

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



TESIS:

Capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de *Curcuma longa* L. “cúrcuma” del VRAEM

**Para optar el título profesional de:
QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**PRESENTADO POR:
Bach. Mirian Magali QUINTAS VALENCIA**

**ASESOR:
Dr. Q.F. Enrique Javier AGUILAR FELICES**

AYACUCHO - PERÚ

2026

A mis padres y mis hermanas por
brindarme su apoyo incondicional
motivándome a seguir cumpliendo
mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por, ser la segunda casa de estudio fundada en el Perú.

A la Facultad de Ciencias de la Salud, en especialmente a la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica que me permitieron formarme profesionalmente en el transcurso de mis años académicos y a todos los docentes por sus sabias enseñanzas.

Al Dr. Q.F. Enrique Javier Aguilar Felices por su indispensable colaboración y asesoramiento durante el proceso de elaboración de esta tesis, así como por brindarme la oportunidad de acceder a su amplia experiencia en el campo de la investigación

Al Dr. Q.F. Johnny Aldo Tinco Jayo, docente de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la UNSCH, por el apoyo y las sugerencias.

A la Mg. Q.F. Kirianova Godoy Bautista, docente de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la UNSCH, por el apoyo y las sugerencias en la etapa de la investigación.

Agradezco a todos aquellos que de una otra manera, contribuyeron con su tiempo y confiaron en mí.

ÍNDICE GENERAL

	Página.
ABREVIATURAS EMPLEADAS	ix
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LA PERSPECTIVA TEÓRICA	3
2.1. Marco Referencial	3
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i>	3
2.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i>	8
2.1.3. <i>Antecedentes Locales</i>	10
2.2. Marco Teórico	11
2.2.1. <i>Curcuma longa L. “Cúrcuma”</i>	11
2.2.2. <i>Compuestos fenólicos</i>	16
2.2.3. <i>Curcuminoides</i>	18
2.2.4. <i>Carotenoides</i>	20
2.2.5. <i>Radicales libres</i>	24
2.2.6. <i>El antioxidante</i>	25
2.3. Marco conceptual	27
2.3.1. <i>Fenoles totales</i>	27
2.3.2. <i>Flavonoides</i>	27
2.3.3. <i>Carotenoides</i>	27
2.3.4. <i>Curcuminoides</i>	27
2.3.5. <i>Ensayo DPPH</i>	27
2.3.6. <i>Ensayo ABTS</i>	28
2.3.7. <i>Ensayo de FRAP</i>	28
2.3.8. <i>Radicales libres</i>	28
2.3.9. <i>Actividad antioxidante</i>	28
2.4. Marco Ético y Legal	28
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Alcance de Investigación	29
3.2. Diseño de investigación	29
3.3. Unidad de Análisis	29
3.4. Población de Estudio	29
3.5. Muestra	29
3.6. Criterios de selección	29
3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	30

3.8. Procedimiento para la recolección de datos	30
3.9. Análisis de Datos	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	35
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	39
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	47
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	63

ABREVIATURAS EMPLEADAS

ABTS	2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfónico
°C	Grados Centígrados o Celsius
CE	Equivalente de catequina
DPPH	1,1-difenil-picril-hidrazilo
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
g	Gramo
GAE	Equivalente de ácido gálico
mg	Miligramo
mL	Mililitro
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
PROVRAEM	Proyecto Especial de Desarrollo del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro
ppm	Partes por millón
QE	Equivalente a quercetina
µg	Microgramo
µmoles	Micromoles
µL	Microlitro
TPTZ	2,4,6 – tripiridil – triazina
TE	Equivalente a trolox
TPC	Contenido fenólico total
TFC	Contenido total de flavonoides
TAA	Actividad antioxidante total
TCC	Contenido total de carotenoides
UV-VIS	Ultravioleta visible
UHPLC	Ultra Cromatografía Líquida de Alta Resolución por sus siglas en inglés
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).
VRAEM	Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro

ÍNDICE DE TABLAS

		Página.
Tabla 1	Características fisicoquímicas del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L.	12
Tabla 2	Composición nutricional del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L.	13-14
Tabla 3	Compuestos bioactivos del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L.	14
Tabla 4	Estudios farmacológicos de la <i>Curcuma longa</i> L.	15
Tabla 5	Características físicas del rizoma de dos variedades de <i>Curcuma longa</i> L.	16
Tabla 6	Actividades biológicas de los carotenoides en el ser humano	21
Tabla 7	Clasificación de los carotenoides	22
Tabla 8	Presencia de los carotenoides en diferentes alimentos	23
Tabla 9	Contenido de fenoles totales, flavonoides, curcuminoides y carotenoides del extracto hidroalcohólico del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. de tres localidades del VRAEM	35
Tabla 10	Capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. de tres localidades del VRAEM	36
Tabla 11	Matriz de correlación entre el contenido de fenoles totales, flavonoides, curcuminoides, carotenoides y capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1 Estructura básica del fenol	17
Figura 2 Estructura básica de los flavonoides	17
Figura 3 Estructuras químicas de los compuestos principales de la cúrcuma	19
Figura 4 Estructura química de la curcumina	20
Figura 5 Estructura básica del β -caroteno	23
Figura 6 La jerarquía de los diferentes antioxidantes	26

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página.
Anexo 1 Constancia de la clasificación taxonómica	63
Anexo 2 Recolección de las muestras del rizoma, durante el año 2025 en las localidades de Anchiuay, Rosario y San Pedro, pertenecientes a la provincia de La Mar, en el departamento de Ayacucho, Perú	64
Anexo 3 Usos terapéuticos y biomoléculas de la <i>Curcuma longa</i> L.	65
Anexo 4 Ubicación geográfica de <i>Curcuma longa</i> L. en Sudamérica	66
Anexo 5 Ubicación geográfica de la zona de recolección del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L., en el distrito de Ayna, provincia de La Mar del departamento de Ayacucho	67
Anexo 6 Esquema de la clasificación de los compuestos fenólicos	68
Anexo 7 Clasificación de los métodos para determinar la actividad antioxidante	69
Anexo 8 Pesado y secado del rizoma. de tres localidades del VRAEM	70
Anexo 9 Obtención del extracto hidroalcohólico del rizoma	71
Anexo 10 Preparación de las soluciones a partir del extracto hidroalcohólico	72
Anexo 11 Método para la determinación del contenido de fenoles totales	73
Anexo 12 Curva de calibración del ácido gálico	74
Anexo 13 Preparación de muestras para la determinación del contenido de fenoles totales	75
Anexo 14 Método para la determinación de la cuantificación de flavonoides	76
Anexo 15 Curva de calibración de la quercetina	77
Anexo 16 Preparación de muestras para la determinación del contenido de flavonoides	78
Anexo 17 Curva de calibración obtenida a partir del estándar de curcumina	79
Anexo 18 Preparación de diluciones estándar para la elaboración de la curva de calibración de la curcumina	80

Anexo 19	Preparación de muestras para la determinación del contenido de carotenoides	81
Anexo 20	Curva espectral para definir la longitud de onda de máxima absorción del estándar de la curcumina	82
Anexo 21	Curva espectral para definir la longitud de onda de máxima absorción para la determinación del contenido de carotenoides de la localidad de Anchiuay	83
Anexo 22	Curva espectral para definir la longitud de onda de máxima absorción para la determinación del contenido de carotenoides de la localidad de Rosario	84
Anexo 23	Procedimiento para la cuantificación de la capacidad antioxidante mediante el método de DPPH	85
Anexo 24	Curva de calibración de Trolox para la determinación del método de DPPH.	86
Anexo 25	Preparación de muestras para la evaluación de la actividad antioxidante mediante el método de DPPH	87
Anexo 26	Procedimiento para la cuantificación de la capacidad antioxidante mediante el método de ABTS	88
Anexo 27	Curva de calibración del Trolox para la determinación del método ABTS	89
Anexo 28	Preparación de muestras para la evaluación de la actividad antioxidante mediante el método ABTS	90
Anexo 29	Preparación de muestras para la evaluación de la actividad antioxidante mediante el método de FRAP	91
Anexo 30	Curva de calibración del Trolox para determinación del reductor antioxidante del hierro (FRAP)	92
Anexo 31	Preparación de muestras para la evaluación de la actividad antioxidante mediante el método de FRAP	93
Anexo 32	Análisis de la varianza del contenido de fenoles totales y flavonoides	93
Anexo 33	Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para determinar la diferencia significativa del contenido de fenoles totales y flavonoides	94

Anexo 34	Análisis de varianza para determinar la concentración de curcuminoides	94
Anexo 35	Análisis de comparación múltiples de Tukey para determinar la concentración de curcuminoides	94
Anexo 36	Análisis de la varianza de los carotenoides	94
Anexo 37	Análisis de la comparación múltiples de Tukey para determinar el contenido de carotenoides	95
Anexo 38	Análisis de varianza de la capacidad antioxidante mediante el método de DPPH, ABTS y FRAP	95
Anexo 39	Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para determinar la diferencia significativa de la capacidad antioxidante mediante el método de DPPH, ABTS y FRAP	95
Anexo 40	Análisis de la varianza del porcentaje de la capacidad secuestradora del radical DPPH y ABTS	96
Anexo 41	Matriz de definición y operacionalización de variables	97
Anexo 42	Matriz de consistencia	98

RESUMEN

El cultivo de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) en el VRAEM del Perú ha experimentado un crecimiento significativo debido a su alto contenido en compuestos bioactivos, particularmente polifenoles y curcuminoides que le otorgan capacidad antioxidante. La presencia de estas moléculas le confieren actividad bioactiva y potencial para ser empleado en la industria farmacéutica y nutracéutica como aditivo alimentario. El estudio tuvo como objetivo determinar el contenido de fenoles totales, flavonoides, pigmentos como curcuminoides y carotenoides; y capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP del rizoma de *Curcuma longa* L. de tres localidades del VRAEM. Se realizó un estudio descriptivo y transversal, para el cual, se utilizó un extracto hidroalcohólico de los rizomas. El rizoma proveniente de Rosario presentó los valores más elevados: fenoles totales ($374.06 \pm 3,59$ mg GAE/g de extracto), flavonoides ($229,04 \pm 3,18$ mg EQ/g de extracto), curcuminoides ($33,26$ mg/g y $3,3\%$), carotenoides ($43,04 \pm 0,22$ μ g/g) y su capacidad antioxidante con los métodos DPPH ($294,69 \pm 0,82$ μ moles ET/g de muestra y $36,22 \pm 0,09$ % AA), ABTS ($363,83 \pm 0,84$ μ moles ET/g de muestra y $56,87 \pm 0,11$ % AA) y FRAP ($302,47 \pm 0,73$ μ moles ET/g de muestra), respectivamente. Asimismo, el análisis de correlación de Pearson evidenció una asociación positiva entre el contenido de carotenoides y la capacidad antioxidante (DPPH, $r = 0,999$; ABTS, $r = 0,981$ y FRAP, $r = 0,999$). En conclusión, la localidad de Rosario presentó una mayor concentración de fenoles totales, flavonoides, curcuminoides, carotenoides y capacidad antioxidante.

Palabras clave: Fenoles totales, flavonoides, curcuminoides, carotenoides, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

The cultivation of turmeric (*Curcuma longa* L.) in Peru's VRAEM region has experienced significant growth due to its high content of bioactive compounds, particularly polyphenols and curcuminoids, which confer antioxidant capacity. The presence of these molecules confers bioactive properties and the potential for use in the pharmaceutical and nutraceutical industries as a food additive. The objective of this study was to determine the content of total phenols, flavonoids, and pigments such as curcuminoids and carotenoids, as well as antioxidant capacity using the DPPH, ABTS, and FRAP methods, in the rhizomes of *Curcuma longa* L. from three locations in the VRAEM. A descriptive, cross-sectional study was conducted using a hydroalcoholic extract of the rhizomes. The rhizome from Rosario exhibited the highest values: total phenols (374.06 ± 3.59 mg GAE/g of extract), flavonoids (229.04 ± 3.18 mg EQ/g of extract), curcuminoids (33.26 mg/g and 3.3%), carotenoids (43.04 ± 0.22 μ g/g), and antioxidant capacity as measured by the DPPH method (294.69 ± 0.82 μ mol ET/g of sample and $36.22 \pm 0.09\%$ AA), ABTS (363.83 ± 0.84 μ mol ET/g of sample and $56.87 \pm 0.11\%$ AA), and FRAP (302.47 ± 0.73 μ mol ET/g of sample), respectively. Furthermore, Pearson's correlation analysis revealed a positive association between carotenoid content and antioxidant capacity (DPPH, $r = 0.999$; ABTS, $r = 0.981$; and FRAP, $r = 0.999$). In conclusion, the Rosario site had higher concentrations of total phenols, flavonoids, curcuminoids, and carotenoids, as well as higher antioxidant capacity.

Keywords: Total phenols, flavonoids, curcuminoids, carotenoids, antioxidant capacity.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha evidenciado un incremento por el interés científico orientado a la identificación de compuestos bioactivos en plantas medicinales, debido a su potencial terapéutico y su importancia en la prevención de enfermedades crónicas relacionadas con el estrés oxidativo. Estas especies vegetales representan una alternativa de gran importancia, ya que contienen una amplia diversidad de metabolitos secundarios con propiedades bioactivas (Ahmad Dar et al., 2023).

Curcuma longa L. (cúrcuma o palillo), procedente del Sudeste Asiático, se cultiva ampliamente en zonas tropicales y ha sido utilizada durante siglos en la medicina tradicional (Li, 2011). El rizoma es la parte más estudiada, debido a que se concentran diversos compuestos bioactivos, tales como ácidos fenólicos, flavonoides, carotenoides y curcuminoides. Se ha demostrado que estos metabolitos secundarios presentan propiedades antioxidantes (Jayaprakasha et al., 2006). Entre los curcuminoides destacan la curcumina, la demetoxicurcumina y la bisdemetoxicurcumina, los cuales han sido extensamente investigados por presentar propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antitumorales (Amalraj et al., 2017).

Un antioxidante se define como un compuesto que contrarresta la acción de oxidación de los radicales libres, ya sea donando electrones o mediante otros mecanismos que interrumpen las reacciones oxidativas. (Vázquez-Ovando et al., 2022)

En el Perú, particularmente en la región del VRAEM, la cúrcuma se cultiva bajo condiciones agroecológicas favorables, las cuales podrían influir significativamente en sus compuestos bioactivos. En este contexto, el Proyecto Palillo en el VRAEM, impulsado por el MIDAGRI en coordinación con el PROVRAEM, promueven activamente el cultivo y la comercialización de esta especie (Proyecto Especial de Desarrollo del Valle de los ríos Apurímac, 2023). Sin embargo, hasta la fecha, no se han desarrollado estudios que evalúen de manera cuantitativa la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos bioactivos de la cúrcuma cultivados en el VRAEM.

Frente a esta situación, surge la necesidad de investigar la concentración de fenoles totales, flavonoides, curcuminoides, carotenoides y la capacidad antioxidante de la *Curcuma longa* L. “cúrcuma”, para el cual, se seleccionó a tres localidades del

VRAEM. Esto permitirá generar evidencia científica actualizada, que profundice en el conocimiento de sus propiedades funcionales y en sus potenciales aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y fitoterapéutica, contribuyendo así a la valorización y aprovechamiento integral de este cultivo emergente en el VRAEM.

Por ello, el presente estudio plantea los objetivos que se detallan a continuación:

Objetivo General

Determinar la capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de *Curcuma Longa* L. “cúrcuma” de tres localidades del VRAEM.

Objetivo Específicos

1. Determinar el contenido de fenoles totales y flavonoides del rizoma de tres localidades del VRAEM.
2. Medir la concentración de pigmentos, como los curcuminoides y carotenoides en los rizomas de tres localidades del VRAEM.
3. Evaluar la capacidad antioxidante del rizoma de tres localidades mediante los ensayos de DPPH, ABTS y FRAP.
4. Correlacionar la capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales, flavonoides y pigmentos del rizoma de tres localidades del VRAEM

CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LA PERSPECTIVA TEÓRICA

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Freitas et al. (2023), realizaron un estudio de análisis comparativo de los compuestos bioactivos del rizoma fresco (*Curcuma longa* L.) y su condimento en polvo. Tuvo como objetivo, comparar el contenido de compuestos bioactivos encontrados en el rizoma fresco y seco (condimento comercial en polvo). Para la determinación del contenido de compuestos bioactivos, específicamente para carotenoides se cuantificó mediante el método de Rodríguez Amaya con algunas variaciones, el contenido de flavonoides fue determinado de acuerdo con la metodología descrita por Lees y Francis (1972). Asimismo, la cuantificación de fenoles totales por el método de Folin – Ciocalteu, se empleó un espectrofotómetro UV - Vis. Los resultados obtenidos evidenciaron un alto contenido de fenoles totales ($485,34 \pm 43,08$ mg GAE g⁻¹ en fresco y $375,72 \pm 25,77$ mg GAE g⁻¹ en seco), seguidamente para el contenido de flavonoides evidenciaron ($179,33 \pm 1,17$ mg/100 g⁻¹ en fresco y $165,56 \pm 0,82$ mg/100 g⁻¹ en seco). Por otro lado, la concentración de carotenoides, expresada como β -caroteno fue de ($41,88 \pm 3,76$ g⁻¹ en fresco y $35,49 \pm 5,00$ g⁻¹ en seco). Concluyeron que el rizoma fresco presentó un alto contenido de fenoles totales, flavonoides y carotenoides.

Moulick et al. (2023), realizaron una investigación sobre las características nutricionales y actividad antirradicalaria de la cúrcuma (*Curcuma longa* L.), la remolacha (*Beta vulgaris* L.) y la zanahoria (*Daucus carota* L.) cultivadas en Bangladesh. El estudio tuvo como objetivo determinar su contenido nutricional y fitoquímico para revelar sus composiciones nutricionales comparativas y propiedades antirradicales. Obtuvieron un extracto metanólico del rizoma de la cúrcuma, el contenido de fenoles totales (TPC) fue determinado por el método de Folin – Ciocalteu, de flavonoides (TFC) por el de cloruro de aluminio y carotenoides según S. Panpraneecharoen et al. con algunas modificaciones, mientras que, la actividad antioxidante se evaluó mediante el método del radical libre DPPH. Correlacionaron la actividad antioxidante, fenoles totales, flavonoides y contenido total de carotenoides

mediante el análisis de correlación de Pearson. Los resultados mostraron que la cúrcuma presentó fenoles totales ($200,99 \pm 2,45$ mg GAE/g de extracto), de flavonoides ($70,53 \pm 3,21$ mg QE/g de extracto), contenido total de carotenos ($30,276 \pm 4,83$ mg/kg de polvo seco) y respecto a la actividad antioxidante ($105,85 \pm 1,09$ mg AAE/g de extracto y una CI_{50} de $13,46 \mu\text{g}/\text{mL}$), respectivamente. Se evidenció una fuerte correlación positiva entre TAA y TPC; TPC y DPPH; TFC y DPPH; TAA y DPPH; TFC y TAA; así como entre TFC y TPC, todas con valores de significancia (estadística p^*). Asimismo, se observó una correlación positiva moderada entre TAA y TCC, también significativa ($p=0,008$). Concluyeron que la cúrcuma presentó un mayor contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides, actividad antioxidante y contenido de carotenoides, lo que evidencia su notable potencial bioactivo.

Gutiérrez et al. (2023), realizaron una investigación teniendo como objetivo evaluar la concentración de polifenoles y curcuminoides, así como determinar la actividad antioxidante presente en los residuos de destilación del aceite esencial de *Curcuma longa* L. La metodología para la cuantificación de curcuminoides totales se realizó mediante espectrofotometría UV-VIS, la determinación de los fenoles totales se realizó con el método de Folin – Ciocalteu y la evaluación de la actividad antioxidante se realizó mediante los métodos DPPH y ABTS. La extracción del aceite esencial se realizó mediante la destilación por arrastre de vapor utilizando un equipo de Clevenger, empleándose posteriormente los residuos obtenidos para los análisis correspondientes. Los resultados evidenciaron un contenido de curcuminoides ($51,750 \pm 0,065$ mg/g y 5,18 %), el contenido de fenoles totales muestra al 90% ($659,178 \pm 42,463 \mu\text{g}/\text{g}$). Asimismo, la actividad antioxidante presentó valores de CI_{50} ($13,3 \mu\text{g}/\text{mL}$) mediante el método DPPH y ABTS ($7,00 \mu\text{g}/\text{mL}$). Concluyeron que el aceite esencial de *Curcuma longa* L. presentan actividad antioxidante, contenido de fenoles totales y curcuminoides.

Slaček et al. (2023), en su investigación acerca del proceso de extracción, separación e identificación de curcuminoides de la cúrcuma (*Curcuma longa*), tuvieron como objetivo comparar diferentes métodos de extracción para obtener curcuminoides y evaluar el contenido de compuestos fenólico, proantocianidinas y la actividad antioxidante de los extractos de *Curcuma longa*. Para ello, emplearon los métodos de extracción Soxhlet, maceración, extracción asistida por ultrasonido y extracción con fluidos supercríticos. El contenido de fenoles totales se determinó mediante el método de Folin – Ciocalteu, la actividad antioxidante se evaluó mediante los ensayos DPPH y

ABTS. Mientras la identificación de curcuminoides se realizó mediante HPLC – MS/MS. Los resultados evidenciaron que la extracción con fluidos supercríticos presentó el mayor contenido de fenoles totales (538,954 mg GAE/100g de muestra), así como la mayor actividad antioxidante mediante el ensayo DPPH (64,27 % de inhibición) y ABTS (1216,87 mg de Trolox/g de materia seca). Por su parte, la extracción asistida por ultrasonido presento mayor concentración de curcuminoides (1,91 mg de curcuminoides/g de materia). Concluyeron que la elección del método de extracción influye significativamente en el rendimiento de compuestos fenólicos, actividad antioxidante y curcuminoides presentes en *Curcuma longa*.

Akter et al. (2019), desarrollaron un estudio para determinar la actividad antioxidante de cuatro especies (*Curcuma* spp) y dos variedades (*Curcuma longa* L.) de cúrcuma. El objetivo principal fue comparar la actividad antioxidante, fenoles totales y flavonoides. La determinación del contenido fenólico total se realizó mediante el método de Kahkonen, el cual es una modificación del Folin – Ciocalteu. El contenido de flavonoides se cuantificó siguiendo el método del cloruro de aluminio, con algunas modificaciones propuestas por Djeridane et al. (2006). La actividad antioxidante se evaluó mediante el método del DPPH. Para ello, se realizó una extracción metanólica utilizando 200 mL de solvente. Los resultados evidenciaron que la *Curcuma longa* de la variedad Ryudai Gold (RD) mostró mayor contenido de fenoles totales ($157,4 \pm 1,0$ mg GAE/g de extracto), Okinawa Ukon ($59,2 \pm 0,7$ mg GAE/g de extracto) y la especie *Curcuma xanthorrhiza* ($48,7 \pm 0,9$ mg GAE/g de extracto). En cuanto al contenido de flavonoides, nuevamente la variedad (RD) mostró los valores elevados ($1089,5 \pm 0,9$ mg rutina/g de extracto), *Curcuma xanthorrhiza* ($797,5 \pm 0,9$ mg rutina/g de extracto) y Okinawa Ukon ($620,7 \pm 0,9$ mg rutina/g de extracto). La actividad antioxidante determinada mediante el método de DPPH, la variedad (RD) presentó el menor valor de IC₅₀ (26,4 µg/mL), Okinawa ukon (291,3 µg/mL) y *Curcuma xanthorrhiza* (80,4 µg/mL) para el DPPH. Concluyeron que el rizoma de *Curcuma longa* de la variedad Ryudai gold constituye una fuente prometedora de antioxidantes naturales.

Purba (2019), en el estudio determinación de los niveles de fenoles y flavonoides en el extracto etanólico del rizoma de la cúrcuma (*Curcuma longa* L.), tuvo como objetivo determinar el contenido total de compuestos fenólicos y flavonoides presentes en el extracto etanólico del rizoma de *Curcuma longa* L. Se desarrollo un estudio experimental utilizando un extracto obtenido por maceración con etanol al 96 %. Los compuestos fenólicos fueron cuantificados mediante el método de Folin –

Ciocalteu y los flavonoides mediante el método colorimétrico con cloruro de aluminio. Los resultados evidenciaron un contenido de fenoles totales (229,09 mg GAE/g) y flavonoides (140,07 mg QE/g), además de confirma la presencia de otros metabolitos secundarios como alcaloides, taninos y saponinas. Concluyó que el rizoma de *Curcuma longa* L. (cúrcuma) constituye una fuente importante de compuestos fenólicos y flavonoides.

Tanvir et al. (2017), llevaron a cabo una investigación sobre las propiedades antioxidantes de las variedades de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) de Bangladesh. El objetivo del estudio fue evaluar la capacidad antioxidante de muestras provenientes de los distritos de Khulna y Chittagong empleando dos métodos de extracción. Para ello, se obtuvieron extractos etanólicos al 70% y extractos acuosos de las variedades Mura y Chora. Posteriormente, el contenido de fenoles totales se cuantificó mediante el método de Folin – Ciocalteu, flavonoides se determinó mediante el ensayo colorímetro con cloruro de aluminio. La actividad antioxidante fue evaluada a través los ensayos DPPH y FRAP. Los resultados mostraron que el extracto etanólico de *Curcuma longa* de la variedad Mura procedente de Chittagong (CME) presentó mayor concentración de fenoles totales ($16,07 \pm 0,301$ g GAE/100 g de muestra). En comparación, la misma variedad proveniente de Khulna (KME) evidenció ($6,15 \pm 0,255$ g GAE/100 g de muestra), mientras que la variedad Chora proveniente de Khulna (KCE) evidenció ($13,16 \pm 0,324$ g GAE/100 g de muestra) y la variedad Chora de Chittagong (CCE) evidenció ($8,97 \pm 0,146$ g GAE/100 g de muestra). En cuanto al contenido de flavonoides, el extracto CME ($9,66 \pm 0,042$ g CE/100 g de muestra), KME evidenció ($4,28 \pm 0,340$ g CE/100 g de muestra), KCE ($4,79 \pm 0,196$ g CE/100 g de muestra) y CCE ($5,46 \pm 0,291$ g CE/100 g de muestra). Respecto a la actividad antioxidante, los valores de CI_{50} obtenidos mediante el método de DPPH fueron de $1,97 \mu\text{g/mL}$ para CME, $1,08 \mu\text{g/mL}$ para KME, $3,03 \mu\text{g/mL}$ para KCE y $1,19 \mu\text{g/mL}$ para CCE. En el ensayo de FRAP, CME evidenció $3231,89 \pm 337,10 \mu\text{M Fe [II]}$ por 100 g de muestra, KME evidenció $3475,36 \pm 337,10 \mu\text{M Fe [II]}$ por 100 g de muestra, KCE evidenció $4204,46 \pm 7448 \mu\text{M Fe [II]}$ por 100 g de muestra y CCE evidenció $1972,66 \pm 104,78 \mu\text{M Fe [II]}$ por 100 g de muestra. Además, se determinó que los extractos etanólicos presentaron mayor actividad antioxidante en comparación con los extractos acuosos. Concluyendo, que el extracto etanólico de la variedad CME presentó mayor

concentración de fenoles totales, flavonoides, así como una elevada actividad antioxidante evaluada mediante los métodos DPPH y FRAP.

Chinedum et al. (2015), realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la composición polifenólica y la actividad antioxidante de seis nuevas accesiones de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) cultivadas en Umudike. Para ello, emplearon rizomas frescos correspondientes a las accesiones 39, 35, 60, 30,50 y 41. El contenido total de curcuminoides se determinó mediante el método colorimétrico, mientras que para flavonoides se cuantificaron utilizando el método de Harbone y los fenoles totales mediante el método de Pearson. La actividad antioxidante se realizó mediante los ensayos DPPH y FRAP. Los Resultados evidenciaron que las accesiones 30 y 50 presentaron mayores contenidos de curcuminoides, con valores ($7,86 \pm 0,77$ % y $7,74 \pm 0,56$ %), respectivamente. En cuanto al contenido de flavonoides, las concentraciones más elevadas se registraron en las Acc 50 ($4,34 \pm 1,20$ %) y Acc 30 ($4,03 \pm 1,07$ %). Respecto a los fenoles, la Acc 30 ($7,80 \pm 0,17$ %) y Acc 50 ($4,20 \pm 0,07$ %). Asimismo, la evaluación de la capacidad antioxidante mediante el ensayo DPPH mostró que la Acc30 presentó el mayor porcentaje de inhibición ($77,88 \pm 1,95$ %), seguida de la Acc50 ($72,22 \pm 1,50$ %). Concluyeron que las accesiones 30 y 50 destacaron por su elevado contenido de compuestos bioactivos, particularmente curcuminoides, fenoles, flavonoides y actividad antioxidante.

Alafiatayo et al. (2014), realizaron una investigación orientada a evaluar la capacidad antioxidante total, contenido de flavonoides, ácidos fenólicos y polifenoles en diez especies seleccionadas de rizomas de *Zingiberaceae*. El objetivo fue evaluar la capacidad antioxidante, contenido de flavonoides, ácidos fenólicos y polifenoles en extractos metanólicos de diez especies. Para la determinación de la actividad antioxidante se emplearon los ensayos DPPH y FRAP; el contenido total de flavonoides se determinó utilizando el método colorimétrico basado en cloruro de aluminio, mientras que los fenoles totales se cuantificaron mediante el método de Folin - Ciocalteu. Los resultados revelaron que el rizoma de *Curcuma longa* L. presentó la mayor capacidad antioxidante en el ensayo DPPH con (270,07 mg TE/g de extracto), seguido de *Zingiber officinale* L. (266,95 mg TE/g de extracto). De manera similar, en el ensayo de FRAP, la *Curcuma longa* registró el valor más alto (231,73 mg TE/g de extracto), seguida nuevamente por *Zingiber officinale* (176,26 mg TE/g de extracto). Respecto al contenido de flavonoides, la *Curcuma longa* L. presentó 741,36 mg equivalentes de naringenina por gramo de extracto (mg N/g), mientras que *Curcuma*

xanthorrhiza presentó 220,53 mg N/g de extracto, respectivamente. En cuanto a fenoles totales, los valores obtenidos fueron de 42,71 mg GAE/g de extracto para *Curcuma longa* L. y 22,03 mg GAE/g de extracto para *Curcuma xanthorrhiza*. Llegaron a la conclusión, dentro de las especies evaluadas de la familia Zingiberaceae, las especies de *Curcuma longa* L. y *Zingiber officinale* L. destacaron por su elevada actividad antioxidante, mayor contenido de fenoles totales y flavonoides, respectivamente.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Vásquez Bustamante (2024), realizó un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la cocción y el pelado sobre los compuestos bioactivos, color y composición químico del rizoma de cúrcuma (*Curcuma longa* L.). Para el análisis se prepararon seis tipos de muestras: pulpa sin cocción (A1), pulpa con cocción (A2), el rizoma integro sin cocción (B1), el rizoma integro con cocción (B2), piel del rizoma sin cocción (C1) y piel del rizoma con cocción (C2). Los análisis desarrollados fueron: cuantificación de carotenoides totales mediante el método propuesto por Silva, el contenido de fenoles totales se determinó siguiendo el método de Peláez et al, el cual es una modificación del Folin – Ciocalteu y la capacidad antioxidante fue evaluada mediante los métodos DPPH y ABTS. Los resultados obtenidos para el contenido de carotenoides totales mostraron valores en la muestra A1 de $(0,042 \pm 0,0003 \text{ g/100 g})$, en A2 $(0,030 \pm 0,0003 \text{ g/100 g})$ y en C1 $(0,033 \pm 0,00033 \text{ g/100 g})$. Por el contrario, las concentraciones de fenoles totales fueron mayores en la muestra A2 $(6,750 \pm 0,030 \text{ mg GAE/100 g})$, seguida por B2 $(5,543 \pm 0,062 \text{ mg GAE/100 g})$, y C2 $(5,149 \pm 0,061 \text{ mg GAE/100 g})$. En cuanto a la capacidad antioxidante, el método de DPPH presentó una mayor capacidad antioxidante en la muestra A2 $(0,189 \pm 0,004 \text{ mmol ET/100 g})$, seguida de B2 $(0,146 \pm 0,001 \text{ mmol ET/100 g})$ y C3 $(0,111 \pm 0,002 \text{ mmol ET/100 g})$. Para el método ABTS, los resultados también favorecieron a la muestra A2 $(0,356 \pm 0,004 \text{ mmol ET/100 g})$, seguida de B2 $(0,223 \pm 0,003 \text{ mmol ET/100 g})$ y C2 $(0,167 \pm 0,005 \text{ mmol ET/100 g})$. Concluyendo que el proceso de cocción del rizoma de cúrcuma incrementa el contenido de fenoles y potencia su capacidad antioxidante.

Palomares et al. (2019), en una investigación acerca del extracto etanólico de los rizomas de la *Curcuma longa* L. “cúrcuma” y su actividad antioxidante. Con el objetivo, de determinar los compuestos bioactivos del rizoma de *Curcuma longa* L. y la actividad antioxidante. Para ello, se realizó la extracción etanólica del rizoma y un análisis fitoquímico. Posteriormente se prepararon diluciones del extracto seco en concentraciones de 5%, 10% y 20%. Para la cuantificación de la actividad antioxidante

mediante el método DPPH, se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible a una longitud de onda de 519 nm. Los resultados mostraron que las concentraciones etanólicas al 5%, 10% y 20% presentaron porcentaje de inhibición por el método DPPH 81,552%, 82,077% y 83,742%, respectivamente. Estos valores fueron comparados con los obtenidos para la vitamina C en las mismas concentraciones, cuyos porcentajes de inhibición fueron de 96,258%, 93,313% y 84,110%, respectivamente. Concluyendo que los extractos etanólicos del rizoma de *Curcuma longa* L., demostraron una actividad antioxidante similares a la de la vitamina C, evidenciando su potencial como fuente natural de antioxidantes.

Cosquillo (2019), realizó una investigación sobre el efecto antioxidante, antitumoral y genotóxico del extracto crudo y etanólico del rizoma de *Curcuma longa* L. (palillo). El objetivo del estudio fue evaluar y comparar la actividad antioxidante, así como los posibles genotóxicos y antitumorales de ambos extractos. Para ello, se realizaron dos tipos de extracción: una extracción crudo y etanólico al 96 %. La determinación de fenoles totales se realizó mediante el ensayo de Folin - Ciocalteu, mientras que la actividad antioxidante se evaluó utilizando los métodos DPPH y ABTS. Los resultados evidenciaron que el contenido de fenoles totales fue de $296,43 \pm 0,004$ µg GAE/g en el extracto etanólico y $252,05 \pm 0,005$ µg GAE/g en el extracto crudo. En relación con la actividad antioxidante, mediante el método de DPPH se obtuvieron valores de $202,8 \pm 1,54$ µg ET/mg para el extracto etanólico y $52,95 \pm 0,48$ µg ET/mg para el extracto crudo. De manera similar, en el método ABTS se obtuvieron valores de $182,8 \pm 0,96$ µg ET/mg en el extracto etanólico y $47,80 \pm 0,45$ µg ET/mg para el extracto crudo. Respecto al porcentaje de captación de radicales libres (IC50), en el ensayo DPPH se reportaron valores de $17,01 \pm 0,004$ µg ET/mg para el extracto etanólico y $64,26 \pm 0,002$ µg ET/mg para el extracto crudo. Asimismo, en el método ABTS se obtuvieron valores de $15,12 \pm 0,003$ µg ET/mg para el extracto etanólico y $57,67 \pm 0,003$ µg ET/mg para el extracto crudo. En cuanto al coeficiente de correlación de Pearson, se observó que para el método DPPH en relación con los fenoles totales fue de 0,095 en el extracto etanólico y 0,993 en el extracto crudo; mientras que, para el método ABTS, los valores fueron de 0,960 y 0,999, respectivamente. Concluyendo, que ambos extractos del rizoma de *Curcuma longa* L. presentaron capacidad antioxidante; sin embargo, el extracto etanólico mostró una actividad significativamente mayor, lo que confirma su mayor eficiencia.

Chávez (2017), realizaron una investigación sobre la evaluación de la actividad antioxidante *in vitro* de la *Curcuma longa* silvestre peruana. Se analizaron tres muestras de cúrcuma pulverizada provenientes de diferentes regiones y empresas: Naturales Nutrimix (Huánuco), Biolatin EIRL (Selva alta de Ayacucho) y Natural Herbal Organic (Tingo María). Para la preparación de los extractos hidroalcohólicos, se pesaron $5,0 \pm 0,1$ g de cada muestra pulverizada y se mezclaron con 100 mL de solución de etanol al 75 % y agua, colocados en frascos ámbar enrazados a 250 mL, dejándose en reposo durante 4 días. Para actividad antioxidante fue cuantificada mediante el método de DPPH. Como resultado se obtuvo que la muestra de cúrcuma de Ayacucho (98,50%) presenta mayor porcentaje de actividad antioxidante a comparación de Leoncio Prado (Tingo María) con 16,02% en periodo de 30 min. Sin embargo, al cabo de 1 h, muestra de cúrcuma de Huánuco 126,16 % presentó la mayor actividad antioxidante, seguida por la muestra de cúrcuma de Ayacucho 99,94%. Se concluyó que el extracto de *Curcuma longa* procedente de Huánuco presenta mayor actividad antioxidante que el extracto de Ayacucho.

2.1.3. Antecedentes Locales

No se han encontrado estudios publicados específicamente sobre *Curcuma longa* L., sin embargo, existen investigaciones locales relacionados con propiedades similares.

Miranda B (2023), se llevó a cabo una investigación acerca de la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico y extracto liofilizado del fruto de *Prunus serotina* Ehrhart “guinda”. Cuyo objetivo, fue determinar la actividad antioxidante de dos extractos del zumo del fruto de *Prunus serotina* Ehrhart “guinda”. La cuantificación del contenido de fenoles totales se realizó mediante el método Folin-Ciocalteu, mientras que el contenido de flavonoides fue evaluado utilizando el método de cloruro de aluminio. La actividad de actividad antioxidante se determinó mediante los métodos DPPH y ABTS. Los resultados mostraron que el extracto hidroalcohólico presentó un contenido de fenoles totales de $29,93 \pm 0,81$ mg EAG/g y un contenido de flavonoides de $19,57 \pm 0,25$ mg EQ/g. Por su parte, el extracto liofilizado mostró un contenido de fenoles totales de $16,89 \pm 0,39$ mg EAG/g y de flavonoides $7,26 \pm 0,43$ mg EQ/g. En cuanto la actividad antioxidante, el extracto hidroalcohólico evidenció valores de $76,85 \pm 0,34$ mmol ET/g y $102,95 \pm 0,34$ mmol ET/g mediante los métodos DPPH y ABTS, respectivamente. El extracto liofilizado, en cambio, mostró una actividad antioxidante de $33,01 \pm 0,99$ y $70,41 \pm 5,56$ mmol ET/g por los mismos métodos. Concluyó, que el

extracto hidroalcohólico como el extracto liofilizado del fruto de *Prunus serotina* Ehrhart “guinda” presentan actividad antioxidante, así como la presencia de fenoles totales y flavonoides, siendo el extracto hidroalcohólico el que presentó mayores valores en ambas determinaciones.

García A (2023), en una investigación realizada acerca de la capacidad antioxidante de extractos de hojas de *Senecio nutans* Sch. Bip. “Wiska taya”. Cuyo objetivo, fue determinar el contenido de fenoles totales, flavonoides y flavonoles y capacidad antioxidante del extracto metanólico y de sus fracciones n-hexano, diclorometano, acetato de etilo y metanólico del extracto metanólico de hojas de *Senecio nutans* Sch. Bip. Para la determinación de fenoles totales y flavonoides se utilizó el método de Folin - Ciocalteu cuantificar la actividad antioxidante se utilizaron los métodos DPPH, ABTS y FRAP. Los resultados indican que la fracción de acetato de metilo presentó el mayor contenido de fenoles totales ($721,06 \pm 4,40$ GAE/g), flavonoides ($239,72 \pm 9,10$ QE/g) y flavonoles ($137,48 \pm 4,70$ QE/g). Por otro lado, la fracción metanólica demostró tener mayor capacidad antioxidante, con valores de $804,09 \pm 0,97$; $822,51 \pm 5,67$ y $784,17 \pm 2,21$ μ moles ET/g mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP, respectivamente. Concluyó, que la fracción de acetato de etilo del extracto metanólico destacó por su mayor contenido de fenoles totales, flavonoides y flavonoles, mientras que la fracción metanólica mostró una capacidad antioxidante superior.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. *Curcuma longa* L. “Cúrcuma”

2.2.1.1. Clasificación Taxonómica

División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Subclase	: Commelinidae
Orden	: Zingiberales
Familia	: Zingiberaceae
Género	: <i>Curcuma</i>
Especie	: <i>Curcuma longa</i> L.
Nombre vulgar	: “cúrcuma o palillo”

Certificado emitido por la Bióloga Laura Aucasime Medina especialista en taxonomía botánica y sistemática de plantas (**Anexo 1**).

2.2.1.2. Nombres Comunes. Los nombres comunes de la cúrcuma incluyen azafrán asiático, jiang Huang, Ukon, tumeric, kurkim, yu-chin, haldi, dilau, gezo, kondin, kunyit (Fitoterapia.net, n.d.; Instituto Nacional del Cáncer, n.d.; Saiz, 2014; World Health Organization, 1999).

2.2.1.3. Sinonimia. Los sinónimos botánicos de la cúrcuma incluyen *Curcuma amomun* Jacq, *Curcuma domestica* Valetton, *Curcuma hierba* Raeusch (Jardín Botánico de Misuri, n.d.).

2.2.1.4. Descripción Botánica. Es una planta herbácea y perenne que alcanza una altura aproximada de 1m. También, presentan hojas grandes, alargadas, lanceoladas y pecioladas, de color verde, que forman un penacho que puede llegar a medir hasta 1,2 m o más. La vaina y el peciolo presentan una longitud similar al limbo. La cúrcuma contiene brácteas de 3 a 5, la flor es de color blanco amarillento, presentando una corola en forma de un embudo que contiene tres lóbulos con sus estambres y un ovario con tres celdas, son estériles, ya que la inflorescencia tiene una coloración rosa, siendo más intensa en la parte superior. Tiene un rizoma que crece en el subsuelo y esta puede alcanzar una longitud de 2,5 – 7 cm, con un diámetro de 2,5 cm, cuyo olor es balsámico y presenta un sabor amargo. La cúrcuma carece de fruto y la reproducción es asexual, lo cual es partir de rizomas. Presenta semillas de 8 a 12 por fruto (Aztatzi-Rugiero, n.d.; Cabieses, 1993; Iweala et al., 2023).

2.2.1.5. Distribución. Gracias al comercio a lo largo de la Ruta de la Seda, la especia se expandió hacia África, Asia, el Caribe y América. Posteriormente, la cúrcuma tiene una distribución mundial que se originó en la India y la zona meridional de Vietnam. Según diversos antecedentes, la producción de cúrcuma en el Perú se concentra en las regiones de Ayacucho, Cusco, Junín, Huánuco y Ucayali. Sin embargo, Ayacucho ofrece un clima ideal para el desarrollo óptimo de la cúrcuma (Promoción de exportaciones de productos agrícolas de la selva, 1998) (**Anexo 4**).

2.2.1.6. Hábitat. La cúrcuma es originaria del sudeste asiático, especialmente de la India, y es característica de zonas cálidas y húmedas, donde se desarrolla en selvas altas y bajas. La temperatura ideal para su crecimiento oscila entre los 20 °C y 30 °C. En el Perú, específicamente en la región del VRAEM, la cúrcuma crece óptimamente a temperatura de 25 °C a 30 °C. Además, el cultivo en la selva peruana se lleva a cabo a altitudes que varían entre los 600 y los 1500 msnm (Saiz, 2014).

2.2.1.7. Composición química. El rizoma de *Curcuma longa* L. se han identificado diversas características fisicoquímicas (**Tabla 1**). Por otro lado, la cúrcuma es una planta de bajo aporte calórico, en la que diferentes estudios han determinado la presencia de compuestos con valor nutricional (**Tabla 2**). Asimismo, se han identificado más de 235 estructuras químicas correspondientes a compuestos bioactivos, entre los que destacan los compuestos fenólicos y los terpenoides (**Tabla 3**).

Tabla 1.

Características fisicoquímicas del rizoma de Curcuma longa L.

Características fisicoquímicas	Contenido	Ref.
Ceniza	24,70 ± 1,56 %	(Enemor et al., 2020)
Carbohidratos	57,30 ± 1,69 %	
Fibra	1,12 ± 0,03 %	
Humedad	9,55 ± 1,20 %	
Proteína	2,15 ± 0,07 %	

Tabla 2.*Composición nutricional del rizoma de Curcuma longa L.*

Clasificación	Composición	Contenido	Ref.
Aminoácidos	Alanina	2,34 g/100 g	(Enemor et al., 2020)
	Arginina	6,55 g/100 g	
	Alanina	2,34 g/100 g	
	Arginina	6,55 g/100 g	
	Aspartato	9,78 g/100 g	
	Cistina	2,74 g/100 g	
	Glutamato	9,65 g/100 g	
	Glicina	3,64 g/100 g	
	Histidina	4,76 g/100 g	
	Isoleucina	2,85 g/100 g	
	Leucina	2,65 g/100 g	
	Lisina	3,85 g/100 g	
	Metionina	1,50 g/100 g	
	Fenilalanina	5,75 g/100 g	
	Prolina	3,69 g/100 g	
	Serina	3,74 g/100 g	
	Treonina	3,57 g/100 g	
	Triptófano	1,79 g/100 g	
	Tirosina	2,92 g/100 g	
	Valina	4,75 g/100 g	
Lípidos	Ác. grasos saturados	1,838 g/ 100g	(Saiz, 2014)
	Ác. grasos monoinsaturados	0,449 g/ 100g	
	Ác. grasos poliinsaturados	0,756 g/ 100g	
	Ác. grasos trans	0,056 g/ 100g	
Minerales	Aluminio	0,187 ± 0,003 ppm	(Enemor et al., 2020)
	Arsénico	1,496 ± 0,005 ppm	
	Calcio	38,689 ± 0,114 ppm	
	Cromo	0,295 ± 0,004 ppm	
	Cobalto	0,114 ± 0,006 ppm	
	Cobre	0,153 ± 0,009 ppm	
	Hierro	0,708 ± 0,001 ppm	
	Magnesio	19,750 ± 0,001 ppm	
	Manganeso	1,446 ± 0,044 ppm	
	Mercurio	0,126 ± 0,003 ppm	
	Níquel	0,226 ± 0,003 ppm	
	Potasio	9,204 ± 0,002 ppm	
	Sodio	7,060 ± 0,014 ppm	
Vitaminas	Retinol (A)	254,5 ± 2,19 mg/kg	(Enemor et al., 2020)
	Tiamina (B ₁)	1,98 ± 0,01 mg/kg	
	Riboflavina (B ₂)	2,18 ± 0,00 mg/kg	
	Niacina (B ₃)	2,25 ± 0,15 mg/kg	
	Piridoxina (B ₆)	0,08 ± 0,00 mg/kg	
	Cobalamina (B ₁₂)	1,24 ± 0,00 mg/kg	

Tabla 2.

Continuación...

Clasificación	Composición	Contenido	Ref.
Vitaminas	Ácido ascórbico(C)	19,47 ± 0,16 mg/kg	(Enemor et al., 2020)
	Calciferol (D)	10,92 ± 0,92 mg/kg	
	Tocoferol (E)	0,94 ± 0,01 mg/kg	
	Filoquinona (K)	7,08 ± 0,02 mg/kg	

Tabla 3.

Compuestos bioactivos del rizoma de Curcuma longa L.

Clasificación	Compuesto bioactivo	Ref.
Compuestos fenólicos	Curcumina, cúrcuma, bilactona del ácido valoneico, isorhamnetina, demetoxicurcumina, curcuminol, bisdemetoxicurcumina, casuarina, quercetina-3-D-galactósido, ácido sinápico, ácido cafeico, ácido cumárico, cordón, hexósido de ácido cafeico, digoxósido.	(Sabir et al., 2021)
	Curcuminoides, tetrahidrocurcumina, octahidrocurcumina, monodemetilcurcumina, ciclocurcumina, ácidos fenólicos, ácido 4-hidroxicinámico	(Budhathoki et al., 2023; Maciej Serda et al., 2013; Pandey et al., 2020; Sandur et al., 2007)
	Ácido gálico, ácido protocatecuico, ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico, ácido vainílico, ácido siríngico, vainillina, ácido <i>p</i> -cumárico y ácido ferúlico.	(Chumroenphat et al., 2021)
Monoterpeno	Pineno, β -mirceno, α -felandreno, cimeno, eucaliptol, γ -terpineno, α -terpinoleno, β -felandreno, terpinoleno, terpineno-4-ol.	(Jaiswal & Agrawal, 2021)
Terpenos	α -pineno, sabineno, β -pineno, mirceno, <i>p</i> -cimeno	(Singh et al., 2010)
	Zingibereno, turmeronol A, turmeronol B, (E)- α -atlantona, dihidrobisdemetoxicurcumina, curcumol, β -cariofileno, β -farneseno, γ -curcumeno, ar-curcumeno, zingibereno, β -bisaboleno, β -sesquifelandreno, α -santalol, β -atlantol, epóxido de humuleno, zingiberenol, β -santalol, ar-tumerona, curlona, tumerona, cetona artermisia, khusimona, β -cariofileno	(Abualhasan et al., 2023; Jaiswal & Agrawal, 2021; Karpuz Ağören & Akkol, 2023)
Fitoesteroles	Estigmasterol, β -sitosterol, estigmast-4-eno-3-ona	(Singh et al., 2010)

2.2.1.8. Estudios farmacológicos. Los estudios realizados sobre la *Curcuma longa* L.” cúrcuma” han demostrado que esta planta posee una amplia variedad de propiedades terapéuticas, siendo utilizada en la medicina tradicional (China, hindú y Ayurvédica). Por otro lado, en la industria alimentaria, el rizoma de la cúrcuma se emplea como saborizante, colorante y conservantes (Saiz, 2014; Urrea et al., 2011). Entre las principales propiedades farmacológicas destacan en las siguientes (Ver **Tabla 4**) (**Anexo 3**).

Tabla 4.

Estudios farmacológicos de la Curcuma longa L.

Parte de la planta	Actividad terapéutica	Ref.
Rizoma	Antibacteriana	(Mesa et al., 2000; Omonte Rodriguez & Bustamante Garcia, 2022; Saiz, 2014; Urrea et al., 2011)
	Anticancerígena	(Abualhasan et al., 2023; Mesa et al., 2000; Saiz, 2014; Urrea et al., 2011; Wilken et al., 2011)
	Antiinflamatorio	(Edwards et al., 2020; Mesa et al., 2000)
	Antialérgico	(Fu et al., 2018)
	Antidiabético	(González-Albadalejo et al., 2015; Mesa et al., 2000)
	Antirreumática	(Mohammadian Haftcheshmeh & Momtazi-Borojeni, 2020)
	Antiinflamatoria	(Hanai et al., 2006; Mesa et al., 2000)
	Antioxidante	(Akter et al., 2019; Ghazimoradi et al., 2017; Mesa et al., 2000)
	Antiulceroso	(Kim et al., 2005)
	Antitumoral	(Kuttikrishnan et al., 2019; X. P. Wang et al., 2017)
	Antidepresivo	(Al-Karawi et al., 2016; Z. Wang et al., 2014)
	Antifúngico	(Omosa et al., 2017; Sharma et al., 2010)
	Cardioprotector	(Ammon & Wahl, 1991; Labban, 2014; R. Wang et al., 2018)
	Neuroprotector	(Bhat et al., 2019; Huang et al., 2018)
	Hepatoprotector	(Goodarzi et al., 2019; Naik et al., 2004; Saiz, 2014; Urrea et al., 2011)

2.2.1.9. Variedad de Cúrcuma. Según estudios realizados en el Perú, las principales zonas de producción de palillo se encuentran en las regiones de Ayacucho y Cusco, donde la variedad cultiva es *Curcuma longa* L. Esta presenta diversas características físicas, las cuales se detallan a continuación (Aguirre, 1986) (Ver **Tabla 5**).

Tabla 5.

Características físicas del rizoma de dos variedades de Curcuma longa L.

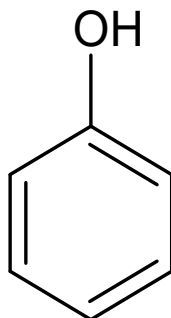
Formas	Concepto	Variedades	Porcentaje (%)
Alargados completos	Los rizomas tienen una forma alargada similar a dedos, presenta una longitud promedio de 4.87 cm y un radio promedio de 1.66 cm.	- Amarillo - Marrón rojizo	7,44% 4,96%
Alargados seleccionados longitudinalmente	Son rizomas que presentan una longitud promedio de 4.5 cm y un radio promedio de 1.74 cm.	- Amarillo - Marrón rojizo	42,97% 20,66%
Ovalados seccionados en dos mitades	Presentan una longitud promedio 82.18 cm) y un radio promedio (3.01 cm).	- Amarillo - Marrón rojizo	14,88% 9,09%

2.2.2. Compuestos fenólicos

Las plantas producen una variedad de compuestos conocidos como metabolitos secundarios, entre los cuales los compuestos fenólicos destacan por su gran importancia. Estas poseen moléculas que contienen uno o más grupos hidroxilo conectados a un anillo aromático. Estos compuestos fenólicos considerados antioxidantes clave en nuestra dieta, son abundantes en las plantas, donde se clasifican según sus grupos funcionales. Los compuestos fenólicos son responsables de diversas características sensoriales y visuales de las plantas, como el color y la astringencia de frutas y hortalizas. Para comprender la estructura de los compuestos fenólicos, es esencial empezar por la estructura básica del fenol, que consta de un anillo aromático (fenilo) unido al grupo hidroxilo (OH). Este anillo aromático desempeña un papel fundamental en las propiedades antioxidantes de los compuestos fenólicos, contribuyendo a su capacidad para neutralizar radicales libres y proteger frente al estrés oxidativo (Peñarrieta et al., 2014) (**Figura 1**).

Figura 1

Estructura básica del fenol



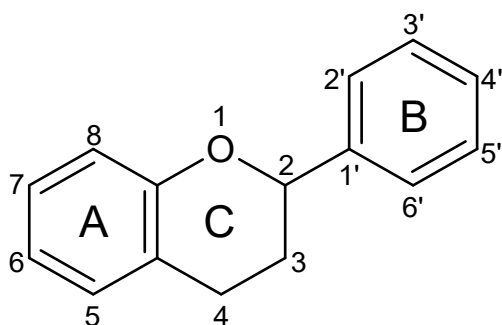
2.2.2.1. Clasificación de los compuestos fenólicos. Se clasifican en fenoles simples, ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzoicos y ácidos hidroxicinámicos), cumarinas, quinonas, xantonas, estilbenos, benzofenonas, lignanos y ligninas (Santamaría et al., 2018) (**Anexo 6**).

2.2.2.2. Flavonoides. Derivan del latín, que significa color amarillo que oscila entre el rojo, como la miel o el oro (Escamilla Jiménez et al., 2009) Los flavonoides pertenecen al grupo de compuestos polifenólicos que se encuentran ampliamente distribuidos en las frutas y vegetales. (Peñarrieta et al., 2014) Estas moléculas pueden variar desde estructuras simples hasta compuestos polimerizados de alto peso molecular. Su estructura química se caracteriza por la presencia de tres anillos, lo que contribuye a su diversidad y funcionalidad biológica (Gilberto & Trueba, 2003).

Estructura química. Poseen un peso molecular bajo, que comparten una estructura química hidrocarbonada del tipo C₆-C₃-C₆ (difeníl -propano) derivado del ácido shiquímico y de 3 restos de acetato (Gilberto & Trueba, 2003). Los anillos son llamados A, B y C, son átomos de carbono individuales que son mencionados por un sistema numérico, se utilizan números ordinarios para el anillo A y C, mientras, para el anillo B se utiliza números primos (Cartaya & Reynaldo, 2001) (**Figura 2**).

Figura 2.

Estructura básica de los flavonoides



2.2.3. *Curcuminoides*

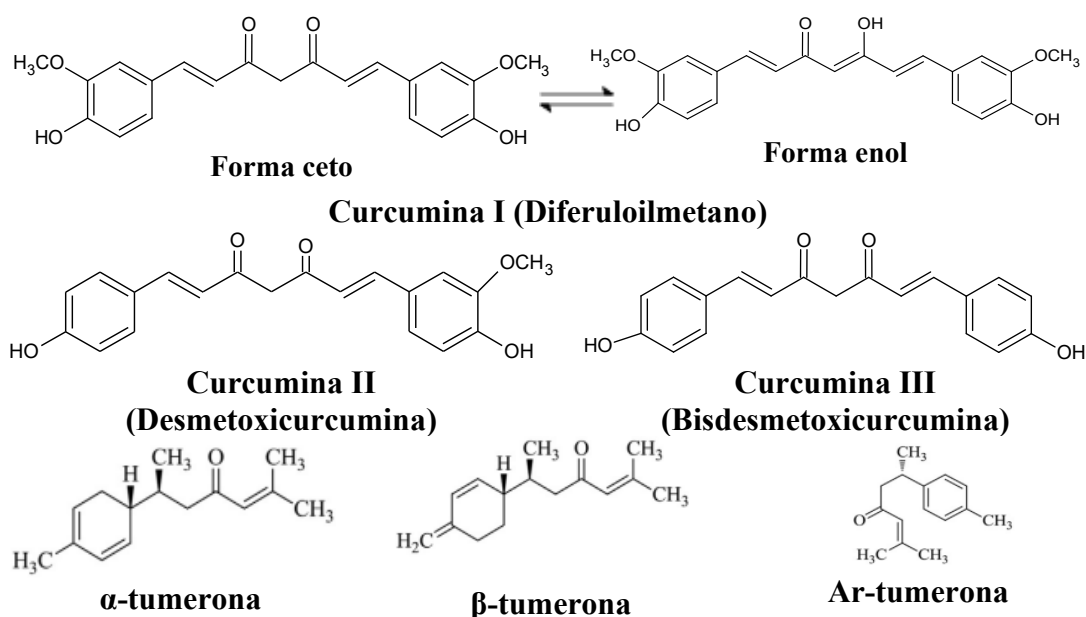
Los curcuminoides constituyen una mezcla integrada por curcumina, metoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina. La curcumina corresponde al compuesto 1,7-bis (4-hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona mezclado con sus dos derivados; la metoxicurcumina se denomina (1E, 6E)-1-(4-hidroxi-3-metoxifenil)-7-(4-hidroxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona; mientras que la bisdemetoxicurcumina corresponde al compuesto (1E, 6E)-1,7-bis(4-hidroxifenil)hepta-1,6-dieno-3,5-diona. Las fórmulas moleculares de estos compuestos son $C_{21}H_{20}O_6$, $C_{20}H_{18}O_5$ y $C_{19}H_{16}O_4$, respectivamente (Amalraj et al., 2017). Además de sus beneficios terapéuticos, estos curcuminoides son responsable del característico color amarillo de la cúrcuma (González-Albadalejo et al., 2015), se debe a presencia de tres complejos curcuminoides como: curcumina I, curcumina II y curcumina III (Ahmad et al., 2020) (Figura 3).

2.2.3.1. Las propiedades físicas. El aroma de los curcuminoides se deriva principalmente de las α - y β -tumeronas y de la tumerona aromática (Ar-tumerona) (Amalraj et al., 2017).

2.2.3.2. Estructuras químicas. Los curcuminoides son pocos solubles en agua a pH ácido y neutro; sin embargo, son solubles en disolventes orgánicos como metanol, etanol, dimetilsulfóxido y acetona. Estudios recientes han demostrado que la curcumina posee importantes propiedades antioxidantes, comparables a las de la vitamina C y E, debido a su capacidad para neutralizar radicales libres y disminuir el daño oxidativo celular. La demetoxicurcumina representa aproximadamente el 17 % del total de los compuestos curcuminoides. Este presenta características estructurales similares a la curcumina; sin embargo, han demostrado que posee una mayor resistencia frente a la degradación en condiciones alcalina. Por otro lado, la bisdemetoxicurcumina representa aproximadamente el 5 % del total de curcuminoides. Esta molécula se caracteriza por la ausencia de los dos grupos metoxilo presentes en la estructura de la curcumina, los cuales son reemplazados por átomos de hidrógenos (Sánchez et al., 2022).

Figura 3.

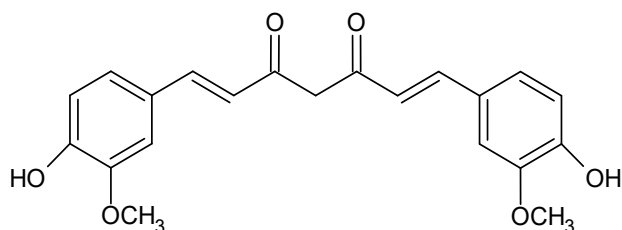
Estructuras químicas de los compuestos principales de la cúrcuma



2.2.3.3. Curcumina. La curcumina fue descubierta por Vogel y Pelletier hace unos dos siglos. Perteneciente a la familia de los curcuminoides, pigmentos polifenólicos presentes en el rizoma, el principal compuesto responsable de las propiedades medicinales y farmacológicas de la cúrcuma. Este compuesto se encuentra acompañado de otros curcuminoides, como la desmetoxicurcumina, la bisdesmetoxicurcumina y la ciclocurcumina, que en conjunto forman el complejo conocido como “azafrán andino” o “amarillo natural” (González-Albadalejo et al., 2015). La estructura química de la curcumina ($C_{21}H_{20}O_6$) es simétrica, su nombre IUPAC es (1E,6E)-1,7-bis (4-hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona. Representa 3-5% de la composición química de la cúrcuma (Caldeira Susana, 2017). La curcumina 1,7-bis-(4-hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona, presenta un esqueleto hidrocarbonado dicetónico con muchos grupos funcionales, igual que los curcuminoides. Es una molécula anfipática, es decir, grupos hidrófilos e hidrófobos, lo que le permite ser parcialmente soluble tanto en agua como en disolventes orgánicos) (González-Albadalejo et al., 2015) (**Figura 4**).

Figura 4

Estructura química de la curcumina



Nota. Nombre IUPAC: (1E, 6E)-1,7-bis (4-hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona.

2.2.4. Carotenoides

Son pigmentos lipofílicos que confieren color rojo, naranja, púrpura y amarillo presentes en la naturaleza. Son biosintetizados por plantas, algas, hongos y bacterias. La estructura química de los carotenoides, son tetraterpenos constituidos por múltiples unidades de isopreno, con un anillo de ciclohexano sustituido e insaturado en cada uno de los extremos. Se distinguen dos tipos principales: los carotenos y las xantofilas (Elena et al., 2011). Los carotenos son hidrocarburos, mientras que las xantofilas contienen oxígeno en su estructura, formando grupos funcionales como hidroxilo, carbonilo, aldehído, carboxilo, epóxido y furanóxido (Maoka, 2023). El carotenoide más relevante, debido a la presencia de dos anillos de β -ionona, es considerado un 100% de actividad de provitamina A. Otros carotenoides con actividad de provitamina A incluyen el α -caroteno, con una actividad del 50-54% y la β -criptoxantina con una actividad del 50-60% (Elena et al., 2011). Se compone de dos anillos β -ionona y una cadena de hidrocarburos que le otorga una fuerte actividad antioxidante. Este carotenoide es crucial por su capacidad de convertirse en retinol (vitamina A) (Britton et al., 2008) (**Tabla 7**).

2.2.4.1. Actividad biológica. La actividad biológica está determinada por su estructura molecular y puede variar según el organismo animal o vegetal en el que se encuentren. Estas actividades comprenden diferentes mecanismos de acción relacionados con procesos fisiológicos y metabólicos importantes. Se puede dividirse en tres aspectos principales: funciones, acciones y asociaciones. Asimismo, los carotenoides participan en diversos procesos biológicos, destacando su actividad antioxidante, función provitamina A, protección ocular (**Tabla 6**).

Tabla 6.*Actividades biológicas de los carotenoides en el ser humano*

Categoría	Actividad biológica	Descripción	Ref.
Función	Actividad provitamínica A	Algunos carotenoides pueden convertirse en vitamina A (retinol), participando en la visión, crecimiento celular y función inmunológica,	(Olmedilla et al., 2001)
	Antioxidantes	Neutralizan los radicales libres y disminuyen el estrés oxidativo.	(Olmedilla et al., 2001)
Acciones	Inmunopotenciadores	Favorecen la respuesta del sistema inmunológico y mecanismos de defensa.	
	Inhibición de mutagénesis y transformación	Ayudan a disminuir alteraciones celulares relacionadas con procesos carcinogénicos.	
	Inhibición de lesiones premalignas	Contribuyen a prevenir daños celulares asociados a lesiones precancerosas.	
	Protección frente a fotosensibilización	Protegen frente al daño ocasionado por radiación ultravioleta y estrés fotooxidativo.	
Asociaciones	Cataratas	Se relacionan con menor riesgo de desarrollo de cataratas.	(Olmedilla et al., 2001)
	Degeneración macular	Contribuye a la protección de la retina y salud ocular.	
	Diversos tipos de cánceres	Se asocian con menor riesgo de ciertos tipos de cáncer.	
	Enfermedad cardiovascular	Ayudan a disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares mediante acción antioxidante.	

Tabla 7.

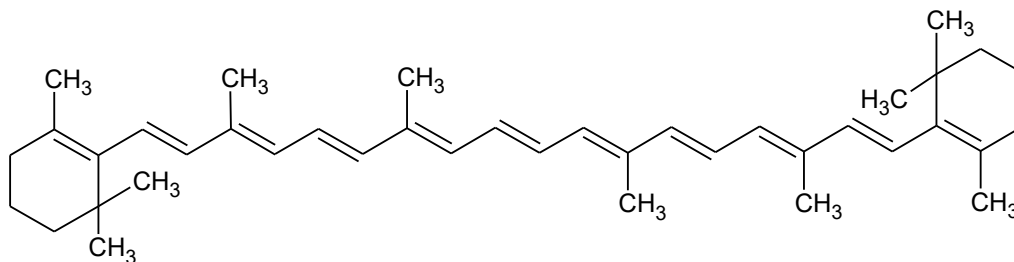
Clasificación de los carotenoides

Clasificación	Compuestos	Fórmula molecular	Color	Función principal	Descripción	Tipo estructural	Polaridad	Ref.
Carotenos	β-caroteno	C ₄₀ H ₅₆	Amarillo-Anaranjado	Provitamina A y antioxidante	Precursor de la vitamina A; protege frente al estrés oxidativo celular.	•Hidrocarburo	•No polar	(Britton et al., 2008; González-Peña et al., 2023; Krinsky & Johnson, 2005a; Maoka, 2023)
	α-caroteno	C ₄₀ H ₅₆	Amarillo	Antioxidante y cardioprotector	Participa en la neutralización de los radicales libres y protección cardiovascular.			
	γ-caroteno	C ₄₀ H ₅₆	Amarillo pálido	Antioxidante	Contribuye a la protección celular frente al daño oxidativo.			
	Licopeno	C ₄₀ H ₅₆	Rojo	Antioxidante y cardiovascular	Reduce la oxidación del LDL y protege el sistema cardiovascular.	•Hidrocarburo acíclico		
	Toruleno	C ₄₀ H ₅₄	Rojo oscuro	Antioxidante	Pigmento con actividad antioxidante presente en hongos y microorganismos.	•Hidrocarburo		
	β-zeacaroteno	C ₄₀ H ₅₈	Amarillo	Antioxidante	Interviene en la protección frente a radicales libres.			
Xantofilas	Luteína	C ₄₀ H ₅₆ O ₂	Amarillo	Protección ocular	Se acumula en la retina y protege frente a la luz azul.	•Hidroxilada	•Polar	
	Zeaxantina	C ₄₀ H ₅₆ O ₂	Amarillo-Anaranjado	Salud de la retina	Protege la macula ocular del daño oxidativo.			
	Astaxantina	C ₄₀ H ₅₂ O ₄	Rojo	Potente antioxidante	Disminuye el daño oxidativo y posee efecto fotoprotector.	•Cetónica		
	Cantaxantina	C ₄₀ H ₅₂ O ₂	Anaranjado-rojo	Antioxidante	Participa en la protección celular y pigmentación biológica.			
	Violaxantina	C ₄₀ H ₅₆ O ₄	Anaranjado	Fotoprotección vegetal	Participa en mecanismos de disipación de energía luminosa en plantas.	•Epoxidada		

2.2.4.2. β -caroteno. Es un pigmento liposoluble de color amarillo anaranjado, perteneciente al grupo de los carotenoides (Dumay & Morançais, 2016), que presenta actividad de provitamina A en los humanos. Su estructura química corresponde a la fórmula $C_{40}H_{56}$ y se caracteriza por poseer ambos extremos de la molécula ciclizados en anillos β -iona (Rodríguez-Amaya, 2015) (**Figura 5**).

Figura 5.

Estructura básica del β -caroteno



2.2.4.3. Distribución del carotenoide en alimentos. El cromóforo es el componente responsable de la capacidad de los carotenoides para absorber luz en la región visible del espectro, lo que resulta en su característica de la capacidad de coloración. En las verduras, el contenido de carotenoides sigue un modelo general presentes en los cloroplastos de todas las plantas superiores, destacándose compuestos como la luteína, el β -caroteno, etc. Estos carotenoides no solo aportan color, sino que también desempeñan funciones esenciales en la fotosíntesis y como antioxidantes (Elena et al., 2011) (**Tabla 8**).

Tabla 8

Presencia de los carotenoides en diferentes alimentos

Carotenoides mayoritarios	Fuentes
El α y β caroteno	La zanahoria (<i>Daucus carota</i>)
El licopeno	Los tomates (<i>Lycopersium spp</i>)
La luteína/Zeaxantina	El alfa (<i>Medicago sativa</i>), maíz (<i>Zea mays</i>) y huevo de gallina.
Violaxantina, β -criptoxantina, luteína/Zeaxantina.	La naranja (<i>Citrus sinensis</i>).
Astaxantina	El salmón (<i>Salmo spp</i>), crustáceos, microalgas y levaduras.
Cantaxantina	Los crustáceos.
Crocentina	Azafrán (<i>Crocus sativus</i>).

2.2.4.4. Propiedades fisicoquímicas de los carotenoides

Solubilidad. Los carotenoides son compuestos lipofílicos, por lo que presentan baja solubilidad en agua y alta solubilidad de disolventes orgánicos como acetona, metanol, éter dietílico, hexano, cloroformo y piridina. Debido a su carácter hidrofóbico,

se localizan principalmente en ambientes lipídicos, como las membranas celulares; sin embargo, su asociación con proteínas o procesos como la glicosilación les permite también estar presentes en medios acuosos. Algunos carotenoides ácidos pueden formar sales solubles de agua mediante tratamiento de álcalis, mientras que las carotenoproteínas también presentan solubilidad acuosa y elevada estabilidad. En general, el carácter hidrofóbico de estos compuestos favorece su agregación y cristalización en medios acuosos. Además, presentan altos puntos de fusión (130-220 ° C) y baja solubilidad en estado cristalino (Meléndez et al., 2007).

Absorción de la luz. El color característico de los carotenoides se debe a la presencia de los grupos cromóforos de dobles enlaces conjugados, el cual permite la absorción de la luz UV – visible. Este sistema es el responsable de las transiciones electrónicas que originan su coloración, la cual varía según la longitud de cadena conjugada y la interacción con el entorno. La asociación con proteínas puede modificar el espectro de absorción y ampliar la gama de colores observados. Desde el punto de vista analítico, el color de los carotenoides es un parámetro importante, ya que permite evaluar su estabilidad, detectar procesos de degradación y facilitar su separación mediante la técnica de cromatografía. El análisis espectrofotométrico UV - visible es ampliamente utilizado para su identificación y cuantificación. Los carotenoides obedecen la ley de Lambert – Beer, lo que permite su cuantificación mediante coeficientes de absorción; no obstante, la exactitud de este método puede verse afectada por factores como la presencia de isómeros (Meléndez et al., 2007).

Color. Los carotenoides absorben luz en la región azul - violeta del espectro visible (aproximadamente 400 – 500 nm), lo que les confiere coloraciones características que varían desde tonos amarillos, anaranjados y rojizos (Meléndez et al., 2007).

2.2.5. Radicales libres

Los radicales libres son átomos o moléculas que poseen uno o más electrones desapareados. Un electrón no apareado es aquel que ocupa por sí solo un orbital atómico o molecular (Gould, 2003).

Principales especies reactivas del oxígeno o sustancias prooxidantes.

- Radical hidroxilo ($\text{HO}^\cdot$)
- Peróxido de hidrogeno (H_2O_2)
- Anión superóxido ($\text{O}_2^\cdot$)

- Oxígeno singlete ($^1\text{O}_2$)
- Óxido nítrico (NO)
- Radical peróxido (ROO)
- Ozono (O_3)

2.2.5.1. Clasificación de radicales libres. Estas se clasifican en:

Inorgánicos o primarios. Es decir, se generan por transferencia de electrones hacia el átomo de oxígeno, lo que representa etapas en su reducción. Presentan una vida media muy breve; entre ellas tenemos al anión superóxido, radical hidroxilo y óxido nítrico (Justo & Venereo Gutiérrez, 2002).

Orgánicos o secundarios. Estos se forman cuando un radical primario transfiere un electrón a un átomo de una molécula orgánica, o mediante la reacción entre dos radicales primarios. Estos radicales secundarios presentan una vida media más prolongada en comparación con los radicales primarios. Los principales átomos que participan en estas interacciones dentro de las biomoléculas son el carbono (C), nitrógeno (N), oxígeno (O) y azufre (S) (Justo & Venereo Gutiérrez, 2002).

Los intermediarios estables. Relacionados con radicales libres de oxígeno, aunque no son radicales libres, estas sustancias actúan como generadoras de compuestos reactivos o son productos resultantes del proceso de reducción o metabolismo. Entre ellas se encuentra el oxígeno singlete ($^1\text{O}_2$), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el ácido hipocloroso (HOCl), el peroxinitrito (ONO) (Justo & Venereo Gutiérrez, 2002) y el hidroperóxido (ROOH) (Justo & Venereo Gutiérrez, 2002).

2.2.6. El antioxidante

Estas son sustancias que se originan a partir de la oxidación de un sustrato oxidable. Además, las células y órganos del cuerpo cuentan con sistemas antioxidantes que pueden ser enzimáticos o no enzimáticos. Estos sistemas trabajan de forma sinérgica para equilibrar las especies reactivas de oxígeno, actuando como un conjunto coordinado de antioxidantes que protegen a las biomoléculas del daño oxidativo. Se clasifican en (**Figura 5**):

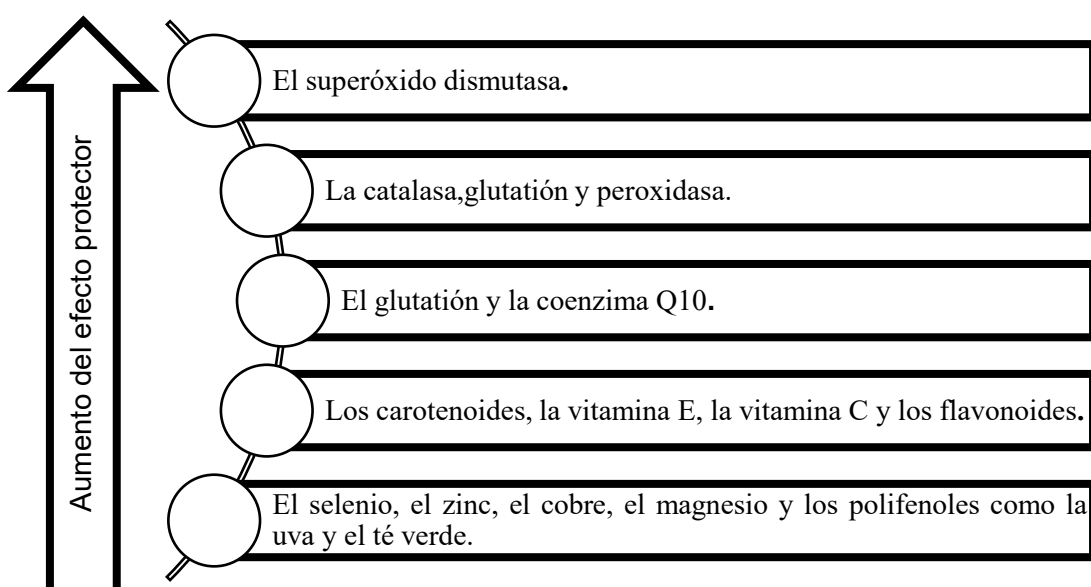
Antioxidantes no enzimáticos. Entre los antioxidantes más destacados se encuentran la vitamina C o ácido L-ascórbico, la vitamina E, los carotenos, la enzima Q10, los polifenoles, el glutatión y el ácido lipoico. Estos compuestos, presentes en diversos sistemas biológicos, desempeñan un papel muy importante en la neutralización de las especies reactivas de oxígeno y en la protección frente al estrés oxidativo.

Los antioxidantes enzimáticos. Se subdividen en diversas enzimas, como el superóxido dismutasa, la catalasa y el glutatión peroxidasa. Estas enzimas trabajan en conjunto para descomponer y neutralizar las especies reactivas de oxígeno, contribuyendo al mantenimiento del equilibrio redox en las células.

Otros antioxidantes. Entre los antioxidantes también se incluyen vitaminas como la nicotinamida, la niacinamida y la riboflavina, ácidos grasos esenciales como la omega 3 y 6, aminoácidos como la arginina, la histidina y la glicina, proteínas como la albúmina, la lactoferrina y la bilirrubina, minerales como el zinc, el hierro y el cobre y metabolitos como el ácido úrico (Mariaca et al., 2016).

Figura 6

La jerarquía de los diferentes antioxidantes



Nota. El gráfico presenta la jerarquía de los antioxidantes. Tomado por Mariaca et al. (2016).

2.2.6.1. Medición de la actividad antioxidante. En la actualidad, el interés por los efectos beneficiosos de las plantas ha llevado al desarrollado de una variedad de ensayos para evaluar su capacidad antioxidante. La medición de la actividad antioxidante es muy fundamental, ya que permite determinar la eficacia de una sustancia para neutralizar los radicales libres y prevenir el daño oxidativo en las células. Existen muchos métodos utilizados, entre los cuales los más destacados son 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH), ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico (ABTS), capacidad de absorción del radical oxígeno (ORAC) y poder de reducción antioxidante del hierro (FRAP). Por otra parte, estos métodos son esenciales para comparar la potencia antioxidante de distintos compuestos y su capacidad de

proteger contra el estrés oxidativo en los sistemas biológicos (Apak et al., 2007; Gan et al., 2017; Munteanu & Apetrei, 2021).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Fenoles totales

Es un compuesto fenólico presente en muestras vegetales, caracterizados por poseer uno o más grupos hidroxilo unidos a anillos aromáticos. Estos compuestos destacan por su actividad antioxidante, debido a su capacidad de donar electrones o átomos de hidrógeno, contribuyendo a la neutralización de radicales libres (Dai & Mumper, 2010).

2.3.2. Flavonoides

Son un grupo de compuestos fenólicos de origen vegetal que se encuentran en frutas, verduras y plantas medicinales. Se caracterizan por poseer una estructura química ($C_6-C_3-C_6$) y destacan por su actividad antioxidante, la cual les permite neutralizar radicales libres y contribuir a la protección de las células frente al daño oxidativo (Panche et al., 2016).

2.3.3. Carotenoides

Son pigmentos naturales que se encuentran en plantas, algas, y algunas bacterias. Son responsables de colores que van del amarillo al rojo y desempeñan un papel crucial en la fotosíntesis. Además, los carotenoides son antioxidantes y pueden contribuir a la salud humana al reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Krinsky & Johnson, 2005).

2.3.4. Curcuminoides

Es un polifenol que se encuentra en el rizoma de la *Curcuma longa* L, posee actividades antioxidantes (Bengmark S, 2009).

2.3.5. Ensayo DPPH

Es un método utilizado para determinar la actividad antioxidante. Se basa en la capacidad de los compuestos antioxidantes para neutralizar el radical libre DPPH mediante la transferencia de electrones o átomos de hidrógeno, lo que ocasiona una disminución de la absorbancia, la cual (Gulcin & Alwasel, 2023) es medida con un espectrofotómetro (Gulcin & Alwasel, 2023).

2.3.6. Ensayo ABTS

Se basa en la reducción del radical catión ABTS⁺ mediante la acción de compuestos con capacidad antioxidante, permitiendo evaluar antioxidantes tanto hidrofílicos como lipofílicos (Ilyasov et al., 2020).

2.3.7. Ensayo de FRAP

Es un método espectrofotométrico empleado para determinar la capacidad antioxidante de una muestra mediante su poder reductor. El procedimiento se fundamenta en la reducción del complejo férrico (Fe³⁺-TPTZ) a su forma ferrosa (Fe²⁺-TPTZ) en medio ácido, lo cual genera una coloración azul característica (Benzie & Strain, 1996).

2.3.8. Radicales libres

Son moléculas o átomos que tienen uno electrones desapareados en su capa más externa, lo que les otorga una alta reactividad. Estas especies pueden ocasionar daños en la células, proteínas y ADN, contribuyendo al envejecimiento y a diversas enfermedades, incluyendo el cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. (Avello & Suwalsky, 2006).

2.3.9. Actividad antioxidante

Se refiere a la capacidad de un compuesto para neutralizar los radicales libres y otras especies reactivas, protegiendo así a las células del daño oxidativo. Este proceso es fundamental para preservar la salud y prevención de patologías asociadas al estrés oxidativo (Halliwell & Gutteridge, 2015).

2.4. Marco Ético y Legal

Curcuma longa L. no es una especie en riesgo ambiental ni se encuentra amenazada. De hecho, se considera una especie de cultivo extensivo y naturalizada en regiones tropicales, estando catalogada globalmente bajo la categoría de Preocupación Menor (o su equivalente para especies de uso agrícola) (IUCN; Red List of Threatened Species, 2021).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Alcance de Investigación

El presente estudio de investigación es de alcance descriptivo (Roberto Hernández Sampieri, 2014), ya que tiene como objetivo especificar propiedades del rizoma de la cúrcuma recolectadas en tres zonas del VRAEM. Para ello, se recurrió a la recolección de muestras y a la realización de ensayos, con el fin de describir los resultados obtenidos sin manipulación de los datos, lo que permite una mejor comprensión de la realidad observada.

3.2. Diseño de investigación

El presente trabajo corresponde a un diseño de investigación no experimental, específicamente de tipo transversal descriptivo (Roberto Hernández Sampieri, 2014). Este tipo de diseño facilita la observación y descripción de las características de la población objeto de estudio en un momento determinado, sin manipular las variables.

3.3. Unidad de Análisis

El extracto hidroalcohólico del rizoma de *Curcuma longa* L. “cúrcuma”.

3.4. Población de Estudio

Los rizomas provenientes de tres localidades del departamento de Ayacucho, Perú: el distrito de Anchihuay (769 m.s.n.m; 73°34'57" O), Rosario (1028 m.s.n.m; 73°49'49" O) y San Pedro (1252.58±5.9 m.s.n.m) ubicadas en la provincia de La Mar (Anexo 5).

3.5. Muestra

Un kilogramo del rizoma, fueron recolectadas a una altitud entre 769 a 1253 msnm del VRAEM, provenientes de tres localidades específicas denominadas Anchihuay, Rosario y San Pedro, en la provincia de La Mar del departamento de Ayacucho (Anexo 2).

3.6. Criterios de selección

3.6.1. Criterios de inclusión

- Rizomas provenientes del VRAEM.
- Rizoma frescas, libre de daños visibles de enfermedades o deterioro físico.

- Rizomas en estado de madurez óptima para los ensayos.

3.6.2. Criterios de exclusión

- Rizomas no provenientes del VRAEM.
- Rizomas en mal estado, infestaciones por plagas o mohos.
- Rizomas prematuros y muy maduros que no cumplan con los estándares para los ensayos.
- Rizomas que hayan sido almacenadas por periodos prolongados o condiciones inadecuadas, que pueden afectar sus propiedades fisicoquímicas.

3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la cuantificación de fenoles totales, flavonoides, curcuminoides, carotenoides y capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico del rizoma, se utilizó la técnica de observación, registrándose cambios producidos en las reacciones químicas. Las mediciones se realizaron con un espectrofotómetro UV-Visible (modelo Thermo Scientific Genesys 10S Vis), utilizando como instrumento de recolección una ficha de datos, en la cual se registraron las absorbancias obtenidas para cada muestra (Roberto Hernández Sampieri, 2014).

3.8. Procedimiento para la recolección de datos

3.8.1. Selección y recolección de la muestra

Los rizomas fueron recolectadas y seleccionadas en buen estado, para luego ser trasladado al laboratorio de Farmacia y Bioquímica. Una parte de la muestra fue utilizada para su identificación taxonómica por la bióloga Laura Aucasime Medina (**Anexo 1 y 2**)

3.8.2. Desecación

Los rizomas fueron lavados cuidadosamente y luego cortados en rodajas. Estas se colocaron sobre bandejas de aluminio. A continuación, se pesaron las muestras y se llevaron a una estufa de la marca (MEMMERT) a 40°C durante una semana, con el fin de lograr un secado uniforme y reducir el porcentaje de humedad. Una vez secos, los rizomas se trituraron en un mortero hasta obtener un polvo fino, el cual fue almacenado en un frasco ámbar para su conservación (**Anexo 8**).

3.8.3. Obtención del extracto hidroalcohólico

Se pesaron 20 g de muestra pulverizada de cada una de las tres localidades y se colocaron en frascos de vidrio ámbar, donde fueron sometidas a un proceso de maceración con 200 mL de alcohol de 80° durante una semana. Durante este periodo,

los frascos fueron agitados constantemente para favorecer una adecuada interacción entre el solvente y la muestra. Transcurrido este tiempo, los extractos fueron filtrados y recolectados en nuevos frascos ámbar. La muestra restante en cada frasco fue nuevamente macerada con 200 mL con alcohol de 80° bajo las mismas condiciones (durante una semana con agitación constante), y posteriormente filtrado. Ambos filtrados fueron concentrados y llevados a un evaporador rotatorio (BUCHI R300) hasta eliminar el solvente, y los concentrados resultantes se almacenaron en refrigeración a 4°C durante cuatro días. Finalmente, los extractos fueron llevados a un equipo liofilizador durante cuatro días hasta su utilización (**Anexo 9**).

3.8.4. Determinación del contenido total de fenoles

Para el procedimiento se siguió el método del reactivo de Folin – Ciocalteu. (Thaipong et al., 2006) (**Anexos 11, 12, 13, 31, 32**).

3.8.5. Determinación del contenido de flavonoides

Para el procedimiento se siguió el método del cloruro férrico descrito por Zhishen et al. (Zhishen et al., 1999) (**Anexos 14, 15, 16, 31, 32**)

3.8.6. Método para determinar la concentración de curcuminoides

Se siguió el procedimiento descrito por (Hazra K., 2015).

Se recolectaron rizomas de cúrcuma, fueron secadas en estufa por siete días, al secarse se trituraron en mortero y se tamizaron. El polvo obtenido se macero con alcohol al 80° durante siete días, posteriormente se filtró y se llevó al evaporador rotatorio (BUCHI R300). El concentrado se almacenó a 4°C por cuatro días y, posteriormente, fue liofilizado. Se prepararon soluciones madre a concentración de 100 mg/100 mL (equivalente a 1 mg/1 mL) correspondiente de tres localidades. Luego se diluyó 1 mL de solución en 100 mL de metanol. Para el análisis se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible marca Shimadzu. Se prepararon soluciones madre de 10 µg/mL en metanol, y posteriormente se diluyó 1 mL en 100 mL de metanol. Las lecturas se realizaron a una longitud de onda de 421 nm. Para la validación del método analítico, se realizaron seis réplicas (**Anexos 17, 18, 19, 33, 34**).

3.8.7. Método para determinar el contenido de carotenoides

Se siguió la metodología de (Biswas et al., 2011), para la cuantificación de β-caroteno. Se preparó una solución madre estándar (1 mg/mL en acetona) y se elaboró la solución patrón a concentraciones de 32; 8; 4; 2; 1; 0,50; 0,25; 0,125 µg/mL, protegidas de la luz. La lectura de la absorbancia se midió a 440 nm. Para la extracción, se pesó 0,100 g de muestra con acetona refrigerada (4°C), agitación en Vórtex y

centrifugado. La extracción se repitió, se mezcló el sobrenadante y se filtró. La muestra se diluyó (0,1 mL en 25mL en acetona) y se midió la absorbancia a 440 nm utilizando un espectrofotómetro UV – Vis, empleando acetona como blanco. Los resultados se expresaron en miligramos por kilogramo de muestra (mg /Kg muestra), utilizando la curva de calibración (**Anexos 20, 21, 35, 36**).

3.8.8. Determinación de la actividad antioxidante

Método de la actividad antioxidante mediante secuestro del radical libre 1,1 – difenil – picril – hidrazilo (DPPH). Se siguió el método propuesto por Brand – Williams et al, con las modificaciones realizadas por (Thaipong et al., 2006).

El porcentaje de actividad secuestradora del radical libre se calculó utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde A_{DPPH} y A_{MP} corresponde a la absorbancia inicial de DPPH y la muestra. Este valor representa la capacidad antioxidante del extracto para neutralizar los radicales libres (**Anexos 22, 23, 24, 37, 38, 39**).

Método del secuestro del catión radical del ácido 2,2' – azinobis – (3 – etilbenzotiazolina) – 6 – sulfónico (ABTS^{O+}). Se siguió el método propuesto por Amao et al, con las modificaciones realizadas por (Thaipong et al., 2006).

El porcentaje de actividad secuestradora del radical libre se calculó utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde A_{ABTS} y A_{MP} corresponde a la absorbancia inicial del ABTS y la muestra. Este valor representa la capacidad antioxidante del extracto para neutralizar los radicales libres (**Anexos 25, 26, 27, 37, 38, 39**).

Método del potencial antioxidante reductor de hierro (FRAP). Se siguió el método descrito por Benzei y Strain., con las modificaciones realizadas por (**Anexo 28, 29, 30, 37, 38**).

3.9. Análisis de Datos

Los resultados obtenidos se presentaron como el promedio $\pm$ desviación estándar obtenidas de tres repeticiones. Las diferencias en el contenido de compuestos fenólicos, de los pigmentos y la actividad antioxidante, serán evaluadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$).

Para evaluar la influencia del lugar de procedencia de la muestra en relación con los ensayos realizados, se utilizará un análisis factorial. Todo el análisis estadístico se realizará empleando el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences), versión 26,0.

3.10. Consideraciones éticas

El rizoma de *C. longa* L., colectadas para la presente investigación provinieron de cultivos con fines comerciales, por tanto, no afectaron derechos de autor ni conocimientos tradicionales de las localidades en donde se obtuvieron.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Tabla 9

Contenido de fenoles totales, flavonoides, curcuminoides y carotenoides del extracto hidroalcohólico del rizoma de Curcuma longa L. de tres localidades del VRAEM.

Localidades	Fenoles totales	Flavonoides	Relación Flavonoides/Fenoles totales	Curcuminoides		Carotenoides
	(mg GAE/g de extracto)	(mg QE/g de extracto)		mg/g	%	(mg/Kg)
Anchihuay	329,39 ± 2,72 ^b	197,56 ± 2,51 ^b	0,60	24,33 ± 0,52 ^b	2,4	36,92 ± 0,10 ^b
Rosario	374,06 ± 3,59 ^c	229,04 ± 3,18 ^c	0,61	33,26 ± 0,06 ^c	3,3	43,04 ± 0,22 ^c
San Pedro	201,27 ± 3,59 ^a	105,52 ± 2,50 ^a	0,52	16,98 ± 0,04 ^a	1,7	24,04 ± 0,13 ^a
Valor ρ	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Nota. mg GAE/g: miligramos de fenoles totales expresados como ácido gálico por gramo de extracto, mg QE/g: miligramos de flavonoides expresado como quercetina por gramo de extracto. Los resultados se reportan a partir del promedio ± desviación estándar (DE), calculadas a partir de seis réplicas

Tabla 10

Capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico del rizoma de Curcuma longa L. de tres localidades del VRAEM.

Localidades	DPPH		ABTS		FRAP (µmoles ET/g de extracto)
	(% AA)	µmoles ET/g de extracto	(% AA)	µmoles ET/g de extracto	
Anchihuay	30,69 ± 0,07 ^b	243,86 ± 0,63 ^b	53,97 ± 0,19 ^b	340,98 ± 1,46 ^b	267,47 ± 0,33 ^b
Rosario	36,22 ± 0,09 ^c	294,69 ± 0,82 ^c	56,87 ± 0,11 ^c	363,83 ± 0,84 ^c	302,47 ± 0,73 ^c
San Pedro	20,56 ± 0,11 ^a	150,67 ± 1,05 ^a	35,45 ± 0,18 ^a	195,38 ± 1,40 ^a	203,87 ± 0,48 ^a
Valor <i>p</i>	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Nota. µmoles ET/g: micromoles equivalente a Trolox por gramo de extracto, %AA: Porcentaje de actividad antioxidante. Los resultados se reportan a partir del promedio ± desviación estándar (DE), calculadas a partir de seis réplicas.

Tabla 11

Matriz de correlación entre el contenido de fenoles totales, flavonoides, curcuminoides, carotenoides y capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico del rizoma de Curcuma longa L.

	FT	FL	CURCUMINOIDES	CAROTENOIDES	DPPH	ABTS	FRAP
FT	1						
FL	0,997**	1					
CURCUMINOIDES	0,941**	0,939**	1				
CAROTENOIDES	0,997**	0,996**	0,963**	1			
DPPH	0,994**	0,993**	0,972**	0,999**	1		
ABTS	0,991**	0,991**	0,889**	0,981**	0,973**	1	
FRAP	0,993**	0,993**	0,973**	0,999**	1,000**	0,973**	1

Nota. FT= Fenoles totales, FL= Flavonoides. **. (p<0,05).

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

La *Curcuma longa* L. es una especie herbácea originaria del sudeste asiático, específicamente de la India (Khatun et al., 2021). En el Perú, su cultivo se encuentra principalmente en los departamentos de Ayacucho, Cusco y Ucayali (Fructus Terrum Natural Ingredients, 2018). Esta planta es ampliamente reconocida por sus aplicaciones en la medicina tradicional debido a su riqueza en compuestos bioactivos, entre los que destacan los compuestos fenólicos, los cuales confieren una alta capacidad antioxidante, antiinflamatorio, antimicrobiano y anticancerígeno (Iweala et al., 2023). El presente estudio se enfocó en la capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de *Curcuma longa* L. del VRAEM.

En relación con el contenido de fenoles totales, los resultados obtenidos en el presente estudio evidenciaron diferencias entre las muestras de rizoma de *Curcuma longa* L., procedentes de tres localidades evaluadas. La muestra procedente de Rosario (La Mar, Ayacucho) presentó el mayor contenido de fenoles totales ($374.06 \pm 3,59$ mg GAE/g de extracto), seguida por las muestras de Anchihuay ($329,39 \pm 2,72$ mg GAE/g extracto) y San Pedro ($201,27 \pm 3,59$ mg GAE/g extracto) (Tabla 9). Al comparar estos resultados con los reportados por Freitas et al. (2023), quienes evaluaron rizomas de *Curcuma longa* L. recolectados en Belém (Brasil), se observó un contenido de fenoles ($485,34 \pm 43,08$ mg GAE/g en fresco y $375,72 \pm 25,77$ mg GAE/g en seco). En este sentido, el contenido de fenoles obtenidos en la muestra de Rosario fue similar al reportado por Freitas et al. En la muestra seca, mientras que las muestras procedentes de Anchihuay y San Pedro presentaron valores inferiores. Asimismo, Moulick et al. (2023) reportaron un contenido de fenoles totales ($200,99 \pm 2,45$ mg GAE/g de extracto) en rizomas de *Curcuma longa* L. procedentes de Bangladesh. De manera similar, Alafiatayo et al. (2014), evaluaron rizomas pertenecientes a la familia Zingiberaceae, específicamente las especies *Curcuma longa* L. “cúrcuma” y *Curcuma xanthorrhiza*, procedentes del sudeste asiático, reportando contenidos de fenoles totales ($42,71$ mg GAE/g de extracto y $22,03$ mg GAE/g de extracto). Por otro lado, Akter et al., (2019) informaron que la variedad Ryudai Gold (RD) de *Curcuma longa* cultivada

en el Centro de Ciencias de Campo Subtropicales de la Universidad de Ryukyus, Okinawa (Japón) presentó un contenido de fenoles totales (157,4 mg GAE/g de extracto). La diferencia observada en el estudio de Freitas et al. podría atribuirse a factores ambientales y agronómicos, como la altitud, la temperatura, la disponibilidad de la luz, las características del suelo, el estado de madurez del rizoma, la variabilidad genética y las prácticas de cultivo y cosecha. En este contexto, la interacción entre la luz y la sombra resultada fundamental para optimizar el crecimiento, desarrollo, productividad y calidad del cultivo de cúrcuma, favoreciendo la acumulación de metabolitos secundarios (Sharangi et al., 2022). En el presente estudio, la localidad de Rosario presentó una temperatura promedio aproximada de 25 °C, similar a la reportada en Belén (Brasil). De acuerdo con Ravindran et al. (2007), la *Curcuma longa* L. se desarrolla adecuadamente en altitudes de hasta (1200 m.s.n.m), en suelos arenosos, friables, bien drenados y ricos en materia orgánica, con un rango óptimo de pH entre 4,3 a 7,5 y una temperatura anual óptima entre 18,2 a 27,4 °C. Estas condiciones ambientales podrían favorecer en el crecimiento del cultivo y la acumulación de compuestos fenólicos en los rizomas. Por otra parte, las diferencias en el proceso de extracción y en las condiciones analíticas pueden influir en la cantidad de fenoles cuantificados. Manasa et al. (2023) señalaron que la selección del disolvente constituye un factor determinante en el rendimiento de extracción y en la composición química de ellos extractos obtenidos. Asimismo, (Shi et al., 2022) indicaron que los disolventes acetónicos y etanólicos son eficaces para la extracción de compuestos fenólicos, aunque su eficiencia puede variar según las características y condiciones experimentales. Finalmente, es importante considerar las condiciones de cuantificación de los fenoles totales. Tanto el estudio de Freitas et al. como el presente trabajo emplearon el método colorimétrico de Folin- Ciocalteu; sin embargo, la lectura de absorbancia se realizó a diferentes longitudes de onda (760 nm en el estudio de Freitas et al. y 725 nm en el presente estudio). Estas diferencias en las condiciones analíticas, junto con las características propias de las muestras y los procedimientos de extracción, podrían contribuir a las variaciones observada en los contenidos de fenoles totales reportados.

En relación con la determinación de flavonoides, los resultados obtenidos en el presente estudio evidenciaron concentraciones elevadas en extracto de rizomas de *Curcuma longa* L. De la misma forma que en el caso de los fenoles totales, la muestra procedente de la localidad de Rosario (La Mar, Ayacucho) presentó mayor contenido de flavonoides (229,04 ± 3,18 mg QE/g de extracto), seguida por la muestra de

Anchihuay ($197,56 \pm 2,51$ mg QE/g de extracto) y finalmente San Pedro ($105,52 \pm 2,50$ mg QE/g de extracto) (Tabla 9). Al comparar estos resultados con los reportados en la literatura, se observa que los valores obtenidos en el presente estudio fueron superiores a los encontrados por Moulick et al. (2023), quienes encontraron un contenido de flavonoides ($70,53 \pm 3,21$ mg QE/g de extracto) en muestras de *Curcuma longa* L. recolectadas en Bangladesh. Asimismo, en estudios reportados por Akter et al. (2019), quienes evaluaron la *Curcuma longa* de la variedad Ryudai Gold (RD) cultivada en el Centro de Ciencias de Campo Subtropicales de la Universidad de Ryukyus, Okinawa (Japón), registrando un contenido de flavonoides ($1089,5 \pm 0,9$ mg rutina/g de extracto). Estudios por Tanvir et al. (2017), informaron que la variedad Mura de *Curcuma longa* L., procedente de Chittagong (CME), Bangladesh, presentó un contenido de flavonoides ($9,66 \pm 0,042$ g CE/100 g de muestra). Por otro lado, Alafiatayo et al. (2014) reportaron un contenido de flavonoides (741,36 mg N/g) en muestras de *Curcuma longa* L. recolectadas en el sudeste asiático. En este contexto, Ravindran et al. (2007), acerca de las condiciones edafológicas señalaron que la *Curcuma longa* L. se desarrolla adecuadamente a altitudes hasta (1200 m.s.n.m), en suelos arenosos, friables, bien drenados y ricos en materia orgánica, con un rango óptimo de pH entre 4,3 a 7,5. Asimismo indicaron que la temperatura anual óptima para su crecimiento oscila entre 18,2 a 27,4 °C. Estas condiciones ambientales favorecen el crecimiento de la planta y la acumulación de metabolitos secundarios. De acuerdo con Jaakola & Hohtola (2010), factores ambientales como la altitud, las características físicoquímicas del suelo y las condiciones climáticas pueden influir significativamente en la biosíntesis de metabolitos secundarios incluidos los polifenoles y carotenoides. En este sentido, el elevado contenido de flavonoides encontrado en la muestra procedente de Rosario (La Mar, Ayacucho), la localidad ubicada (1028 m.s.n.m), altitud que se encuentra dentro del rango favorable para el desarrollo de la cúrcuma. Además, según el expediente técnico del cultivo de palillo, el rango óptimo de pH para su crecimiento también se sitúa entre 4,3 y 7,5; coincidiendo con las condiciones recomendadas por Ravindran. Del mismo modo, la temperatura promedio de aproximadamente 25 °C registrada en la localidad de Rosario (VRAEM). Finalmente, la elevada concentración de flavonoides observadas en las muestras procedentes del VRAEM sugiere un importante potencial antioxidante de los rizomas. Este hallazgo concuerda con lo reportados por Zahra et al. (2024), quienes destacan que los flavonoides desempeñan un papel fundamental en la neutralización de los radicales

libres contribuyendo a la protección celular y a la prevención de diversas enfermedades asociadas al estrés oxidativo.

Con respecto a la concentración de curcuminoides, los resultados obtenidos en el presente estudio evidenciaron diferencias entre las muestras de rizomas de *Curcuma longa* L. procedentes de las tres localidades evaluadas (Tabla 9). La muestra proveniente de Rosario (La Mar, Ayacucho) presentó la mayor concentración de curcuminoides (33,26 mg/g, equivalente a 3,3%), seguida por la muestra de Anchiuay (24,33 mg/g, equivalente a 2,4%) y San Pedro (16,98 mg/g, equivalente a 1,7%). Al comparar estos resultados del presente estudio con los reportados por Gutiérrez et al. (2023), quienes evaluaron muestras de *Curcuma longa* L. (cúrcuma) comercializados en un mercado de Quito (Ecuador), se observó una mayor concentración curcuminoides (51,75 mg/g, equivalente a 5,18 %). Asimismo, la temperatura de Quito es 18 °C. Esta diferencia puede podría estar relacionada con diversos factores, como las condiciones ambientales del cultivo, la variabilidad genética de la planta, el estado de madurez del rizoma y las condiciones de procedimiento o almacenamiento de las muestras. En la presente investigación, la muestra procedente de Rosario ubicada 1028 m.s.n.m y con una temperatura de 25 °C, estas condiciones se encuentran dentro del rango favorable para el desarrollo de *Curcuma longa* L. Al respecto, Ravindran et al. (2007) señalaron que la temperatura óptima anual (18,2 a 27,4 °C). Asimismo, las diferencias en los métodos de extracción y cuantificación de los curcuminoides podrían haber influido en los resultados obtenidos. Gutiérrez et al. (2023) emplearon una extracción con metanol mediante reflujo y realizaron una cuantificación espectrofotométrica a una longitud de onda de 425 nm. En contraste el presente estudio realizó una extracción hidroalcohólica mediante maceración, técnica de extracción sólido – líquido con la finalidad de obtener compuestos bioactivos (Narvaez et al., 2025) y la cuantificación de curcuminoides se realizó mediante espectrofotometría a 421 nm. Además, las condiciones analíticas y el tipo de disolvente utilizado pueden influir en la eficiencia de extracción y en la cantidad de curcuminoides recuperados. Según Barrantes et al. (2025), la curcumina es una molécula lipofílica con alta afinidad por disolventes orgánicos, tanto polares como apolares, y es prácticamente insoluble en agua, especialmente en medios neutros o ácidos. Por ello, la elección del disolvente constituye un factor determinante en el rendimiento de extracción y en la cuantificación de estos compuestos.

En la relación con el contenido de carotenoides, los resultados obtenidos en el presente estudio demostraron variaciones significativas entre las muestras de rizomas

de *Curcuma longa* L. procedentes de las diferentes localidades evaluadas (Tabla 9). Las muestras procedentes de Rosario y Anchiuay (La Mar, Ayacucho) presentaron los mayores contenidos de carotenoides ($43,04 \pm 0,22$ y $36,92 \pm 0,10$ mg/kg), respectivamente. Mientras que la muestra procedente de San Pedro registró menor contenido ($24,04 \pm 0,13$ mg/kg). Al comparar los resultados obtenidos con los reportados por Moulick et al. (2023), quienes analizaron muestras de *Curcuma longa* L. comercializadas en mercados de Bangladesh, reportando valores de contenido de carotenoides ($30,28 \pm 4,83$ mg/kg de polvo seco. Se encontró que las muestras procedentes de Rosario y Anchiuay presentaron valores superiores, esta variabilidad podría atribuirse no solo a las diferencias en el origen botánico y a las condiciones ambientales del cultivo, sino también a los procedimientos de extracción y cuantificación empleados en cada investigación. Respecto al procesamiento de las muestras, los carotenoides a la degradación por efecto de factores como la temperatura, la exposición a la luz y el oxígeno, por lo que las condiciones de secado pueden influir directamente con su estabilidad y concentración final (Komonsing et al., 2022). En el presente estudio, los rizomas fueron lavados, cortados en rodajas con cáscara y sometidos a secado en estufa a 40 °C durante una semana antes de su pulverización. En contraste, Moulick et al. Realizaron un secado a temperatura ambiente en una habitación ventilada durante tres días. Estas diferencias en el tratamiento postcosecha podrían haber influido en los niveles de carotenoides cuantificados. Asimismo, el método de extracción y el tipo de disolvente utilizado constituyen factores determinantes en la recuperación de carotenoides. En el presente estudio se empleó acetona fría como disolvente de extracción y la cuantificación se realizó mediante espectrofotometría a 440nm. Según la Organización Mundial de la Salud (2018), la acetona muy volátil y se evapora rápidamente a temperatura ambiente, mantenerla refrigerada reduce la presión del vapor, evitando la pérdida rápida de evaporación y minimizando los riesgos. Por otro lado, Moulick et al. Emplearon n-hexano como disolvente de extracción y realizaron la lectura espectrofotométrica a 446 nm. Debido a que la eficiencia de extracción depende de la afinidad entre disolvente y los compuestos presentes en el rizoma, estas diferencias metodológicas podrían a ver contribuido a la variación en las concentraciones de carotenoides obtenidas. El β -caroteno, es un carotenoide con importante actividad biológica, reconocido por ser precursor de la vitamina A y por su capacidad antioxidante al neutralizar los radicales libres y así proteger las células del daño oxidativo (Krinsky & Johnson, 2005).

Asimismo, (Khoo et al., 2011). Reportaron que existe una asociación positiva entre el contenido de carotenoides y la capacidad antioxidante. En este sentido, los elevados niveles de carotenoides encontrados en las muestras procedentes de Rosario y Anchiuay podrían contribuir al mayor potencial antioxidante observado en estos rizomas. Finalmente, la capacidad antioxidante de *Curcuma longa* L. no se atribuye exclusivamente al contenido de β -caroteno, sino a la acción conjunta de diversos metabolitos secundarios presentes el rizoma de cúrcuma, principalmente compuestos fenólicos, curcuminoides y carotenoides, los cuales contribuyen a la neutralización de radicales libres y a la reducción de daño oxidativo (Jayaprakasha et al., 2005). En este sentido, el mayor contenido de estos compuestos bioactivos en la muestra procedente de Rosario podría explicar su mayor capacidad antioxidante y observada en el presente estudio.

Respecto a la capacidad antioxidante, se realizaron los ensayos de DPPH, ABTS y FRAP (Tabla 10). La muestra procedente de la localidad de Rosario (La Mar, Ayacucho) presentó mayor capacidad antioxidante mediante el método DPPH ($294,69 \pm 0,82$ μ moles ET/g), seguida por Anchiuay ($243,86 \pm 0,63$ μ moles ET/g de extracto) y la localidad de San Pedro ($150,67 \pm 1,05$ μ moles ET/g de extracto). Al comparar estos resultados con los reportados por Vásquez Bustamante (2024), quien evaluó rizomas de *Curcuma longa* L. comercializados en el distrito Rupa Rupa (Tingo María), se observó que la muestra cocida (A2) presentó una capacidad antioxidante con DPPH ($0,189 \pm 0,004$ mmol ET/100 g; equivalente a $1,89$ μ mol ET/g). En comparación, los valores obtenidos en el presente estudio fueron considerablemente superiores. Esta diferencia podría atribuirse a factores como el origen de la muestra, las condiciones agroecológicas del cultivo, la variedad genética, el método de procesamiento, el tratamiento térmico aplicado y las diferencias en los procedimientos de extracción y cuantificación de los compuestos antioxidantes. Las localidades de Rosario y Anchiuay presentaron los valores más elevados de capacidad antioxidantes por el método ABTS ($363,83 \pm 0,84$ y $340,98 \pm 1,46$ μ moles ET/g de extracto, respectivamente), mientras que la localidad de San Pedro registró el menor valor ($195,38 \pm 1,40$ μ moles ET/g de extracto). Al comparar estos resultados con los reportados por Vásquez Bustamante (2024), la muestra cocida A2 presentó por el método ABTS ($0,356 \pm 0,004$ mmol ET/100 g; equivalente a $3,56 \pm 0,004$ μ mol ET/g), valores inferiores a los obtenidos en la presente investigación. Estas diferencias podrían explicarse por la pérdida de compuestos antioxidantes ocasionada por el tratamiento

térmico, así como por diferencias en el origen de los rizomas, el método de extracción y las condiciones analíticas empleadas. Finalmente, en el ensayo del FRAP, se evidenció nuevamente que la muestra procedente de Rosario presentó mayor actividad antioxidante ($302,47 \pm 0,73$ μ moles ET/g de extracto), seguida de Anchiuay ($267,47 \pm 0,33$ μ moles ET/g de extracto) y San Pedro ($203,87 \pm 0,48$ μ moles ET/g de extracto). Estos resultados confirman un mayor reductor en las muestras con mayor concentración de metabolitos bioactivos. En cuanto al porcentaje de inhibición de los radicales libres, la localidad de Rosario presentó los valores más altos tanto en el ensayo DPPH ($36,22 \pm 0,09$ %) como en ABTS ($56,87 \pm 0,11$ %), seguida por Anchiuay ($30,69 \pm 0,07$ %) para DPPH y ($53,97 \pm 0,19$ %) para ABTS, mientras que San Pedro evidenció los menores porcentajes de inhibición ($20,56 \pm 0,11$ % en DPPH y $35,45 \pm 0,18$ % en ABTS). La mayor actividad antioxidante observada en las muestras de Rosario y Anchiuay podría estar relacionada con su mayor contenido de compuestos como fenoles, flavonoides, curcuminoides y carotenoides previamente determinados en el presente estudio. Estos metabolitos secundarios pueden actuar mediante diferentes mecanismos, como la donación de electrones o átomos de hidrógeno, la neutralización de radicales libres, la quelación de iones metálicos de transición y la inhibición de procesos oxidativos (Tian et al., 2022). Asimismo, las diferencias observadas entre los métodos DPPH y ABTS pueden explicarse por la distinta naturaleza química de los radicales utilizados. De acuerdo con Arnao et al. (2001), el ensayo ABTS presenta la capacidad de reaccionar con una amplia variedad de antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos, mientras que el método DPPH presenta ciertas limitaciones según la solubilidad y estructura química de los compuestos antioxidantes. Esto podría explicar que en el presente estudio los porcentajes de inhibición obtenidos, mediante ABTS fueron superiores a los determinados por DPPH.

Por último, en la correlación entre los fenoles totales, flavonoides, curcuminoides y carotenoides con los ensayos antioxidantes (DPPH, ABTS y FRAP) se evidenció una relación estrecha entre el contenido de estos metabolitos y la capacidad antioxidante del extracto (Tabla 9). Se observó que los fenoles totales presentaron una correlación positiva con los métodos DPPH ($r = 0,994$), ABTS ($r = 0,991$) y del FRAP ($r = 0,993$). Este resultado sugiere que la actividad antioxidante de la cúrcuma está fuertemente influenciada por el contenido de fenoles totales, los cuales contribuyen de manera significativa debido al número y la posición de sus grupos hidroxilo, capaces de donar átomos de hidrógeno y electrones para neutralizar radicales libres (Muflihah

et al., 2021). Asimismo, los flavonoides y los carotenoides presentaron valores de correlación casi perfectos ($r = 0,996$), lo que indica que estos compuestos desempeñan un papel fundamental en la neutralización de los radicales libres y en la capacidad reductora del extracto. De igual manera, la correlación registrada para los curcuminoides ($r = 0,939$) respalda su importancia como uno de los principales curcuminoides responsables de la acción antioxidante de la cúrcuma. Las correlaciones casi perfectas entre los carotenoides y la actividad antioxidante evaluada mediante DPPH ($r = 0,999$) y FRAP ($r = 0,999$) demuestran que los carotenoides participan activamente en mecanismos antioxidantes dependientes de donaciones electrones e hidrógenos (Pérez et al., 2020).

En consecuencia, estos hallazgos reafirman que la actividad antioxidante no depende de un solo compuesto, sino del efecto sinérgico entre fenoles, flavonoides, curcuminoides y carotenoides; y también se evidencia la influencia de la altitud, tipo de suelo, humedad y temperatura de las localidades en donde son cultivadas. En conjunto, los resultados confirman que el perfil fitoquímico de la cúrcuma está directamente relacionado con su capacidad antioxidante, lo cual, sustenta su valor como fuente natural de moléculas bioactivas con potencial aplicación en la industria alimentaria, nutracéutica y farmacéutica.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

1. El rizoma de *Curcuma longa* L., procedente de la localidad de Rosario (La Mar, Ayacucho) evidenció el mayor contenido de fenoles totales ($374,06 \pm 3,59$ mg GAE/g de extracto) y de flavonoides ($229,04 \pm 3,18$ mg QE/g de extracto).
2. Entre los pigmentos, el rizoma de *Curcuma longa* L., proveniente de la localidad de Rosario (La Mar, Ayacucho) presentó mayor contenido de curcuminoides ($33,26$ mg/g, equivalente al 3,3% de curcuminoides) y carotenoides ($43,04 \pm 0,22$ mg/kg).
3. El rizoma de *Curcuma longa* L., obtenida de la localidad de Rosario (La Mar, Ayacucho) presentó mayor capacidad antioxidante en los tres métodos evaluados: DPPH ($294,69 \pm 0,82$ μ moles ET/g de extracto), ABTS ($363,83 \pm 0,84$ μ moles ET/g de extracto) y FRAP ($302,47 \pm 0,73$ μ moles ET/g de extracto), respectivamente. Asimismo, mostró un mayor porcentaje de actividad secuestradora de radicales libres frente a DPPH ($36,22 \pm 0,09$ %) y ABTS ($36,22 \pm 0,09$ %), respectivamente.
4. Existen una correlación positiva entre el contenido de carotenoides y la capacidad antioxidante (DPPH, $r = 0,999$; ABTS, $r = 0,981$ y FRAP, $r = 0,999$).

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda cuantificar el contenido de cada uno de los curcuminoides y carotenoides por UHPLC para evaluar cuál de las localidades las producen en mayor cantidad.
2. Se recomienda fomentar el cultivo de *Curcuma longa* L. “cúrcuma” en la región del VRAEM, considerando esta zona como agroecológicamente favorable, con el fin de obtención de compuestos bioactivos de alta calidad, que pueden ser beneficiosos para la industria farmacéutica y cosmética.
3. Se recomienda fomentar estudios orientados al análisis del rizoma de *Curcuma longa* L. “cúrcuma” provenientes del VRAEM, considerando distintas variedades o ecotipos. Esta información contribuiría al desarrollo de productos con aplicaciones farmacéuticas, nutracéuticos y cosméticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abualhasan, M., Jaradat, N., Hawash, M., Shraim, N., Asaad, M., Mousa, A., Mousa, Z., Tobeh, R., & Mlitat, B. (2023). Chromatographic analysis of the chemical composition and anticancer activities of *Curcuma longa* extract cultivated in Palestine. *Open Life Sciences*, 18(1). <https://doi.org/10.1515/biol-2022-0767/machinereadablecitation/ris>
- Aguirre, M. (1986). *Característica físicas y químicas de los rizomas de la Curcuma longa variedad Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/1d8a35d1-a686-4113-b810-ac004a6a06a6>
- Ahmad Dar, R., Shahnawaz, M., Ahmad Ahanger, M., & ul Majid, I. (2023). Exploring the Diverse Bioactive Compounds from Medicinal Plants. *The Journal of Phytopharmacology*, 12(3), 189–195. <https://doi.org/10.31254/phyto.2023.12307>
- Ahmad, R. S., Hussain, M. B., Sultan, M. T., Arshad, M. S., Waheed, M., Shariati, M. A., Plygun, S., & Hashempur, M. H. (2020). Biochemistry, Safety, Pharmacological Activities, and Clinical Applications of Turmeric. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020(1), 7656919. <https://doi.org/10.1155/2020/7656919>
- Akter, J., Hossain, M. A., Takara, K., Islam, M. Z., & Hou, D. X. (2019). Antioxidant activity of different species and varieties of turmeric (*Curcuma spp*): Isolation of active compounds. *Comparative Biochemistry and Physiology. Toxicology & Pharmacology : CBP*, 215, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2018.09.002>
- Alafiatayo, A. A., Ahmad, S., & Maziah, M. (2014). Total Anti-Oxidant Capacity, Flavonoid, Phenolic Acid and Polyphenol Content in Ten Selected Species of *Zingiberaceae* Rhizomes. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines*, 11(3), 7. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v11i3.2>
- Al-Karawi, D., Al Mamoori, D. A., & Tayyar, Y. (2016). The Role of Curcumin Administration in Patients with Major Depressive Disorder: Mini Meta-Analysis of Clinical Trials. *Phytotherapy Research : PTR*, 30(2), 175–183. <https://doi.org/10.1002/ptr.5524>
- Amalraj, A., Pius, A., Gopi, S., & Gopi, S. (2017). Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(2), 205–233. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.05.005>
- Ammon, H. P. T., & Wahl, M. A. (1991). Pharmacology of *Curcuma longa*. *Planta Medica*, 57(1), 1–7. <https://doi.org/10.1055/s-2006-960004>
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B., Berker, K. I., & Özyurt, D. (2007). Comparative Evaluation of Various Total Antioxidant Capacity Assays Applied to Phenolic Compounds with the Cuprac Assay. *Molecules* 2007, Vol. 12, Pages 1496-1547, 12(7), 1496–1547. <https://doi.org/10.3390/12071496>

- Avello, M., & Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea (Concepción)*, (494), 161–172. <https://doi.org/10.4067/s0718-04622006000200010>
- Aztatzi-Rugiero, L. (n.d.). *Cúrcuma, la raíz de oro: aplicaciones y beneficios a la salud*. (15th ed.). Frontera biotecnológica. Retrieved September 29, 2024, from <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol15/index.html>
- Barrantes, Arias Leitón, G., Mora Mena, K. F., Quirós Blanco, A., Bermúdez Serrano, I., & Montoya Rodríguez, P. (2025). *Principios de la extracción de curcumina y protocolo experimental para su extracción a nivel industrial y de laboratorio*. 1–37. <https://www.descubre.cr/wp-content/uploads/2025/04/Principios-de-extraccion-de-curcumina.pdf>
- Bengmark S, M. D. M. and A. G. (2009, June). *Efectos saludables de la cúrcuma y de los curcuminoides*. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112009000300003
- Benzie, & Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/ABIO.1996.0292>
- Bhat, A., Mahalakshmi, A. M., Ray, B., Tuladhar, S., Hediya, T. A., Manthiannem, E., Padamati, J., Chandra, R., Chidambaram, S. B., & Sakharkar, M. K. (2019). Benefits of curcumin in brain disorders. *BioFactors (Oxford, England)*, 45(5), 666–689. <https://doi.org/10.1002/biof.1533>
- Biswas, A. K., Sahoo, J., & Chatli, M. K. (2011). A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of β -carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets. *LWT - Food Science and Technology*, 44(8), 1809–1813. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.017>
- Britton, George., Liaaen-Jensen, S. ., & Pfander, H. . (2008). *Carotenoids*. 4.
- Budhathoki, R., Timilsina, A. P., Regmi, B. P., Sharma, K. R., Aryal, N., & Parajuli, N. (2023). Metabolome Mining of *Curcuma longa* L. Using HPLC-MS/MS and Molecular Networking. *Metabolites*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/metabo13080898/s1>
- Cabieses, F. (1993). *Apuntes de medicina tradicional*. (A & B S.A), 1–454. <https://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/5709.pdf>
- Caldeira Susana, M. (2017). *Curcumina: propriedades biológicas e aplicações terapêuticas*.
- Cartaya, O., & Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*, 22(2), 5–14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215009001>

- Chávez, A. (2017). Evaluación de la Actividad Antioxidante *in vitro* de la *Curcuma longa* Silvestre Peruana. *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/11388>
- Chinedum, E., Kate, E., Sonia, C., Ironkwe, A., & Andrew, I. (2015). Polyphenolic Composition and Antioxidant Activities of 6 New Turmeric (*Curcuma Longa* L.) Accessions. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 7(1), 22–27. <https://doi.org/10.2174/2212798407666150401104716>
- Chumroenphat, T., Somboonwatthanakul, I., Saensouk, S., & Siriamornpun, S. (2021). Changes in curcuminoids and chemical components of turmeric (*Curcuma longa* L.) under freeze-drying and low-temperature drying methods. *Food Chemistry*, 339, 128121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128121>
- Cosquillo, R. (2019). *Actividad antioxidante, antitumoral, genotóxico del extracto crudo y etanólico del rizoma de Curcuma longa L. “palillo”*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/fb17c067-271c-442b-9ed6-cfc429b23b42>
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules* 2010, Vol. 15, Pages 7313–7352, 15(10), 7313–7352. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES15107313>
- Dumay, J., & Moránçais, M. (2016). Proteins and Pigments. *Seaweed in Health and Disease Prevention*, 275–318. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802772-1.00009-9>
- Edwards, R. L., Luis, P. B., Nakashima, F., Kunihiro, A. G., Presley, S. H., Funk, J. L., & Schneider, C. (2020). Mechanistic Differences in the Inhibition of NF-κB by Turmeric and Its Curcuminoid Constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(22), 6154–6160. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c02607>
- Elena, M., Jáuregui, C., De La Concepción, M., Carrillo, C., Pérez, F., & Romo, G. (2011). *Carotenoides y su función antioxidante*. 61. <https://ve.scielo.org/pdf/alan/v61n3/art01.pdf>
- Enemor, V. H. A., Ogbodo, U. C., Nworji, O. F., Ezeigwe, O. C., Okpala, C. O., Iheonunekwu, G. C., Enemor, V. H. A., Ogbodo, U. C., Nworji, O. F., Ezeigwe, O. C., Okpala, C. O., & Iheonunekwu, G. C. (2020). Evaluation of the Nutritional Status and Phytomedicinal Properties of Dried Rhizomes of Turmeric (*Curcuma longa*). *Journal of Biosciences and Medicines*, 8(8), 163–179. <https://doi.org/10.4236/JBM.2020.88015>
- Escamilla Jiménez, C. I., Cuevas Martínez, E. Y., & Fonseca, J. G. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Rev Fac Med UNAM*, 52(2). <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2009/un092g.pdf>
- Fitoterapia.net. (n.d.). *Cúrcuma india*. Retrieved September 29, 2024, from <https://www.fitoterapia.net/vademecum/plantas/curcuma-india.html>
- Freitas, R., Carvalho, J. V. D. de, Silveira, L. K. F., Nascimento, F. das C. A. do, Silva-Júnior, J. O. C., Ribeiro-Costa, R. M., & Vasconcelos dos Santos, O. (2023).

- Comparative analysis of the bioactive compounds of fresh saffron rhizome (*Curcuma longa* L.) and its commercial version as a powdered condiment. *Scientia Plena*, 19(8). <https://doi.org/10.14808/SCI.PLENA.2023.081501>
- Fructus Terrum Natural Ingredients. (2018). *Curcuma peruana para el mundo*. <https://www.fructusterrum.com/curcuma-peruana-para-el-mundo/>
- Fu, M., Fu, S., Ni, S., Wang, D., & Hong, T. (2018). Inhibitory effects of bisdemethoxycurcumin on mast cell-mediated allergic diseases. *International Immunopharmacology*, 65, 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2018.10.005>
- Gan, R. Y., Shah, N. P., Wang, M. F., Lui, W. Y., & Corke, H. (2017). *Lactobacillus plantarum* WCFS1 Fermentation Differentially Affects Antioxidant Capacity and Polyphenol Content in Mung bean (*Vigna radiata*) and Soya Bean (*Glycine max*) Milks. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12944. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12944>
- García A. (2023). *Capacidad antioxidante de extractos de hojas de Senecio nutans Sch. Bip. "wiska taya"*. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/58764b85-8f17-40f7-884d-84fe0026a7e4>
- Ghazimoradi, M., Saberi-Karimian, M., Mohammadi, F., Sahebkar, A., Tavallaie, S., Safarian, H., Ferns, G. A., Ghayour-Mobarhan, M., Moohebat, M., Esmaeili, H., & Ahmadinejad, M. (2017). The Effects of Curcumin and Curcumin-Phospholipid Complex on the Serum Pro-oxidant-Antioxidant Balance in Subjects with Metabolic Syndrome. *Phytotherapy Research : PTR*, 31(11), 1715–1721. <https://doi.org/10.1002/ptr.5899>
- Gilberto, L., & Trueba, P. (2003). Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 22(1), 0–0. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002003000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- González-Albadalejo, J., Sanz, D., Claramunt, R. M., Lavandera, J. L., Alkorta, I., & Elguero, J. (2015). Curcumin and curcuminoids: chemistry, structural studies and biological properties Title in Spanish: Curcumina y curcuminoides: química, estudios estructurales y propiedades biológicas. *An Real Acad Farm*, 81, 278–310. https://www.researchgate.net/publication/298834950_Curcumin_and_curcuminoids_Chemistry_structural_studies_and_biological_properties
- González-Peña, M. A., Ortega-Regules, A. E., Anaya de Parrodi, C., & Lozada-Ramírez, J. D. (2023). Chemistry, Occurrence, Properties, Applications, and Encapsulation of Carotenoids—A Review. *Plants*, 12(2), 313. <https://doi.org/10.3390/PLANTS12020313/S1>
- Goodarzi, R., Sabzian, K., Shishehbor, F., & Mansoori, A. (2019). Does turmeric/curcumin supplementation improve serum alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase levels in patients with nonalcoholic fatty liver disease?

- A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytotherapy Research : PTR*, 33(3), 561–570. <https://doi.org/10.1002/ptr.6270>
- Gould, K. S. (2003). Free Radicals, Oxidative Stress and Antioxidants. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 50, 9–16. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227050-9/00124-1>
- Gulcin, İ., & Alwasel, S. H. (2023). DPPH Radical Scavenging Assay. *Processes* 2023, Vol. 11, Page 2248, 11(8), 2248. <https://doi.org/10.3390/PR11082248>
- Gutiérrez, Tello Ayala, C., & Noriega Rivera, paco. (2023). *Determinación de polifenoles y curcuminoides y su actividad antioxidante de los residuos de destilación del aceite esencial de Curcuma longa L. (CÚRCUMA) en los laboratorios ciencias de la vida de la Universidad Politécnica Salesiana*. 1–58. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29423>
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). Free Radicals in Biology and Medicine. *Free Radicals in Biology and Medicine*. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001>
- Hanai, H., Iida, T., Takeuchi, K., Watanabe, F., Maruyama, Y., Andoh, A., Tsujikawa, T., Fujiyama, Y., Mitsuyama, K., Sata, M., Yamada, M., Iwaoka, Y., Kanke, K., Hiraishi, H., Hirayama, K., Arai, H., Yoshii, S., Uchijima, M., Nagata, T., & Koide, Y. (2006). Curcumin Maintenance Therapy for Ulcerative Colitis: Randomized, Multicenter, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 4(12), 1502–1506. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2006.08.008>
- Hazra K., K. R. , S. BK. , C. YA. , D. M. , & R. M. (2015, March 1). Estimación espectrofotométrica UV-Visible de la curcumina en nanoformulación. *Revista Internacional de Farmacognosia*, 127–130. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.2\(3\).127-30](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.2(3).127-30)
- Huang, L., Chen, C., Zhang, X., Li, X., Chen, Z., Yang, C., Liang, X., Zhu, G., & Xu, Z. (2018). Neuroprotective Effect of Curcumin Against Cerebral Ischemia-Reperfusion Via Mediating Autophagy and Inflammation. *Journal of Molecular Neuroscience : MN*, 64(1), 129–139. <https://doi.org/10.1007/s12031-017-1006-x>
- Ilyasov, I. R., Beloborodov, V. L., Selivanova, I. A., & Terekhov, R. P. (2020). ABTS/PP Decolorization Assay of Antioxidant Capacity Reaction Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 1131. <https://doi.org/10.3390/ijms21031131>
- Instituto Nacional del Cáncer. (n.d.). *Definición de cúrcuma*. Retrieved September 29, 2024, from <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/curcuma>
- IUCN Red List of Threatened Species*. (2021). <https://www.iucnredlist.org/es>
- Iweala, E. J., Uche, M. E., Dike, E. D., Etumnu, L. R., Dokunmu, T. M., Oluwapelumi, A. E., Okoro, B. C., Dania, O. E., Adebayo, A. H., & Ugbogu, E. A. (2023).

- Curcuma longa* (Turmeric): Ethnomedicinal uses, phytochemistry, pharmacological activities and toxicity profiles. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*, 6, 100222. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2023.100222>
- Jaakola, L., & Hohtola, A. (2010). Effect of latitude on flavonoid biosynthesis in plants. *Plant, Cell and Environment*, 33(8), 1239–1247. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02154.x>;journal:journal:13653040;requestedjournal:journal:13653040;wgroup:string:publication
- Jaiswal, D., & Agrawal, S. B. (2021). Ultraviolet-B induced changes in physiology, phenylpropanoid pathway, and essential oil composition in two *Curcuma* species (*C. caesia* Roxb. and *C. longa* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111739. <https://doi.org/10.1016/J.ecoenv.2020.111739>
- Jardín Botánico de Misuri. (n.d.). *Trópicos* | Name - *Curcuma longa*. Retrieved September 29, 2024, from <https://tropicos.org/name/34500029>
- Jayaprakasha, G. K., Jaganmohan Rao, L., & Sakariah, K. K. (2006). Antioxidant activities of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. *Food Chemistry*, 98(4), 720–724. <https://doi.org/10.1016/J.foodchem.2005.06.037>
- Jayaprakasha, Jagan, L., & Sakariah, K. (2005). Chemistry and biological activities of *Curcuma longa*. *Trends in Food Science & Technology*, 16(12), 533–548. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2005.08.006>
- Justo, C., & Venereo Gutiérrez, R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 31(2), 126–133. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572002000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Khatun, M., Nur, M. A., Biswas, S., Khan, M., & Amin, M. Z. (2021). Assessment of the anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-bacterial activities of different types of turmeric (*Curcuma longa*) powder in Bangladesh. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100201>
- Khoo, H. E., Prasad, K. N., Kong, K. W., Jiang, Y., & Ismail, A. (2011). Carotenoids and Their Isomers: Color Pigments in Fruits and Vegetables. *Molecules* 2011, Vol. 16, Pages 1710-1738, 16(2), 1710–1738. <https://doi.org/10.3390/molecules16021710>
- Kim, D. C., Kim, S. H., Choi, B. H., Baek, N. I., Kim, D., Kim, M. J., & Kim, K. T. (2005). *Curcuma longa* extract protects against gastric ulcers by blocking H2 histamine receptors. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 28(12), 2220–2224. <https://doi.org/10.1248/bpb.28.2220>
- Komonsing, N., Khuwjitjaru, P., Nagle, M., Müller, J., & Mahayothee, B. (2022). Effect of drying temperature together with light on drying characteristics and bioactive compounds in turmeric slice. *Journal of Food Engineering*, 317, 110695. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110695>

- Krinsky, N. I., & Johnson, E. J. (2005a). Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26(6), 459–516. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2005.10.001>
- Krinsky, N. I., & Johnson, E. J. (2005b). Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26(6), 459–516. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2005.10.001>
- Kuttikrishnan, S., Siveen, K. S., Prabhu, K. S., Khan, A. Q., Ahmed, E. I., Akhtar, S., Ali, T. A., Merhi, M., Dermime, S., Steinhoff, M., & Uddin, S. (2019). Curcumin Induces Apoptotic Cell Death via Inhibition of PI3-Kinase/AKT Pathway in B-Precursor Acute Lymphoblastic Leukemia. *Frontiers in Oncology*, 9(JUN). <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.00484>
- Labban, L. (2014). Medicinal and pharmacological properties of Turmeric (*Curcuma longa*). *Int J Pharm Biomed Sci*, 5(1), 17–23. https://www.academia.edu/10986107/Medicinal_and_pharmacological_properties_of_Turmeric_Curcuma_longa_A_review
- Li, S. (2011). Chemical Composition and Product Quality Control of Turmeric (*Curcuma longa* L.). *Pharmaceutical Crops*, 5(1), 28–54. <https://doi.org/10.2174/2210290601102010028>
- Maciej Serda, Becker, F. G., Cleary, M., Team, R. M., Holtermann, H., The, D., Agenda, N., Science, P., Sk, S. K., Hinnebusch, R., Hinnebusch A, R., Rabinovich, I., Olmert, Y., Uld, D. Q. G. L. Q., Ri, W. K. H. U., Lq, V., Frxqwu, W. K. H., Zklfk, E., Edvhg, L. V, ... (2013). فاطمی, ح. Synteza i aktywność biologiczna nowych analogów tiosemikarbazonowych chelatorów żelaza. *Uniwersytet Śląski*, 7(1), 343–354. <https://doi.org/10.2/jquery.min.js>
- Manasa, P. S. L., Kamble, A. D., & Chilakamarthi, U. (2023). Various Extraction Techniques of Curcumin—A Comprehensive Review. *ACS Omega*, 8(38), 34868–34878. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c04205>
- Maoka, T. (2023). Carotenoids: Distribution, Function in Nature, and Analysis Using LC-Photodiode Array Detector (DAD)-MS and MS/MS System. *Mass Spectrometry*, 12(1), A0133. <https://doi.org/10.5702/MASSSPECTROMETRY.A0133>
- Mariaca, C. J., Zapata, M., & Uribe, P. (2016). Oxidación y antioxidantes: hechos y controversias. *Revista de La Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica*, 24(3), 162–173. <https://doi.org/10.29176/2590843x.292>
- Meléndez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2007). Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. *Alan*, 57(11/07/2007). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222007000200002
- Mesa, ;, Ramírez-Tortosa, M. C. ;, Aguilera, C. M. ;, Ramírez-Boscá, A. Y., & Gil, A. (2000). Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de *Curcuma longa*

- L. y de los cucuminoides Pharmacological and nutritional effects of *Curcuma longa* L. extracts and curcuminoids. *Ars Pharmaceutica*, 41(3), 307–321.
- Miranda, B. (2023). *Actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico y extracto liofilizado del fruto de Prunus serotina Ehrhart “guinda”*. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/d7920413-01de-4506-8afc-063d6c70e97d>
- Mohammadian Haftcheshmeh, S., & Momtazi-Borojeni, A. A. (2020). Immunomodulatory therapeutic effects of curcumin in rheumatoid arthritis. *Autoimmunity Reviews*, 19(8). <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2020.102593>
- Moullick, S. P., Jahan, F., Islam, M. B., Bashera, M. Al, Hasan, M. S., Islam, M. J., Ahmed, S., Karmakar, D., Ahmed, F., Saha, T., Dey, S. S., Bobby, F., Saha, M., Saha, B. K., & Bhuiyan, M. N. H. (2023). Nutritional characteristics and antiradical activity of turmeric (*Curcuma longa* L.), beetroot (*Beta vulgaris* L.), and carrot (*Daucus carota* L.) grown in Bangladesh. *Heliyon*, 9(11), e21495. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21495>
- Muflihah, Y. M., Gollavelli, G., & Ling, Y. C. (2021). Correlation Study of Antioxidant Activity with Phenolic and Flavonoid Compounds in 12 Indonesian Indigenous Herbs. *Antioxidants*, 10(10), 1530. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX10101530>
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7). <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
- Naik, R. S., Mujumdar, A. M., & Ghaskadbi, S. (2004). Protection of liver cells from ethanol cytotoxicity by curcumin in liver slice culture *in vitro*. *Journal of Ethnopharmacology*, 95(1), 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.06.032>
- Narvaez, A., Vásquez, A., Rodríguez, I., & España, J. (2025). Técnicas de extracción y su selección según el compuesto bioactivo de interés en residuos de frutas y verduras. *Revista de Ciencias*, 28(1), e20314847–e20314847. <https://doi.org/10.25100/RC.V28I1.14847>
- Olmedilla, B., Fernando, A., Lorencio, G., & Navarro, I. B. (2001). Carotenoides y salud humana. *Fundación Española de La Nutrición*, 1–57. <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/1522007542.pdf>
- Omonte Rodriguez, L. A., & Bustamante Garcia, Z. (2022). Actividad Antioxidante, Antibacteriana y Citostática de Extractos de Cúrcuma (*Curcuma longa*). *Gaceta Médica Boliviana*, 45(1), 12–16. <https://doi.org/10.47993/gmb.v45i1.323>
- Omosa, L. K., Midiwo, J. O., & Kuete, V. (2017). *Curcuma longa*. *Medicinal Spices and Vegetables from Africa: Therapeutic Potential Against Metabolic, Inflammatory, Infectious and Systemic Diseases*, 425–435. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809286-6.00019-4>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Acetona*. https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=0087&p_version=2&p_lang=es

- Palomares, A., María Br, A., Suarez, M., & Sofía Asesor Ronal Rosendo López Parra Co-Asesor QF Walter Rivas Altez, L. Q. (2019). Estudio del Extracto etanólico de los rizomas de *Curcuma longa* L. “cúrcuma” y su actividad antioxidante. *Universidad Privada Norbert Wiener*. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/2762>
- Panche, A., Diwan, A., & Chandra, S. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47. <https://doi.org/10.1017/JNS.2016.41>
- Pandey, A., Chaturvedi, M., Mishra, S., Kumar, P., Somvanshi, P., & Chaturvedi, R. (2020). Reductive metabolites of curcumin and their therapeutic effects. *Heliyon*, 6(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05469>
- Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68–81. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339682006>
- Pérez G, A., Viera, I., & Roca, M. (2020). Carotenoids and Chlorophylls as Antioxidants. *Antioxidants* 2020, Vol. 9, Page 505, 9(6), 505. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX9060505>
- Promoción de exportaciones de productos agrícolas de la selva. (1998). *Cúrcuma*. https://www.portalagrario.com.pe/rnn_curcuma.shtml
- Proyecto Especial de Desarrollo del Valle de los ríos Apurímac, E. y M. (2023, February 2). *MIDAGRI inicia ejecución de proyecto palillo en el VRAEM*. <https://www.gob.pe/institucion/provraem/noticias/695752-midagri-inicia-ejecucion-de-proyecto-palillo-en-el-vraem-con-una-inversion-de-8-millones>
- Purba, A. (2019). Identifikasi Kadar Fenol dan Flavonoid Ekstrak Etanol Rimpang Kunyit (*Curcuma longa* L.). *Herbal Medicine Journal*, 2(1), 18–24. <https://doi.org/10.58996/HMJ.V2I1.58>
- Ravindran, P., Nirmal, K., & Sivaraman, K. (2007). Tumeric. *Tumeric, The Genus Curcuma, Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles*, 13(2014), 129–154. <https://books.google.com/books/about/Turmeric.html?hl=es&id=P2ykHQi6RvMC>
- Roberto Hernandez Sampieri, C. F. C. M. del P. B. L. (2014). *Metodología de la investigación*. 6, 1–634. https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Rodríguez, D. (2015). Carotenes and xanthophylls as antioxidants. *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*, 17–50. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-089-7.00002-6>
- Sabir, S. M., Zeb, A., Mahmood, M., Abbas, S. R., Ahmad, Z., & Iqbal, N. (2021). Phytochemical analysis and biological activities of ethanolic extract of *Curcuma longa* rhizome. *Brazilian Journal of Biology*, 81(3), 737–740. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.230628>

- Saiz, P. (2014). Cúrcuma I (*Curcuma longa* L.). *Reduca (Biología). Serie Botánica*, 7(2), 84–99. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/abdc6b15-a0a0-45f6-b53d-054735502289/content>
- Sánchez, J. C., Tapia López, L., García Meza, M. G., & Ocaranza-Sánchez, E. (2022). Compuestos curcuminoides. *Frontera Biotecnológica*, 1–3. <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol22/pdf/vol-22-4.pdf>
- Sandur, S. K., Pandey, M. K., Sung, B., Ahn, K. S., Murakami, A., Sethi, G., Limtrakul, P., Badmaev, V., & Aggarwal, B. B. (2007). Curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin, tetrahydrocurcumin and turmerones differentially regulate anti-inflammatory and anti-proliferative responses through a ROS-independent mechanism. *Carcinogenesis*, 28(8), 1765–1773. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgm123>
- Santamaría, L. (2018). *Identificación de reductasas de ácidos hidroxicinámicos y sus derivados en Lactobacillus plantarum WCFS1* [Universidad Complutense de Madrid]. <https://doi.org/10.13039/501100010198>
- Santamaría, L., Directores, R., Moreno, R. M., De Las, B., González, R., Félix López, D. R., & Toledano, F. (2018). *Identificación de reductasas de ácidos hidroxicinámicos y sus derivados en Lactobacillus plantarum WCFS1*. <https://doi.org/10.13039/501100010198>
- Sharangi, A. B., Pavan Gowda, M., & Das, S. (2022). Responses of turmeric to light intensities and nutrients in a forest ecosystem: Retrospective insight. *Trees, Forests and People*, 7, 100208. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100208>
- Sharma, M., Manoharlal, R., Negi, A. S., & Prasad, R. (2010). Synergistic anticandidal activity of pure polyphenol curcumin I in combination with azoles and polyenes generates reactive oxygen species leading to apoptosis. *FEMS Yeast Research*, 10(5), 570–578. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2010.00637.x>
- Shi, L., Zhao, W., Yang, Z., Subbiah, V., & Suleria, H. A. R. (2022). Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(54), 81112. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23337-6>
- Singh, G., Kapoor, I. P. S., Singh, P., de Heluani, C. S., de Lampasona, M. P., & Catalan, C. A. N. (2010). Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of fresh and dry rhizomes of turmeric (*Curcuma longa* Linn.). *Food and Chemical Toxicology*, 48(4), 1026–1031. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.01.015>
- Slaček, G., Kotnik, P., Osmić, A., Postružnik, V., Knez, Ž., Finšgar, M., & Knez Marevci, M. (2023). The Extraction Process, Separation, and Identification of Curcuminoids from Turmeric *Curcuma longa*. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/FOODS12214000>

- Tanvir, E. M., Hossen, M. S., Hossain, M. F., Afroz, R., Gan, S. H., Khalil, M. I., & Karim, N. (2017). Antioxidant Properties of Popular Turmeric (*Curcuma longa*) Varieties from Bangladesh. *Journal of Food Quality*, 2017(1), 8471785. <https://doi.org/10.1155/2017/8471785>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Tian, L., Zhang, S., Yi, J., Zhu, Z., Cui, L., Decker, E. A., & McClements, D. J. (2022). Factors impacting the antioxidant/prooxidant activity of tea polyphenols on lipids and proteins in oil-in-water emulsions. *LWT*, 156, 113024. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.113024>
- Urrea, A. I., Canal-M., A., & Monsalve-F., Z. I. (2011). Micropropagación e inducción de órganos de almacenamiento en *Curcuma longa* L. *Actualidades Biológicas*, 33(94), 5–15. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842011000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Vásquez Bustamante, M. (2024). *Efecto de la cocción y pelado sobre los compuestos bioactivos, color y composición químico proximal en la Curcuma longa (Cúrcuma)*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2843>
- Vázquez-Ovando, A., Mejía-Reyes, J. D., García-Cabrera, K. E., & Velázquez-Ovalle, G. (2022). Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(1), 9–33. <https://doi.org/10.23850/24220582.4023>
- Wang, R., Zhang, J. Y., Zhang, M., Zhai, M. G., Di, S. Y., Han, Q. H., Jia, Y. P., Sun, M., & Liang, H. L. (2018). Curcumin attenuates IR-induced myocardial injury by activating SIRT3. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 22(4), 1150–1160. https://doi.org/10.26355/eurev_201802_14404
- Wang, X. P., Wang, Q. X., Lin, H. P., & Chang, N. (2017). Anti-tumor bioactivities of curcumin on mice loaded with gastric carcinoma. *Food & Function*, 8(9), 3319–3326. <https://doi.org/10.1039/c7fo00555e>
- Wang, Z., Zhang, Q., Yuan, L., Wang, S., Liu, L., Yang, X., Li, G., & Liu, D. (2014). The effects of curcumin on depressive-like behavior in mice after lipopolysaccharide administration. *Behavioural Brain Research*, 274, 282–290. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.08.018>
- Wilken, R., Veena, M. S., Wang, M. B., & Srivatsan, E. S. (2011). Curcumin: A review of anti-cancer properties and therapeutic activity in head and neck squamous cell carcinoma. *Molecular Cancer* 2011 10:1, 10(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/1476-4598-10-12>

- World Health Organization. (1999). WHO monographs on selected medicinal plants - Radix Glycyrrhizae. *Essential Medicines and Health Products Information Portal, 1*, 183–194. <http://apps.who.int/medicinedocs/en/d/Js2200e/>
- Zahra, M., Abrahamse, H., & George, B. P. (2024). Flavonoids: Antioxidant Powerhouses and Their Role in Nanomedicine. In *Antioxidants* (Vol. 13, Number 8). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/antiox13080922>
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry, 64*(4), 555–559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)

ANEXOS

Anexo 1

Constancia de la clasificación taxonómica

CONSTANCIA

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

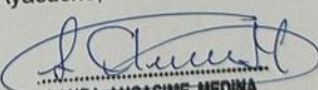
Que, la Bachiller en Farmacia y Bioquímica, **Srta. Mirian Magali, QUINTAS VALENCIA**, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

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

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	LILIOPSIDA
SUB CLASE	:	ZINGIBERIDAE
ORDEN	:	ZINGIBERALES
FAMILIA	:	ZINGIBERACEAE
GÉNERO	:	Curcuma
ESPECIE	:	<i>Curcuma longa</i> L.
N. V..	:	"curcuma", "palillo"

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

Ayacucho, 3 de octubre del 2024


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

Anexo 2

Recolección de las muestras del rizoma, durante el año 2025 en las localidades de Anchiuay, Rosario y San Pedro, pertenecientes a la provincia de La Mar, en el departamento de Ayacucho, Perú



Anexo 3.

Usos terapéuticos y biomoléculas de la *Curcuma longa* L.



Nota. Elaboración propia a partir de la información de Saiz, 2014.

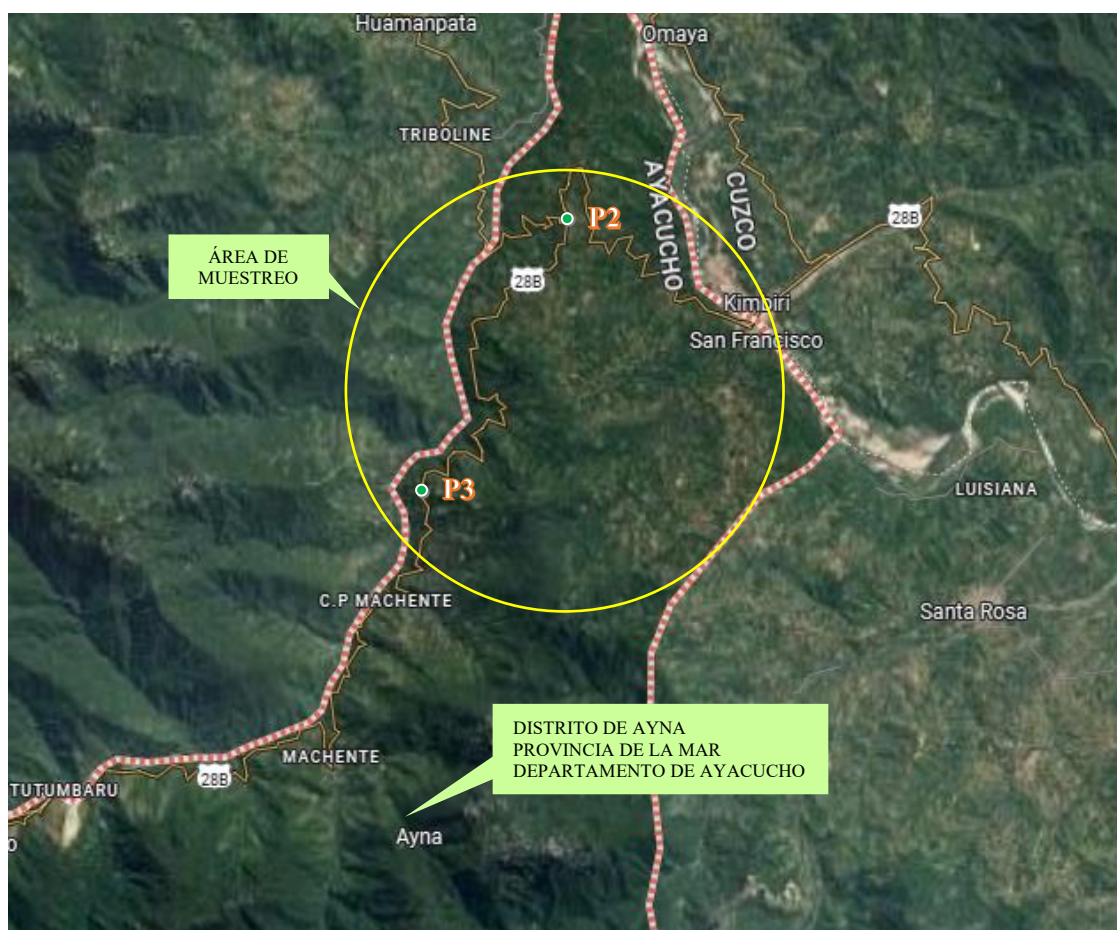
Anexo 4.

Ubicación geográfica de *Curcuma longa* L. en Sudamérica



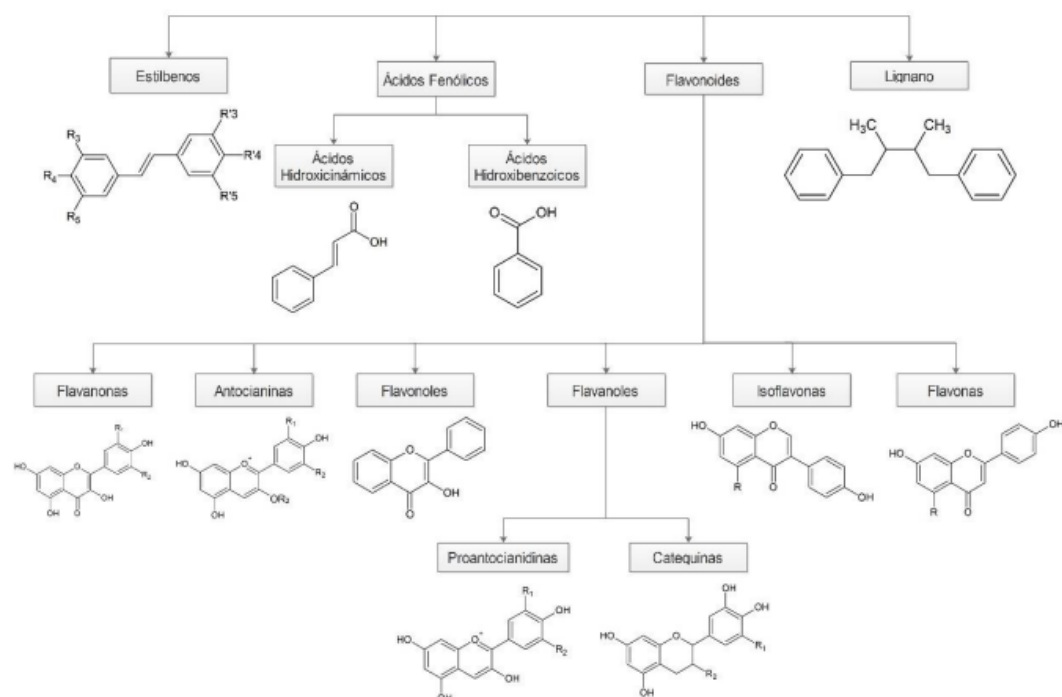
Anexo 5.

*Ubicación geográfica de la zona de recolección del rizoma de *Curcuma longa* L., en el distrito de Ayna, provincia de La Mar del departamento de Ayacucho*



Anexo 6.

Esquema de la clasificación de los compuestos fenólicos



Nota. Tomado de Identificación de reductasas de ácidos hidroxicinámicos y sus derivados en *Lactobacillus plantarum* WCFS1, por Santamaría, L., 2018, Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid.

Anexo 7

Clasificación de los métodos para determinar la actividad antioxidante

Categorías	Ensayos	Medida	Técnica
Transferencia de átomos de hidrógeno (TAH)	Capacidad de absorción del radical oxígeno (ORAC)	Inhibición de la caída de fluorescencia de PE/FL	Fluorometría
	Parámetro antioxidante de captura total de radicales (TRAP)	Oxígeno consumido	Electrodo de oxígeno
	DCFH-DA	Inhibición de oxidación de DCFH-DA	Espectrofotometría Fluorometría
	Ensayo crocina	Inhibición de oxidación de Crocina	Espectrofotometría
Transferencia de electrones (TE)	Poder de reducción antioxidante del hierro (FRAP)	Reducción TPTZ-Fe ³⁺ a TPTZ-Fe ²⁺	Espectrofotometría
	1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH)	Reducción del radical DPPH	Espectrofotometría
	N, N-dimetil-p-fenilendiamina (DMPB)	R edución del DMPB	Espectrofotometría
Mixtos (TAH & TE)	Ácido 2,2'azino-bis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico 8ABTS*+)	Descenso de ABTS*	Espectrofotometría

Nota. Adaptado de “Métodos analíticos utilizados para determinar la actividad de antioxidante”, por Munteanu & Apetrei , 2021, *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7),3380.

Anexo 8

Pesado y secado del rizoma. de tres localidades del VRAEM



Se realizó el pesado inicial de las muestras correspondientes a las localidades de Anchiuay, Rosario y San Pedro.



Se procedió al secado de las tres muestras en la estufa, manteniéndolas a una temperatura constante de 40°C durante un periodo de una semana, con el fin de asegurar un secado homogéneo.

Las tres muestras fueron lavadas, secadas, cortadas en rodajas (con cáscara) y colocadas sobre papel Kraft para su posterior procedimiento.



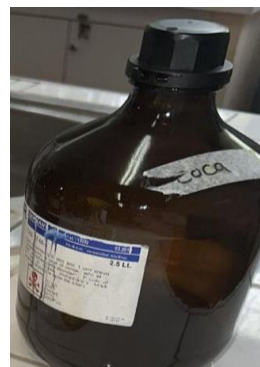
Finalizado el proceso de secado, las muestras fueron extraídas de la estufa y trituradas en un mortero, con el fin de obtener un polvo homogéneo.

Anexo 9

Obtención del extracto hidroalcohólico del rizoma



Se peso 20 g por muestra, con 200 mL de alcohol de 80°.



Cada muestra fue colocada en un frasco ámbar para llevar a cabo el proceso de maceración, con agitación diaria durante un periodo de una semana.



Los extractos fueron llevados al (ROTAVAPOR R 300 BUCHI)



Se filtró las muestras, y el residuo se sometió a una segunda maceración por una semana. Ambos filtrados fueron combinados para obtener el extracto final.



Los extractos fueron sometidos a liofilización en un equipo especializado, durante cuatro días, hasta obtener un producto seco.

Anexo 10

Preparación de las soluciones a partir del extracto hidroalcohólico



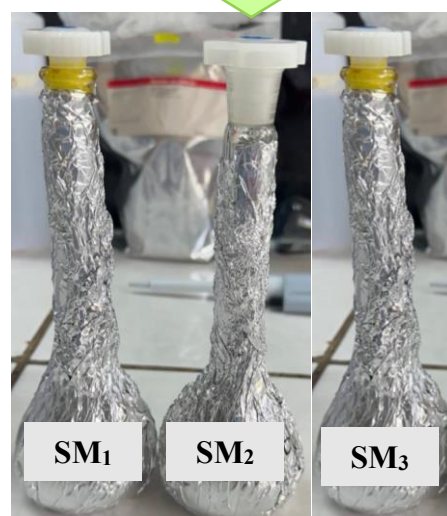
De cada muestra liofilizada provenientes de Anchiuay, Rosario y San Pedro, se pesaron 0,100g. Luego la muestra fue transferida a fiolas aforadas de 100 mL y completado el volumen con metanol hasta enraazar.



Las soluciones fueron sometidas a un baño ultrasónico (sonicador DAIHAN-KR) con el objetivo de optimizar la disolución del extracto liofilizado en metanol, asegurando una buena homogenización de las muestras.



Para cada muestra, se realizó una dilución de 1 mL de la solución madre en una fiola de 100 mL con metanol.

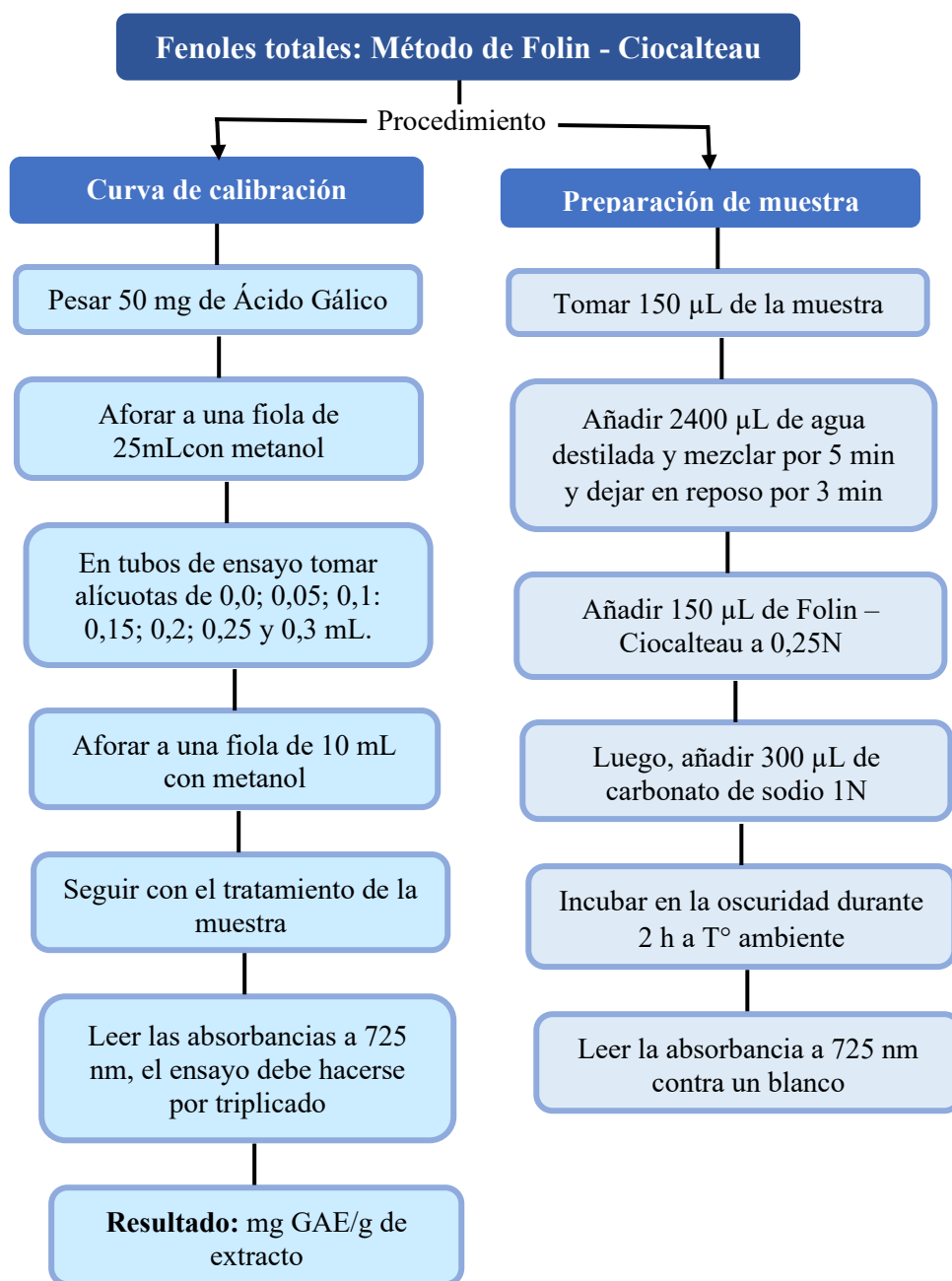


Las soluciones madre fueron a una concentración de 100 mg/100 mL equivalente a [1 mg/1 mL].

- SM₁: Anchiuay
- SM₂: Rosario
- SM₃: San Pedro

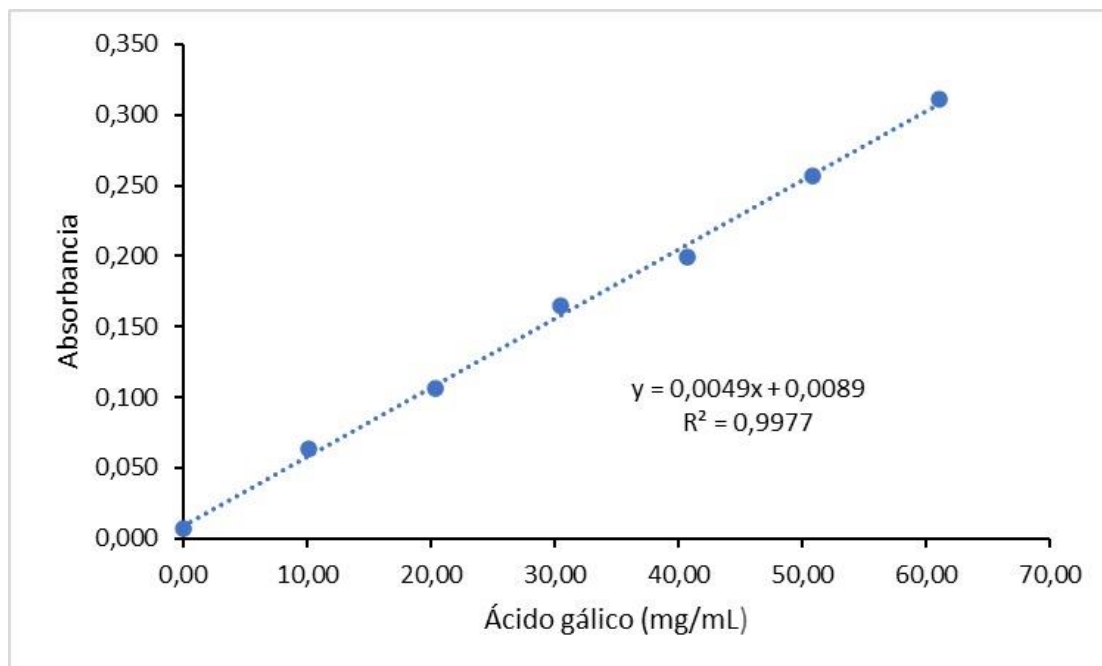
Anexo 11

Método para la determinación del contenido de fenoles totales



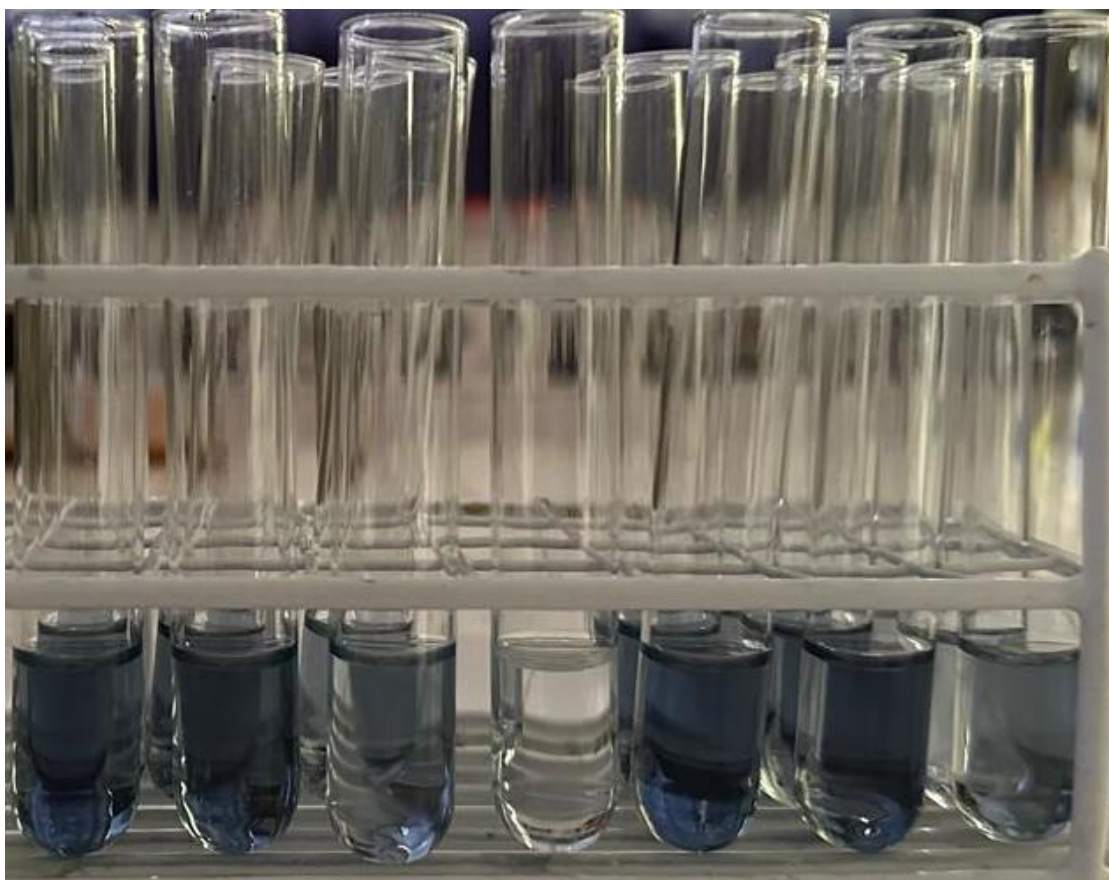
Anexo 12

Curva de calibración del ácido gálico



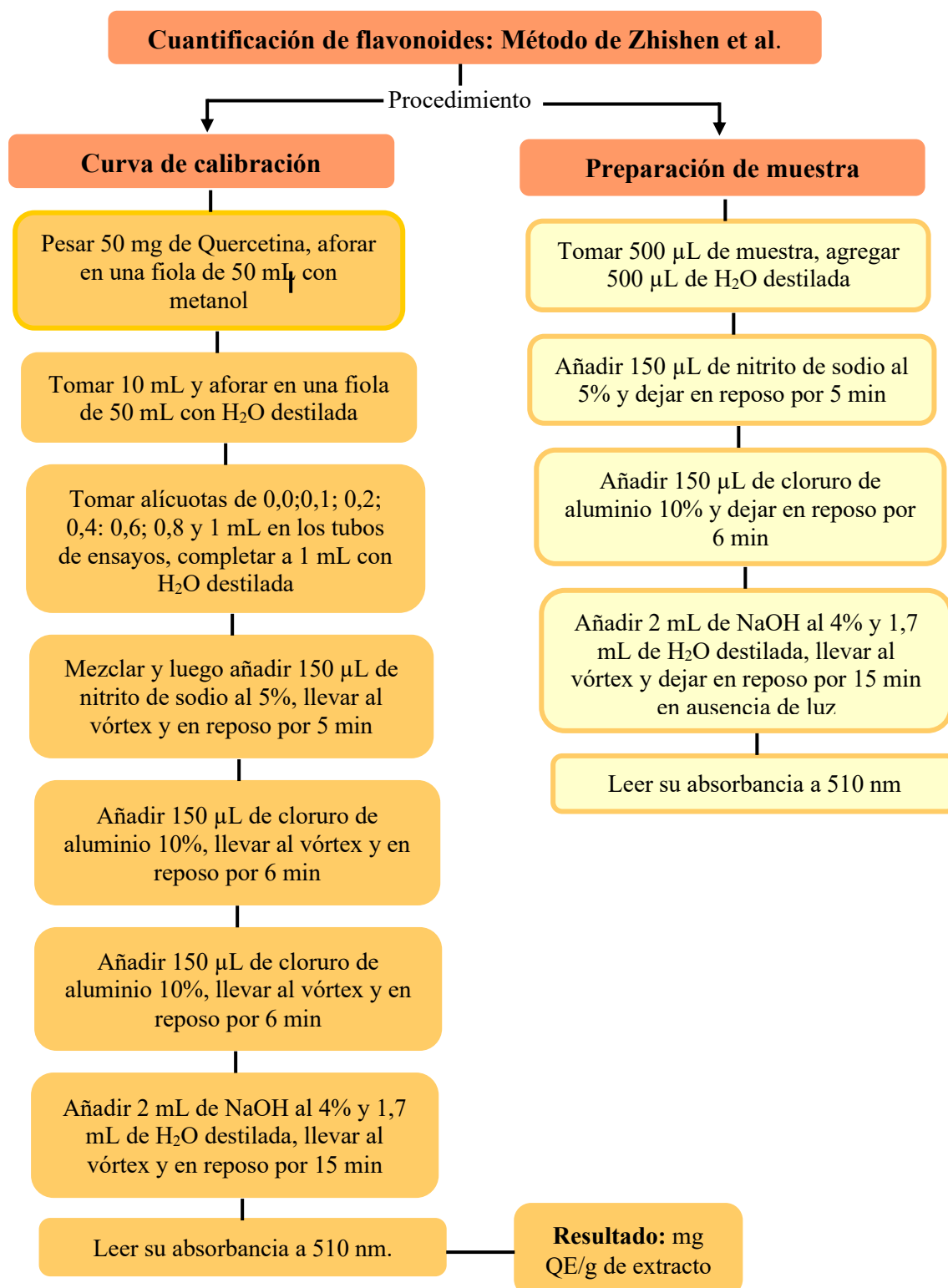
Anexo 13.

Preparación de muestras para la determinación del contenido de fenoles totales



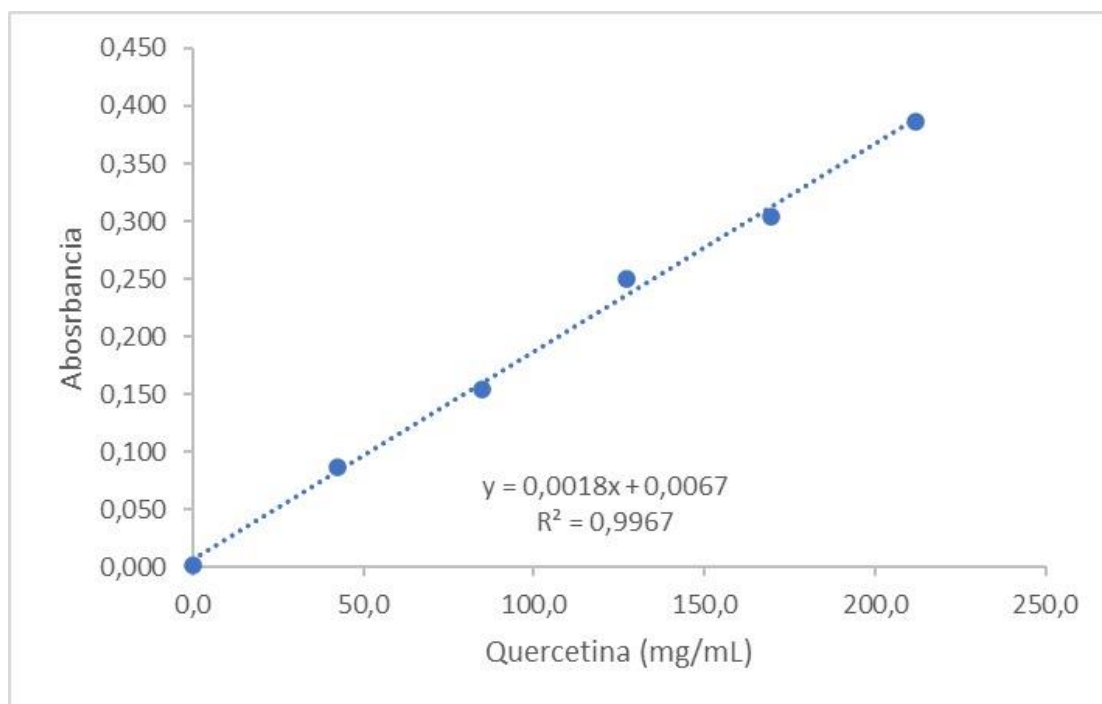
Anexo 14

Método para la determinación de la cuantificación de flavonoides



Anexo 15

Curva de calibración de la quercetina



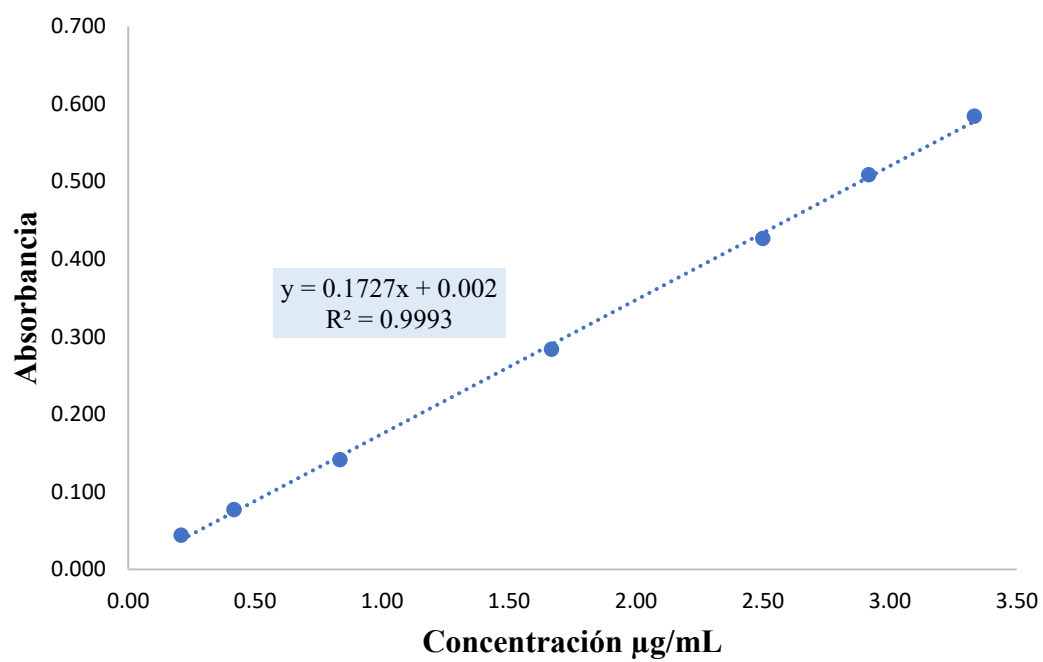
Anexo 16.

Preparación de muestras para la determinación del contenido de flavonoides



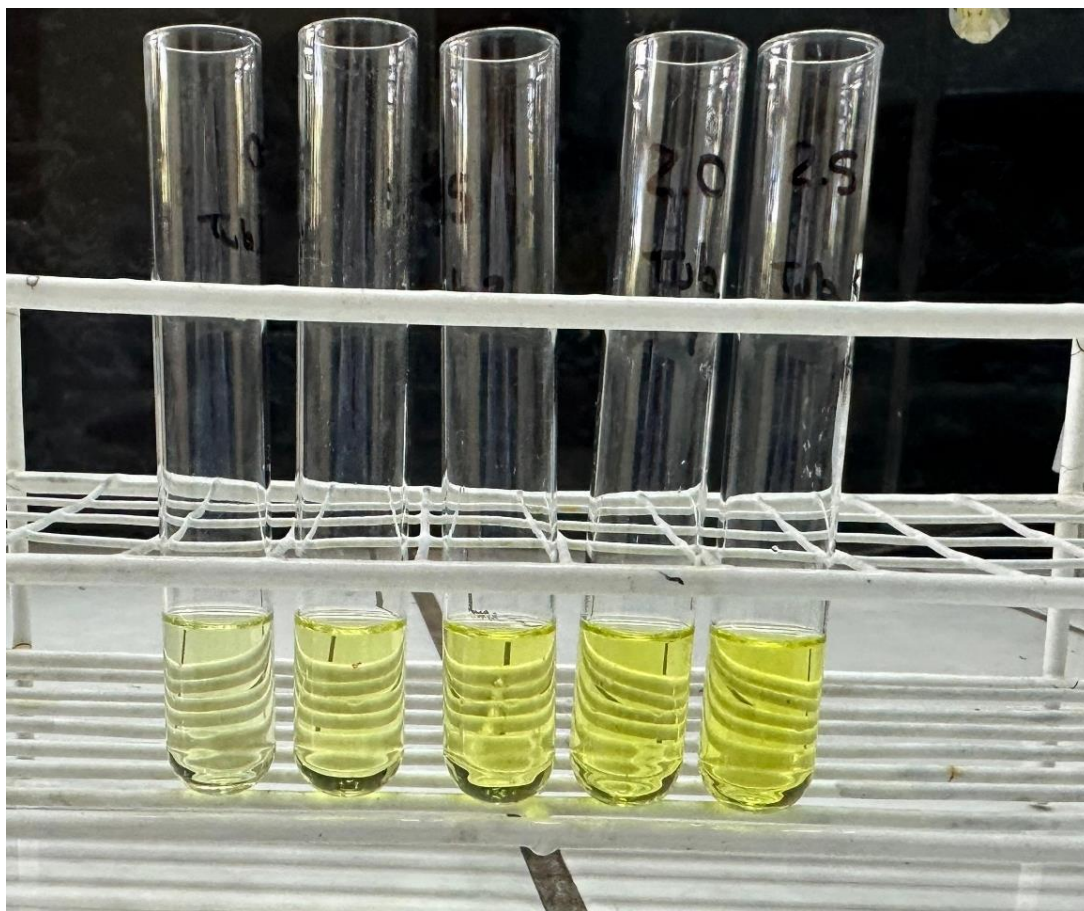
Anexo 17.

Curva de calibración obtenida a partir del estándar de curcumina



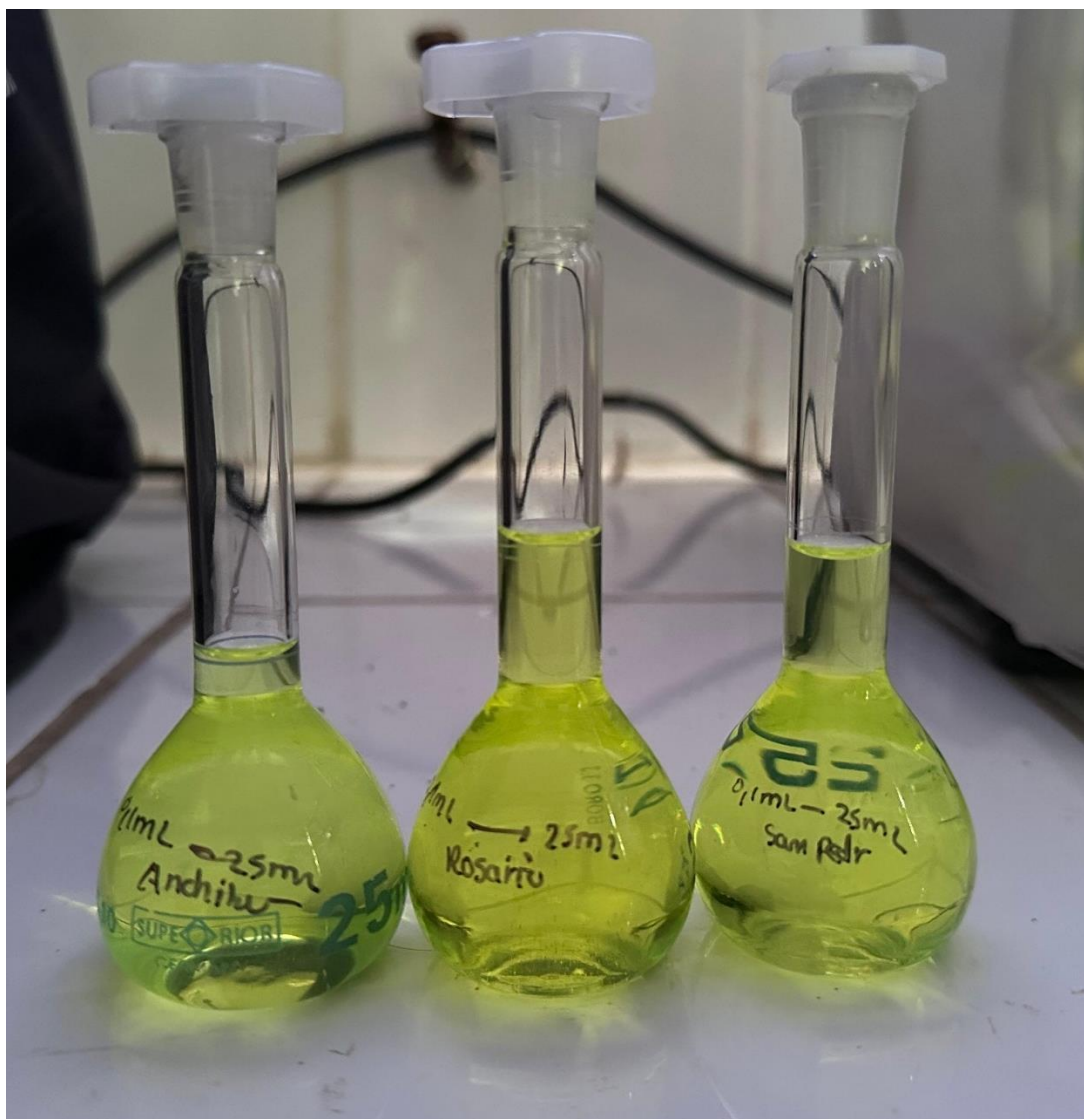
Anexo 18.

Preparación de diluciones estándar para la elaboración de la curva de calibración de la curcumina



Anexo 19

Preparación de muestras para la determinación del contenido de carotenoides



Anexo 20.

Curva espectral para definir la longitud de onda de máxima absorción del estándar de la curcumina

Barrido_14_04_2025_15:24:21

1 / 1

14-jul.-2026 03:16 p. m.

N.º serie del instrumento: 9A5X221017

Nombre del método: Barrido 14-abr.-2025

Modelo instrumento: GENESYS 150

Método creado: 14-abr.-2025 03:24 p. m.

Versión de paquete de software: 2.3

Firma:

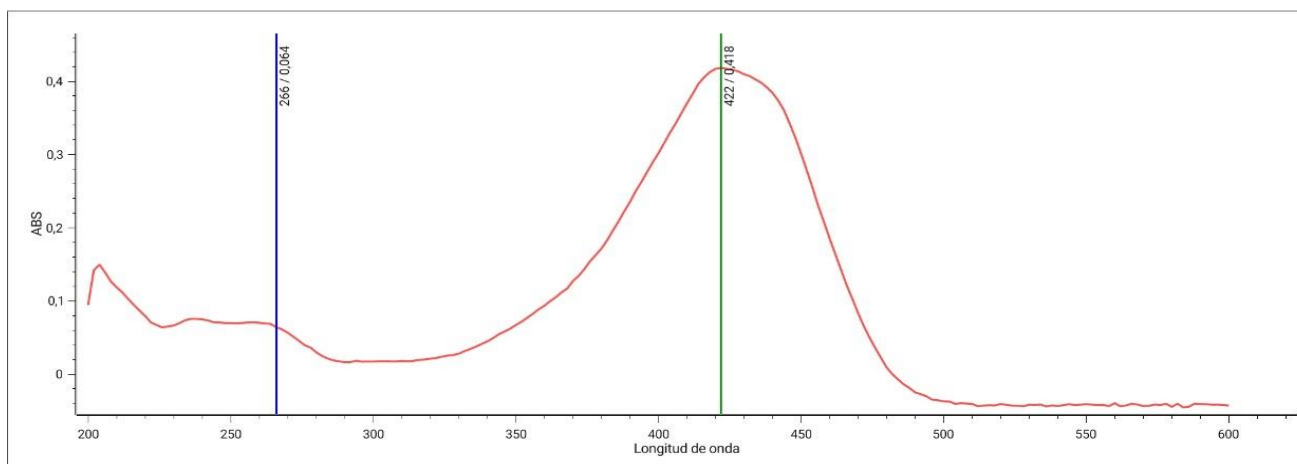
Método actualizado: 14-abr.-2025 03:24 p. m.

Barrido:parámetros de método

Intervalo de longitudes de onda **200 - 600 nm**

Intervalo **2,0 nm**

Velocidad **Rápida**



Ejemplo	ABS(266)	ABS(422)
Ejemplo 1	0,064	0,418

Anexo 21.

Curva espectral para definir la longitud de onda de máxima absorción para la determinación del contenido de carotenoides de la localidad de Anchihuay

Barrido_05_05_2025_16:20:50

1 / 1

14-jul.-2026 03:20 p. m.

N.º serie del instrumento: 9A5X221017

Nombre del método: Barrido 05-may.-2025

Modelo instrumento: GENESYS 150

Método creado: 05-may.-2025 04:17 p. m.

Versión de paquete de software: 2.3

Firma:

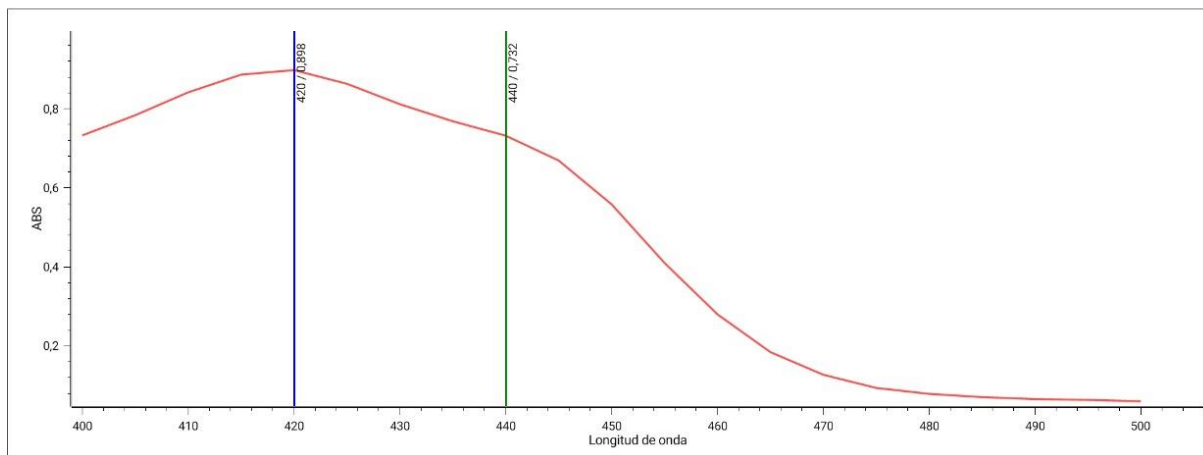
Método actualizado: 05-may.-2025 04:17 p. m.

Barrido:parámetros de método

Intervalo de longitudes de onda **400 - 500 nm**

Intervalo **5,0 nm**

Velocidad **Rápida**



Ejemplo	ABS(420)	ABS(440)
Ejemplo 1	0,898	0,732

Anexo 22.

Curva espectral para definir la longitud de onda de máxima absorción para la determinación del contenido de carotenoides de la localidad de Rosario

Barrido_05_05_2025_16:31:00

1 / 1

14-jul.-2026 03:22 p. m.

N.º serie del instrumento: 9A5X221017

Nombre del método: Barrido 05-may.-2025

Modelo instrumento: GENESYS 150

Método creado: 05-may.-2025 04:30 p. m.

Versión de paquete de software: 2.3

Firma:

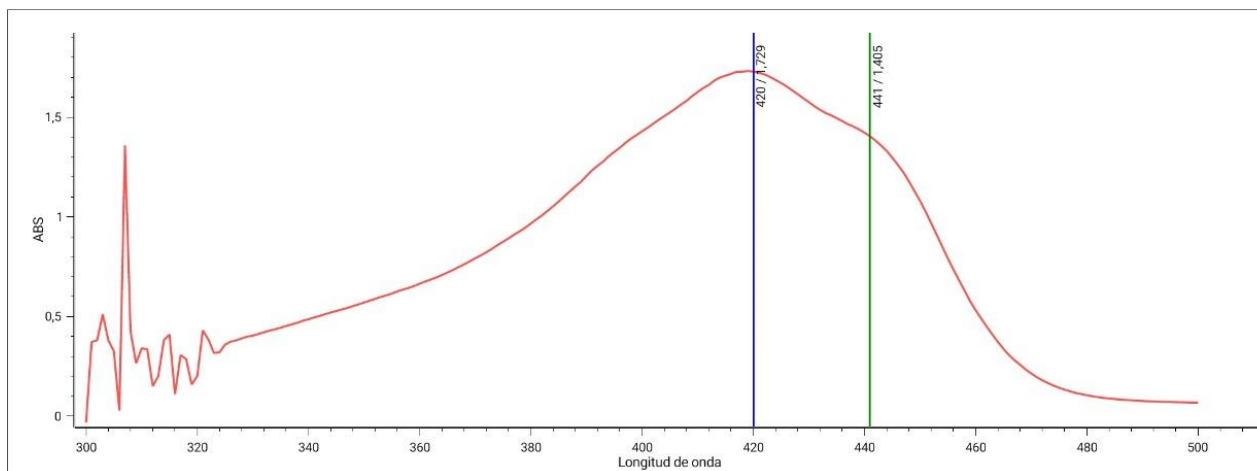
Método actualizado: 05-may.-2025 04:30 p. m.

Barrido:parámetros de método

Intervalo de longitudes de onda **300 - 500 nm**

Intervalo **1,0 nm**

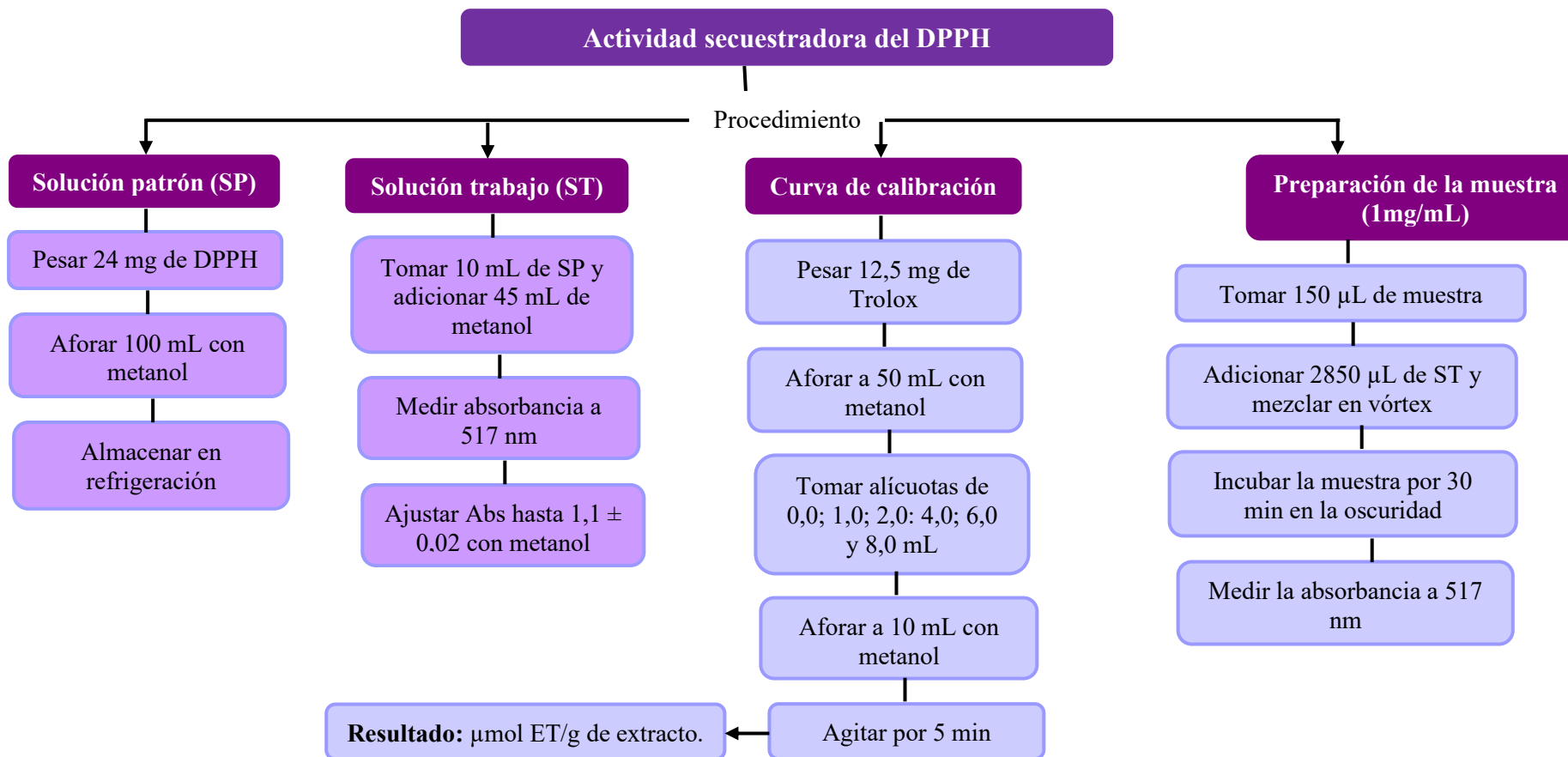
Velocidad **Lenta**



Ejemplo	ABS(420)	ABS(441)
Ejemplo 1	1,729	1,405

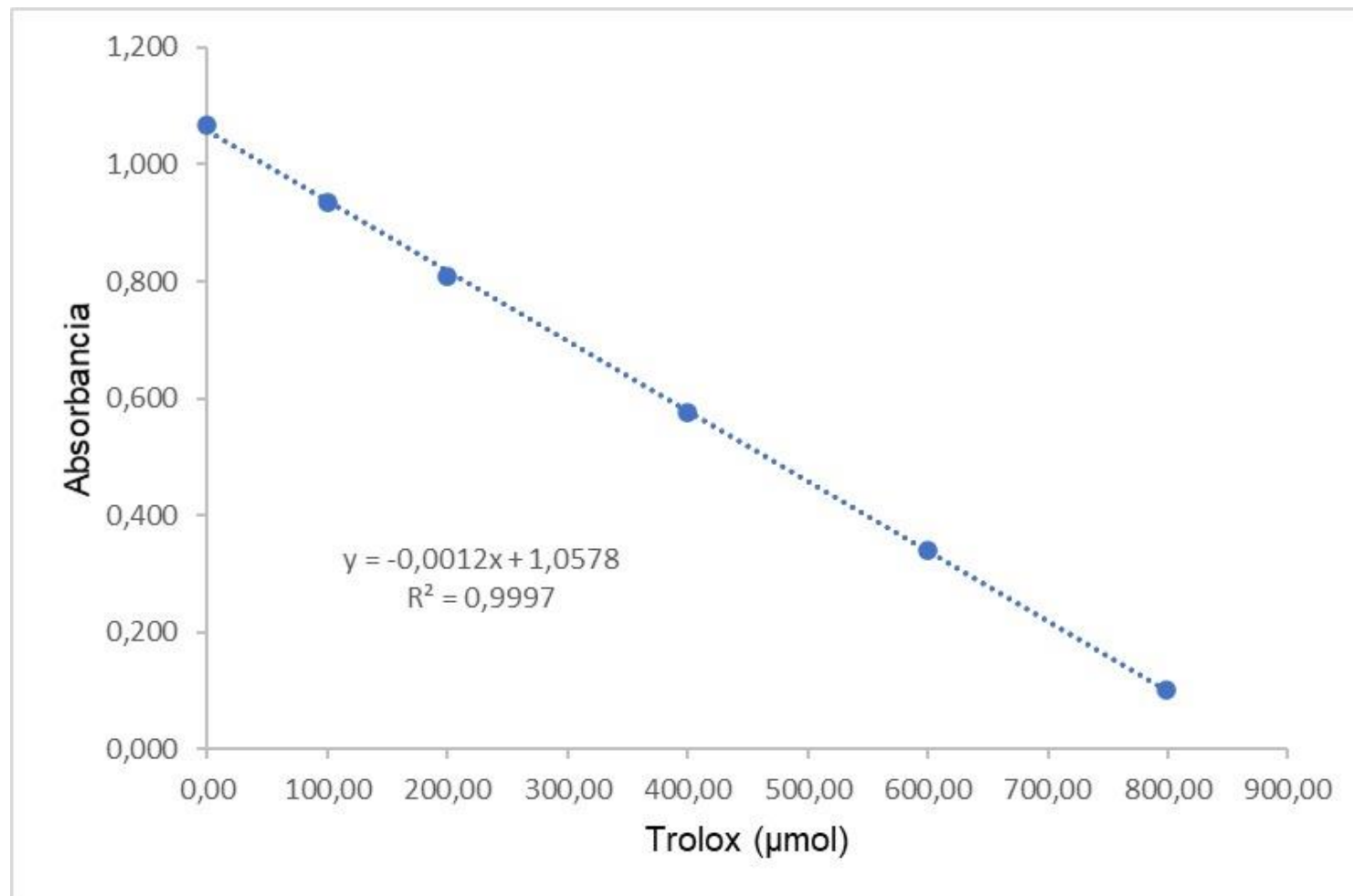
Anexo 23.

Procedimiento para la cuantificación de la capacidad antioxidante mediante el método de DPPH



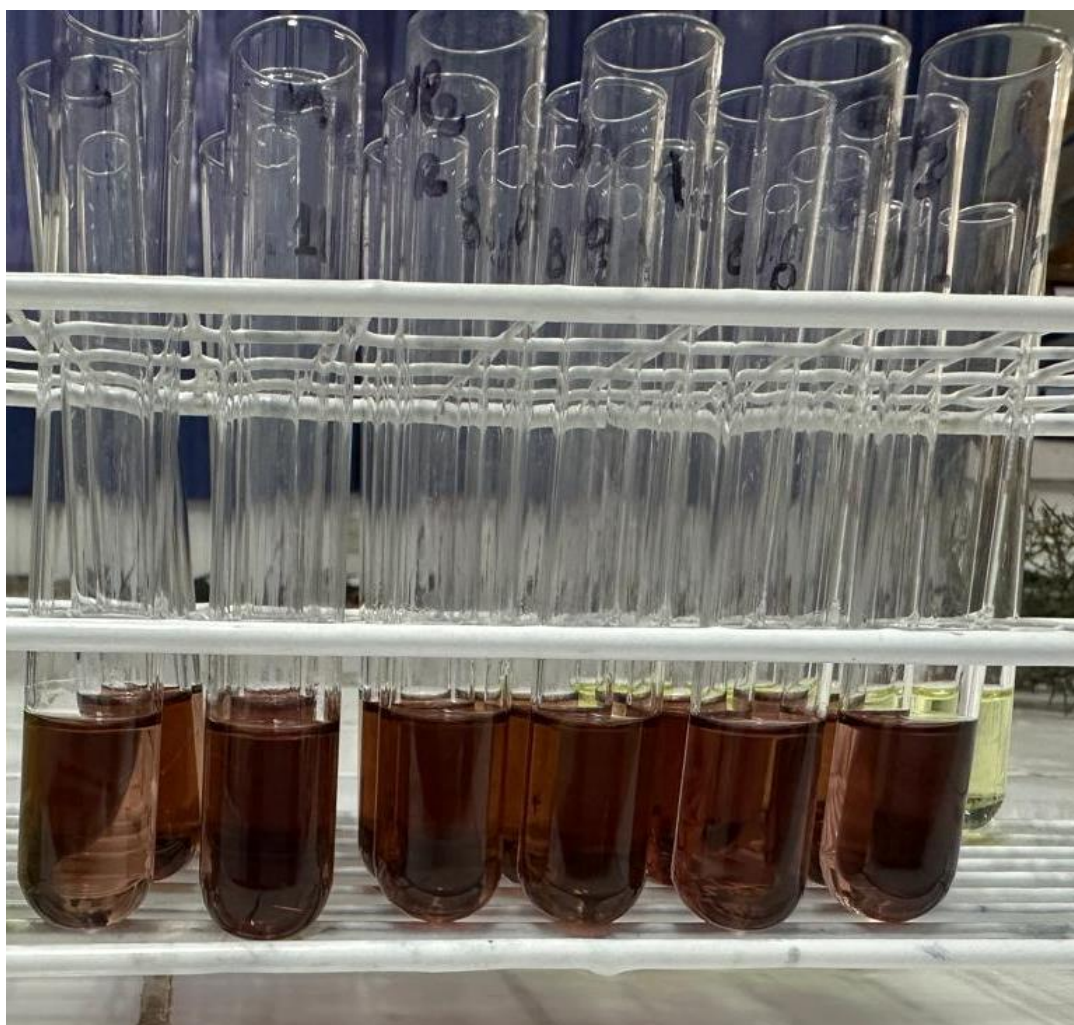
Anexo 24

Curva de calibración de Trolox para la determinación del método de DPPH



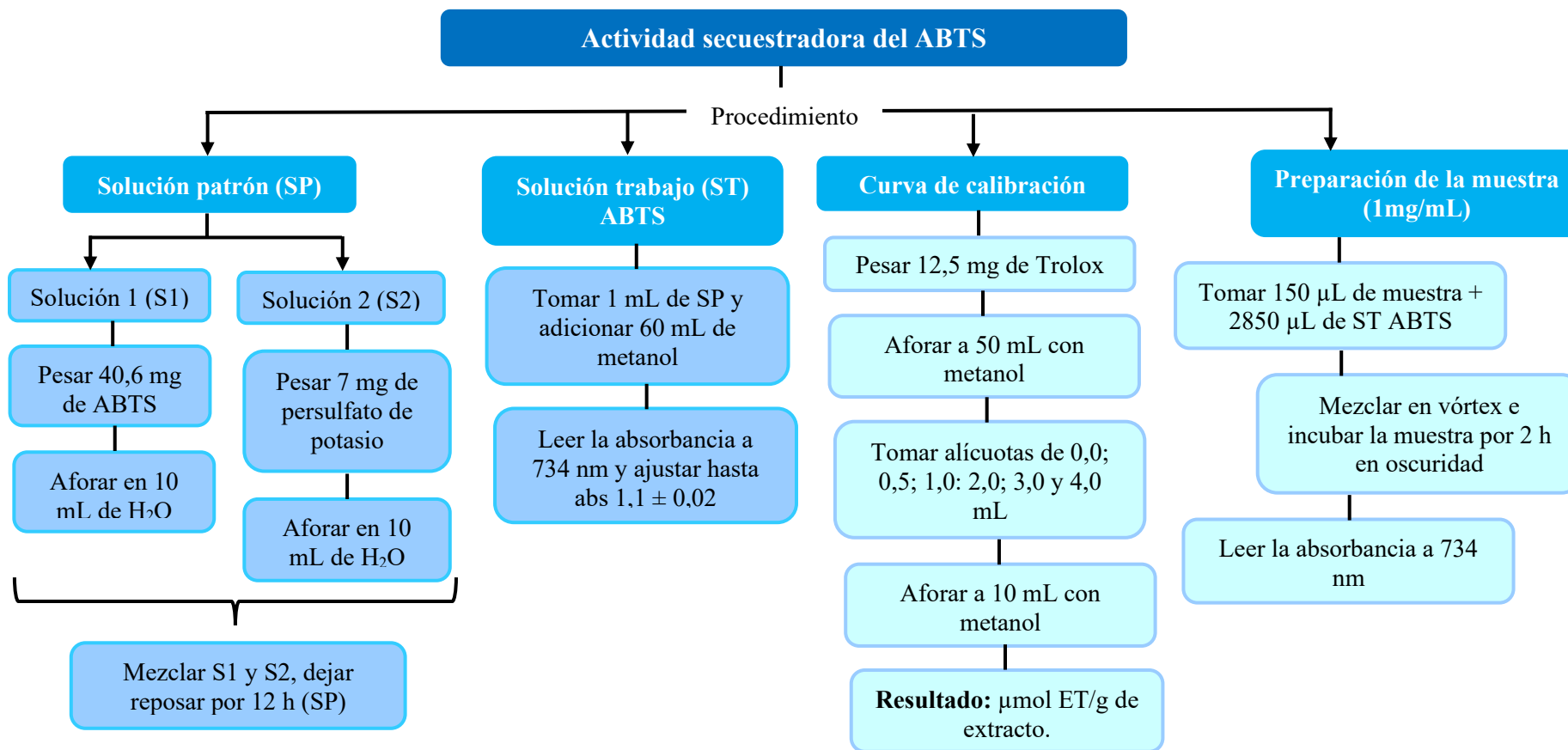
Anexo 25.

Preparación de muestras para la evaluación de la actividad antioxidante mediante el método de DPPH



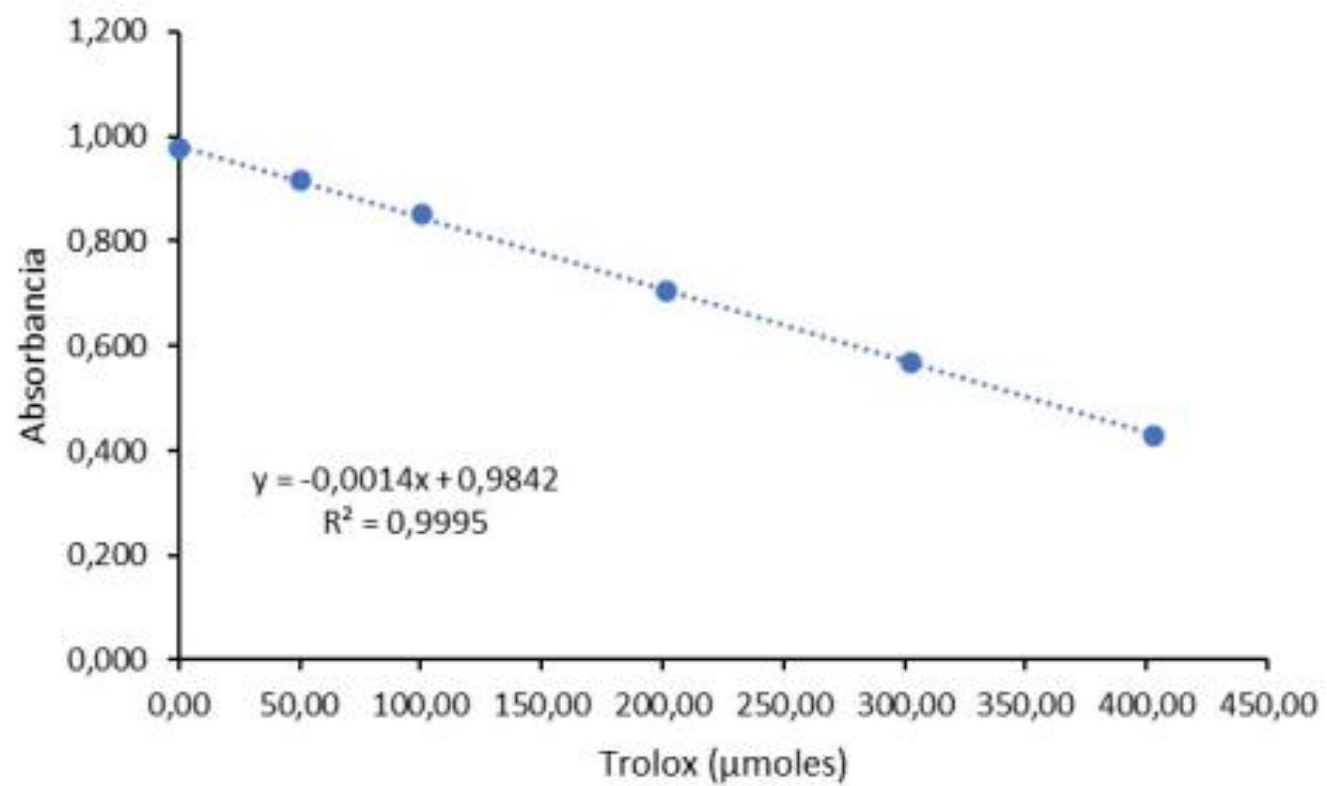
Anexo 26

Procedimiento para la cuantificación de la capacidad antioxidante mediante el método de ABTS



Anexo 27

Curva de calibración del Trolox para la determinación del método ABTS



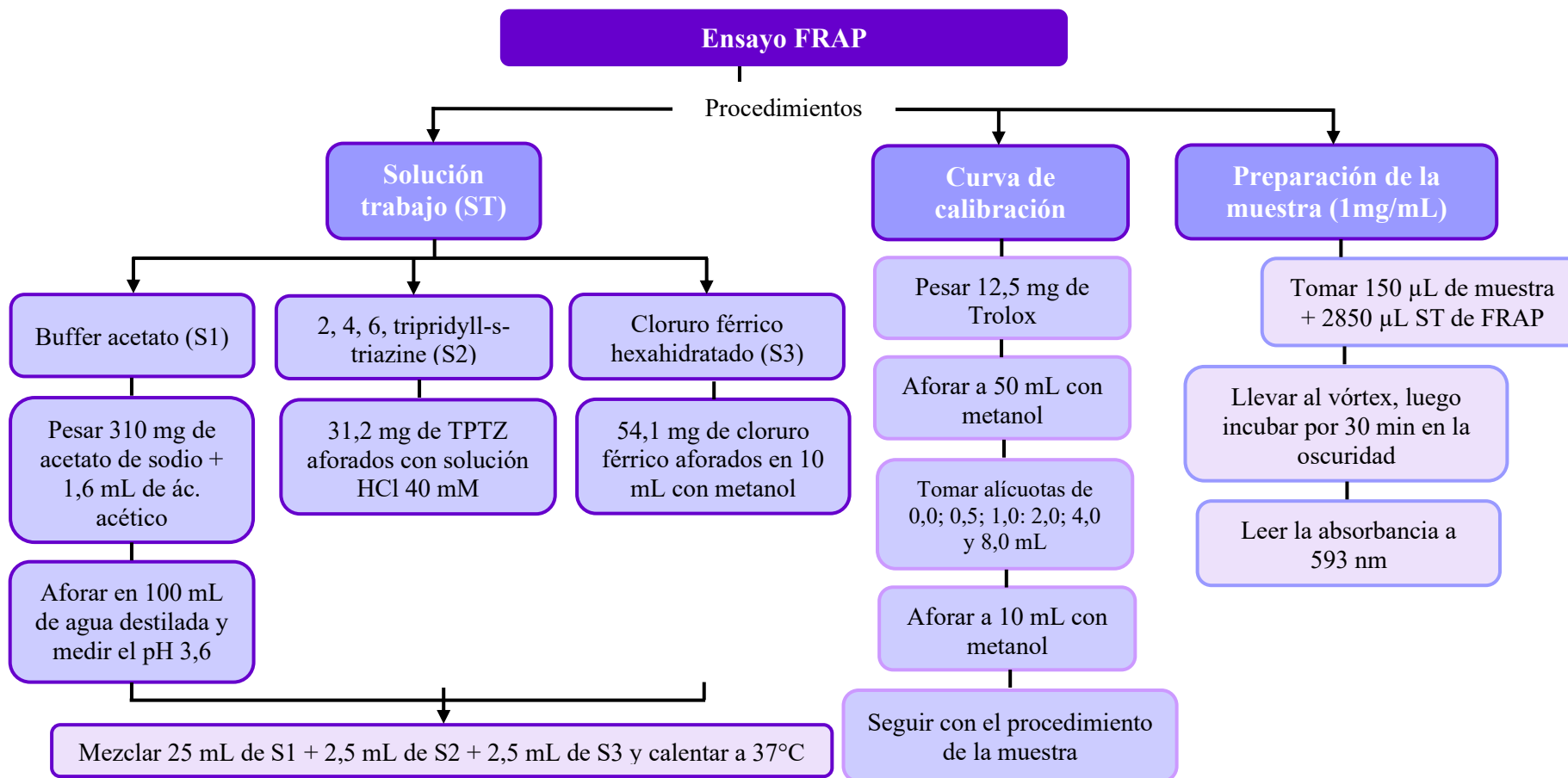
Anexo 28.

Preparación de muestras para la evaluación de la actividad antioxidante mediante el método ABTS



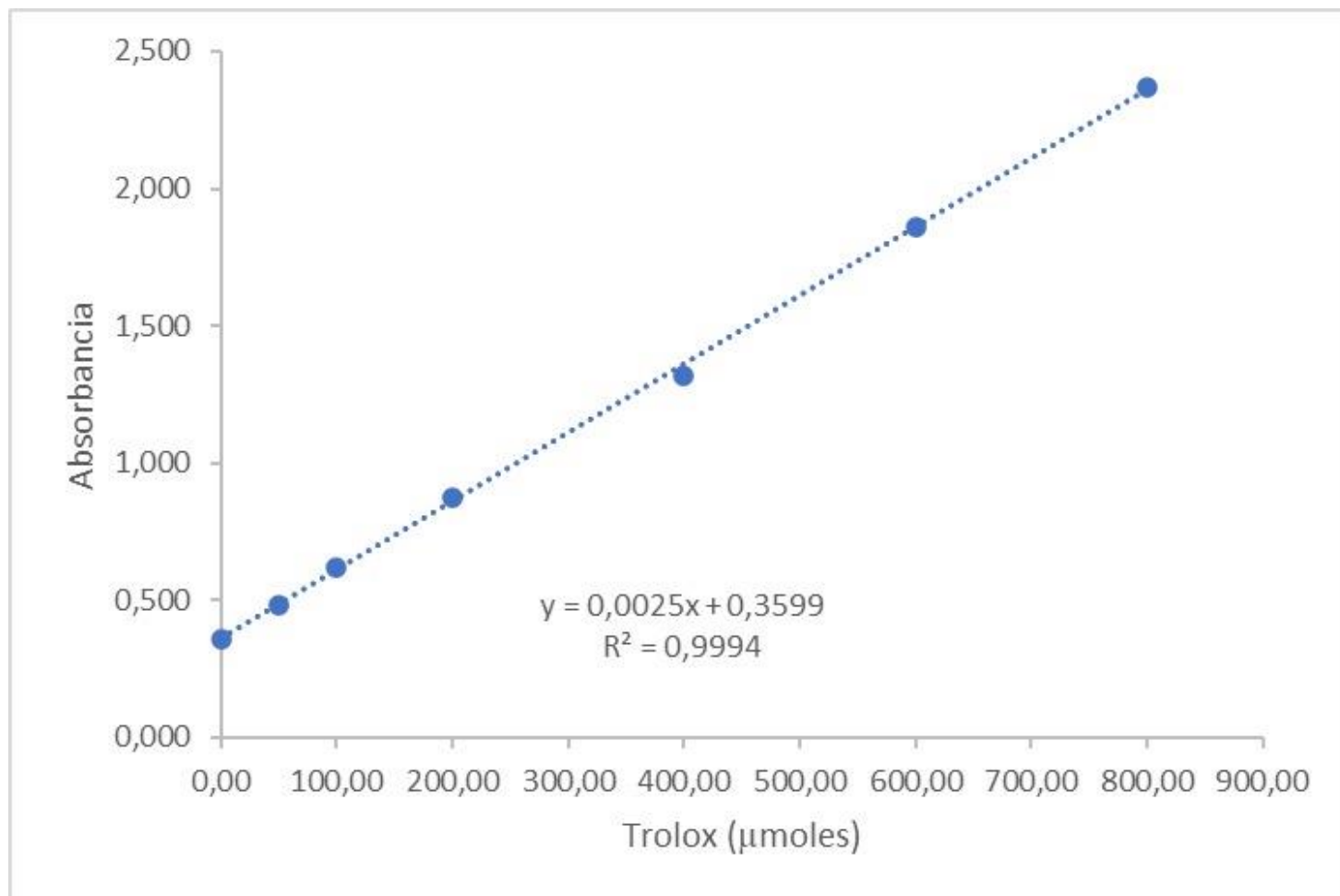
Anexo 29

Procedimiento para la cuantificación de la capacidad antioxidante mediante el método de FRAP



Anexo 30.

Curva de calibración del Trolox para determinación del reductor antioxidante del hierro (FRAP)



Anexo 31

Preparación de muestras para la evaluación de la actividad antioxidante mediante el método de FRAP



Anexo 32

Análisis de la varianza del contenido de fenoles totales y flavonoides

		ANOVA		Medida cuadrática	F	Sig.
		Suma de cuadrados	gl			
Fenoles totales	Entre grupos	96531,049	2	48265,524	4359,271	2×10^{-21}
	Dentro de grupos	166,079	15	11,072		
	Total	96697,128	17			
Flavonoides	Entre grupos	49435,807	2	24717,904	3279,475	2×10^{-20}
	Dentro de grupos	113,057	15	7,537		
	Total	49548,864	17			

Anexo 33

Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para determinar la diferencia significativa del contenido de fenoles totales y flavonoides

		Subconjunto para alfa = 0,05 (HSD Tukey)			
	ID	N	a	b	c
Fenoles totales	Anchihuay	6		329,3900	
	Rosario	6			374,0600
	San Pedro	6	201,2717		
Flavonoides	Anchihuay	6		197,5550	
	Rosario	6			229,0367
	San Pedro	6	105,5200		

Anexo 34

Análisis de varianza para determinar la concentración de curcuminoides

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Curcuminoides	Entre grupos	797,570	2	398,785	4404,191	2×10^{-21}
	Dentro de grupos	1,358	15	0,091		
	Total	798,928	17			

Anexo 35

Análisis de comparación múltiples de Tukey para determinar la concentración de curcuminoides

		Subconjunto para alfa = 0,05 (HSD Tukey)			
	ID	N	1	2	3
Curcuminoides	Anchihuay	6		24,3333	
	Rosario	6			33,2567
	San Pedro	6	16,9767		

Anexo 36.

Análisis de la varianza de los carotenoides

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Carotenoides	Entre grupos	1126,749	2	563,374	19301,722	3×10^{-26}
	Dentro de grupos	0,438	15	0,029		
	Total	1127,187	17			

Anexo 37.

Análisis de la comparación múltiples de Tukey para determinar el contenido de carotenoides

Subconjunto para alfa = 0,05 (HSD Tukey)				
	ID	N	1	2
Carotenoide	Anchihuay	6		36,9333
	Rosario	6		43,0233
	San Pedro	6	24,0450	

Anexo 38

Análisis de varianza de la capacidad antioxidante mediante el método de DPPH, ABTS y FRAP

ANOVA					
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
μmol ET DPPH	Entre grupos	64026,993	2	32013,497	44129,900
	Dentro de grupos	10,882	15	0,725	
	Total	64037,875	17		
μmol ET ABTS	Entre grupos	100193,409	2	50096,704	31311,614
	Dentro de grupos	23,999	15	1,600	
	Total	100217,408	17		
μmol ET FRAP	Entre grupos	29983,840	2	14991,920	51108,818
	Dentro de grupos	4,400	15	0,293	
	Total	29988,240	17		

Anexo 39

Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para determinar la diferencia significativa de la capacidad antioxidante mediante el método de DPPH, ABTS y FRAP

Subconjunto para alfa = 0,05 (HSD Tukey)				
	ID	N	1	2
μmol ET DPPH	Anchihuay	6		243,8617
	Rosario	6		294,6950
	San Pedro	6	150,6667	
μmol ET ABTS	Anchihuay	6		340,9783
	Rosario	6		363,8333
	San Pedro	6	195,3817	
μmol ET FRAP	Anchihuay	6		267,4667
	Rosario	6		302,4667
	San Pedro	6	203,8667	

Anexo 40

Análisis de la varianza del porcentaje de la capacidad secuestradora del radical DPPH y ABTS

		ANOVA			F	Sig.
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática		
% DPPH	Entre grupos	756,535	2	378,268	44712,488	5×10^{-29}
	Dentro de grupos	0,127	15	0,008		
	Total	756,662	17			
% ABTS	Entre grupos	1620,608	2	810,304	31926,870	6×10^{-27}
	Dentro de grupos	0,381	15	0,025		
	Total	1620,989	17			

Anexo 41.

Matriz de definición y operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Valoración	Escala de medición	Ítem del instrumento
Variable independiente Extracto del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. “cúrcuma”	Rizoma de la <i>Curcuma longa</i> L. “cúrcuma”, procedentes de diferentes localidades (Rosario, Anchiuay y San Pedro).	Se empleará el extracto del rizoma de cúrcuma de las tres localidades, obtenidos por medio de un proceso estandarizado.	Contenido de fenoles totales Contenido de flavonoides Contenido de Curcuminoides Contenido de carotenoides	• mg GAE/g de extracto • mg QE/g de extracto • mg/kg • mg CCT/kg	A mayor concentración, mayor presencia de compuestos bioactivos	Cualitativa de categoría nominal	Espectrofotometría
Variable dependiente Capacidad antioxidante	La capacidad de los extractos para neutralizar radicales libres y prevenir la oxidación celular, contribuyendo así a la protección frente al daño oxidativo.	Se determinará a través de los ensayos DPPH, ABTS y FRAP. Estos resultados se expresarán como actividad antioxidante equivalente a Trolox.	• Captación del radical DPPH • Captación del radical ABTS • Capacidad reductora de hierro (FRAP)	• μmoles ET/g de extracto • %AA • μmoles ET/g de extracto • %AA • μmoles ET/g de extracto	A mayor porcentaje, mayor actividad antioxidante	Cuantitativa de categoría continua	Ensayos antioxidantes (DPPH, ABTS y FRAP) por Espectrofotometría

Anexo 42

Matriz de consistencia

Título: Capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de *Curcuma longa* L. “cúrcuma” del VRAEM.

Autor: Mirian Magali Quintas Valencia.

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema General ¿Tendrá capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y pigmentos del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. “cúrcuma” del VRAEM? Problema Específicos • ¿Existe diferencias significativas en el contenido de fenoles totales y flavonoides del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. “cúrcuma” de las tres localidades del VRAEM? • ¿Cómo varía la concentración de curcuminoides y carotenoides del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. “cúrcuma” de las tres localidades del VRAEM? • ¿Cuál es la capacidad antioxidante del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. de tres localidades del VRAEM por los métodos DPPH, ABTS y FRAP? • ¿Qué relación existe entre la capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales, flavonoides y pigmentos del rizoma de tres localidades del VRAEM?	Objetivo General Determinar la capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de <i>Curcuma Longa</i> L. “cúrcuma” de tres localidades del VRAEM. Objetivo Específicos • Determinar el contenido de fenoles totales y flavonoides del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. “cúrcuma” de las tres localidades del VRAEM. • Medir la concentración de pigmentos, como los curcuminoides y carotenoides del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. “cúrcuma” de las tres localidades del VRAEM. • Evaluar la capacidad antioxidante del rizoma de tres localidades mediante los ensayos de DPPH, ABTS y FRAP. • Correlacionar la capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales, flavonoides y pigmentos del rizoma de tres localidades del VRAEM.	H₁: Existe una diferencia significativa en la capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. “cúrcuma” de tres localidades del VRAEM. H₀: No existe diferencia significativa en la capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. “cúrcuma” de tres localidades del VRAEM.	Variable independiente El extracto del rizoma de <i>Curcuma longa</i> L. “Cúrcuma” Indicadores • Contenido de fenoles totales (TPC), expresado en (mg GAE/g). • Contenido de flavonoides (TFC), expresado en (mg QE/g). • Contenido de curcuminoides, expresado en (mg/Kg). • Contenido total de carotenoides, expresados en mg capacidad carotenoides total por kilogramo (mg CCT/kg) Variable dependiente Capacidad antioxidante. Indicadores • Capacidad secuestradora del radical libre DPPH, expresado en porcentaje de secuestro (%AA) y μmoles ET/g de muestra. • Actividad secuestradora del radical libre ABTS, expresado en porcentaje de secuestro (%AA) y μmoles ET/g de muestra. • Potencial antioxidante reductos del hierro (FRAP), expresado en μmoles ET/g de muestra.	Tipo de investigación Básica, descriptivo. Población Los rizomas provenientes de tres localidades del departamento de Ayacucho, Perú: el distrito de Anchiuay (769 m.s.n.m; 73°34'57" O), Rosario (1028 m.s.n.m; 73°49'49" O) y San Pedro (1252.58±5.9 m.s.n.m) ubicadas en la provincia de La Mar. Muestra Un kilogramo del rizoma, fueron recolectadas a una altitud de 1500 msnm del VRAEM, provenientes de tres localidades específicas denominadas Anchiuay, Rosario y San Pedro, en la provincia de La Mar del departamento de Ayacucho. Métodos instrumentales para la recolección de datos Para la determinación de fenoles totales, flavonoides, curcuminoides, carotenoides y capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico del rizoma, se empleó la técnica de la observación, registrándose los cambios producidos en las reacciones químicas. Las mediciones se realizaron con un espectrofotómetro UV-Visible (modelo Thermo Scientific Genesys 10S Vis), utilizando como instrumento de recolección una ficha de datos, en la cual se registraron las absorbancias obtenidas para cada muestra (Roberto Hernandez Sampieri, 2014). Análisis de datos Los resultados obtenidos se presentarán como el promedio $\pm$ desviación estándar obtenidas de tres repeticiones. Las diferencias en el contenido de compuestos fenólicos, de los pigmentos y la actividad antioxidante, serán evaluadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$). Para evaluar la influencia del lugar de procedencia de la muestra en relación con los ensayos realizados, se utilizará un análisis factorial. Todo el análisis estadístico se realizará empleando el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences), versión 26,0.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0710-2026-UNSCH-FCSA-D

BACHILLER:

MIRIAN MAGALI QUINTAS VALENCIA,

En la ciudad de Ayacucho, siendo las nueve de la mañana del día veintecinco del mes de setiembre del año dos mil veintiséis, se reunieron en el auditorio de la Escuela de Farmacia (G-179), los docentes miembros del jurado evaluador, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado: **Capacidad antioxidante, contenido de compuesto fenólicos y de pigmentos del rizoma de curcuma longa L. "cúrcuma" del VRAEM**, presentado por el bachiller **MIRIAN MAGALI QUINTAS VALENCIA**; para optar el título profesional de Químico farmacéutico. Los miembros del jurado de sustentación conformado por:

Presidente (delegado por el Decano) : Prof. Johnny Aldo Tinco Jayo

: Prof. Johnny Aldo Tinco Jayo

: Prof. Kirianova Godoy Bautista

4to jurado

: Prof. Edith Eveling Conislla Cáceres

Asesor

: Prof. Enrique Javier Aguilar Felices

Secretaria Docente

: Prof. Geovana Huamaní Andrade

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

Acto seguido inicia la exposición el bachiller **MIRIAN MAGALI QUINTAS VALENCIA**, una vez finalizado, el presidente de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas, seguidamente se da pase al asesor de tesis, para que pueda aclarar algunas preguntas, interrogantes.

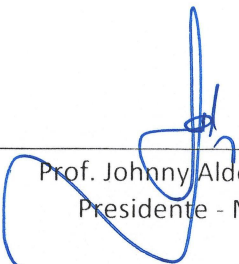
El presidente invita a la sustentante a abandonar el auditorio para que puedan proceder con la calificación.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL

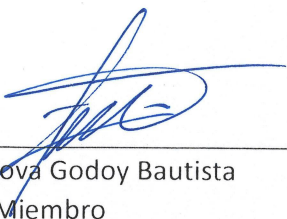
JURADOS	Texto	Exposición	Preguntas	P. final
Prof. Johnny Aldo Tinco Jayo	17	17	16	17
Prof. Kirianova Godoy Bautista	14	15	15	15
Prof. Edith Eveling Conislla Cáceres	17	17	17	17
PROMEDIO FINAL				16

De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: Aprobar al bachiller **MIRIAN MAGALI QUINTAS VALENCIA**; quien obtuvo la nota final de dieciséis (16), por el cual los miembros del jurado evaluador firman al pie

del presente, siendo las once de la mañana, se da por concluido el presente acto académico.



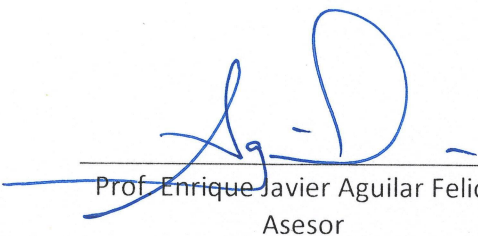
Prof. Johnny Aldo Tinco Jayo
Presidente - Miembro



Prof. Kirianova Godoy Bautista
Miembro



Prof. Edith Eveling Conislla Cáceres
Miembro



Prof. Enrique Javier Aguilar Felices
Asesor



Prof. Geovana Huamaní Andrade
Secretaria docente

**UNSCH****FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD****ESCUELA PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

El Instructor en Segunda Instancia, en virtud de la RCU N° 039 – 2021 – UNSCH – CU, y en calidad de Director de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, emite la presente

CONSTANCIA

DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A Mirian Magali Quintas Valencia, Bachiller de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, en mérito a que la tesis titulada: Capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de *Curcuma longa* L. “cúrcuma” del VRAEM; ha alcanzado un índice de similitud de 16 % (dieciséis por ciento); cumpliendo satisfactoriamente lo establecido en el Art. 13 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga mediante el uso del SOFTWARE TURNITIN.

En tal sentido, se emite la presente constancia en señal de conformidad.

Ayacucho, 12 de agosto de 2026

Firmado
digitalmente por
Enrique Javier
Aguilar Felices

Fecha:
2026.08.12
20:57:37 -05'00'

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Dr. Enrique Javier Aguilar Felices
Director

CONTANCIA N° 022 - 2026

Capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de *Curcuma longa* L. “cúrcuma” del VRAEM

por Mirian Magali Quintas Valencia

Fecha de entrega: 12-ago-2026 08:27p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 3011761174

Nombre del archivo: BORRADOR_DE_TESIS.pdf (3.22M)

Total de palabras: 24167

Total de caracteres: 131673

Capacidad antioxidante, contenido de compuestos fenólicos y de pigmentos del rizoma de *Curcuma longa* L. "cúrcuma" del VRAEM

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	8%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.unsch.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.unas.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	cybertesis.unmsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	www.revistas.sqperu.org.pe	<1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.unjfsc.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.uwiener.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
8	hdl.handle.net	<1%
	Fuente de Internet	
9	revistasocolderma.org	<1%
	Fuente de Internet	
10	Antonio J. Meléndez-Martínez, Isabel M. Vicario, Francisco J. Heredia. "Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas", Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 2026	<1%
	Publicación	
11	www.scribd.com	<1%
	Fuente de Internet	
12	www.campustudionline.com	<1%
	Fuente de Internet	
13	revistatediq.azc.uam.mx	<1%
	Fuente de Internet	
14	www.aesan.gob.es	
	Fuente de Internet	

		<1 %
15	repositorio.cinvestav.mx Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.upct.es Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to ULACIT Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
18	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
19	dgsa.uaeh.edu.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo