP de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del problema de investigación

En el género *Jatropha*, se han realizados investigaciones para determinar el contenido de fenoles totales expresados como mg equivalentes de ácido gálico por g de extracto (mg EAG/g de extracto), por el método de Folin - Ciocalteu y de flavonoides expresados como mg equivalentes a la quercetina por g de extracto (mg EQ/g de extracto), por el método de cloruro de aluminio; y su actividad antioxidante, en diferentes partes de la planta, utilizando los modelos de 2,2 – difenil –1– picrilhidrazilo (DPPH), ácido 2,2´- azino – bis (3 – etilbenzotiazolin) – 6 – sulfónico (ABTS) y 2,4,6-tripiryridyl-s-triazine (FRAP).

Vega Y et al, 2021. En la investigación la determinación de componentes químicos y actividad antioxidante de hojas y tallos de *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll. Arg y *Jatropha cordata* (Ortega) Müll. Arg., México. Encontraron en hojas y tallos de *Jatropha cinerea* (Ortega), la presencia de cumarinas en las fracciones de acetato de etilo, etanólico y del extracto metanólico, mientras que, en *Jatropha cordata* (Ortega) la presencia de flavonoides, fenoles y taninos en las fracciones etanólico y también del extracto metanólico. Asimismo, se determinó su capacidad antioxidante en extractos metanólicos de tallos y hojas de ambas especies haciendo uso de los modelos de DPPH y ABTS, hallándose mayor actividad antioxidante y contenido de fenoles totales en *J. cordata* (Ortega).<sup>10</sup>

Bastos N et al, 2020. En la investigación sobre los metabolitos químicos secundarios y aspectos biológicos del género *Jatropha* (Euphorbiaceae), Brasil. Donde se presentan en la especie *Jatropha* sus funciones biológicas, demostrando tener propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, inhibidor de la enzima convertidora de la angiotensina (AChE), antimicrobiano, antifúngicos y citotóxicos. En el cual destacan monoterpenos, péptidos cíclicos, flavonoides, cumarinas, etc. Dentro de las investigaciones reportadas en *Jatropha macrantha* Müll.Arg., de origen peruano se menciona estudios fitoquímicos del extracto

metanólico del tallo, aislándose la catequin – 7 – O –  $\beta$  –glucopiranosido, proantocianidina y epicatequina estableciendo sus estructuras por combinación de la cromatografía líquida de alta resolución acoplada a masas en tándem (HPLC – MS/MS). También se ha reportado que la especie *Jatropha curcas* L., de origen peruano, mostró actividad analgésica y neurofarmacológica a una concentración de 250, 500 y 700 mg/kg y efecto sobre la motilidad intestinal a una concentración de 1000 mg/kg.<sup>11</sup>

Hanafy A et al, 2018. En la investigación la composición del contenido fenólico y el potencial antioxidante de las hojas de cuatro especies de *Jatropha*, Egipto. El contenido de fenoles totales fue muy significativo en las hojas de *J. curcas* L., *J. gossypifolia* L. y *J. multifida* L., y se le relacionó con su actividad antioxidante demostrado por el método del DPPH. Por otro lado, se reportó menor contenido de fenoles totales y poca actividad antioxidante en *J. integerrima* Jacq.<sup>12</sup>

Carvalho C et al, 2018. En la investigación los fenoles, flavonoides y su actividad antioxidante de *Jatropha multifida* L. recolectados en Pindamonhangaba, Estado de Sao Paulo, Brasil. Se han realizado en el extracto hidroalcohólico de látex y hojas de *Jatropha multifida* L. y su capacidad antioxidante por el método del DPPH; en donde el mayor contenido de fenoles totales fue en el látex, mientras que las hojas tuvieron mayor contenido de flavonoides. Por otro lado, la capacidad antioxidante de los extractos de látex y hojas de *J. multifida* L., fue expresada como la concentración inhibitoria 50 (CE<sub>50</sub>), que es la cantidad necesaria para reducir el radical DPPH al 50%, en este caso, la mayor actividad fue mostrada por el látex y menor actividad las hojas.<sup>13</sup>

Akhtar P et al, 2017. En la investigación del contenido fenólico total y actividad de eliminación de radicales libres de diferentes partes de la especie de *Jatropha*, Bangladesh. Reportan los estudios en hojas, corteza y raíz del extracto metanólico de *J. curcas* L. y *J. gossypifolia* L., utilizando dos métodos de extracción con etanol al 70%, una por extracción dinámica con agitador magnético y la otra extracción asistida por ultrasonido. Los extractos de hojas de *J. curcas* por ambos métodos de extracción, tuvieron mayor contenido de fenoles totales. En el ensayo del secuestro del radical DPPH, los extractos obtenidos por ambos métodos de hojas y corteza de *J. curcas*, de hojas y corteza de *J. gossypifolia* L.; este último tuvo el mayor porcentaje de inhibición. Por otro lado en el ensayo del secuestro del radical ABTS, los extractos obtenidos por maceración de

hojas y corteza de *J. curcas* L., y de hojas y corteza de *J. gossypifolia* L., siendo el último que tuvo el mayor porcentaje de inhibición; mientras que, los extractos obtenidos por ultrasonido de hojas *J. curcas* L.; y de hojas, *J. gossypifolia* L., tuvieron el mayor porcentaje de inhibición para ambas especies que del obtenido por maceración.<sup>14</sup>

Elbaz F et al, 2014. En la investigación evaluación por HPLC del perfil fenólico y la actividad antioxidante de diferentes extractos de hojas de *Jatropha curcas*, Egipto. Fueron evaluadas cualitativamente mediante el tamizaje fitoquímico, reportando la presencia de flavonoides, fenoles, taninos y saponinas, cumarinas, esteroides y triterpenos; asimismo, se obtuvo un mayor porcentaje de rendimiento de extracción de *J. curcas* L., con metanol (5,97%) en comparación con fracciones sucesivas de éter de petróleo (1,36%), acetato de etilo (1,32%) y metanol (3,69%), por lo que, se puede deducir que el metanol es un solvente capaz de extraer el mayor número de compuestos en las hojas de esta especie. También se determinó el contenido de fenoles totales y flavonoides, presentando el mayor contenido de fenoles totales en la fracción de metanol ( $104,40 \pm 9,33$  mg EAG/g de muestra seca); y de flavonoides en el extracto metanólico ( $64,17 \pm 0,51$  EQ/g de muestra seca), seguido de las fracciones de metanol ( $56,90 \pm 3,03$  EQ/g de muestra seca) y de acetato de etilo ( $49,88 \pm 0,17$  EQ/g de muestra seca), respectivamente.<sup>15</sup>

## **2.2. *Jatropha macrantha* Müll Arg.**

### **2.2.1. Clasificación sistemática de la especie**

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Rosidae
Orden	: Euphorbiales
Familia	: Euphorbiaceae
Género	: <i>Jatropha</i>
Especie	: <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg.
NV	: "huanarpo macho"

**Fuente:** constancia emitida por la bióloga Laura Aucasime Medina.

Especialista en taxonomía y sistema de plantas. UNSCH 2020. (Anexo1).



Figura 1. *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”.

### 2.2.2. Descripción del género *Jatropha*

Es un género de la familia Euphorbiaceae que tiene alrededor de 175 especies, generalmente son arbustos o árboles, algunas de sus especies están siendo estudiadas debido a su empleo en la medicina tradicional en diferentes lugares de África, Asia y América, por lo que motivo a una exploración química en busca de compuestos que contengan sustancias antibacterianas, antimicóticas, anticancerígena entre otras.<sup>16</sup> Entre las especies del género *Jatropha* tenemos los siguientes: *Jatropha humboldtiana* Mc. Vaugh, *Jatropha macrantha* Müll. Arg. y *Jatropha rumicifolia* Fern. Casas.<sup>17</sup>

### 2.2.3. Ubicación geográfica y hábitat

Crece entre los 1500 y 2600 m.s.n.m. en lugares agrestes, árido y semiárido, en épocas de invierno las hoja y tallos de la planta, toman una coloración verde intensa y la floración se inicia cuando estos se vuelven amarillos anunciando la época de sequía.<sup>18</sup> Es autóctono del Perú y lo podemos encontrar dentro del valle fluvial del Marañón en la Amazonia, el departamento de Puno.<sup>19</sup>



Figura 2. Lugar centro poblado de San Sebastián de Sacra, distrito de Lampa, de la provincia de Páucar del Sara Sara.

#### 2.2.4. Descripción botánica.<sup>19</sup>

Es un arbusto de 1,5 a 2 m de altura que se describe de la siguiente forma:

- Raíz: conoidea y pivotante, se caracteriza por tener raíces secundarias y tiene una corteza de regular espesor.
- Tallo: aéreo y erguido, ramificado desde la base y extendidas, con algunos de ellos que alcanzan a un metro de altura, presentando ramas carnosas las cuales están notoriamente tallados por los callos, que son cicatrices del periodo caído. Llegando a ser estos más gruesos hacia la base del arbusto.
- Hojas: profundamente cortadas en la hoja con tres lóbulos ampliamente ovaladas y enteras. Medidas de 10-12 cm de ancho y de 9-10 cm de largo. Estipulas glanduliformes, con yemas ligeramente pedunculadas en el periodo seco, las hojas son tempranamente rojizas y pegajosas como la savia de la rama carnosa.
- Flor: pequeños capítulos con brácteas foliáceas ovaladas, lanceoladas de 10 mm de largo. Las flores masculinas tienen sépalos oblongos-ovaladas, de 4 a 5 mm de largo, los pétalos son de 2 cm de largo oblongo obtusos, con puntas libres parecidos a las uñas, el androceo presenta 10 estambres, con el exterior más corto y el interior monodelfo alargado. Las inflorescencias son capituladas, de color escarlata, presentándose en el periodo seco de manera tardía.
- Semillas: oblongas de color pardo oscuro, observadas en épocas de sequía.

Se han realizado propuestas para la propagación vegetativa del *Jatropha macrantha* Müll Arg., con fines de conservación a través de semillas y estacas, encontrando que las estacas frescas se enraizaron en un 68%, y las estacas tratadas por diez días bajo la sombra se enraizaron en 86%, por otro lado, las semillas no dieron ningún resultado a la germinación.<sup>20</sup>

#### 2.2.5. Composición química

Se reportan la presencia de taninos y/o fenoles, lactonas y/o cumarinas, terpenos, flavonoides, saponinas, azúcares reductores, aminoácidos libres y catequinas, mencionando también la identificación de una proteasa la curcaína, el alcaloide jatropina y varios ácidos grasos.<sup>21</sup> Asimismo, se han identificado flavonoides como 7-O- $\beta$ -glucopiranosil-catequina, catequina, proantocianidina B-3, hallándose en mayor cantidad este último.<sup>22</sup> Existen reportes en las cuales las proantocianidinas actúan como estimulantes sexuales capaz de corregir la disfunción eréctil e infertilidad.<sup>23,24</sup> Por otro lado, también se reporta la presencia de flavonas, tales como, 6 – hidroxí - 4,5,7 – trimetoxiflavona; 4,7-dihidroxí – 5,6 – dimetoxiflavona;

7 – hidroxí – 3,4,5,8 - pentametoxiflavona y 4,7 – dihidroxí - 3,5,6 – trimetoxiflavona.<sup>25</sup>

### **2.2.6. Usos tradicionales**

Los usos tradicionales más conocidos por la población son la raíz y rama que son preparados para tintura y a nivel medicinal las raíces son usadas como afrodisíacas, por lo que se conoce desde tiempos incaicos. Potente afrodisíaco, cicatrizante, antidiabético y energizante general, ubicados como región andina y costera del Perú.<sup>26</sup> También se utilizan como cataplasma en la piel y en decocción la rama es utilizada para tratar la diabetes y úlceras cutáneas, por otra parte, es considerada antitusivo y antiasmático para problemas de bronquitis, tos y asma.<sup>27</sup>

### **2.3. Compuestos fenólicos**

Son compuestos que contienen un grupo o grupos hidroxilos con un anillo aromático. Existen diversas clases y subclase de polifenoles, dependiendo de la cantidad de anillos fenólicos y grupos estructurales que poseen. Siendo los principales polifenoles, el ácido fenólico, flavonoides, taninos y estilbenos y/o lignanos. Las dos rutas más importantes para la formación de los polifenoles como metabolitos secundarios de las plantas son: la ruta del ácido shikímico que es dependiente de la luz y de los poliactatos que se originan de condensaciones de la molécula acetyl – CoA.<sup>28</sup>

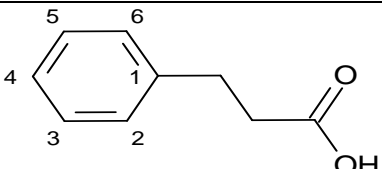
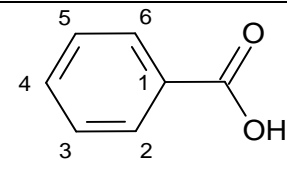
Los compuestos fenólicos tienen estructuras muy diversas, como los ácidos fenólicos que son moléculas sencillas, los taninos condensados y ligninas que son polímeros complejos. También encontramos a los pigmentos flavonoides que forman cerca de 3,000 compuestos fenólicos con estructuras químicas similares, ofreciendo sus propiedades medicinales que son importantes para el ser humano. Encontrando en la mayoría de plantas vegetales como frutas, verduras y hierbas aromáticas los compuestos fenólicos que resultan del ácido shikímico por la “ruta de los fenilpropanoides o shikímico”; donde se biosintetizan cerca de 8 000 compuestos fenólicos o polifenólicos de las plantas siendo el aporte principal el comportamiento antioxidante. Otro compuesto fenólico importante son las cumarinas que se biosintetizan a partir del ácido cinámico.<sup>29</sup>

#### **2.3.1. Ácidos fenólicos**

Representan a los polifenoles en la mayoría de árboles frutales, estas sustancias provienen de dos subgrupos: ácido hidroxicinámico e hidroxibenzoico, tienen carácter ácido por la presencia del grupo carboxílico en la molécula. Los compuestos del ácido cinámico presentan en su estructura (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>), ejemplos de

este grupo es el ácido ferúlico, ácido p-cumárico, ácido cafeico y ácido clorogénico. Por otro lado, el ácido benzoico que tienen en su estructura (C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>) se encuentran en varias frutas y se presentan como ésteres, en este grupo encontramos a los ácidos gálico, vainílico, elágico y siringico.<sup>30</sup>

Tabla 1. Núcleo estructural de los principales ácidos fenólicos.

<b>Ácidos fenólicos</b>	
 <p>Ácido hydroxycinámico</p>	 <p>Ácido hydroxybenzoico</p>
Ácido cafeico	Ácido gálico
Ácido clorogénico	Ácido syringico
Ácido p-cumarico	Ácido salicílico
Ácido ferúlico	Ácido vainílico

Fuente: Muñoz A y Ramos F. 2007. Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales.<sup>31</sup>

### 2.3.2. Flavonoides

Son compuestos fenólicos presentes en las plantas donde destacan funciones metabólicas importantes, como la resistencia de las plantas frente a la fotooxidación del sol, controlan niveles de auxinas reguladores del crecimiento, defensa del herborismo, confiere coloración, son antifúngicas y bactericidas encontrando en diferentes partes de las plantas principalmente en hojas.<sup>32</sup>

Estructuralmente los flavonoides tienen dos anillos bencénicos (anillo A y B) unido por un heterociclo piránico (anillo C) provenientes de orígenes mixtos, el anillo A de la ruta malonil - coenzima A, anillo B y C de la ruta del ácido shikímico, se clasifican de acuerdo al anillo C, los cuales son: flavonoles, flavonas, flavonoles, flavanonas, antocianidinas y isoflavonoides.<sup>33</sup>

Tabla 2. Clasificación de flavonoides principales.

<b>Flavonoides</b>	
<b>Flavonoles</b>	<b>Flavanoles</b>
Myricetina	(-)-Epigallocatequina gallate (EGCG)
Quercetina	(-)-Epicatequina gallate (ECG)
Quercetina-3-rutinosido (Rutina)	(-)-Epigallocatequina (EGC)
Kaempferol	(-)-Epicatequina (EC)
<b>Flavonas</b>	(+)-Catequina (C)
Luteolina	<b>Flavanonas</b>
Baicaleina	Naringenina
Apigenina	Eriodictyol
<b>Isoflavonas</b>	Morin
Genisteina	
Glyciteina	
Daidzeina	

Fuente: Muñoz A y Ramos F. 2007. Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales.

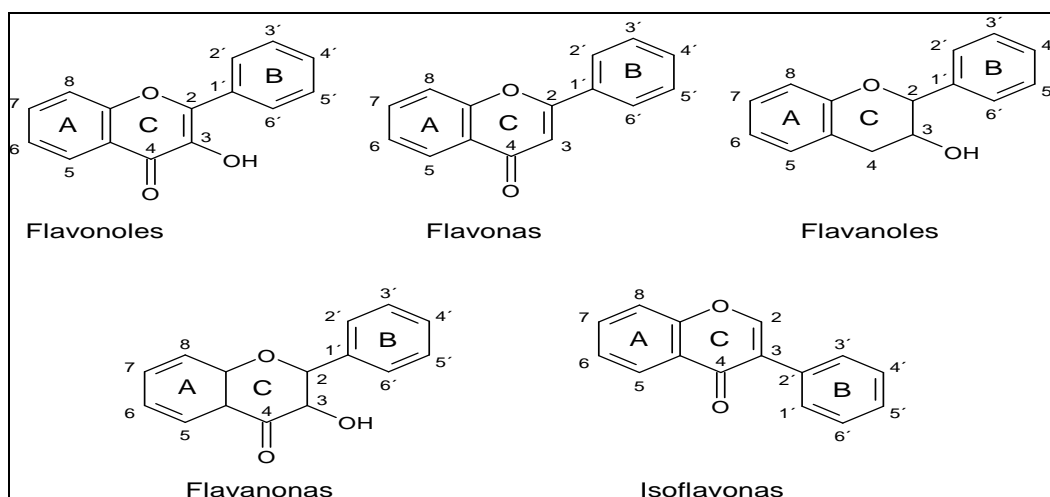


Figura 3. Estructuras químicas de las principales clases de flavonoides.

Fuente: Muñoz A y Ramos F. 2007. Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales.



### 2.3.3. Taninos

Provenientes de plantas superiores que de manera experimental algunos extractos vegetales son utilizados para la conversión de pieles de animales en cueros, solubles en agua, astringentes, producción de tintes y colorantes, medicina tradicional (antidiarreico entre otros), tienen propiedades de precipitar alcaloides, gelatina y otras proteínas, con pesos moleculares entre 500 y 3 000. Las características que los distinguen son de carácter polifenólicos de 12-16 grupos fenólicos, 5-7 anillos aromáticos por cada 1000 unidades de masa molecular y de estructura mayores como las proantocianidinas o taninos condensados y taninos hidrolizables; y como tercer grupo minoritario a los florotaninos. Procedentes de vías biosintéticas diferentes, los taninos hidrolizables del ácido shikímico (produce el ácido gálico), florotaninos derivan de la vía malonilCoA (construcción de los floroglucinol), mientras los taninos condensados son biosíntesis mixta de las dos rutas anteriores (producen flavan-3,4-dioles) que luego polimerizan por condensación. Otros usos notables son sus actividades como antioxidantes; y sus funciones biológicas son antitumorales, antibacterianos, antivirales e inhibidores de enzimas, inhibición de peroxidación lipídica y agentes hepatoprotectores. Los compuestos fenólicos encontrados dentro de los taninos son: Catequina 3-o-gallate (monómero), Procyanidina B-1 (dímero), Procyanidina B-2 digallete (dímero), Procyanidina C-1 (trímero).<sup>34</sup>

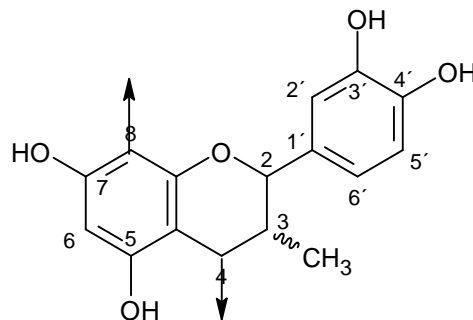


Figura 4. Numeración de las posiciones en la estructura química de taninos.

Fuente: Muñoz A y Ramos F. 2007. Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales.

### 2.3.4. Cumarinas

Son lactonas, cuyo heteroátomo es una molécula orgánica (oxígeno) diferente al carbono e hidrógeno de tipo C<sub>6</sub> · C<sub>3</sub>, cuyo heteronúcleo se denomina benzo 2-pirona derivados de la síntesis del ácido shikímico. Características principales solubles en agua y alcohol, presentan un espectro UV, posición de los sustituyentes, a la luz ultravioleta presentan fluorescencia cambiante, de azul a

amarillo y a púrpura en presencia de amoniaco. Encontrando en todos los órganos vegetales, desde raíces hasta flores u frutos, siendo de naturaleza fotosensibles, logrando almacenar al interior de las vacuolas las cumarinas biosintetizadas, clasificadas en cumarinas simples, complejas (furanocumarinas y piranocumarinas) y diversas (por presentar variaciones complejas en el anillo piranósico y furanósico). Las propiedades farmacológicas importantes son antimicrobianas, antiinflamatorias, antiespasmódicas, antivirales, antihelmíntica, antioxidante, e inhibidora enzimática. También están siendo utilizadas como cardioprotectores, debido a su acción vasodilatadora e inhibición de la agregación plaquetaria. Se clasifican en umbeliferona (hidroxicumarina), esculetina (di-hidroxiladas), escopoletina (tri-hidroxiladas).<sup>35</sup>

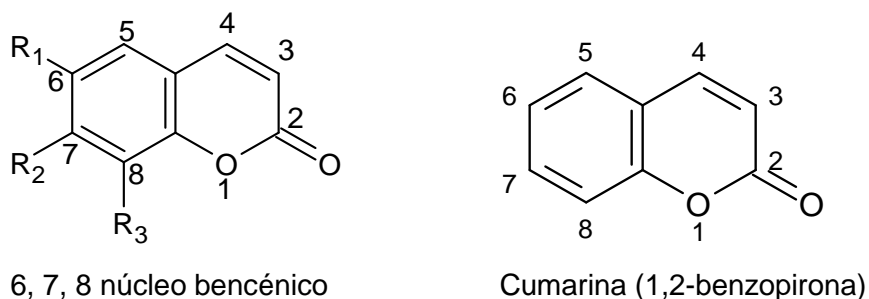


Figura 5. Estructuras básicas de cumarinas simples.<sup>35</sup>

Fuente: Herrera I et al. 2017. Determinación de taninos y cumarinas presente en la planta tres filos.

#### 2.4. Cromatografía Líquida de Alto Rendimiento (HPLC)

Método cromatográfico que consiste en la separación y análisis de los componentes químicos de una mezcla, que involucra a una fase móvil y estacionaria. La fase móvil es líquida cuya función es llevar la muestra a través de la fase estacionaria, esta puede ser sólida o una película líquida en un soporte sólido inerte. Las fuerzas químicas y físicas existentes actúan entre la mezcla a analizar y las dos fases determinan la retención y separación de cada uno de los componentes de la mezcla. Dependiente de su afinidad con la fase estacionaria.<sup>36</sup>

#### 2.5. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos

Nuestro organismo presenta entidades biológicas denominados antioxidantes las cuales tienen la acción de proteger y a contribuir el buen funcionamiento; evidenciando a través de estudios científicos, la eficacia biológica de los antioxidantes en la prevención y disminución de patologías producidas por el estrés oxidativo. La presencia de antioxidantes en el organismo de manera equilibrada ayuda a prevenir el almacenamiento de elementos prooxidantes,

siendo la actividad antioxidante dependiente de las reacciones bioquímicas que ocurren dentro de las células, clasificándolas en antioxidantes exógenos entre los cuales están el ácido ascórbico, alfa tocoferol, beta caroteno, luteína, licopeno, zeaxantinas, flavonoides y minerales (selenio, cobre, zinc y magnesio) y por otro lado los antioxidantes endógenos encontramos al glutatión, coenzima Q, proteínas (lactoferrina y ferritina), bilirrubina y uratos; mientras en enzimas tenemos al glutatión (reductasa, transferasa y peroxidasa), superóxido dismutasa, catalasa, glucosa-fosfato-dehidrogenasa.<sup>37</sup>

Los compuestos fenólicos tienen actividad antioxidante por sus propiedades redox, lo cual es importante en la absorción y neutralización de radicales libres y descomposición de peróxidos. Dependientes del grupo de compuestos y de su solubilidad en fase acuosa o lipídica. Además de ser reconocidos como inhibidores de la absorción de diferentes minerales, teniendo la propiedad de quelación de cationes divalentes como  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$  por unión de grupos hidroxilos y carboxilos. Se ha observado mayor evidencia en flavonoides que poseen alta actividad antioxidante por sus propiedades de quelantes de hierro y secuestradoras de radicales libres (donadores de electrones o de átomos de hidrogeno).<sup>38</sup>

## **2.6. Impacto de los antioxidantes fenólicos en el organismo**

### **2.6.1. Consumo de antioxidantes**

Los antioxidantes son compuestos químicos naturales presentes en plantas y alimentos, como también producido de manera sintética, teniendo la propiedad de retrasar la oxidación por mecanismos de quelación de radicales y la intercepción de oxígeno libre.<sup>39</sup> Se clasifican en antioxidantes sintéticos y naturales; los antioxidantes fenólicos sintéticos se clasifican y están permitidos para uso en alimentos como son hidroxianisol butilado, hidroxitolueno butilado y butilhidroquinona etc., que son utilizados para retrasar la aparición de la oxidación de lípidos en el proceso de almacenamiento de alimentos, aceites y grasas. Por otro lado, los antioxidantes naturales también se dividen en ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos, terpenos y taninos. El consumo diario de polifenoles dietéticos es aproximadamente de 1 g, encontrando en diversas partes de las plantas como frutas, verduras, frutos secos, semillas, hojas, raíces y corteza, siendo de gran importancia los compuestos fenólicos simples como los conjugados del ácido hidroxicinámicos y los flavonoides con una amplia gama de actividades antioxidantes. Las patologías como el cáncer, aterosclerosis y alteraciones neurodegenerativas se relacionan con el estilo de vida, dieta y

exposición al sol, que son factores causantes del estrés oxidativo, es decir aumento de especies oxidantes (especies reactivas del oxígeno) y reducción de las defensas antioxidantes.<sup>40</sup>

### **2.6.2. Formación de radicales libres**

Los radicales libres son moléculas, que pueden existir de forma independiente teniendo en su órbita uno o más electrones desapareados. Convirtiéndose muy inestable y altamente reactivas con la capacidad de combinarse con diferentes moléculas que conforma su estructura celular y atacando a cualquier tipo de biomolécula, por reacciones de óxido – reducción. Sus mecanismos de formación de radicales libres son la transferencia electrónica, en la que puede ceder un electrón o pérdida de un protón a una molécula y ruptura hemolítica de un enlace covalente de cualquier molécula, produciéndose en la célula con o sin participación de enzimática, mediada por iones metálicos de transición. Las fuentes de radicales libres son endógenos y exógenas, dentro de fuentes endógenos tenemos a las mitocondrias, peroxisomas, citocromo P-450 y fagocitosis. Y las fuentes exógenas tenemos a los factores como exposición a rayos x, al ozono, al tabaco, contaminantes del aire y productos químicos industriales. Teniendo en cuenta que son especies químicas naturales producidos constantemente por los seres vivos, participando en funciones fisiológicas del cuerpo como, generar energía, ordenar el crecimiento celular, síntesis del colágeno y prostaglandinas, protección de tipo inmune (fagocitosis) y señalización intracelular.<sup>41</sup>

### **2.7. Mecanismo de defensa de los antioxidantes**

El organismo cuenta con distintos mecanismos de defensa para neutralizar el estrés oxidativo producido por el desequilibrio entre especies reactivas del oxígeno y la capacidad antioxidantes de la célula. El sistema de defensa antioxidante está formado por elementos enzimáticos y no enzimáticos, mencionando al primer grupo de antioxidantes enzimáticos como defensa celular frente al daño oxidante, disminuyendo el acumulo de EROs como, el anión superóxido y peróxido de hidrógeno, y activando la transferencia de electrones de un sustrato a los radicales libres. Contando con las siguientes enzimas de defensa como la catalasa, superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa, glucosa-6-fosfato deshidrogenasa, NADPH-quinona oxidoreductasa y entre otras. Y dentro de los no enzimáticos lo conforman moléculas hidrofóbicas como hidrofílicas con funciones de capturar radicales libres y producir moléculas menos tóxicas para la

célula, agregando un electrón al radical libre para estabilizarlo. Lo conforman el glutatión, transferrina, lactoferrina, bilirrubina, ubiquinona (coenzima Q), carotenoides como la vitamina A, vitamina E y vitamina C, entre otros. La situación de estrés oxidante en el organismo da inicio a procesos patológicos graves, incrementado por la señal que tienen las ERO y ERN en proteínas, asociados a enfermedades como procesos reumatológicos, renales, neurológicas, endocrinas, broncopulmonares, destacando cardiopatías, cáncer y diabetes.<sup>42</sup>

### 2.8. Métodos de la determinación de la actividad antioxidante

La medición de la actividad antioxidantes es realizada por métodos indirectos siendo estos los más utilizados; por lo que será determinado la capacidad antioxidante por varios ensayos de prueba, para esta medida la muestra oxidante, pueden usarse intermediarios o productos finales para determinar la actividad antioxidante. Los diferentes métodos se distinguen por el agente oxidante, el sustrato usado, el tiempo de evaluación, técnica instrumental empleada, sensibilidad y la interacción de la muestra con el medio de reacción. El agente oxidante que es el inductor, oxida una molécula causando un cambio de color, emitiendo una luz quimioluminiscencia o fluorescencia; se elige la técnica a usar según los iniciadores que pueden ser oxidante que capturan electrones o átomo de hidrógeno.<sup>43</sup>

**Tabla 3:** Distribución de los distintos modelos de ensayos de la capacidad antioxidantes *in vitro*.<sup>44</sup>

Ensayo de reacción por transferencia de electrones	ABTS <sup>+</sup> (Acido 2,2'azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico)
	FRAP (parámetro antioxidante reductor de iones férricos)
	DPPH (2,2-difenil -1-picrilhidrazilo)
	DMPD (N,N-dimetil-p-fenilendiamina)
	CUPRAC (capacidad de reducción antioxidantes del cobre)
Ensayo de reacción por transferencia de átomos de hidrógeno	ORAC (capacidad de absorbanza de radicales de oxígeno)
	TRAP (parámetros antioxidantes de captura total de radicales)
	Inhibición de la oxidación de los lípidos de baja densidad
	Inhibición de la oxidación del ácido linoleico

Fuente: Huang Dejian et al. 2005. The chemistry antioxidant capacity assays.

Resaltar los ensayos de la capacidad antioxidante, que mediante la transferencia de electrones (ET) implica una reacción redox con el oxidante como punto final de la reacción. Mientras en los ensayos de transferencia de átomos de hidrogeno (HAT) se monitorea la reacción cinética competitiva, por lo que están compuestos de un generador de radicales libres sintéticos, una molécula oxidable y antioxidante. Estos dos ensayos miden la capacidad de atrapar oxidantes, a través de la velocidad de reacción de los antioxidantes (sustratos) contra los radicales libres, donde los radicales peróxilos son parámetros clave para la capacidad antioxidante.<sup>44</sup>

### **2.8.1 Determinación de fenoles totales**

El contenido fenólico total es determinado a través del reactivo de Folin-Ciocalteu. Se basa en la reducción del reactivo por compuestos fenólicos, es un método conveniente, simple y reproducible, que se fundamenta en la oxidación de los compuestos fenólicos presentes en una muestra, por la acción del ácido fosfomolibdico / fosfotúngstico que serán reducidos para generar un cromóforo de color azul. Siendo el ácido gálico un estándar de referencia mayormente utilizado, para ser expresados los resultados en equivalente de ácido gálico.<sup>45</sup>

### **2.8.2 Determinación de flavonoides**

Se basa en la presencia de grupos químicos como los flavonoides, que forman complejos estables con el cloruro de aluminio, produciendo el desplazamiento hacia longitudes mayores. Así, evitamos la interacción con otros compuestos fenólicos (ácidos fenólicos), que siempre están junto a los flavonoides en el género vegetal. El fundamento colorimétrico es que el cloruro de aluminio forma complejos ácidos estables con los grupos ceto C<sub>4</sub> y los grupos hidroxilo en C<sub>3</sub> o C<sub>5</sub> de las flavonas y flavonoles. También forman complejos lábiles a los ácidos con los grupos orto - dihidroxilo en los anillos A o B de los flavonoides, produciendo una coloración rosada.<sup>46</sup>

### **2.8.3 Capacidad antioxidante del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)**

Se basa en la transferencia del electrón desapareado en una molécula completa. La molécula 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) es un radical estable de color morado intenso, disponible comercialmente y no es necesario generarlo antes del ensayo, basándose en la donación de electrones por la habilidad del antioxidante para neutralizar el radical del DPPH, produciendo cambio de color; la decoloración actúa como indicador de la eficacia antioxidante. Este ensayo es simple, su sensibilidad puede verse afectado por varios factores, como tipo y la cantidad de

disolventes utilizados, presencia y concentración de hidrógenos y iones metálicos y la preparación reciente del reactivo.<sup>47</sup>

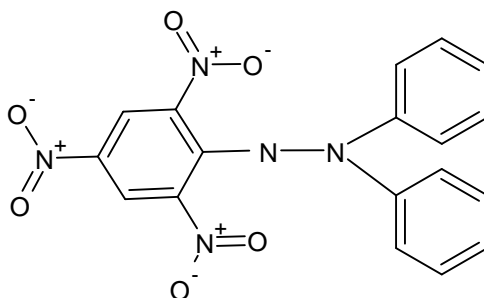


Figura 6. Estructura del DPPH- radical libre (morado).

Fuente: Prior R et al. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements.

#### 2.8.4 Capacidad antioxidante del radical 2,2-azinobis 3-etilbenzotiazolina- 6-ácido sulfónico (ABTS)

Método que mide la capacidad de los antioxidantes para eliminar el catión radical estable ABTS, un cromóforo de coloración azul verdoso que es producido como resultado de la reacción entre el ABTS y el persulfato de potasio ( $K_2S_2O_8$ ). Los antioxidantes neutralizan el catión radical ABTS, por reducción directa a través de la donación de electrones, determinando el equilibrio de estos dos mecanismos por su estructura y pH del medio. El grado de decoloración, cuantificado depende de la duración de la reacción entre la actividad antioxidante y concentración en la muestra. Ensayo simple se puede solubilizar en ambos medios hidrofílico y lipofílico.<sup>48</sup>

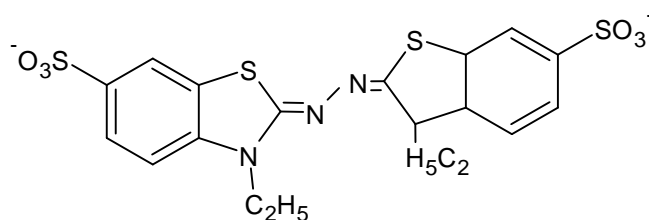


Figura 7. Estructura del ABTS<sup>+</sup> (verde- azul)

Fuente: Prior R et al. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements.

#### 2.8.5 Capacidad del potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP)

Es un método basado en la transferencia de electrones, donde mide la reducción del complejo férrico - 2,4,6, tripiridil-s-triazina (TPTZ), en el cual, el ion férrico ( $Fe^{3+}$ ) del complejo se reduce a ion ferroso ( $Fe^{2+}$ ), resultando una coloración azul intenso por estar presentes los antioxidantes en medio ácido (pH= 3,6) para

mantener la solubilidad del hierro. Es un ensayo sencillo, rápido y de bajo costo, y puede medir simultáneamente antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos.<sup>49</sup>

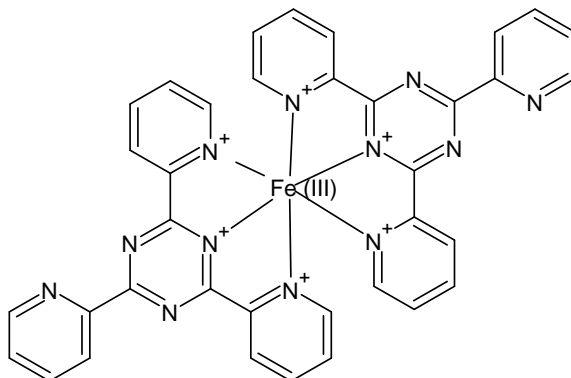


Figura 8. Estructura del Fe<sup>3+</sup>-TPTZ (azul)

Fuente: Prior R et al. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements.

## 2.9. Ácido gálico

Es el ácido 3, 4, 5 – trihidroxibenzoico, es un ácido fenólico presente en muchas fuentes naturales. Posee efectos biológicos, tales como antiinflamatoria, antioxidante y antibiótica, incluyendo propiedades anticancerígenas y protección cardiovascular. Potente antioxidante que tiene la función de absorción y neutralización de radicales libres, ejerciendo como captador de electrones y la quelación de metales.<sup>50</sup>

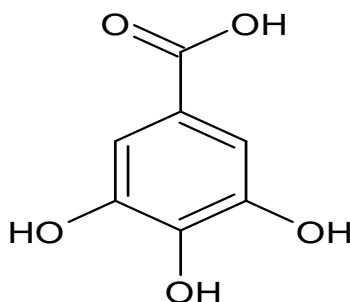


Figura 9. Estructura del ácido gálico.

Fuente: Govea M et al. 2013. Actividad anticancerígena del ácido gálico en modelos biológicos in vitro.

## 2.10. Quercetina

Es un flavonol conocido como 2 - (3,4 – dihidroxifenil) – 5,7 – dihidroxi – 4H – 1 – benzopiran – 4 – ona, hallado en diversas plantas, cuyas propiedades medicinales atribuye a una alta concentración de quercetina, convirtiéndose de gran interés científico este compuesto e importante por sus propiedades terapéuticas. Son protectores de las especies reactivas, mediante la neutralización de radicales libres, tienen un valor antioxidante y antiinflamatorio.<sup>51</sup>



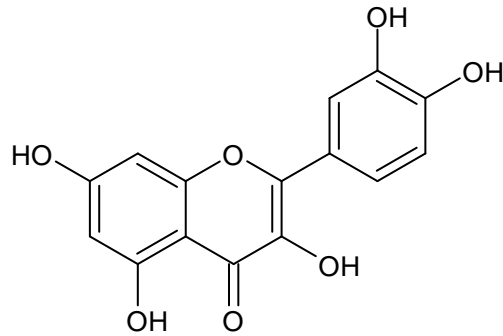


Figura 10. Estructura de la quercetina.

Fuente: Vélez D. 2018. Formulación de quercetina en liposomas para su administración tópica.

### 2.11. Trolox

También es conocido como ácido 6 – hidroxí – 2,5,7,8 – tetrametilcroman – 2 – carboxílico, siendo un antioxidante sintético, análogo de la vitamina E soluble en agua, utilizado como patrón en análisis de la capacidad antioxidante. Este ensayo llamado capacidad antioxidante equivalente al trolox (TEAC), mide la actividad antioxidante total de sustancias puras, fluidos corporales y materiales vegetales. Con el objeto de comparar los resultados de la capacidad antioxidantes de los extractos vegetales, realizando una curva estándar del antioxidante de referencia Trolox.<sup>52</sup>

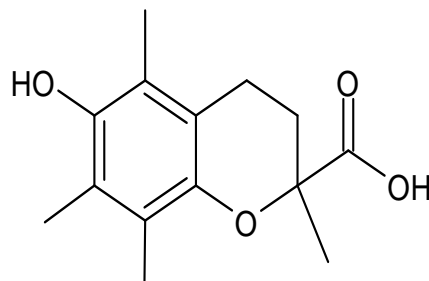


Figura 11. Estructura del Trolox.

Fuente: Tovar J. 2013. Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregión cafetera.



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de trabajo de la investigación**

Se desarrolló en los laboratorios de Farmacognosia y Toxicología de la Escuela Profesional de Farmacia y bioquímica, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, durante los meses de noviembre de 2020 hasta febrero del 2021.

#### **3.2. Población y muestra**

##### **3.2.1. Población**

Conformado por la especie *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, que crecen en el centro poblado de San Sebastián de Sacraca, distrito de Lampa, provincia de Páucar del Sara Sara, región de Ayacucho a una altitud 2464 m.s.n.m.

##### **3.2.2. Muestra**

650 g hojas y 500 g de tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., colectadas en el mes de febrero del 2020. El tipo de muestreo fue por conveniencia.

##### **3.2.3. Unidad de análisis**

Un gramo de compuestos fenólicos de hojas y tallos.

#### **3.3. Diseño metodológico para la recolección de datos**

##### **3.3.1. Recolección de la muestra**

Se recolectaron las hojas y tallos en horas de la mañana, y fueron colocados en cajas de cartón y transportadas al Laboratorio de Farmacognosia. Una parte de la muestra sirvió para la certificación botánica por la Blga. Laura Aucasime Medina, según el sistema de clasificación de Cronquist et al.<sup>53</sup> (Anexo 1).

##### **3.3.2. Preparación de la muestra**

Se seleccionaron las hojas en buen estado y se colocaron sobre papel kraft para su secado a temperatura ambiente a la sombra. Los tallos fueron seleccionados y cortados con un cuchillo transversalmente y colocados sobre papel kraft hasta su secado en las mismas condiciones que las hojas. Se cambió constantemente el papel kraft y se procedió a voltear las muestras para obtener un secado uniforme

y evitar su descomposición por un tiempo aproximado de dos semanas. Las hojas y tallos desecados fueron pulverizadas utilizando una licuadora doméstica hasta obtener un polvo, guardados en frascos de vidrio ámbar y conservados en refrigeración hasta su uso (Anexo 2).

### **3.3.3. Obtención del extracto hidroalcohólico de hojas y tallos**

Se realizó por extracción dinámica, utilizando 30 g de la muestra pulverizada de hojas y tallos. En un matraz de 500 mL se colocó la muestra y se le añadió alcohol etílico al 80% en una porción 3:30 (30 g de muestra: 300 mL de etanol al 80%). Se colocó el matraz sobre el agitador magnético, se cubrió con papel aluminio para evitar la volatilidad del alcohol y se realizó la extracción por 4 horas, seguidamente se procedió a filtrar la muestra y al residuo se le añadió el mismo volumen inicial de alcohol al 80% para realizar una segunda extracción por el mismo tiempo y continuar con el filtrado de las muestras. Los filtrados obtenidos se concentraron en el rotavapor (R300 BUCHI) hasta obtener un líquido siruposo, para luego colocarlas en bandejas de vidrio y llevarlas a la estufa a 45°C hasta obtener un extracto seco. (Anexo 2).

### **3.3.4. Screening fitoquímico al extracto hidroalcohólico de hojas y tallos**

Un gramo de muestras fue diluido con 10 mL de etanol al 80% y se dividió en porciones de 1 mL en 9 tubos de ensayo previamente rotulados. Los ensayos de coloración, precipitación, desprendimiento de gases y formación de espuma, se realizaron según la metodología descrita por Miranda y Cuellar.<sup>54</sup> (Anexo 3 y 4).

### **3.3.5. Obtención de la extracción de compuestos fenólicos<sup>54</sup>**

Se realizó mediante una extracción líquido – líquido en un embudo de separación, utilizando solventes de polaridad creciente, como el éter de petróleo, cloroformo, acetato de etilo. El extracto etanólico fue resuspendido en agua destilada y extraída con los solventes arriba mencionados, en la fracción de acetato de etilo se extrajeron los compuestos fenólicos. Las fracciones de acetato de etilo de hojas y tallos fueron conservadas en refrigeración hasta su posterior uso 4°C (Anexo 5).

### **3.3.6. Ensayos fitoquímicos a la fracción de acetato de etilo<sup>54</sup>**

**a. Ensayo para la identificación de flavonoides:** se realizó con el ensayo de Shinoda, para el cual se tomó una cantidad suficiente de muestra y se disolvió en 1 mL de metanol, se agregó unas gotas de ácido clorhídrico concentrado y pedazos de magnesio metálico. Una coloración naranja – rojizo indica resultado positivo para el ensayo (Anexo 6).

**b. Ensayo de identificación de taninos y/o fenoles:** se realizó con el reactivo de cloruro de férrico al 10%, para el cual se tomó una cantidad suficiente de muestra, se disolvió en 1 mL de metanol y se agregó unas gotas del reactivo. Una coloración azul verdosa o negro indica positivo para el ensayo (Anexo 6).

#### **3.4. Identificación de compuestos fenólicos por HPLC**

Se realizó la identificación de los compuestos fenólicos por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC).<sup>55</sup> Para lo cual se utilizaron los siguientes estándares: ácido gálico (Sigma – Aldrich), pirogalol (Sigma – Aldrich), ácido clorogénico (Merck), ácido vainillico (Sigma – Aldrich), ácido cafeico (Merck), umbeliferona (Sigma – Aldrich), ácido ferúlico (Merck), rutina (Sigma - Aldrich), ácido benzoico (Merck), ácido salicílico (Merck) y quercetina (Sigma - Aldrich), para cada estándar, se transfirió a una fiola de 10 mL, se adicionó 5 mL de diluyente, y llevó a ultrasonido hasta su completa disolución, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se diluyó volumen con diluyente. Se homogenizó y filtró utilizando una membrana PVDF (hidrofílica) de 0,45 µm y se inyectó a una concentración de 0,5 mg/mL. Se pesó el extracto hidroalcohólico de hojas y tallos 1 g independientemente, se transfirió a una fiola de 50 mL, se adicionó 25 mL del diluyente y se llevó a ultrasonido hasta su disolución completa, se enfrió a temperatura ambiente y se llevó a volumen con el diluyente. Finalmente se homogenizó para luego ser filtrado por membrana PVDF (hidrófila) de 0,5 µm y se inyectó al equipo de HPLC.

Condiciones del sistema cromatográfico:

Equipo : HPLC, Infinity 1260 de Agilent

Fase móvil : Solución A: ácido fórmico al 0.5%  
Solución B: Acetonitrilo

Detector : DAD, 200 nm – 400 nm

Columna : Zorbax SB – C18 (150 nm x 4.6 nm x 5 µm)

Temperatura : 25 °C

Volumen de flujo : 1mL/min

Volumen de inyección : 10 µL

**Diluyente:** metanol: agua (80:20), se utilizó metanol grado HPLC (Merck) y agua purificada para HPLC.

#### **3.5. Modelo y diseño de investigación**

Se utilizó un diseño descriptivo comparativo entre el contenido de fenoles totales, flavonoides y la actividad antioxidante del compuesto fenólico de hojas y tallos.

### **3.6. Determinación del contenido de fenoles totales**

El contenido de fenoles totales fue descrito por Swain y Hillis.<sup>56</sup> Modificado por Thaipong et al.<sup>57</sup> adaptado las condiciones de nuestro laboratorio. Para el ensayo se utilizó la fracción de acetato de etilo disuelto en metanol a la concentración de 1mg/mL. Se tomó 150 µL de la muestra, 2400 µL de agua destilada y 150 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu 0.25 N. Se dejó reaccionar la mezcla durante 3 minutos y luego se añadió 300 µL de solución de NaCO<sub>3</sub> 1N y se mezcló bien. La solución se incubo a temperatura ambiente (20 °C) en la oscuridad durante 2 h. La absorbancia se leyó a 725 nm utilizando un espectrofotómetro UV-Vis Genesys 150 Termo Scientific (Anexo 7). Se preparó una curva de calibración con ácido gálico (GA) (10,0; 19,99; 29,99; 39,98; 49,98; 59,98 µg/mL, respectivamente). Los ensayos se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por g de extracto (mg EAG/g de extracto) (Anexo 8 y 9). Se realizó una dilución adicional porque el valor de absorbancia media estaba por encima del rango lineal de la curva de calibración.

### **3.7. Determinación del contenido de flavonoides**

Se utilizó el método del cloruro de aluminio descrito por Zhishen et al.<sup>58</sup> Se utilizó la misma muestra utilizada en la determinación de fenoles totales. Se tomó 500 µL de la muestra, se añadió agua destilada para completar a un 1 mL, se adicionó 150 µL de NaNO<sub>2</sub> al 5% se mezcló bien y se dejó en reposo por 5 minutos. Luego se adicionó 150 µL de AlCl<sub>3</sub> al 10% y se mezcló bien; y se dejó en reposo a temperatura ambiente por 6 min. Finalmente, se adicionó 2 mL de NaOH al 4% y se completó con agua destilada hasta 5 mL, mezclándose bien y se dejó en reposo a temperatura ambiente por 15 minutos protegido de la luz. La absorbancia se leyó a 510 nm. (Anexo 10). Se preparó una curva de calibración con quercetina (39,98; 79,95; 119,93; 159,90 y 199,88 µg/mL, respectivamente) (Anexo 11 y 12).

### **3.8. Determinación de la capacidad antioxidante**

#### **3.8.1. Ensayo por el método de secuestro del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)**

Se utilizó el método descrito por Brand-Williams et al.<sup>59</sup> con modificaciones realizadas por Thaipong et al.<sup>57</sup> para evaluar la actividad captadora del radical libre DPPH para extractos de plantas. Se utilizó la misma muestra utilizada en la determinación de fenoles totales. Se tomó 150 µL de la muestra y se le adicionó 2850 µL de la solución de trabajo del DPPH ajustado a 1,1± 0,02 nm (Anexo 13) dejando reaccionar durante 24 horas en la oscuridad, después se leerá en el

espectrofotómetro a 515 nm. Se preparó una curva de calibración con Trolox (0,0 99,99; 199,98; 399,95; 599,93; 799,90  $\mu\text{mol}$  de Trolox, respectivamente) (Anexos 14 y 15). Los resultados obtenidos se expresaron en  $\mu\text{mol}$  equivalente de Trolox/g de extracto ( $\mu\text{mol}$  ET/g de extracto).

Se calculará la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de la siguiente manera.<sup>60</sup>

$$TEAC \frac{\mu\text{mol TROLOX}}{\text{mg ME}} = IC_{50}TROLOX \left( \frac{\mu\text{mol}}{\text{mL}} \right) / IC_{50}Muestra \left( \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \right)$$

Se calcula el porcentaje del secuestro del radical libre con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de actividad secuestradora de DPPH} = \left[ \frac{A_{DPPH} - A_{MP}}{A_{DPPH}} \right] \times 100$$

Donde:  $A_{DPPH}$  y  $A_{MP}$  indican la absorbancia del DPPH y la muestra problema tratada con DPPH.

Se calculó la concentración inhibitoria 50 ( $IC_{50}$ ) del porcentaje de inhibición del radical DPPH determinado a concentraciones de 0,20; 0,30 y 0,50 mg/mL del extracto.

### 3.8.2. Ensayo por el método de secuestro del catión radical del ácido 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfónico (ABTS)

Se realizó el procedimiento brindado por Arnao et al.<sup>61</sup> modificado por por Thaipong et al.<sup>57</sup> Se utilizó la misma muestra utilizada en la determinación de fenoles totales. Se tomó 150  $\mu\text{L}$  de la muestra y se mezcló con 2850  $\mu\text{L}$  de la solución de trabajo del ABTS (Anexo 16), se dejó en reposo por horas protegido de la luz y se leyó en el espectrofotómetro a 734 nm. Se preparó una curva de calibración con Trolox (0,0; 49,99; 99,99; 199,98; 299,96; 399,95 y 599,93  $\mu\text{mol}$  de trolox, respectivamente) (Anexos 17 y 18). Los resultados fueron expresados en  $\mu\text{mol}$  equivalente de trolox/g muestra.

Se calculó la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de la siguiente manera.<sup>60</sup>

$$TEAC \frac{\mu\text{mol TROLOX}}{\text{mg ME}} = IC_{50}TROLOX \left( \frac{\mu\text{mol}}{\text{mL}} \right) / IC_{50}Muestra \left( \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \right)$$

Se calcula el porcentaje de secuestro del radical libre con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de actividad secuestradora de ABTS} = \left[ \frac{A_{ABTS} - A_{MP}}{A_{ABTS}} \right] \times 100$$

Donde:  $A_{ABTS}$  y  $A_{MP}$  indican la absorbancia del  $ABTS^+$  y la muestra problema tratada con  $ABTS^+$ .

Se calculó la concentración inhibitoria 50 ( $IC_{50}$ ) del porcentaje de inhibición del radical ABTS, determinado a las concentraciones de 0,10; 0,15 y 0,20 mg/mL del extracto.

### **3.8.3. Ensayo por el método de reducción de hierro (FRAP)**

El procedimiento fue descrito por Benzie y Strain.<sup>62</sup> Con modificaciones realizadas por Thaipong et al.<sup>57</sup> Se utilizó la misma muestra utilizada en la determinación de fenoles totales. Se tomó 150  $\mu$ L de la muestra y se adicionó 2850  $\mu$ L de la solución de trabajo del FRAP (Anexo 19), se dejó reaccionar por 30 minutos y se leyó su absorbancia a 593 nm. Se elaboró una curva de calibración con Trolox (0,0; 49,99; 99,99; 199,98; 399,95; 599,93 y 799,90  $\mu$ mol de trolox, respectivamente) (Anexos 20 y 21). Los resultados se expresan en  $\mu$ mol equivalente de trolox/g muestra ( $\mu$ mol ET/g de muestra).

### **3.9. Análisis de datos**

Todos los ensayos fueron realizados por triplicado. Los resultados fueron expresados como la media  $\pm$  desviación estándar. Los datos del contenido de compuestos fenólicos, flavonoides, de la capacidad secuestradora de los radicales libres DPPH y ABTS; y del potencial reductor antioxidante del hierro (FRAP) fueron sometidos al análisis de diferencias de medias utilizando el test de Student cuando siguen una distribución normal y de U – Mann Whitney cuando no siguen una distribución normal para muestras independientes, respectivamente. Se consideró las diferencias significativas cuando el valor de  $p < 0,05$ . Los análisis fueron realizados utilizando el software libre JAMOV 2.0.



#### **IV. RESULTADOS**

**Tabla 4.** Metabolitos secundarios presentes en el extracto hidroalcohólico de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.

Metabolitos secundarios	Ensayos	Resultados/ partes de planta	
		Hojas	Tallos
Azúcares reductores	Benedict	+++	+
Aminoácidos libres	Ninhidrina	+	+
Fenoles y/o taninos	Cloruro férrico	++++	+++
Flavonoides	Shinoda	++++	++
Triterpenos y/o esteroides	Lieberman	++++	++++
Lactonas y/o cumarinas	Baljet	++	+++
Saponinas	Espuma	+	+
Catequinas	catequinas	++++	+

Leyenda: leve (+), regular (++), moderado (+++) e intenso (++++)

**Tabla 5.** Compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.

Compuestos fenólicos	Ensayos	Resultados/ partes de planta		Observación
		Hojas	Tallos	
Fenoles y/o taninos	Cloruro férrico	+++	+++	Coloración verde oscura
Flavonoides	Shinoda	+++	+	Coloración Naranja rojizo

Leyenda: regular (+), moderado (++) e intenso (+++)

**Tabla 6.** Contenido de compuestos fenólicos cuantificados por HPLC en el extracto metanólico de hojas *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.

Nombre	$\lambda$ (nm)	Tiempo de retención (min)	Área	Contenido (mg)
1. Ácido Gálico	275	2,319	$1,97893 \times 10^{-2}$	0,01979
2. Pirogalol	275	2,965	$1,16985 \times 10^{-2}$	0,01170
3. Ácido Clorogénico	275	5,667	$4,06436 \times 10^{-3}$	0,00406
4. Ácido Vinílico	275	7,173	$1,21575 \times 10^{-1}$	0,12157
5. Ácido Cafeico	275	7,173	$1,21575 \times 10^{-1}$	0,12157
6. Umbeliferona	275	12,667	$3,26353 \times 10^{-2}$	0,03264
7. Ácido Ferúlico	275	13,882	1,38240	1,38240
8. Rutina	275	15,025	1,36262	1,36262
9. Ácido Benzoico	275	17,556	$7,59712 \times 10^{-1}$	0,75971
10. Ácido Salicílico	275	22,355	$9,15282 \times 10^{-2}$	0,09152
11. Quercetina	275	32,393	$3,44583 \times 10^{-1}$	0,34458

**Tabla 7.** Contenido de compuestos fenólicos cuantificados por HPLC en el extracto metanólico de tallos *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.

Nombre	$\lambda$ (nm)	Tiempo de retención (min)	Área	Contenido (mg)
1. Ácido Gálico	275	2,318	$2,70972 \times 10^{-2}$	0,02710
2. Pirogalol	275	2,980	$6,17137 \times 10^{-3}$	0,61700
3. Ácido Clorogénico	275	5,718	$3,80278 \times 10^{-2}$	0,03802
4. Ácido Vainílico	275	7,284	$5,78704 \times 10^{-2}$	0,05787
5. Ácido Cafeico	275	7,284	$5,78704 \times 10^{-2}$	0,05787
6. Umbeliferona	275	12,747	$5,31225 \times 10^{-3}$	0,00531
7. Ácido Ferúlico	275	13,915	$7,01794 \times 10^{-2}$	0,07018
8. Rutina	275	15,001	$9,62352 \times 10^{-2}$	0,09623
9. Ácido Benzoico	275	17,537	$3,33000 \times 10^{-2}$	0,03330
10. Ácido Salicílico	275	22,014	$1,20367 \times 10^{-2}$	0,01204
11. Quercetina	275	32,415	$4,38026 \times 10^{-2}$	0,04380

**Tabla 8.** Contenido de fenoles totales y flavonoides de los compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.

<b>Muestra</b>	<b>Fenoles totales (mg EAG/g de extracto)</b>	<b>Flavonoides (mg EQ/g de extracto)</b>
<b>Hojas</b>	309,06 ± 5,70	106,36 ± 1,39
<b>Tallos</b>	251,14 ± 2,50	62,14 ± 1,37

\*p<0,05; t – Student para muestras apareadas

**Tabla 9.** Capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de los ensayos de DPPH y ABTS de los compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.

<b>Muestras</b>	<b>TEAC - DPPH</b> ( $\mu\text{mol ET/mg}$ de extracto)	<b>TEAC - ABTS</b> ( $\mu\text{mol ET/mg}$ de extracto)
<b>Hojas</b>	1544,01 $\pm$ 8,22	2148,98 $\pm$ 8,76
<b>Tallos</b>	1266,15 $\pm$ 1,09	1838,02 $\pm$ 10,60

\*  $p < 0,05$ ; t – Student para muestras apareadas

\*\*  $p < 0,05$ ; t – Welch para muestras apareadas

**Tabla 10.** Capacidad antioxidante equivalentes a trolox de los compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.

<b>Muestra</b>	<b>DPPH (<math>\mu\text{mol ET/g}</math> de extracto)</b>	<b>ABTS (<math>\mu\text{mol ET/g}</math> de extracto)</b>	<b>FRAP (<math>\mu\text{mol ET/g}</math> de extracto)</b>
<b>Hojas</b>	314,06 $\pm$ 3,47	406,62 $\pm$ 3,26	314,75 $\pm$ 2,12
<b>Tallos</b>	188,08 $\pm$ 3,12	363,73 $\pm$ 3,32	231,60 $\pm$ 1,18

\*  $p < 0,05$ ; t – Student para muestras apareadas



## V. DISCUSIÓN

En este presente trabajo de investigación se reportan las siguientes evaluaciones; screening fitoquímico, identificación y cuantificación de compuestos fenólicos por HPLC, contenido de fenoles totales y flavonoides; y determinación del efecto antioxidante a través de los métodos de DPPH, ABTS y FRAP para hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”.

En la Tabla 4 y 5, se muestran los metabolitos secundarios presentes en hojas y tallos resaltando la presencia de azúcares reductores, aminoácidos libres, fenoles y/o taninos, flavonoides, triterpenos y/o esteroides, lactonas y/o cumarinas, saponinas y catequinas. Se resalta la presencia en hojas de fenoles y/o taninos, flavonoides, triterpenos y/o esteroides y catequinas, en relación con el tallo. Tinco demuestra que en las hojas y tallos hay presencia de fenoles y taninos, lactonas y cumarinas, glicósidos cardenólidos, terpenos, flavonoides, alcaloides, saponinas, aminoácidos libres y catequinas, sin distinguir entre hojas y tallos.<sup>25</sup>

En otras especies del género *Jatropha*, también se han realizado el análisis cualitativo para determinar la presencia de metabolitos secundarios, tales como, en los extractos hexánicos de *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll Arg. y *Jatropha cordata* (Ortega) Müll Arg., se reportan la presencia de esteroides, en el extracto de acetato de etilo de *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll Arg. la presencia de cumarinas; en el extracto etanólico de *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll Arg. la presencia de flavonoides, fenoles, cumarinas y taninos, mientras que, en *Jatropha cordata* (Ortega) Müll Arg., la presencia de flavonoides, fenoles y taninos; y en el extracto metanólico de ambas especies, se reportan la presencia de flavonoides, fenoles y taninos.<sup>10</sup> Todos estos ensayos se realizaron en hojas y tallos. Asimismo, en una revisión amplia del género *Jatropha*, se reportan la presencia de alcaloides, péptidos cíclicos, terpenos (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos), flavonoides, lignanos, cumarinas, floroglucinoles, ésteres ferulados, ácidos fenólicos y ácidos grasos.<sup>11</sup> Nuestros resultados coinciden con lo reportado por las

referencias bibliográficas. Además, se detectaron los principales metabolitos secundarios presentes en los extractos de hojas de *Jatropha mollissima* (Pohl.) Baill., variando en cuanto a cantidad e intensidad en los diferentes extractos; tomando mayor énfasis en la fase de acetato de etilo, donde se presentan los siguientes metabolitos, como son: antocianinas, compuestos fenólicos, derivados antracénicos, lignanos, taninos y triterpenos/esteroides.<sup>63</sup> Asimismo se realizaron ensayos cualitativo en la fracción de acetato de etilo, detectando la presencia de flavonoides y triterpenos/esteroides.<sup>64</sup> Comparando con nuestra muestra de hojas de *Jatropha macrantha* Müll Arg., se observa que coinciden con mayor intensidad en fenoles y/o taninos y flavonoides de los compuestos fenólicos para ambas especies de *Jatropha*. Siendo importante mencionar, el tipo de extracción utilizado en nuestro estudio que fue por agitador magnético ya que encontramos una mayor capacidad de extracción de metabolitos secundarios perteneciente a esta especie de plantas.

En las Tablas 6 y 7, se muestran los compuestos fenólicos cuantificados por HPLC de hojas y tallos de *J. macrantha* Müll. Arg., en la cuales, observamos la presencia ácido gálico, pirogalol, ácido clorogénico, ácido vainílico, ácido cafeico, umbeliferona, ácido ferúlico, rutina, ácido benzoico, ácido salicílico y quercetina y concentración de cada uno de ellos. En las hojas hay un mayor contenido de ácido vainílico, ácido cafeico, umbeliferona, ácido ferúlico, rutina, ácido benzoico, ácido salicílico y quercetina; mientras que, en tallos existe un mayor contenido de ácido gálico, pirogalol, ácido clorogénico respectivamente.

En un análisis por HPLC – DAD de las hojas de *J. cinérea* (Ortega) Müll. Arg., se reportan la presencia de ácido 4 – hidroxibenzoico, ácido cafeico, ácido gálico, ácido gentísico, ácido *p* – cumárico y apigenina; y en tallos se reporta el contenido de 4 – hidroxibenzoico, ácido cafeico, ácido gálico, ácido gentísico, ácido *p* – cumárico, ácido sirínico, ácido vainílico, apigenina, epicatequina y quercetina. Por otro lado, en hojas de *J. cordata* (Ortega) Müll. Arg., se reportan la presencia de 4 – hidroxibenzoico, ácido cafeico, ácido gálico, ácido gentísico, ácido *p* – cumárico, apigenina y quercetina; y en tallos, la presencia de 4 – hidroxibenzoico, ácido cafeico, ácido gálico, ácido gentísico, ácido sináptico, ácido vainílico, apigenina, epicatequina y catequina.<sup>10</sup> Nuestros resultados coinciden con la presencia de ácido cafeico, ácido gálico, quercetina y ácido vainílico en tallos de ambas especies, sin embargo, ellos obtuvieron mayor contenido de ácido cafeico y ácido gálico en hojas; y mayor contenido de quercetina en tallos.

En el extracto metanólico de *J. curcas* L., se han identificado por HPLC a los siguientes compuestos fenólicos: ácido gálico, catequina, rutina, ácido cumárico, ácido ferúlico, ácido benzoico, acacetina, cumarina, luteolina y genisteína.<sup>15</sup> Estos resultados, también coinciden con los nuestros, resaltando un mayor contenido de ácido gálico, rutina, ácido ferúlico y ácido benzoico en nuestros resultados.

También cabe mencionar que se evaluaron las raíces y tallos de *Jatropha curcas* L. por HPLC – MS/MS y por difracción de rayos X identificaron compuestos fenólicos como el ácido gálico (tiempo de retención = 3,6 min), ácido elágico (tiempo de retención = 6,17 min), quercetina (tiempo de retención = 7,11 min), ácido cumárico (tiempo de retención = 7,19 min), ácido benzoico (tiempo de retención = 10,3 min) y ácido salicílico (tiempo de retención = 12,38 min).<sup>64</sup> Se aprecia que la mayoría de compuestos identificados en esta especie coinciden con nuestros resultados reportados para la muestra de tallos de *Jatropha macrantha* Müll Arg., como es el caso de los compuestos, ácido gálico, quercetina, ácido benzoico y ácido salicílico, respectivamente.

En la Tabla 8, se muestra el contenido de fenoles totales de los compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., en donde se observa que las hojas contienen ( $309,06 \pm 5,70$  mg EAG/g de extracto) mayor contenido que del tallo ( $251,14 \pm 2,50$  mg EAG/g de extracto), respectivamente. Esta diferencia fue significativa al test de Student para muestras independientes ( $p < 0,05$ ) (Anexo 23 y 24).

Otras investigaciones de igual modo muestran la presencia de fenoles totales en extractos metanólicos de hojas y tallos de *Jatropha cinera* (Ortega) Müll Arg. ( $82,65 \pm 1,65$  y  $62,02 \pm 2,80$  mg EAG/g de muestra, respectivamente) y *Jatropha cordata* (Ortega) Müll Arg ( $215,63 \pm 3,62$  y  $153,39 \pm 2,91$  mg EAG/g de muestra, respectivamente).<sup>10</sup> Los resultados reportados para *Jatropha cordata* (Ortega) Müll Arg., se acercan a nuestros resultados, en cuanto al contenido de fenoles totales para hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., pero, en ambos casos coinciden con nosotros en cuanto a, que el contenido de fenoles totales en hojas es mayor que en tallos. Por otra parte, Akhtar et al, comunican que el contenido de fenoles totales en los extractos etanólicos al 70% de hojas y tallos de *Jatropha curcas* Linn fue de:  $44,06 \pm 1,04$  y  $2,67 \pm 0,35$  mg EAG/g, y de *Jatropha gassypifolia* Linn es de:  $26,20 \pm 0,44$  y  $15,94 \pm 0,45$  mg EAG/g, respectivamente.<sup>14</sup> Ellos también coinciden con nuestros resultados, en cuanto a que las hojas tienen mayor contenido de fenoles totales, pero sus resultados son inferiores a *J.*

*macrantha* Müll. Arg. Esto puede explicarse porque ellos realizaron sus ensayos con extractos etanólicos al 70%, mientras que, en nuestro estudio concentramos los compuestos fenólicos en la fracción de acetato de etilo ya que este solvente aísla a los compuestos. En otros géneros de *Jatropha* nos indica el contenido de fenoles totales en hojas de *J. tanjorensis* Linn. es de  $294,41 \pm 10,2$  mg EAG/g.<sup>66</sup> Del mismo modo para *J. curcas*, *J. gassypifolia*, *J. integerrima* y *J. multifida* con 19,65; 21,93; 7,40 y 14,49 mg EAG/g, respectivamente.<sup>12</sup> Asimismo mencionar los reportes de fenoles totales encontrados en el extracto de acetato de etilo para hojas de *Jatropha curcas* L. de  $15,70 \pm 0,28$  mg EAG/g de peso seco.<sup>15</sup> Mientras para las hojas de *Jatropha mollissima* con  $103,30 \pm 4,60$  µg EAG/mg de muestra.<sup>64</sup> En consecuencia, podemos afirmar que las hojas del género *Jatropha* tienen un mayor contenido de fenoles totales respecto al tallo y en particular *Jatropha macrantha* Müll. Arg., donde demostró tener un mayor contenido respecto a las especies reportadas en la literatura científica, tanto en hojas como en tallos. Se entiende que los compuestos fenólicos no están distribuidos uniformemente en las plantas, por lo que conocemos que en las hojas se sintetizan metabolitos fenólicos como respuesta rápida a estímulos externos como el ataque microbiano y la luz. Por otra parte, los distintos géneros de *Jatropha* mencionados líneas arriba son de diferentes países, por lo que nos ponemos a pensar sobre el clima, suelo y condiciones de crecimiento de la planta. Ya que estos favorecerán a la mayor concentración de metabolitos secundarios.<sup>10</sup> Recomendar también la reextracción con el acetato de etilo donde se logró extraer y aislar la mayor cantidad de compuestos fenólicos, evitando así la sobreestimación producida cuando los productos de hidrólisis alcalina son determinados con el reactivo Folin-Ciocalteu. En la Tabla 8, se muestra el contenido de flavonoides de los compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., en donde se observa que las hojas tienen mayor contenido ( $106,36 \pm 1,39$  mg de EQ/g de extracto) que el tallo ( $61,14 \pm 1,37$  mg EQ/g de extracto). Las diferencias se evaluaron mediante el test de Student para muestras independientes, obteniendo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (Anexo 25 y 26). Recientemente se reportaron el contenido de flavonoides en hojas y tallos de las especies *Jatropha cinera* (Ortega) Müll Arg. y *Jatropha cordata* (Ortega) Müll Arg., resultando que para *Jatropha cinérea* (Ortega) Müll Arg., el contenido de flavonoides en hojas y tallos es de  $11,30 \pm 0,13$  y  $3,27 \pm 0,11$  mg EQ/g siendo menores respecto a *Jatropha cordata* (Ortega) Müll Arg., con  $18,55 \pm 0,23$  y  $7,41$

$\pm 0,14$  mg EQ/g.<sup>10</sup> Mostrando que en nuestros resultados de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., existe mayor cantidad de flavonoides con respecto a estas dos especies, pero coincidiendo en que hay mayor cantidad de flavonoides en hojas que en tallos habiendo diferencias significativas. De igual manera se demostró que en hojas de *Jatropha tanjorensis* L., recolectadas en Nigeria mostraban a los flavonoides libre y unidos con valores de  $32,72 \pm 1,37$  y  $77,71 \pm 4,45$  mg EQ/g, respectivamente.<sup>66</sup> Mientras que en el extracto de etanol absoluto de las hojas de *J. curcas*, *J. gassypifolia*, *J. integerrima* y *J. multifida* se recolectaron y seleccionaron los diferentes especímenes del herbario de la universidad del Cairo donde reportan 219,8; 503,3; 107,8 y 9,8 mg EQ/100 g, respectivamente.<sup>12</sup> Por tanto, el contenido de flavonoides en las hojas de *J. macrantha* Müll. Arg., en comparación con esos resultados son superiores a esas cuatro especies. Asimismo reportó Elbaz et al, el contenido de flavonoides encontrados en el extracto de acetato de etilo de hojas de *J. curcas* L. valores menores de  $49,88 \pm 0,17$  mg EQ/g de muestra seca.<sup>15</sup> Reconociendo nuevamente a nuestra planta de estudio *Jatropha macrantha* Müll. Arg., mejores resultados en cuanto al contenido de flavonoides de las hojas. Ya que entre estas dos especies existen procedencias distintas por el cual influirá el contenido de sus metabolitos secundarios, siendo las condiciones ambientales el principal factor de crecimiento de las plantas. Podemos afirmar, que el contenido de flavonoides es mayor en hojas con respecto a los tallos, esta diferencia es recurrente en otras especies del género *Jatropha*, ya que pueden variar por el genotipo y circunstancia del cultivo de la planta, por lo que se explicaría las diferencias mostradas.<sup>10</sup> Esta afirmación sería apoyada por el ensayo fitoquímico realizado a los compuestos fenólicos de la fracción de acetato de etilo en hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. mediante el ensayo de Shinoda que identifica a los metabolitos secundarios como los flavonoides, para este caso serán detectados con mayor facilidad las flavonas y flavonoles al ser complejos de forma estable con el cloruro de aluminio.<sup>46</sup>

En la Tabla 9, se muestra la capacidad equivalente a trolox (TEAC) de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., para el ensayo de DPPH, se observa que las hojas tiene mayor capacidad antioxidantes ( $1544,01 \pm 8,22$   $\mu\text{mol ET/mg}$  de extracto) que en tallos ( $1266,15 \pm 1,09$   $\mu\text{mol ET/mg}$  de extracto), siendo estas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para muestras independientes utilizando el tes de Welch (Anexos 28 y 29), mientras que, para el ensayo de ABTS, también se mostraron mayor capacidad antioxidante en las

hojas ( $2148,98 \pm 8,76 \mu\text{mol ET/mg}$  de extracto) que el tallo con ( $1838,02 \pm 10,60 \mu\text{mol ET/mg}$  de extracto), Donde se evidenció en este ensayo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para muestras independientes utilizando el tes de Student (Anexo 30 y 31).

En la literatura encontramos además ensayos de actividad antioxidante para especies del género *Jatropha*. Donde Akhtar et al, observó el contenido de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de los ensayos de DPPH y ABTS en muestras de hojas y corteza de tallos de *Jatropha curcas* Linn y *Jatropha gossypifolia* Linn., en donde se obtuvieron para el ensayo de DPPH para ambas muestras de *J. curcas* L. ( $71,45 \pm 0,87$  y  $20,42 \pm 1,05 \text{ mg ET/g}$ , respectivamente), mientras que, en *J. gossypifolia* L. ( $67,77 \pm 1,20$  y  $70,86 \pm 1,04 \text{ mg ET/g}$ ); por tanto, se aprecia que la corteza de tallos de *J. gossypifolia* L., tiene mejor capacidad antioxidante que *Jatropha curcas* L. Por lo tanto, para el ensayo de ABTS de la especie de *J. curcas* L., se mostró en hojas y corteza de tallos ( $57,76 \pm 0,51$  y  $20,19 \pm 0,50 \text{ mg ET/g}$ ), del mismo modo para *J. gossypifolia* ( $57,26 \pm 0,45$  y  $57,62 \pm 0,40 \text{ mg ET/g}$ ), en este caso se aprecia que en las hojas de *Jatropha curcas* L, se tuvo mayor valor de la capacidad antioxidante que la corteza de tallo.<sup>14</sup> comparando con nuestros resultados mostrados se podría decir que los extractos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. tiene mayor capacidad antioxidante de donar uno más electrones frente a los radicales libres, siendo estos excelentes antioxidantes naturales.

En la Tabla 10, se muestran la capacidad antioxidante equivalente a trolox de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., en donde resultado para el ensayo DPPH mayor actividad antioxidante en hojas ( $314,06 \pm 3,47 \mu\text{mol ET/g}$  de extracto) que en tallos ( $188,08 \pm 3,12 \mu\text{mol ET/g}$  de extracto), siendo estas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para muestras independientes utilizando el tes de Student (Anexo 32 y 33); seguido del ensayo ABTS, en hojas fueron más altas ( $406,62 \pm 3,26 \mu\text{mol ET/g}$  de extracto) que del tallo ( $363,73 \pm 3,32 \mu\text{mol ET/g}$  de extracto); evidenciando en estos ensayos hay diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para muestras independientes utilizando el tes de Student (Anexo 34 y 35). En el caso del ABTS se observó que los extracto de hojas y tallos fueron mayores respecto al DPPH, por lo que se puede asumir que el ABTS es muy sensible a los compuestos que presenta la muestra ya que determinan la capacidad antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos, por lo que el reactivo es soluble tanto en disolventes acuosos como orgánicos y finalmente para el ensayo de

FRAP, también las hojas mostraron mayor capacidad antioxidante ( $314,75 \pm 2,12$   $\mu\text{mol ET/g}$  de extracto) que el tallo ( $231,60 \pm 1,18$   $\mu\text{mol ET/g}$  de extracto), evidenciando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para muestras independientes utilizando el test de Student (Anexo 36 y 37). Por lo que también se le atribuye a la evaluación de flavonoides, la capacidad de reducción de metales para este ensayo, teniendo en consideración las condiciones de sistema de disolventes y el pH adecuado para esta reacción. Siendo importante la reducción del hierro ya que están involucrados en el proceso de propagación de la cadena radicalaria, propagando el proceso de daño celular al organismo.<sup>49</sup> Mostrando una mejor actividad en hojas cercanas a los resultados del ABTS.

Zengin et al. reportó la presencia de la capacidad antioxidantes en hojas y corteza de tallo en el extracto metanólico realizado mediante la técnica de extracción asistida por un homogenizador, en donde observamos que para *Jatropha curcas* L., mostró para el ensayo DPPH en hojas ( $124,70 \pm 0,43$  mg TE/g) y en corteza de tallos ( $6,89 \pm 0,81$  mg TE/g), mientras que, para el ensayo del ABTS, en hojas ( $149,12 \pm 7,38$  mg TE/g) y en corteza de tallos ( $20,20 \pm 1,18$  mg TE/g) y así como también para el ensayo FRAP se obtuvieron en hojas ( $97,03 \pm 1,05$  mg TE/g) y en corteza de tallos ( $15,19 \pm 0,47$  mg TE/g), respectivamente; en la cual, observamos que existe una mayor capacidad antioxidante en hojas respecto a la corteza de tallos, de igual forma se realizó evaluaciones de la capacidad antioxidante en *Jatropha gossypifolia* L., mediante el ensayo de DPPH para hojas ( $123,88 \pm 1,05$  mg TE/g) y en corteza de tallos ( $193,93 \pm 0,23$  mg TE/g), seguido del ABTS en hojas ( $160,00 \pm 1,62$  mg TE/g) y en corteza de tallos ( $255,39 \pm 3,00$  mg TE/g) y finalmente en el ensayo FRAP se mostró en hojas ( $109,45 \pm 1,43$  mg TE/g) y mayor valor en corteza de tallo ( $168,93 \pm 1,17$  mg TE/g), respectivamente.<sup>67</sup> Llegando a verificar que en los ensayos DPPH, ABTS y FRAP, para *Jatropha curcas* L., tuvo mayor capacidad antioxidante en hojas que en tallos, mientras que, para *Jatropha gossypifolia* L., fue al contrario donde se obtuvo mayor capacidad antioxidante en corteza de tallos, que en hojas. Nuestros resultados coinciden con *Jatropha curcas* L. en que las hojas tienen mayor capacidad antioxidante, tal vez por ser buenos neutralizadores de oxidantes o quelantes de iones metálicos, funciones características de los flavonoides, mencionando que el solvente utilizado para la extracción eficazmente fue el acetato de etilo por ser el primer solvente utilizado para extraer la mayoría de los compuestos fenólicos libres y no conjugados (taninos, flavonoides y ácidos fenólicos).

En consecuencia, podemos afirmar que los compuestos fenólicos presentes en la fracción de acetato de etilo de hojas y tallos de *J. macrantha* Müll. Arg., tienen capacidad antioxidante, siendo superior las hojas respecto a los tallos. En otras especies del género *Jatropha*, de igual forma se mantiene esta tendencia, tal como se ha discutido arriba apoyado por la literatura científica pertinente.

En este presente trabajo, podemos concluir que las hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., tienen un alto contenido de fenoles totales, flavonoides y que su capacidad antioxidante demostrada mediante los ensayos del DPPH, ABTS y FRAP, están en relación directa con el contenido de dichos compuestos.



## VI. CONCLUSIONES

1. Los compuestos fenólicos presentes en hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. "huanarpo macho", tienen efectos antioxidantes.
2. Las hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., contienen azúcares reductores, aminoácidos libres, fenoles y/o taninos, flavonoides, triterpenos y esteroides, lactonas y/o cumarinas, saponinas y catequinas, resaltando mayor presencia en las hojas de fenoles y/o taninos, flavonoides y catequinas.
3. Se identificó por HPLC los compuestos fenólicos como: ácido gálico, pirogalol, ácido clorogénico, ácido vainillílico, ácido cafeico, umbeliferona, ácido ferúlico, rutina, ácido benzoico, ácido salicílico y quercetina, con mayor concentración de ácido ferúlico y rutina en las hojas; mientras que, en el tallo fueron el pirogalol y ácido clorogénico.
4. Las hojas tuvieron mayor contenido de fenoles totales ( $309,06 \pm 5,70$  EAG/g de extracto), respecto del tallo ( $251,14 \pm 2,50$  EAG/g de extracto), siendo las diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).
5. Las hojas tuvieron mayor contenido de flavonoides ( $106,36 \pm 1,39$  EQ/g de extracto), respecto del tallo ( $61,14 \pm 1,37$  EQ/g de extracto), siendo las diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).
6. La capacidad antioxidante de las hojas y tallos fue: según los métodos de DPPH ( $314,06 \pm 3,47$  y  $188,08 \pm 3,12$   $\mu\text{mol ET/g}$  de extracto), ABTS ( $406,62 \pm 3,26$  y  $363,73 \pm 3,32$   $\mu\text{mol ET/g}$  de extracto) y FRAP ( $314,75 \pm 2,12$  y  $231,60 \pm 1,18$   $\mu\text{mol ET/g}$  de extracto), demostraron que las hojas tuvieron mayor capacidad de antioxidante que los tallos.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de correlación según el contenido de compuestos fenólicos con la capacidad antioxidante, previa evaluación de los ensayos más conocidos para la especie de *Jatropha macrantha* Müll. Arg.
2. Seguir con las evaluaciones de la actividad antioxidante *in vivo*, por lo que se demostró que este género de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. tiene compuestos fenólicos que actúan como antioxidante para aliviar problemas sanitarios y conseguir la eficiencia del método *in vivo*.
3. Incentivar al cultivo de esta planta en diversas zonas, donde sean más accesibles, acorde a su clima de crecimiento y adaptación para su uso medicinal e investigaciones futuras.
4. Divulgar la información acerca de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. a toda la comunidad científica, ya que esta planta tiene actividad antioxidante gracias a sus compuestos fenólicos, por lo cual ayudara descubrir nuevas moléculas y aislarla para crear futuros medicamentos.
5. Promover la conservación y los beneficios de los recursos que tiene este género *Jatropha macrantha* Müll. Arg. a través de instituciones estratégicas como el INIA u otros que promuevan la preservación de especies.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albán J, Pérez E, Domínguez G, Salazar A, Villegas L, González R, et al. Situación de las plantas medicinales en Perú. Organización Panamericana de la Salud [Acceso 21 de marzo de 2021]. 2018;13. Available from: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/50479/OPSPER19001\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/50479/OPSPER19001_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
2. Delgado HE. La medicina tradicional en Lima: migrantes de segunda y tercera generación [Acceso 13 de marzo de 2021]. Pontificia Universidad Católica del Perú; 2017. Available from: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/9627/2/TFLACSO-1988HEDS.pdf>
3. Peñarrieta J, Tejeda L, Mollinedo P y Juaréz B. Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Bolív Química*. 2014;31(2):68–81.
4. Ávalos A y Pérez C. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca*. 2009;2(3):119–45.
5. Zavaleta J, Muñoz A, Blanco T, Alvarado C, Loja B. Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. *Horiz Med (Barcelona)*. 2005;5(2).
6. Cartaya O, Reynaldo I. Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultiv Trop*. 2001;22(2):5–14.
7. Coronado M, Vega L, Gutiérrez R y Rioja C. Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Rev Chil Nutr*. 2015;42(2):206–12.
8. Criado C y Moya. Vitaminas y antioxidantes. *Grup Saned* [Acceso en 13 de mayo 2021]. 2009;5–34. Available from: [http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/VITAMINAS\\_Y\\_ANTIOX\\_EL\\_MEDICO.pdf?botsearch](http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/VITAMINAS_Y_ANTIOX_EL_MEDICO.pdf?botsearch)
9. Avello M y Suwalsky M. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea 494*. 2006;II(494):161–72.
10. Vega Y, Hayano C, Gámez N and Medina L. Determination of chemical constituents and antioxidant activities of leaves and stems from *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll. Arg and *Jatropha cordata* (ortega) Müll. Arg. *Plants*. 2021;10(2):1–13.
11. Cavalcante N, Conceição D, Guedes da Silva Almeida J. The genus *Jatropha* (Euphorbiaceae): A review on secondary chemical metabolites and biological aspects. *Chem Biol Interact* [Acceso 22 de mayo de 2021].

2020;318(February):108976. Available from:

<https://doi.org/10.1016/j.cbi.2020.108976>

12. Hanafy A, Abdelhamid A and Mohamed E. Proximate composition, phenolic content and antioxidant potencial of the leaves of *Jatropha* species. *Int J Res Pharm Sci.* 2018;10(1):419–24.
13. Carvalho C, Vieira L, Vinícius S, Passarelli C and Ribeiro C. Phenols, flavonoids and antioxidant activity of *Jatropha multifida* L. collected in Pindamonhangaba, Sao Paulo State, Brazil. *J Anal Pharm Res.* 2018;7(5):5–9.
14. Akhtar P, Yaakob Z, Ahmed Y, Shahinuzzaman M, Hyder M. Total phenolic contents and free radical scavenging activity of different parts of *Jatropha* species. *Asian J Chem.* 2018;30(2):365–70.
15. Elbaz F, Ali F, El-Rahman A, Aly H, Saad A, Mohamed A. HPLC evaluation of phenolic profile, and antioxidant activity of different extracts of *Jatropha curcas* leaves. *Int J Pharm Sci Rev Res.* 2014;29(1):203–10.
16. Rodriguez M, Vega K, Gante V , Jiménez J. Distribución del género *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) en el estado de Puebla, México. *Polibotánica.* 2009;(28):37–48.
17. León B y Berry P. Euphorbiaceae endémicas del Perú. *Rev Perú Biol.* 2006;13(2):295–301.
18. López A. y López E. Efecto sinérgico del 2,4-Diclorofenoxiacético y el Bencilaminopurina en la inducción de callos de *Jatropha macrantha* (Euphorbiaceae). *Rebiol.* 2017;37(2):22–6.
19. Oshima M, Gu Y, Tsukada S. Effects of *Lepidium meyenii* Walp and *Jatropha macrantha* on Blood levels of estradiol-17 $\beta$ , progesterone, testosterone and the rate of embryo implantation in mice. *J Vet Med Sci.* 2003;65(10):1145–6.
20. Prudencio C, César P, Eladio C, Zenobio O. Norabuena J. Propagación del Huanarpo (*Jatropha Macrantha*) con fines de conservacion y repoblación en la región Ancash. *Aporte Santiaguino J.* 2014;7(1):44–52.
21. Aguilar C. Efecto Broncodilatador del extracto metanólico de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll . Arg. “huanarpo macho.” [Tesis par obtener Título profesional]. Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2015.
22. Benavides A, Montoro P, Bassarello C, Piacente S, Pizza C. Catechin

- derivatives in *Jatropha macrantha* stems: Characterisation and LC/ESI/MS/MS quali-quantitative analysis. *J Pharm Biomed Anal.* 2006;40(3):639–47.
23. Comhaire F and Mahmoud A. The role of food supplements in the treatment of the infertile man. *Reprod Biomed Online* [Acceso 14 de mayo 2021]. 2003;7(4):385–91. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1472-6483\(10\)61881-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1472-6483(10)61881-0)
  24. Packer L, Rimbach G, Virgili F. Antioxidant activity and biologic properties of a procyanidin-rich extract from pine (*pinus maritima*) bark, pycnogenol. *Free Radic Biol Med.* 1999;27(5–6):704–24.
  25. Tinco A, Arroyo J y Bonilla P. Efecto del extracto metanólico de *Jatropha macrantha* Müll . Arg ., en la disfunción eréctil inducida en ratas erectile dysfunction. *Artículos Originales* 2011;72(3):161–8.
  26. Bautista W. Determinación de los metabolitos secundarios de *Cnidocolus basiacanthus* y *Jatropha macrantha* para su validación y uso en el Perú. Vol. 148. Universidad Nacional de Trujillo; 2010.
  27. Sabandar W, Ahmat N, Jaafar M and Sahidin I. Medicinal property, phytochemistry and pharmacology of several *Jatropha* species (Euphorbiaceae): A review. *Phytochemistry* [Acceso 30 de mayo de 2021]. 2013;85:7–29. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.10.009>
  28. Quiñones M, Miguel M, Aleixandre A. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutr Hosp.* 2012;27(1):76–89.
  29. Martín D. Los compuestos fenólicos: un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Rev Investig Agrar y Ambient.* 2018;9(1):81–104.
  30. Haminiuk W, Maciela M, Plata M and Peralta M. Phenolic compounds in fruit - an overview. *International Journal of Food Science & Technology* [Acceso 14 de abril de 2021]. 2012.p.1-22 Available from: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2621.2012.03067.x>
  31. Muñoz A y Ramos F. Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales. *Horiz Med (Barcelona).* 2007;7(1):23–31.
  32. Soriano J, Guerrero I y Ponce E. Acción antioxidante de los flavonoides de

- frutasy verduras para la preservación de la salud. 2006. 2006;(62):46–54.
33. Martínez S, González J, Culebras J y Tuñón M. Los flavonoides: Propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr Hosp.* 2002;17(6):271–8.
  34. José I. Taninos o polifenoles vegetales. *Sci Tech.* 2007;13(33):13–8.
  35. Herrera I, Quimis K, Sorroza N, García F, Mariscal W y Mariscal R. Determinación de Taninos y Cumarinas presente en la planta tres filos. *Polo del Conoc.* 2017;2(7):500.
  36. Suarez D y Morales Y. Basic principles of high performance liquid chromatography for the separation and analysis of mixtures. *América Rev Semilleros Form Investig.* 2018;4(1):8–13.
  37. Porras A y López A. Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas Sel Ing Aliment.* 2009;3(1):121–34.
  38. Gilberto P, Gregorio M. Los Flavonoides como Antioxidantes Naturales. *Acta Farm Bonaer.* 2001;20(4):297–306.
  39. Maestro R y Borja R. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *Grasas y Aceites.* 1993;44(2):101–6.
  40. Shahidi F, Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review. *J Funct Foods* [Acceso 24 de junio de 2021]. 2015;18:820–97. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
  41. Corrales L y Muñoz M. Estrés oxidativo: origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. *Nova.* 2012;10(18):135–250.
  42. Saavedra O, Nahúm E, Vázquez J, Roberto M, Guapillo B, Manuel G, et al. Radicales libres y su papel en las enfermedades. *Revi Med UV.* 2010;1(272):32–29.
  43. Quintanar M y Calderón J. La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones. *Redalyc.* 2009;28(3):89–101.
  44. Huang D, Boxin OU, Prior R. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J Agric Food Chem.* 2005;53(6):1841–56.
  45. Magalhães L, Segundo M, Reis S and Lima J. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Anal Chim Acta.* 2008;613(1):1–19.
  46. Thangaraj P. Pharmacological Assays of Plant-Based Natural Products, Progress in drug research [Acceso 11 de octubre 2021]. Progress i. Rainsford KD, editor. Vol. 71. Hilo, USA: Springer; 2016. 49–55 p. Available

from: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-26811-8>

47. Shahidi F, Zhong Y. Measurement of antioxidant activity. *J Funct Foods* [Acceso 12 de octubre de 2021]. 2015;18:757–81. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.047> de octubre de
48. Prior R and Xianli W. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Agric Food Chem*. 2005;53(10):4290–302.
49. Antolovich M, Prenzler P, Patsalides E, McDonald S and Robards K. Methods for testing antioxidant activity. *Analyst*. 2002;127(1):183–98.
50. Govea SM, Zugasti A, Silva S, Valdivia Urdiales B, Rodríguez Herrera R, Aguilar González, Cristóbal Noé Morlett Chávez J. Actividad Anticancerígena del Ácido Gálico en Modelos Biológicos in vitro. *Rev Científica la Univ Autónoma Coahuila*. 2013;5(9):5–11.
51. Vélez D. Formulación de quercetina en liposomas para su administración tópica [Acceso 28 de julio de 2021]. Instituto politécnico de Braganca. 2018. Available from: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/17961/1/pauta-relatorio-4.pdf>
52. Tovar J. Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la región cafetera [Acceso 03 de noviembre de 2021]. *International Migration Review*. Universidad Técnologica de Pereira; 2013. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/imre.12028/abstract>
53. Cronquist A. An integrated system of classification of flowering plants. New York [Acceso 19 de noviembre de 2021]. 1981;9. Available from: <https://www.worldcat.org/title/integrated-system-of-classification-of-flowering-plants/oclc/7179273>
54. Miranda M y Cuellar M. Manual de prácticas de laboratorio. *Farmacognosia y productos naturales*. 1ra Ed. Habana EU de la, editor. Ciudad de Habana; 2000. 34–50 p.
55. Seal T. Quantitative HPLC analysis of phenolic acids , flavonoids and ascorbic acid in four different solvent extracts of two wild edible leaves , *Sonchus arvensis* and *Oenanthe linearis* of North-Eastern region in. *J Appl Pharm Sci*. 2016;6(02):157–66.
56. Swain T, Hillis WE. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The

- quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric*. 1959;10(1):63–8.
57. Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros L and Hawkins D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compos Anal*. 2006;19(6–7):669–75.
  58. Zhishen M, Mengcheng T and Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem*. 1999;64:555–9.
  59. Brand W, Cuvelier M and Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci Technol*. 1995;28(1):25–30.
  60. Enciso E, Aguilar E, Tinco J, Arroyo J, Herrera O. Biomolecules with Antioxidant Capacity from the Seeds and Sprouts of 20 Varieties of *Chenopodium quinoa*. *Plants*. 2021;10:2–21.
  61. Arnao M, Cano A and Acosta M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem*. 2001;73(2):239–44.
  62. Benzie I y Strain J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant power”: The frap assay. *Anal Biochem*. 1996;239(292):70–6.
  63. Bastos N, Rodrigues C, Silva R, Feitosa D, Melo H, Araújo L, et al. Phytochemical analysis, antibacterial activity and antibiotic modifying action of *Jatropha mollissima* (Pohl.) Baill. (Euphorbiaceae). *An Biol*. 2020;2(42):85–94.
  64. Dias W, Vale J, Oliveira M, Barbosa Y, Nascimento J, Costa J, et al. Cytogenotoxic effect, phytochemical screening and antioxidant potential of *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill leaves. *South African J Bot*. 2019;123:30–5.
  65. Diwani G, Rafie Sh and Hawash S. Antioxidant activity of extracts obtained from residues of nodes leaves stem and root of Egyptian *Jatropha curcas*. *African J Pharm Pharmacol*. 2009;3(11):521–30.
  66. Atansuyi K, Ibukun E and Ogunmoyole T. Antioxidant properties of free and bound phenolic extract of the leaves of *Jatropha tanjorensis* in vitro. *J Med Plants Res*. 2012;6(31):4667–74.
  67. Zengin G, Fawzi M, Ibrahime K, Ak G, Katian O, Sharmeen J, et al. Chemical composition and biological properties of two *jatropha* species: Different



parts and different extraction methods. *Antioxidants*. 2021;10(5):2–21.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Constancia de identificación de la especie *Jatropha macrantha* Müll. Arg. "huanarpo macho". Ayacucho – 2021.

### **CONSTANCIA**

**LA BIÓLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:**

Que, la Bachiller en Farmacia y Bioquímica, Srta. Viky, HUAMÁN CASTRO, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988, siendo su taxonomía la siguiente:

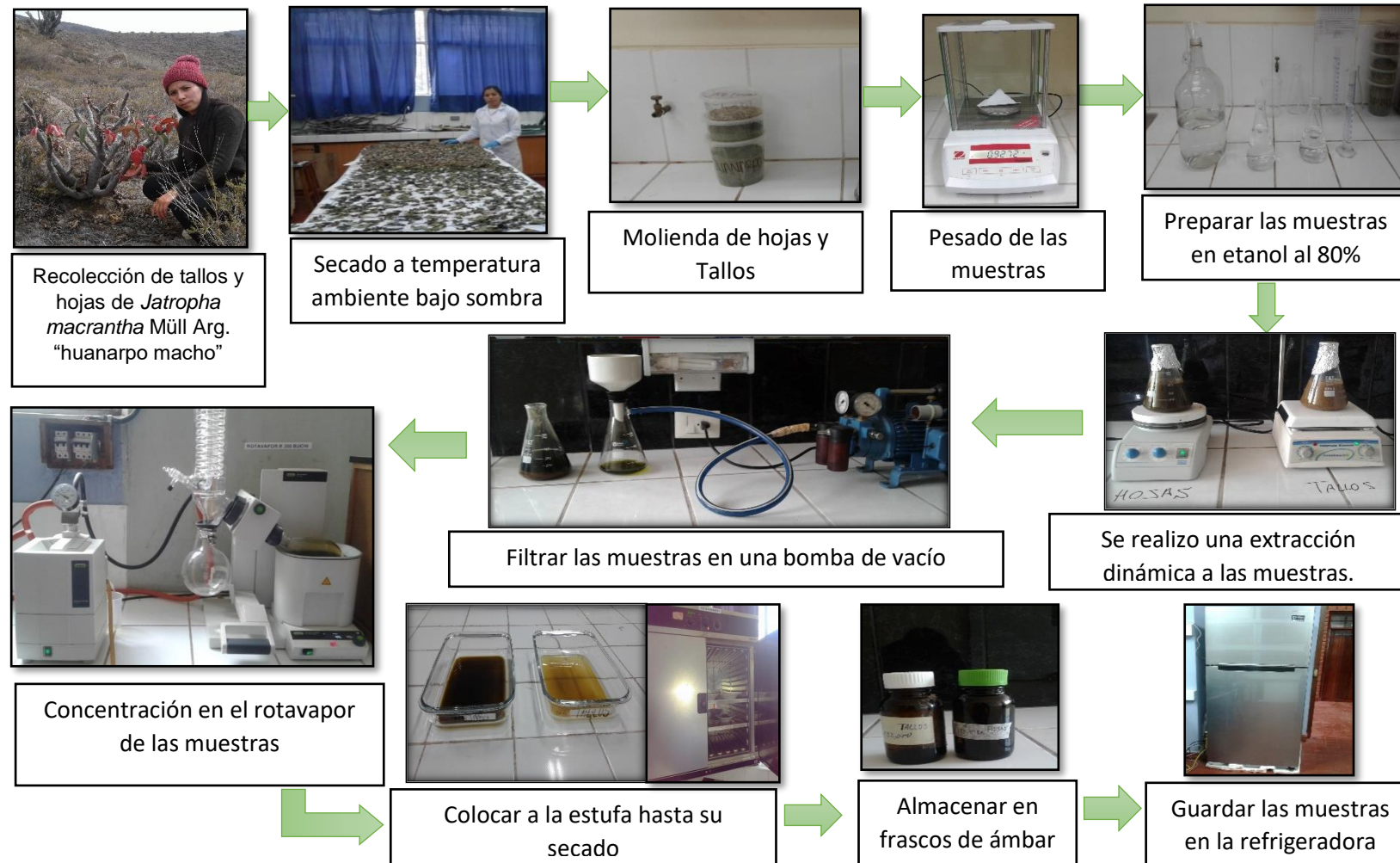
DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ROSIDAE
ORDEN	:	EUPHORBIALES
FAMILIA	:	EUPHORBIACEAE
GÉNERO	:	JATROPA
ESPECIE	:	<i>Jatropha macrantha M. Arg.</i>
N. V.	:	"huanarpo macho."

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

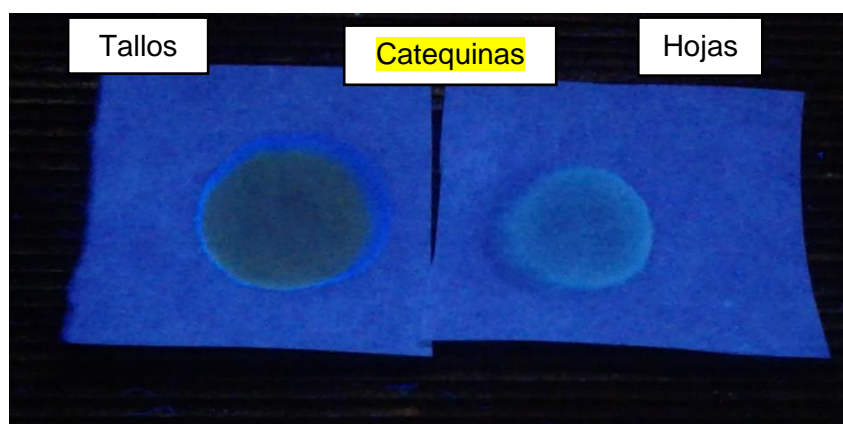
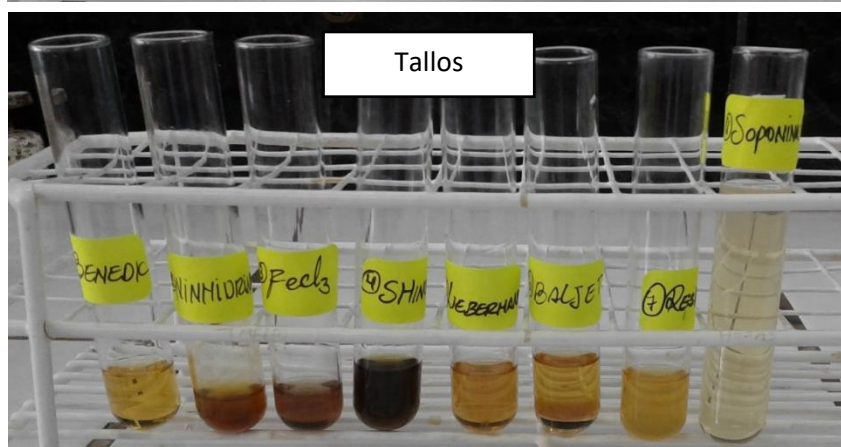
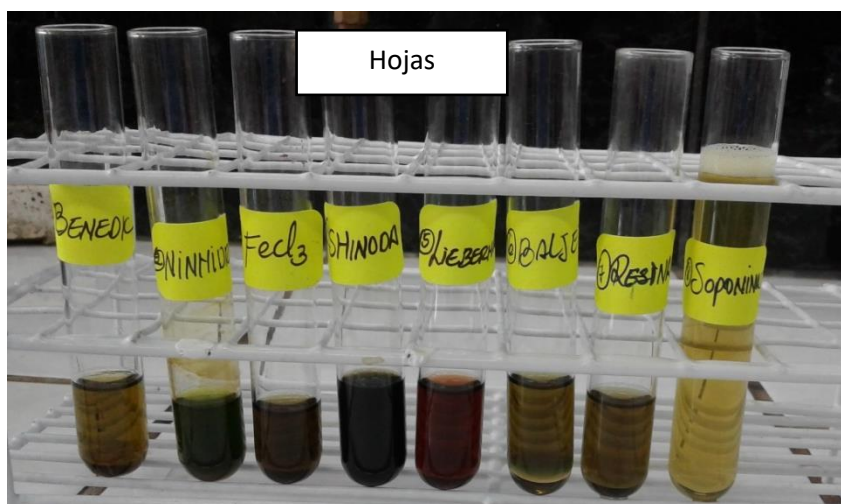
Ayacucho, 16 de Junio del 2 020

  
LAURA AUCASIME MEDINA  
BIÓLOGA  
Reg. C.B.F. N° 583 C.R. - XIII

Anexo 2. Procedimientos de extracto hidroalcohólico de *Jatropha macranta* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.



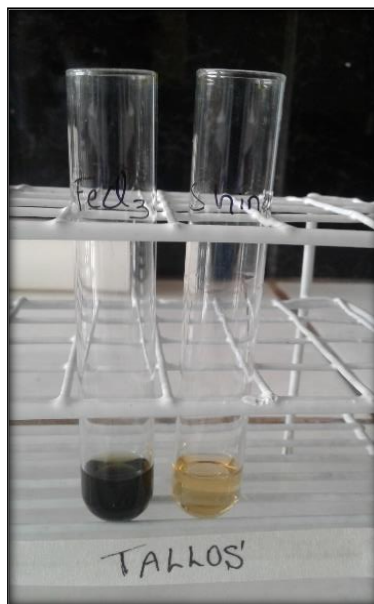
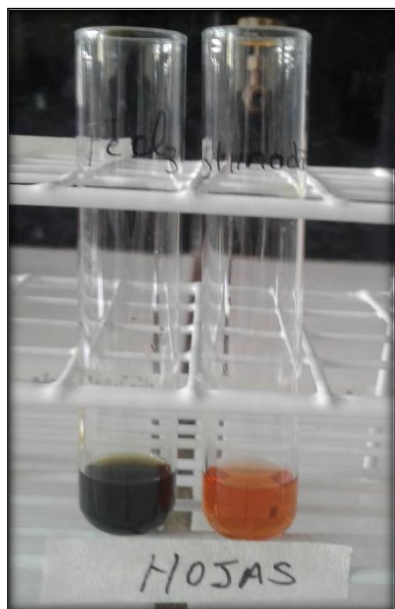
**Anexo 3.** Reconocimiento de los metabolitos secundarios del extracto hidroalcohólico de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.



**Anexo 4.** Procedimiento de aislamiento de compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. "huanarpo macho", Ayacucho – 2021.



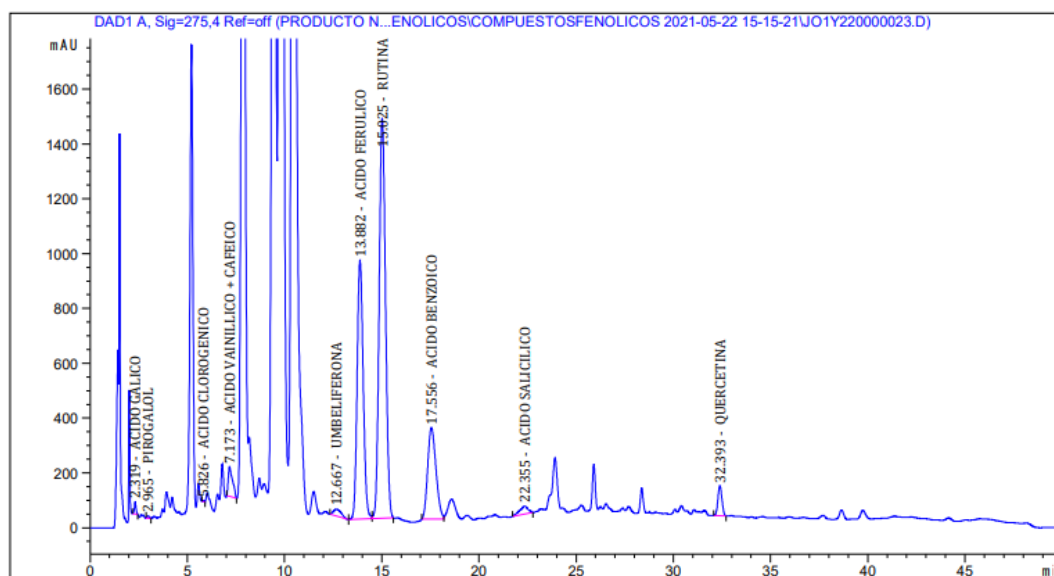
**Anexo 5.** Reconocimiento de metabolitos secundarios para fenoles y flavonoides en la fracción de acetato de etilo aislado de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.



**Anexo 6.** Compuestos fenólicos presentes en el extracto metanólico de hojas de *Jatropha Macrantha* Müll. Arg., por Cromatografía de Líquidos de alta resolución (HPLC). Ayacucho – 2021.

Data File C:\CHEM32\...\OSFENOLICOS\COMPUESTOSFENOLICOS 2021-05-22 15-15-21\JO1Y220000023.D  
Sample Name: Huanarpo H Concentrado

```
=====
Acq. Operator   : J. OBREGON                      Seq. Line : 20
Acq. Instrument : HPLC 1260 DAD - 4 IDE-E93       Location  : Vial 18
Injection Date  : 5/23/2021 9:59:01 AM           Inj       : 1
                                                    Inj Volume: 10.000 µl
Acq. Method     : C:\CHEM32\1\DATA\PRODUCTO NUEVO 2021\DESARROLLO\COMPUESTOSFENOLICOS
                  \COMPUESTOSFENOLICOS 2021-05-22 15-15-21\COMPUESTOSFENOLICOS.M
Last changed    : 5/22/2021 3:15:21 PM by J. OBREGON
Analysis Method : C:\CHEM32\1\DATA\PRODUCTO NUEVO 2021\DESARROLLO\COMPUESTOSFENOLICOS
                  \COMPUESTOSFENOLICOS 2021-05-22 15-15-21\COMPUESTOSFENOLICOS275.M (Sequence
                  Method)
Last changed    : 7/7/2021 8:46:52 PM by J. OBREGON
                  (modified after loading)
```



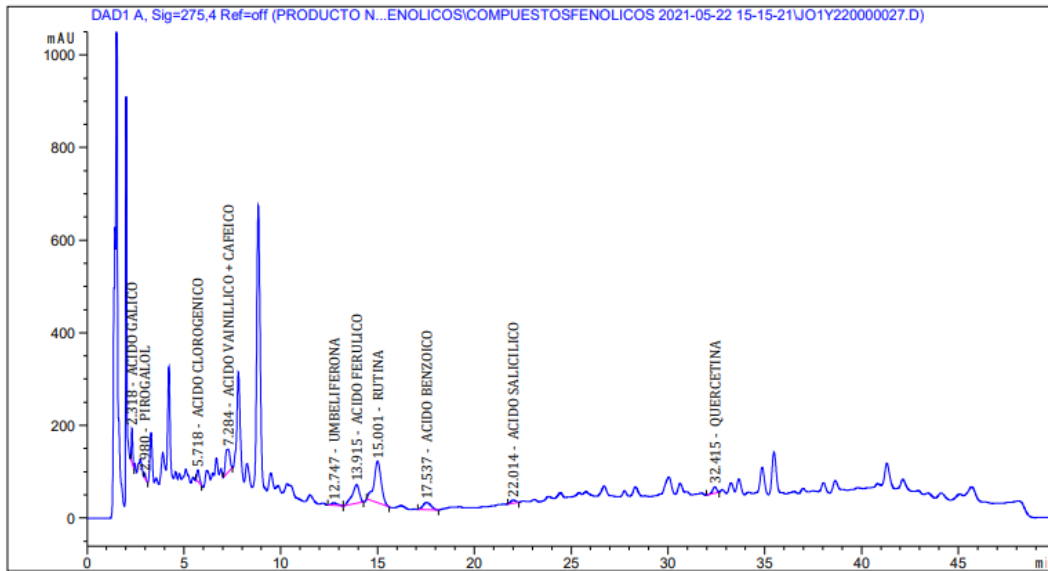


**Anexo 7.** Compuestos fenólicos presentes en el extracto metanólico de tallos de *Jatropha Macrantha* Müll. Arg., por Cromatografía de Líquidos de alta resolución (HPLC). Ayacucho – 2021.

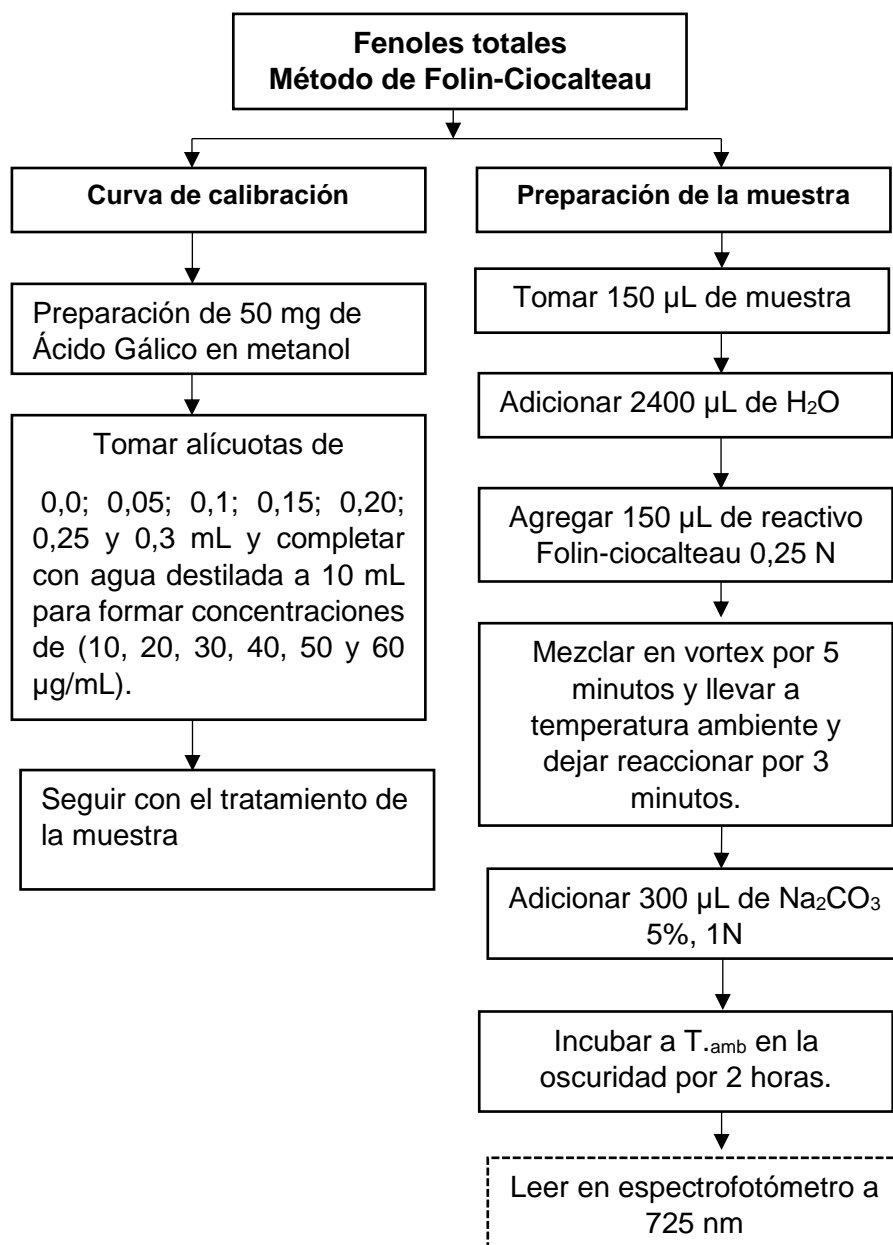
Data File C:\CHEM32\...OSFENOLICOS\COMPUESTOSFENOLICOS 2021-05-22 15-15-21\JO1Y220000027.D  
Sample Name: Huanarpo T Concentrado

```
=====
Acq. Operator   : J. OBREGON                      Seq. Line : 22
Acq. Instrument : HPLC 1260 DAD - 4 IDE-E93       Location  : Vial 20
Injection Date  : 5/23/2021 1:23:16 PM           Inj       : 1
                                                    Inj Volume: 10.000 µl

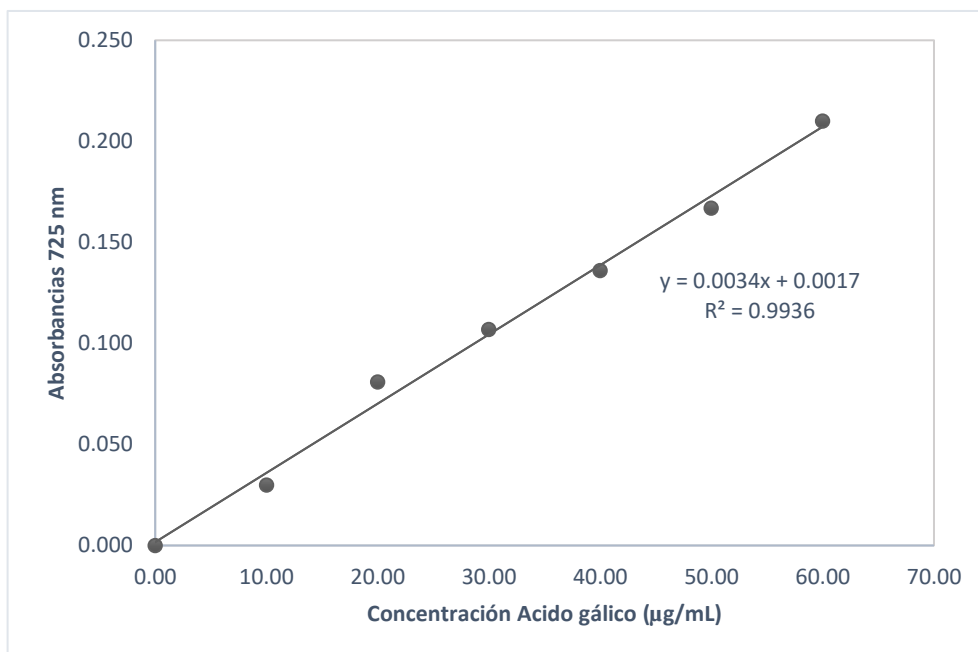
Acq. Method     : C:\CHEM32\1\DATA\PRODUCTO NUEVO 2021\DESARROLLO\COMPUESTOSFENOLICOS
                 \COMPUESTOSFENOLICOS 2021-05-22 15-15-21\COMPUESTOSFENOLICOS.M
Last changed    : 5/22/2021 3:15:21 PM by J. OBREGON
Analysis Method : C:\CHEM32\1\DATA\PRODUCTO NUEVO 2021\DESARROLLO\COMPUESTOSFENOLICOS
                 \COMPUESTOSFENOLICOS 2021-05-22 15-15-21\COMPUESTOSFENOLICOS275.M (Sequence
                 Method)
Last changed    : 7/7/2021 8:54:04 PM by J. OBREGON
                 (modified after loading)
```



**Anexo 8.** Flujograma para la determinación del contenido de fenoles totales de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.



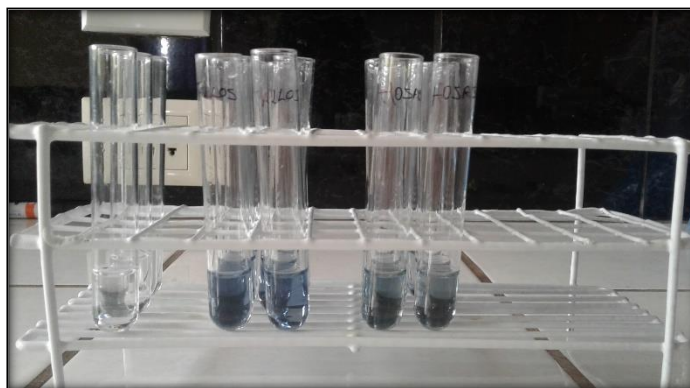
**Anexo 9.** Curva de calibración del ácido gálico, Ayacucho – 2021.



**Anexo 10.** Ensayos para la determinación del contenido de fenoles totales en hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.

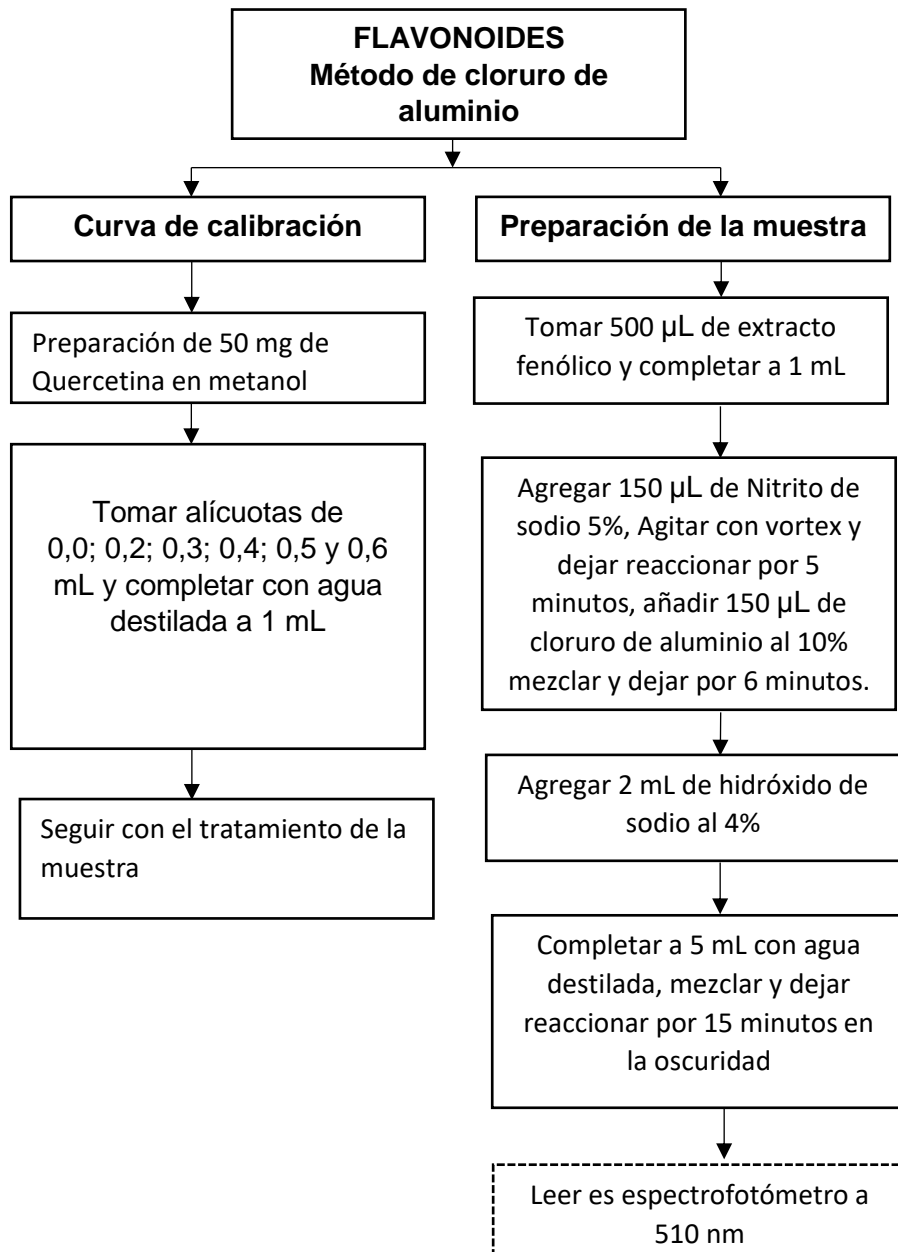


Curva de calibración para la determinación de fenoles totales

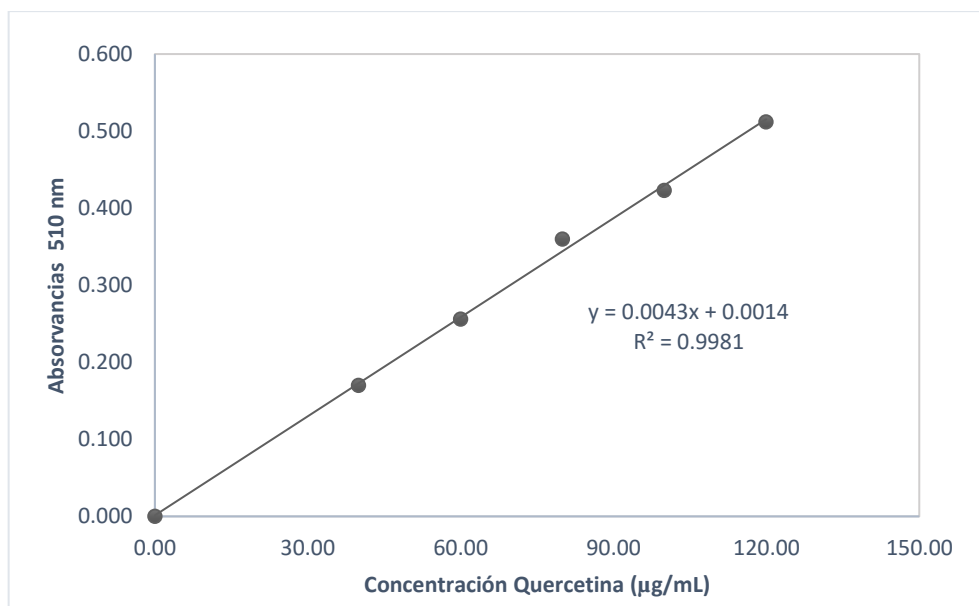


Fenoles totales en tallos y hojas de *Jatropha macrantha* Müll Arg.

**Anexo 11.** Flujoograma para la determinación del contenido de flavonoides en hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.



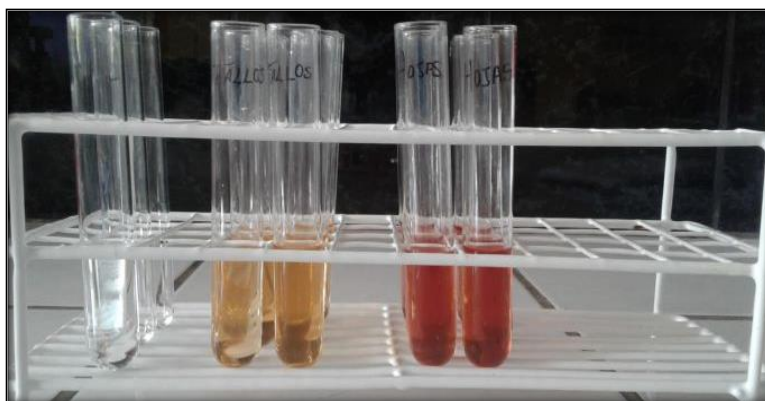
**Anexo 12.** Curva de calibración de la quercetina, Ayacucho – 2021.



**Anexo 13.** Ensayos para la determinación del contenido de flavonoides del extracto de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.

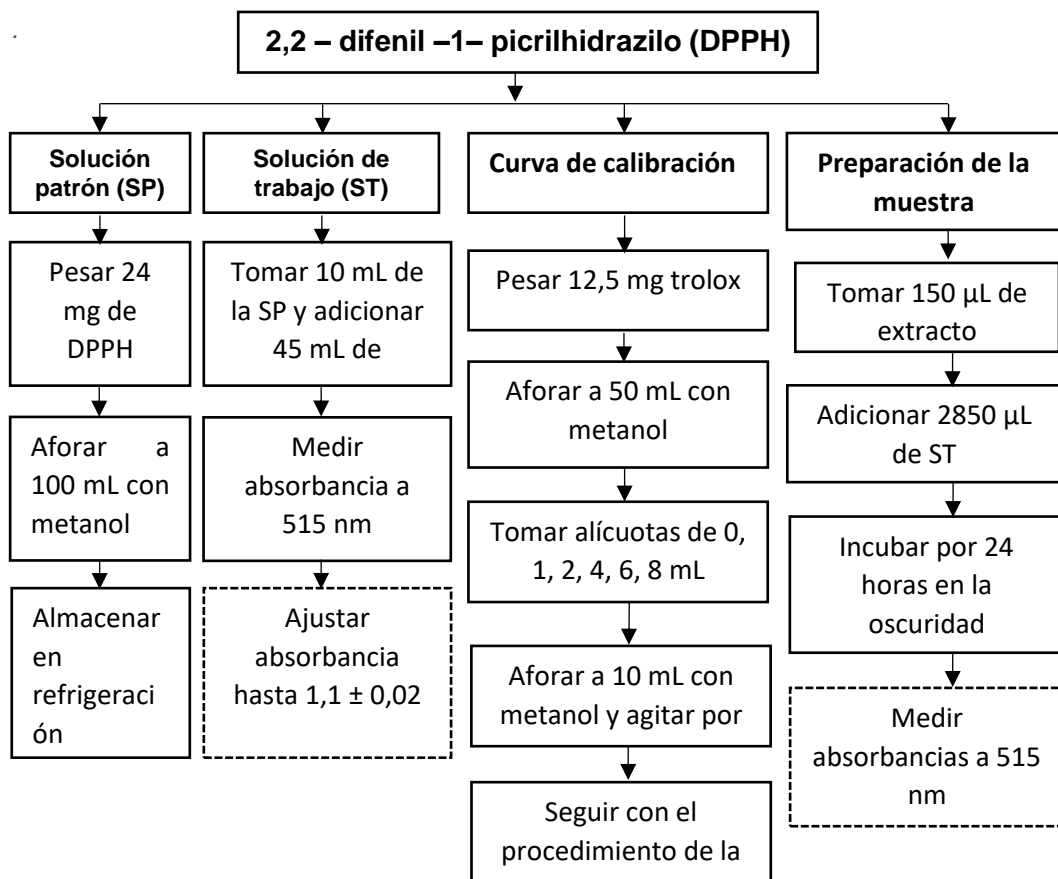


Curva de calibración para flavonoides



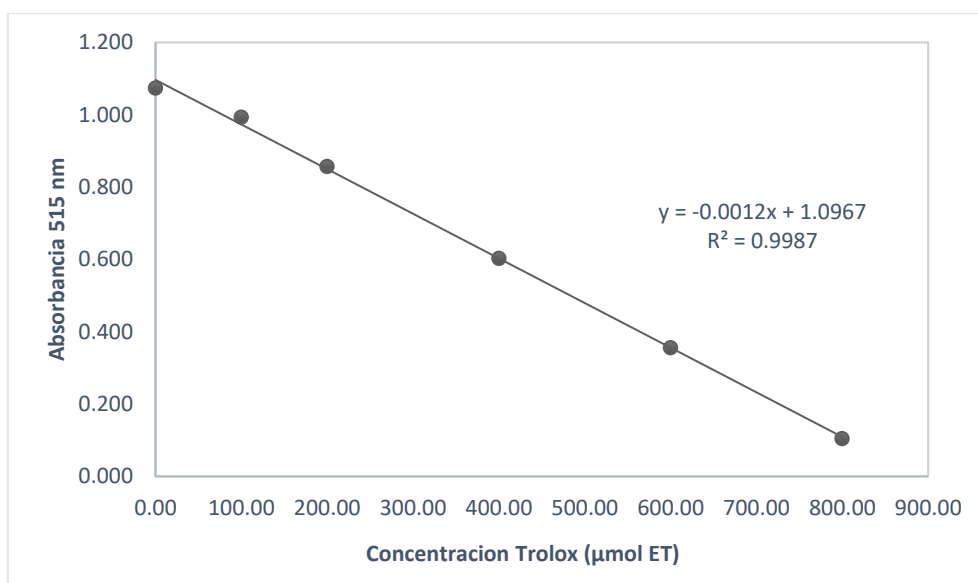
Determinación del contenido de flavonoides en tallos y hojas de *Jatropha macrantha* Müll Arg.

**Anexo 14.** Flujograma para la determinación de la actividad antioxidante por el método DPPH de compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.

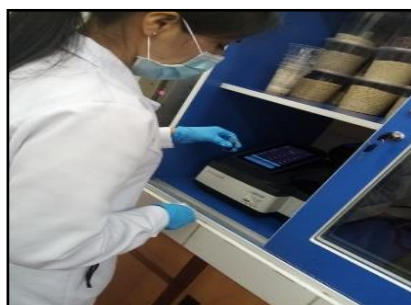




**Anexo 15.** Curva de calibración para determinar la actividad secuestradora del radical libre DPPH, Ayacucho – 2021.

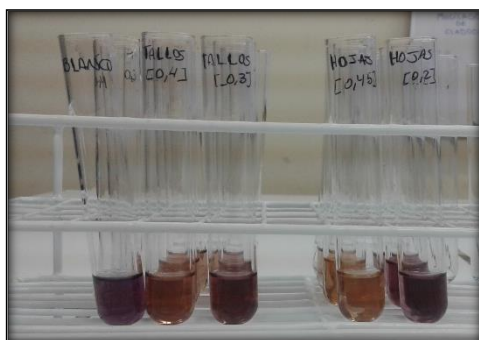


**Anexo 16.** Ensayos para la cuantificación de la actividad antioxidante por el método del secuestro del DPPH de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho 2021.

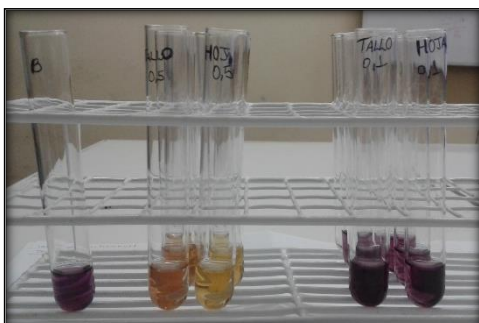


Preparando la solución de trabajo se procedió a realizar las muestras

Realizando lecturas de las absorbancias en el espectrofotómetro a 515 nm

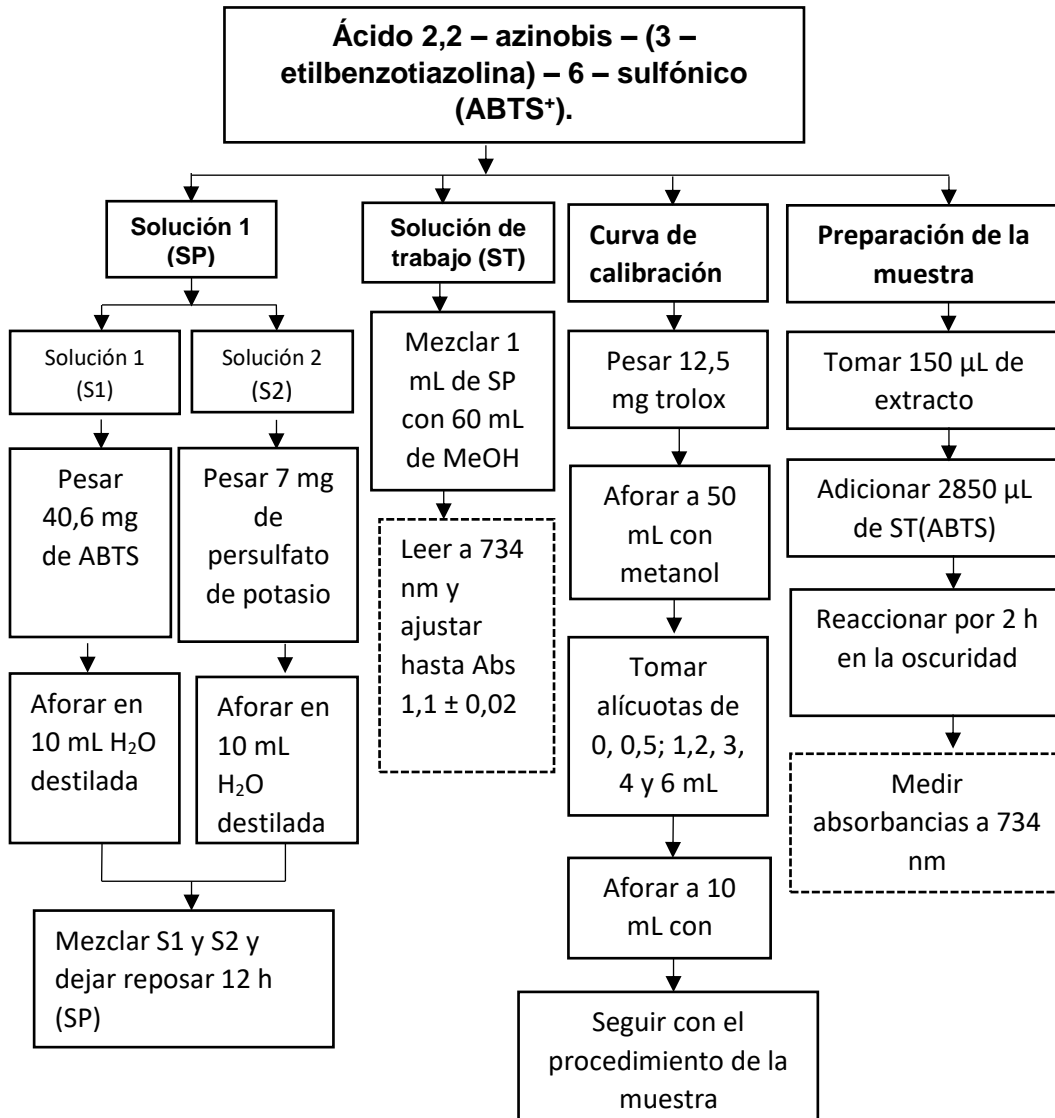


Evaluación de los resultados del secuestro del DPPH por los compuestos fenólicos de tallos y hojas de *Jatropha macrantha* Müll. Arg.

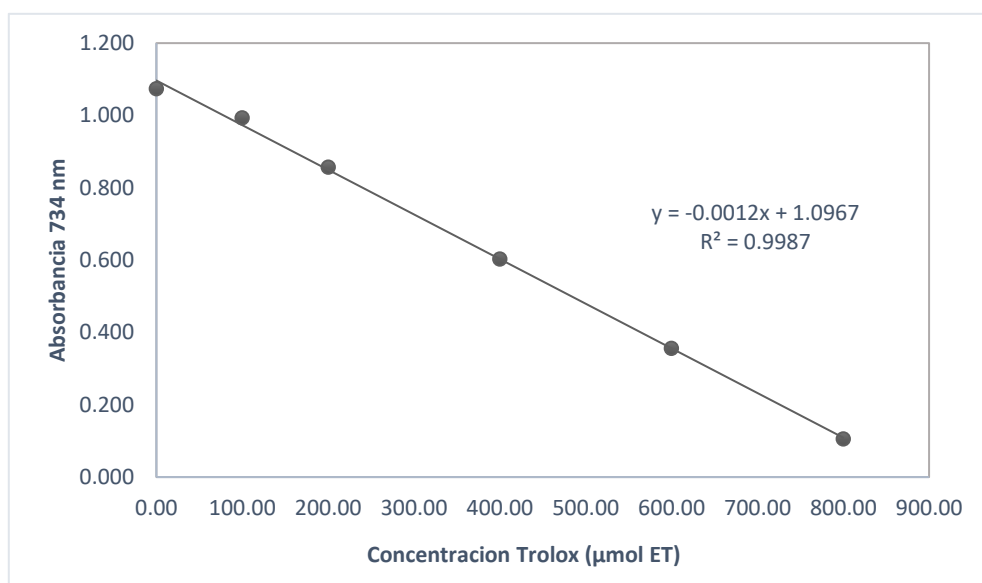


Evaluación IC50 por el método de DPPH de los compuestos fenólicos de tallos y hojas

**Anexo 17.** Flujograma para la determinación de la actividad antioxidante por el método ABTS de compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.



**Anexo 18.** Curva de calibración para determinar el secuestro del radical ABTS, Ayacucho – 2021.



**Anexo 19.** Procedimiento para determinar la actividad antioxidante por el método de secuestro del radical ABTS de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.



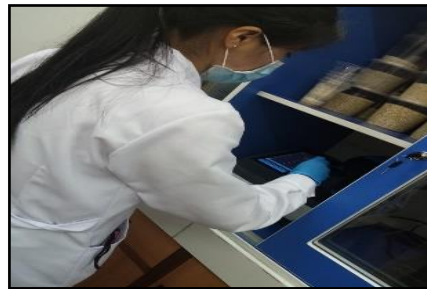
Diluciones de 0; 0,5; 1; 2; 3 ; 4 y 6 ml de Trolox preparado y se aforo a 10 mL.



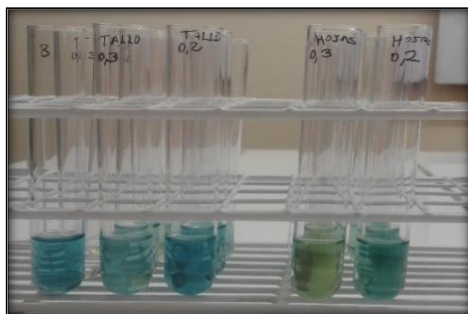
Curva de calibración del ABTS



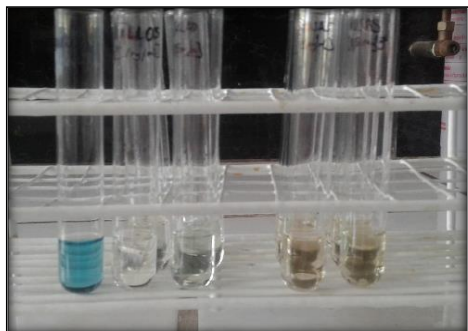
Preparado la solución de trabajo para el ensayo del radical ABTS



Realizando lecturas de absorbancias en el espectrofotómetro a 734 nm

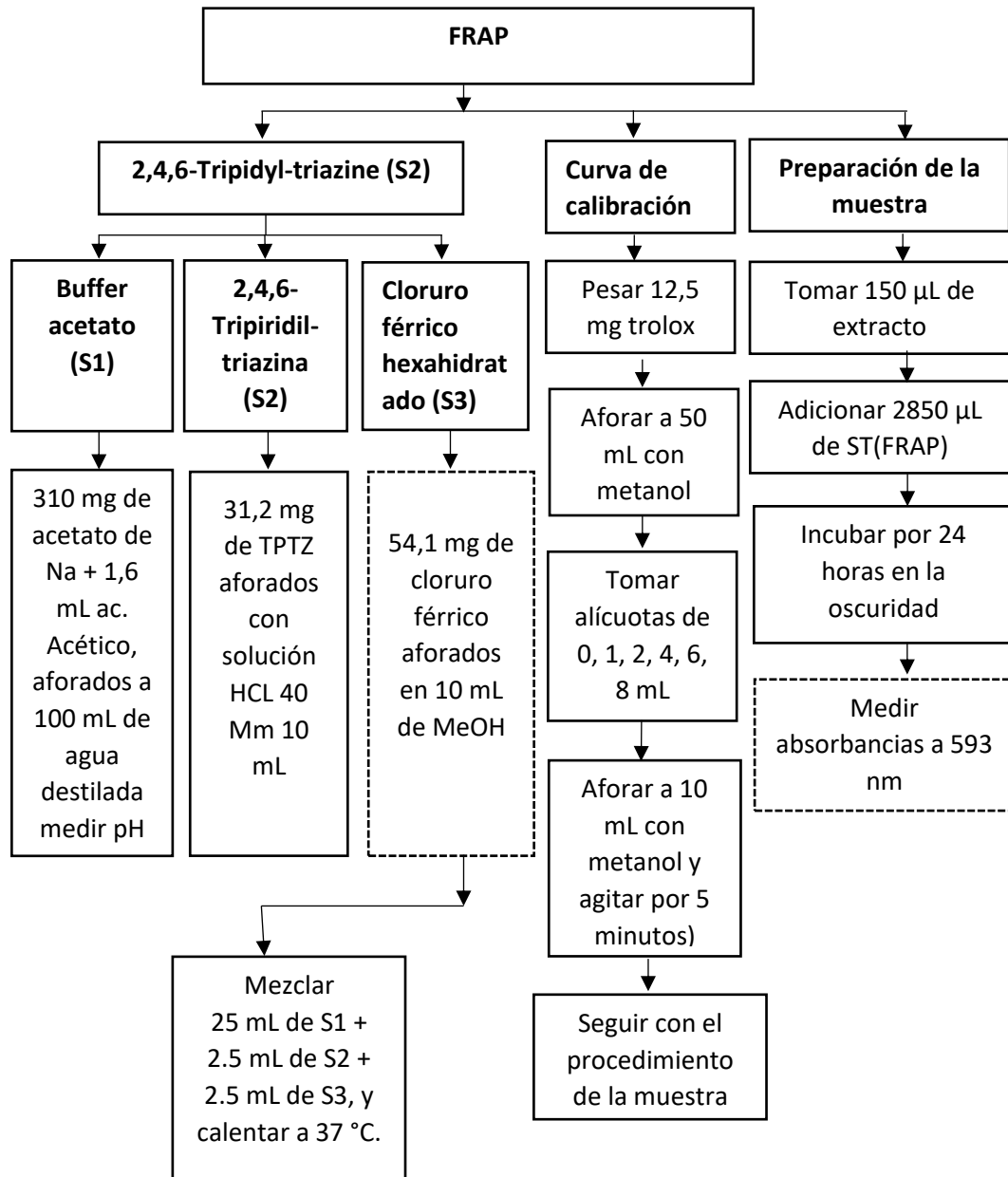


Secuestro del radical libre ABTS por los compuestos fenólicos de tallos y hojas de *Jatropha macrantha* Müll. Arg.

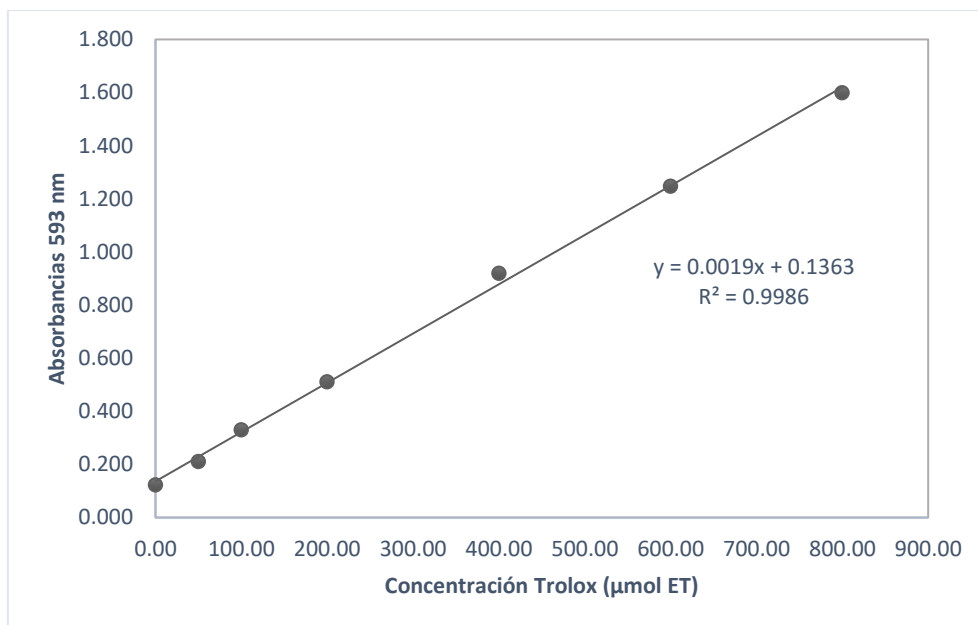


Determinación de la IC50 por el método de ABTS de los compuestos fenólicos de tallos y hojas de *Jatropha macrantha* Müll. Arg.

**Anexo 20.** Flujograma para la determinación de la actividad antioxidante por el método FRAP de compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.



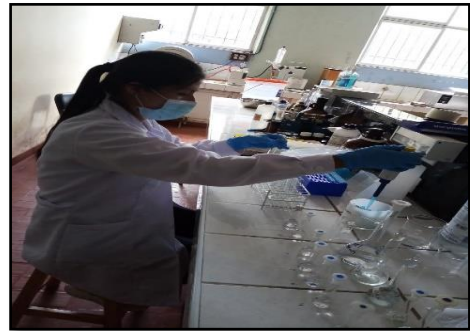
**Anexo 21.** Curva de calibración para determinar el potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP). Ayacucho – 2021.



**Anexo 22.** Procedimiento para la determinación de la actividad antioxidante por el método del potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP) de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.



Preparación de reactivos para la curva de calibración y estándar



Diluciones de 0; 0,5; 1; 2; 3 y 4 ml de trolox y se aforando a 10 mL con metanol



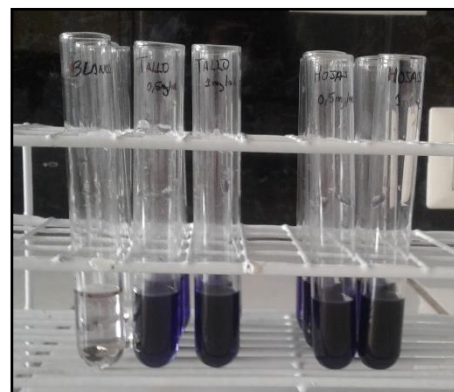
Resultados del ensayo



Aplicando baño maría a 37 C° por 30 minutos en la preparación de la solución de trabajo.



Preparado el ensayo para la determinación de la actividad antioxidante FRAP



Resultados de las muestras del ensayo FRAP de hojas y tallos



**Anexo 23.** Estadística descriptiva de los resultados del contenido de fenoles totales de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. Ayacucho – 2021.

Descriptivo		
	Fenoles Totales Hojas	Fenoles Totales Tallos
N	6	6
Media	309	251
Mediana	309	251
Desviación estándar	5,70	2,50
IQR	6,15	2,52
Mínimo	300	248
Máximo	316	255
Skewness	-0,558	0,422
Std. error skewness	0,845	0845
Kurtosis	-0,116	0,144
Std. error kurtosis	1,74	1,74
Shapiro-Wilk W	0,965	0,978
Shapiro-Wilk p	0,858	0,943

**Anexo 24.** Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para el contenido de fenoles totales en hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.

Prueba T para muestras independientes

		Estadística	df	P	Diferencia significativa	Diferencia SE	Tamaño del efecto
Fenoles Totales	T Student	22,8	10,0	<,001	57,9	2,54	d Cohen 13,2

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)	W	P
Fenoles Totales	0,968	0,889

Prueba de homogeneidad de varianza (Levene)	F	df	df2	P
Fenoles totales	4,02	1	10,0	0,073

**Anexo 25.** Estadística descriptiva de los resultados del contenido de flavonoides de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. Ayacucho - 2021.

Descriptivo

	Flavonoides Hojas	Flavonoides Tallos
N	6	6
Media	106	62,1
Mediana	107	62,3
Desviación de estándar	1,39	1,37
Mínimo	105	60,6
Maximo	108	64,0
Skewness	0,0759	0,0751
Std. error skewness	0,845	0,845
Kurtosis	-1,54	-1,55
Std. error kurtosis	1,74	1,74
Shapiro-Wilk W	0,907	0,907
Shapiro-Wilk p	0,417	0,415

**Anexo 26.** Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para el contenido de flavonoides en hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.

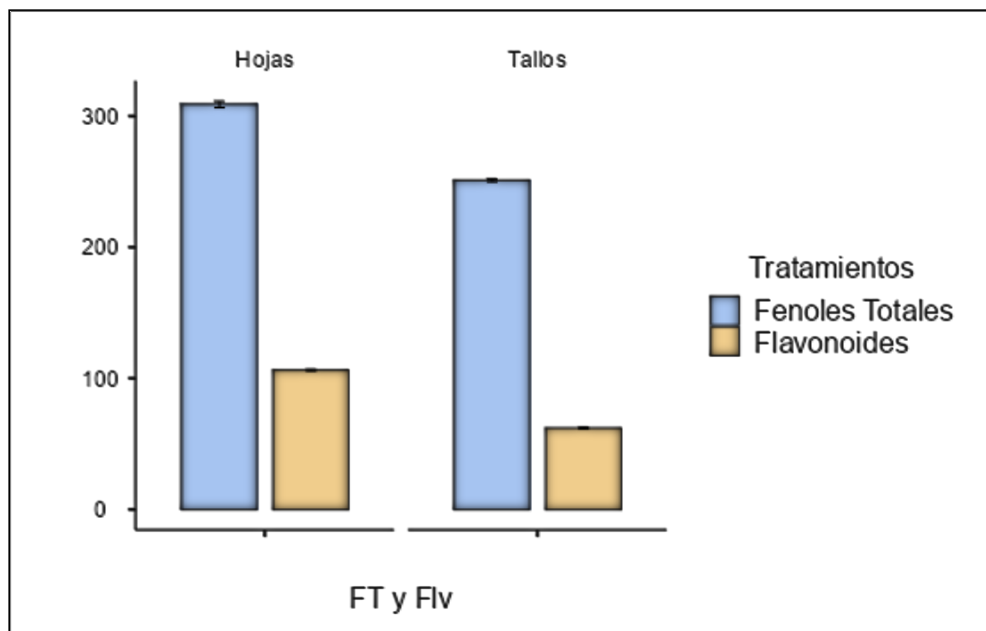
Prueba T para muestras independientes

		Estadística	df	P	Diferencia significativa	Diferencia SE	Tamaño del efecto
Flavonoides	t Student	55,6	10,0	<,001	44,2	0,796	d Cohen 32,1

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)	W	P
Flavonoides	0,863	0,054

Prueba de homogeneidad de varianza (Levene)	F	df	df2	P
Flavonoides	0,00195	1	10,0	0,966

**Anexo 27.** Diagrama de barras del contenido de fenoles totales y flavonoides de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. "huanarpo macho". Ayacucho – 2021.



**Anexo 28.** Estadística descriptiva de los resultados de la capacidad antioxidante equivalente a trolox (TEAC) para el DPPH de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. Ayacucho – 2021.

Descriptivo

	TEAC - DPPH Hojas	TEAC - DPPH Tallos
N	6	6
Media	1544	1266
Mediana	1544	1266
Desviación estándar	8,22	1,09
IQR	10,1	0,765
Mínimo	1532	1265
Máximo	1553	1268
Skewness	-0,316	0,465
Std. error skewness	0,845	0,845
Kurtosis	-0,513	1,24
Std. error kurtosis	1,74	1,74
Shapiro-Wilk W	0,932	0,966
Shapiro-Wilk p	0,595	0,861

**Anexo 29.** Prueba de t Welch, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para la capacidad antioxidante equivalente a trolox (TEAC) del ensayo de DPPH de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.

Prueba T para muestras independientes

		Estadística	df	P	Diferencia significativa	Diferencia a SE	Tamaño del efecto
TEAC DPPH	t Welch	82,0	5,18	<,001	278	3,39	d Cohen 47,4

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)	W	P
DPPH	0,871	0,067

Prueba de homogeneidad de varianza (Levene)	F	df	df2	P
DPPH	6,44	1	10,0	0,029

**Anexo 30.** Estadística descriptiva de los resultados de la capacidad antioxidante equivalente a trolox (TEAC) para el ABTS de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. Ayacucho – 2021.

Descriptivo

	TEAC ABTS-Hojas	TEAC ABTS-Tallos
N	6	6
Media	2149	1838
Mediano	2150	1837
Desviación estándar	8,76	10,6
IQR	11,5	13,8
Mínimo	2137	1823
Máximo	2160	1851
Skewness	-0,238	-0,246
Std. error skewness	0,845	0,845
Kurtosis	-1,42	-1,23
Std. error kurtosis	1,74	1,74
Shapiro-Wilk W	0,954	0,947
Shapiro-Wilk p	0,772	0,715



**Anexo 31.** Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para la capacidad antioxidante equivalente a trolox (TEAC) del ensayo de ABTS de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho – 2021.

Prueba T para muestras independientes

		Estadística	df	P	Diferencia significativa	Diferencia SE	Tamaño del efecto
TEAC ABTS	T Student	5,4	1,0	<,001	311	5,61	d Cohen 32,1

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)	W	P
TEAC ABTS	0,940	0,499

Prueba de homogeneidad de varianza (Levene)	F	df	df2	P
TEAC ABTS	0,396	1	10,0	0,543

**Anexo 32.** Estadística descriptiva de los resultados de la capacidad secuestradora del radical libre DPPH de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg., Ayacucho – 2021.

Descriptivo

	<b>DPPH Hojas</b>	<b>DPPH Tallos</b>
N	6	6
Media	314	188
Mediana	313	189
Desviación estándar	3,47	3,12
IQR	4,17	3,75
Mínimo	311	183
Máximo	320	191
Skewness	0,941	-0,723
Std. error skewness	0,845	0,845
Kurtosis	-0,0605	-0,293
Std. error kurtosis	1,74	1,74
Shapiro-Wilk W	0,919	0,937
Shapiro-Wilk p	0,501	0,635

**Anexo 33.** Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para la capacidad secuestradora del radical libre DPPH de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho - 2021.

Prueba T para muestras independientes

	Estadística	df	P	Diferencia significativa	Diferencia a SE	Tamaño del efecto
DPPH T Student	66,1	10,0	<,001	126	1,91	d Cohen 38,2

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)	W	P
DPPH	0,977	0,968

Prueba de homogeneidad de varianza (Levene)	F	df	df2	P
DPPH	0,0366	1	10,0	0,852

**Anexo 34.** Estadística descriptiva de los resultados de la capacidad secuestradora del radical libre ABTS de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. Ayacucho – 2021.

Descriptivo

	<b>ABTS Hojas</b>	<b>ABTS Tallos</b>
N	6	6
Media	407	364
Mediana	405	364
Desviación estándar	3,26	3,32
IQR	3,17	3,66
Mínimo	404	359
Máximo	412	368
Skewness	1,38	-0,0856
Std. error skewness	0,845	0,845
Kurtosis	1,37	-0,397
Std. error kurtosis	1,74	1,74
Shapiro-Wilk W	0,860	0,986
Shapiro-Wilk p	0,190	0,976

**Anexo 35.** Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para la capacidad secuestradora del radical libre ABTS de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho - 2021.

Prueba T para muestras independientes

		Estadística	df	P	Diferencia significativa	Diferencia SE	Tamaño del efecto
ABTS	t Student	22,6	10,0	<,001	42,9	1,90	d Cohen 13,4

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)	W	P
ABTS	0,961	0,792

Prueba de homogeneidad de varianza (Levene)	F	df	df2	P
ABTS	0,00501	1	10,0	0,945

**Anexo 36.** Estadística descriptiva de los resultados de potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP) de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. Ayacucho – 2021.

Descriptivo

	<b>FRAP Hojas</b>	<b>FRAP Tallos</b>
N	6	6
Media	315	232
Mediana	315	231
Desviación estándar	2,12	1,19
IQR	2,50	1,32
Mínimo	312	230
Máximo	318	234
Skewness	0131	0,965
Std. error skewness	0,845	0,845
Kurtosis	-1,06	-0,115
Std. error kurtosis	1,74	1,74
Shapiro-Wilk W	0,959	0,904
Shapiro-Wilk p	0,810	0,399

**Anexo 37.** Prueba de t Student, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y prueba de homogeneidad de varianza para el potencial antioxidante reductor del hierro (FRAP) de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”, Ayacucho - 2021.

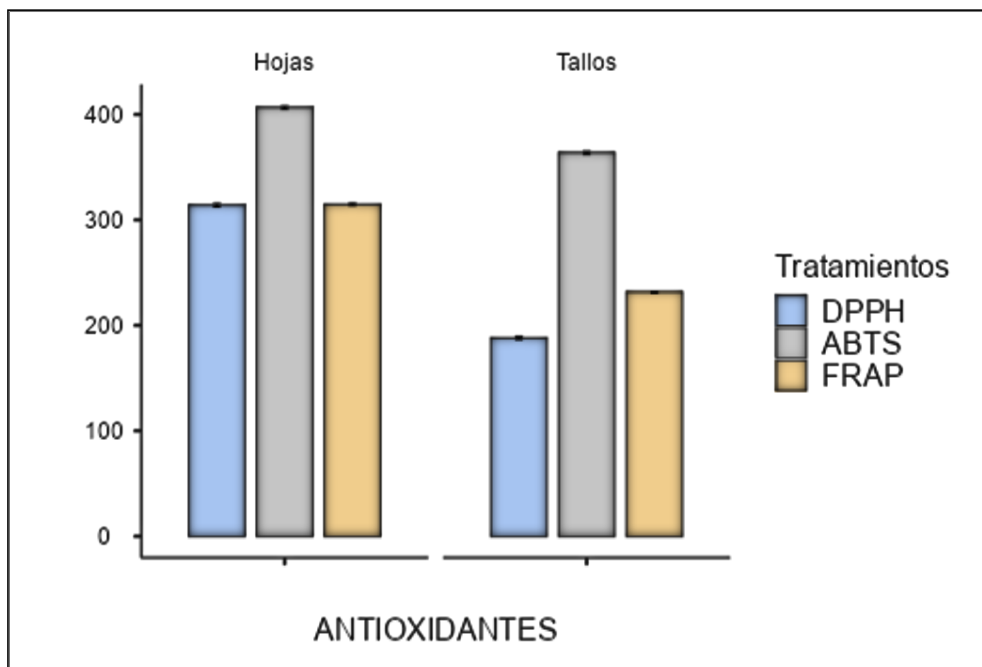
Prueba T para muestras independientes

		Estadística	df	P	Diferencia significativa	Diferencia SE	Tamaño del efecto
FRAP	t Student	83,8	10,0	<,001	83,2	0,993	d Cohen 48,4

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)	W	P
FRAP	0,963	0,819

Prueba de homogeneidad de varianza (Levene)	F	df	df2	P
FRAP	3,42	1	10,0	0,094

**Anexo 38.** Gráfico de barras de la actividad antioxidante según los modelos de DPPH, ABTS y FRAP de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. “huanarpo macho”. Ayacucho – 2021.





Anexo 39. Matriz de consistencia

Efecto antioxidante de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho". Ayacucho - 2021.					
PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Tendrá efecto antioxidante los compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho" Ayacucho - 2021?	<p><b>Objetivos generales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el efecto antioxidante de los compuestos fenólicos de las hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho".</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el screening fitoquímico para la identificación de los metabolitos secundarios presentes en hojas y tallos; y su identificación por HPLC.</li> <li>• Determinar el contenido de compuestos fenólicos: fenoles totales de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho".</li> <li>• Determinar el contenido de compuestos fenólicos: flavonoides de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho".</li> <li>• Establecer la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos con modelos de DPPH, ABTS y FRAP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de compuestos fenólicos</li> <li>• Ácidos fenólicos</li> <li>• Flavonoides</li> <li>• Taninos</li> <li>• Cumarinas</li> <li>• Capacidad antioxidante de polifenoles</li> <li>• Impacto de los antioxidantes en el organismo</li> <li>• Formación de radicales libres.</li> <li>• Métodos de la capacidad antioxidante</li> </ul>	<p>H<sub>0</sub>: Los compuestos fenólicos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho" no poseen efecto antioxidante.</p> <p>H<sub>a</sub>: Los compuestos fenólicos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho" Si poseen efectos antioxidantes</p>	<p><b>Variable:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Independiente</b> Compuestos fenólicos de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho"</li> <li>• <b>Indicadores</b> Concentración de un gramo de muestra</li> <li>• <b>Variable dependiente</b> Efecto antioxidante</li> <li>• <b>Indicadores</b> -Captación del radical libre DPPH expresado como µmol ET/g de extracto. -Capitación del radical libre ABTS expresado como µmol ET/g de extracto. -Capacidad reductora del hierro (FRAP) expresado como µmol ET/g de extracto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tipo de investigación:</b> Básico -ZDescriptivo</li> <li>• <b>Diseño de investigación</b> Libre</li> <li>• <b>Población</b> Integrada por hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho", del distrito de Lampa ubicado a 2464 m.s.n.m. provincia del Paúcar del Sara Sara, departamento de Ayacucho.</li> <li>• <b>Muestra</b> Integrada por 300 g de hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho".</li> <li>• <b>Unidad experimental</b> Hojas y tallos de <i>Jatropha macrantha</i> Müll. Arg. "huanarpo macho"</li> <li>• <b>Procedimiento:</b> -Método de Folin-ciocalteau para determinar fenoles totales -Método de cloruro de aluminio para determinar flavonoides Determinación de la capacidad antioxidantes -Método colorimétrico del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) -Método colorimétrico del radical 2,2azino-bis(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfonato de amonio (ABTS). -Método de reducción del hierro (FRAP).</li> <li>• <b>Análisis de datos:</b> Se procedió a evaluar mediante el t de Studen a un nivel de confianza de 95% con el método de comparación de pruebas independientes para cada muestra.</li> </ul>



**UNSCH**

**FACULTAD DE  
CIENCIAS DE LA SALUD**

**ESCUELA PROFESIONAL DE  
FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**DOCENTES INSTRUCTORES  
DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**



## **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD PRIMERA INSTANCIA DE TRABAJO DE TESIS**

El suscrito docente – instructor responsable de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica designado por Resolución Decanal N° 068 – 2021 – UNSCH – FCSEA/D de fecha 30 de abril de 2021, deja constancia que el trabajo de tesis titulado:

**“Efecto antioxidante de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. “huanarpo macho”. Ayacucho 2020”**

Autor: Bach. Viky HUAMAN CASTRO

Asesor: Profesor Johnny Aldo TINCO JAYO

Ha sido sometido al análisis del sistema antiplagio TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **22 % de Índice de Similitud**.

Por lo que, de acuerdo con el porcentaje establecido en el Artículo 13 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga es procedente conceder **la Constancia de Originalidad en Primera Instancia**.

Ayacucho, 30 de diciembre de 2021



Firmado digitalmente por:  
AGUILAR FELICES ENRIQUE  
JAVIER  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 30/12/2021 18:46:46-0500

**Mg. Enrique Javier AGUILAR FELICES**  
**Docente – Instructor**



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe docente instructor responsable de verificar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis en segunda instancia de la Facultad de Ciencias de la Salud, deja constancia que el trabajo de tesis titulado:

“Efecto antioxidante de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Mull. “huanarpo macho”. Ayacucho 2020”

Autor: **HUAMAN CASTRO, Viky**

Asesor(a) : **Dr. TINCO JAYO Johnny Aldo**

Ha sido verificado y sometido al análisis CON DEPOSITO mediante el sistema TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **22 % de similitud**.

Por lo que, de acuerdo con el porcentaje establecido en el Artículo 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga es procedente conceder la Constancia de Originalidad con Deposito.

Ayacucho, 31 de diciembre de 2021.

Firmado digitalmente por  
Dr. Emilio G. Ramírez Roca  
Fecha: 2021.12.31 10:48:31  
-05'00'

-----  
Dr. Emilio Ramírez Roca  
RESPONSABLE

Efecto antioxidante de los  
compuestos fenólicos de hojas  
y tallos de *Jatropha macrantha*  
Mull. “huanarpo macho”.  
Ayacucho 2020  
*por Viky Huaman Castro*

---

**Fecha de entrega:** 31-dic-2021 10:09a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1736659456

**Nombre del archivo:** BORRADOR\_TESIS\_VIKY\_HUAMAN\_C.pdf (2.8M)

**Total de palabras:** 20091

**Total de caracteres:** 103949

# Efecto antioxidante de los compuestos fenólicos de hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Mull. "huanarpo macho". Ayacucho 2020

## INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	8%
2	<a href="http://fondecyt.gob.pe">fondecyt.gob.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://dspace.utpl.edu.ec">dspace.utpl.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe">revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://repositorio.uigv.edu.pe">repositorio.uigv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

9	<a href="http://www.silae.it">www.silae.it</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://rdr.io">rdr.io</a> Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to unach Trabajo del estudiante	<1 %
13	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://zagan.unizar.es">zagan.unizar.es</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="http://revistas.unicolmayor.edu.co">revistas.unicolmayor.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://investigadores.unison.mx">investigadores.unison.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://repositorio.utp.edu.co">repositorio.utp.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

<1 %

21

[www.scielo.org.mx](http://www.scielo.org.mx)

Fuente de Internet

<1 %

22

[doi.org](http://doi.org)

Fuente de Internet

<1 %

23

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

24

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

25

[www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)

Fuente de Internet

<1 %

26

[moam.info](http://moam.info)

Fuente de Internet

<1 %

27

[repositorio.unsa.edu.pe](http://repositorio.unsa.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to Universidad Catolica De Cuenca

Trabajo del estudiante

<1 %

29

[1library.co](http://1library.co)

Fuente de Internet

<1 %

30

[planeacion.unison.mx](http://planeacion.unison.mx)

Fuente de Internet

<1 %

31

[tauja.ujaen.es](http://tauja.ujaen.es)

Fuente de Internet

<1 %

32

Marcos Leon-Bejarano, Maribel Ovando-Martínez, Claudia Celeste Molina-Domínguez, Rosario Alejandro Trasviña-Mendoza et al. "Identificación y Actividad Antioxidante de los Compuestos Fenólicos de *Jatropha cardiophylla* (Torr.) Müll. Arg.", TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 2021

Publicación

<1 %

33

[revistas.ups.edu.ec](http://revistas.ups.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

34

[sedici.unlp.edu.ar](http://sedici.unlp.edu.ar)

Fuente de Internet

<1 %

35

[vsip.info](http://vsip.info)

Fuente de Internet

<1 %

36

[www.uv.mx](http://www.uv.mx)

Fuente de Internet

<1 %

37

Submitted to Sheffield Hallam University

Trabajo del estudiante

<1 %

38

[repositorio.uchile.cl](http://repositorio.uchile.cl)

Fuente de Internet

<1 %

39

[www.revistas.unitru.edu.pe](http://www.revistas.unitru.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %



Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words