



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Ingeniería Agroindustrial

TEMA:

“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES, ANTIMICROBIANAS Y CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN DOS VARIEDADES DE MALANGA (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott) MALANGA BLANCA (*Xanthosoma sagittifolium*) MALANGA MORADA (*Xanthosoma violaceum*), EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR”

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agroindustrial.

AUTORES:

Jhennifer Esthefania Escobar Pungaña

Klever Geovanny Poaquiza Caiza

DIRECTOR:

Dr. Favian Bayas

Guaranda – Ecuador

2022

TEMA:

“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES,
ANTIMICROBIANAS Y CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN
DOS VARIEDADES DE MALANGA (*Xanthosoma sagittifolium* L.
Schott) MALANGA BLANCA (*Xanthosoma sagittifolium*) MALANGA
MORADA (*Xanthosoma violaceum*), EN EL LABORATORIO DE
INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE
BOLÍVAR”

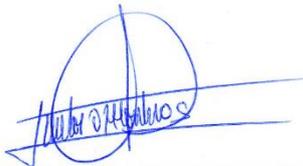
REVISADO Y APROBADO POR:



Dr. Isidro Favian Bayas Morejón PhD
DIRECTOR



Dr. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD
BIOMETRISTA



Ing. Víctor Danilo Montero Silva Mg.
REDACCIÓN TÉCNICA

CERTIFICADO DE AUTORÍA

Nosotros, Jhennifer Esthefania Escobar Pungaña con C.I. 020234449-5 y Klever Geovanny Poaquiza Caiza con C.I. 160069849-0, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional: y, que las referencias bibliográficas que incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Jhennifer Esthefania Escobar Pungaña

C.I. 020234449-5

AUTORA



Klever Geovanny Poaquiza Caiza

C.I. 160069849-0

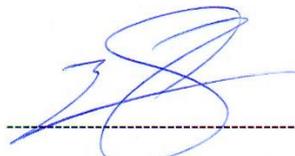
AUTOR



Dr. Isidro Favian Bayas Morejón PhD

C.I. 020181191-6

DIRECTOR



Dr. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD

C.I. 020105168-7

BIOMETRISTA



Ing. Víctor Danilo Montero Silva Mg.

C.I. 020118558-4

REDACCIÓN TÉCNICA

20220201002P00257 DECLARACION JURAMENTADA

OTORGAN: JHENNIFER ESTHEFANIA ESCOBAR PUNGAÑA Y KLEVER

GEOVANNY POAQUIZA CAIZA

CUANTIA: INDETERMINADA

DI 2 COPIAS



En la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día jueves diecisiete de febrero de dos mil veintidós, ante mí DOCTOR HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS, NOTARIO SEGUNDO DE ESTE CANTÓN, comparecen los señores Jhennifer Esthefania Escobar Pungaña y Klever Geovanny Poaquiza Caiza, por sus propios derechos. Los comparecientes son de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, ambos de estado civil solteros, domiciliados en el sector Las Mercedes de Pumín, parroquia Salinas, cantón Guaranda provincia Bolívar y en el barrio San Vicente, parroquia Atocha Ficoa, cantón Ambato, provincia Tungurahua y de tránsito por este lugar, respectivamente, con celulares números: cero nueve ocho cinco tres ocho seis seis cinco tres y cero nueve ocho tres cero nueve cuatro uno cuatro cero, correo electrónico: esthefaescobar1997@gmail.com y klever20102010@gmail.com, a quienes de conocerlos doy fe en virtud de haberme exhibido sus cédulas de ciudadanía en base a las que procedo a obtener sus certificados electrónicos de datos de identidad ciudadana, del Registro Civil, mismos que agrego a esta escritura como documentos habilitantes; bien instruidos por mí el Notario en el objeto y resultados de esta escritura de Declaración Juramentada que a celebrarla procede, libre y voluntariamente.- En efecto juramentados que fueron en legal forma previa las advertencias de la gravedad del juramento, de las penas de perjurio y de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud, declaran lo siguiente: “Que previo a la obtención del Título de Ingenieros Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, manifestamos que los criterios e ideas emitidas en el presente Proyecto de Investigación Titulado: **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES, ANTIMICROBIANAS Y CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN DOS VARIETADES DE MALANGA (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott)**

MALANGA BLANCA (Xanthosoma sagittifolium) MALANGA MORADA (Xanthosoma violaceum), EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR”, es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autores, además autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Es todo cuanto tenemos que decir en honor a la verdad”. Hasta aquí la declaración juramentada que junto con los documentos anexos y habilitantes que se incorpora queda elevada a escritura pública con todo el valor legal, y que los comparecientes aceptan en todas y cada una de sus partes, para la celebración de la presente escritura se observaron los preceptos y requisitos previstos en la Ley Notarial; y, leída que le fue a los comparecientes por mí el Notario, se ratifican y firman conmigo en unidad de acto quedando incorporada en el Protocolo de esta Notaría, de todo cuanto DOY FE.



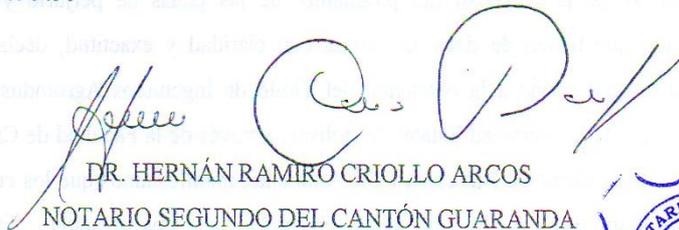
Jhennifer Esthefania Escobar Pungaña

C.C. 0202344495



Klever Geovanny Poquiza Caiza

C.C. 1600698490



DR. HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS
NOTARIO SEGUNDO DEL CANTÓN GUARANDA

Se otorgó ante mí y en fe de ello confiero ésta *SEGUNDA* copia certificada, firmada y sellada en *4* ejemplares.
Guaranda, *17* de *Febrero* del *2022*.



Dr. Hernán Ramiro Criollo Arcos
NOTARIO SEGUNDO DEL CANTÓN GUARANDA



Document Information

Analyzed document TESIS MALANGA_ESCOBAR_POAQUIZA_2022.docx (D125511590)
Submitted 2022-01-19T16:49:00.0000000
Submitted by
Submitter email fbayas@ueb.edu.ec
Similarity 0%
Analysis address fbayas.ueb@analysis.arkund.com

Sources included in the report



DIRECTOR

.....
Ing. Victor Danilo Montero Silva Mg

REDACCIÓN TÉCNICA

DEDICATORIA

Esta búsqueda está dedicada a Dios todo poderoso por su amor sin límites, por haberme concedido el don para culminar una de mis anheladas metas a lo largo de este camino, miro hacia atrás encontrando a personas muy especiales y significativas en mi vida.

A mis queridos y maravillosos padres Marcelo Escobar y Mariana Pungaña a quienes triunfaron junto a mí día a día, brindándome su apoyo incondicional lucha y ejemplo de perseverancia para culminar con una etapa de mi vida.

Dedico de una manera muy especial a toda mi familia por brindarme sus palabras de aliento desde el inicio de mi carrera estudiantil, y con orgullo decir que he cumplido con uno de mis objetivos propuesto.

Esthefania

DEDICATORIA

A mi madre Vilma que fue mi pilar fundamental en mi proceso de aprendizaje, por su motivación y apoyo incondicional durante toda mi vida estudiantil, los logros conseguidos han sido gracias a ella. A mi padre Francisco a pesar de la distancia estuvo siempre pendiente de mí, alentándome a conseguir unos de los objetivos propuestos. A mis hermanas Sonia y Jhoselyn por estar siempre junto a mí, que han sido uno de mis motivos de superación.

A las personas que han sido parte de mi vida, por las aventuras y vivencias pasadas. A la Universidad que a través de sus docentes nos inculcó conocimiento, sabiduría y mirar nuevos horizontes.

Klever

AGRADECIMIENTO

Mi trabajo de titulación va dedicado principalmente a Dios por estar siempre a mi lado y darme fuerza, sabiduría para alcanzar uno de mis logros más anhelados.

Un infinito agradecimiento a mis padres por su apoyo moral y económico en el transcurso de mi vida profesional, enseñándome desde pequeña que donde hay voluntad hay un camino.

Un sincero agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar en especial a la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, por formar profesionales capaces de prestar un servicio a la sociedad.

Mi agradecimiento a los miembros del tribunal de titulación por brindar sus conocimientos, sabiduría y disposición prestada, a mis compañeras/os de clases quienes se han convertido en mi segunda familia a lo largo de los años de estudio, con la que vivimos alegrías, tristezas y agonías, quienes me influyeron de una u otra forma para lograr uno de los muchos proyectos en la vida.

Un fraterno agradecimiento a las personas encargadas del laboratorio de Investigación, en especial al Ing. Paolo Wilcaso, Ing. Erika Cortez y a la Blga. Isabel Paredes, por su apoyo, paciencia y su disposición prestada en la parte experimental.

Esthefania

AGRADECIMIENTO

A mis padres por inculcar valores de respeto y honestidad, y guiarme en todas las etapas de la vida, y a mi familia por el apoyo brindado.

A la universidad Estatal de Bolívar, a la Carrera de Ingeniería Agroindustrial y sus docentes quienes fueron parte de mi formación académica.

Mi agradecimiento al Dr. Favian Bayas, Dr. Juan Gaibor & Ing. Danilo Montero, por brindar su apoyo, conocimientos y guiarme de la mejor manera para la culminación de mi trabajo de investigación.

A los técnicos del laboratorio de Investigación de la Universidad estatal de Bolívar por la ayuda brindada en la parte experimental de la investigación.

Klever

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS	XVIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XX
ÍNDICE DE ANEXOS	XXI
RESUMEN	XXII
SUMARY	XXIII
CAPÍTULO I	1
1. Introducción	1
CAPÍTULO II	3
2. Problema.....	3
2.1. Planteamiento del problema.....	3
2.2. Situación problemática	3
2.3. Formulación del problema	3
2.4. Sistematización del problema	3
CAPÍTULO III	5
3. Marco Teórico.....	5
3.1. Origen del tubérculo	5
3.2. Producción	5
3.3. Malanga (<i>Xanthosoma saggitifolium</i> L. Schott)	6
3.3.1. Taxonomía.....	7
3.3.2. Variedades	7

3.3.3.	Condiciones climáticas	9
3.3.4.	Composición.....	9
3.3.5.	Compuestos funcionales de la malanga.....	10
3.3.6.	Compuestos fenólicos de la malanga.....	10
3.3.7.	Uso agroindustrial de la malanga	11
3.4.	Extracto vegetal	11
3.4.1.	Compuestos bioactivos	11
3.5.	Antioxidantes	12
3.5.1.	Características de los antioxidantes.....	12
3.5.2.	Beneficios de antioxidantes	12
3.5.3.	Radicales libres.....	13
3.5.4.	Estrés oxidativo	13
3.6.	Polifenoles	13
3.6.1.	Clasificación de los polifenoles.....	14
3.6.2.	Flavonoides.....	15
3.7.	Actividad antimicrobiana.....	16
3.7.1.	Bacteria Gram positiva	16
3.7.2.	Bacterias Gram negativas	16
3.8.	Liofilización.....	17
3.9.	Métodos de extracción	18
3.9.1.	Extracción por Soxhlet	18
3.9.2.	Extracción por fluidos supercríticos	18
3.10.	Métodos de actividad antioxidante.....	20
3.10.1.	Método de DPPH.....	20
3.10.2.	Método ABTS	21
3.10.3.	Método FRAP.....	22
3.11.	Método de determinación de polifenoles	23

3.11.1.	Método de Folin-Ciocalteu	23
3.12.	Método de determinación de actividad antimicrobiana	23
3.12.1.	Método de difusión disco-placa.....	23
3.13.	Cromatografía de gases	24
CAPÍTULO IV		26
4.	Marco Metodológico	26
4.1.	Ubicación de la investigación	26
4.2.	Localización de la investigación.....	26
4.3.	Situación geográfica y climática.....	26
4.4.	Zona de vida (Zonificación ecológica)	27
4.5.	Materiales.....	27
4.5.1.	Material experimental.....	27
4.5.2.	Materiales de laboratorio	27
4.5.3.	Equipos	28
4.5.4.	Reactivos	29
4.5.5.	Materiales de oficina	30
4.6.	Métodos	30
4.6.1.	Factores de estudio	30
4.6.2.	Tratamientos	31
4.6.3.	Características del experimento.....	31
4.6.4.	Diseño experimental	32
4.7.	Análisis de varianza (Anova).....	32
4.7.1.	Pruebas de rangos múltiples	32
4.8.	Metodología experimental	33
4.8.1.	Recolección de la materia prima	33
4.8.2.	Descripción de la obtención de la harina.....	33
4.8.3.	Diagrama de flujo de la obtención de la harina.....	35

4.8.4.	Rendimiento de las harinas.....	36
4.8.5.	Análisis bromatológico.....	36
4.9.	Métodos de extracción.....	39
4.9.1.	Extracción por Soxhlet.....	39
4.9.2.	Extracción por Fluidos Supercríticos.....	39
4.10.	Determinación de la capacidad antioxidante.....	40
4.10.1.	Método de radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH).....	40
4.10.2.	Método del radical 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS).....	41
4.10.3.	Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP).....	42
4.11.	Determinación de la concentración de polifenoles totales.....	43
4.11.1.	Método de Folin-Ciocalteu.....	43
4.12.	Determinación de la actividad antimicrobiana.....	44
4.12.1.	Reanimación bacteriana.....	44
4.12.2.	Preparación del medio.....	45
4.12.3.	Evaluación de actividad antimicrobiana por el método Kirby Bauer (difusión disco-placa).....	45
4.13.	Determinación de la composición química por Cromatografía de gases.....	46
CAPÍTULO V		48
5.	Resultados y discusión.....	48
5.1.	Rendimiento de la harina de las dos variedades de malanga.....	48
5.2.	Análisis bromatológico de ceniza, humedad, grasa, fibra y proteína.....	49
5.3.	Resultados de los extractos obtenidos por los dos métodos de extracción.....	50
5.3.1.	Extracción por el método Soxhlet.....	50
5.3.2.	Extracción por fluidos supercríticos.....	51
5.4.	Análisis de actividad antioxidante.....	52
5.4.1.	Análisis de captura del radical (DPPH).....	52

5.4.2.	Ensayo de cuantificación de la decoloración del radical (ABTS)	57
5.4.3.	Determinación de reducción del hierro férrico (FRAP)	62
5.5.	Determinación de la concentración de polifenoles	67
5.6.	Análisis de la actividad antimicrobiana	72
5.6.1.	Actividad antimicrobiana frente a <i>Escherichia Coli</i>	72
5.6.2.	Actividad antimicrobiana frente <i>Salmonella</i> sp.....	74
5.6.3.	Actividad antimicrobiana frente a <i>Arcobacter</i> sp.....	76
5.6.4.	Actividad antimicrobiana frente <i>Staphylococcus aureus</i>	78
5.7.	Resultados de los compuestos volátiles por cromatografía de gases (GC-MSD).80	
5.7.1.	Identificación de compuestos presentes por cromatografía de gases (GC-MSD) en extracto de malanga blanca obtenida por FSC	80
5.7.2.	Identificación de compuestos presentes por cromatografía de gases (GC-MSD) en extracto de malanga morada obtenida FSC.....	84
CAPÍTULO VI.....		87
6.	Comprobación de hipótesis	87
6.1.	Hipótesis nula (Ho).....	87
6.2.	Hipótesis alterna (Hi).....	87
6.3.	Verificación de la hipótesis para la actividad antioxidante y concentración de polifenoles.....	87
6.4.	Verificación de la hipótesis para la actividad antimicrobiana	87
CAPÍTULO VII.....		88
7.	Conclusiones y recomendaciones.....	88
7.1.	Conclusiones	88
7.2.	Recomendaciones	89
BIBLIOGRAFÍA		90

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°	DESCRIPCIÓN	Pág
1.	Clasificación taxonómica	7
2.	Composición química (base húmeda) de tubérculos y almidón de malanga.....	10
3.	Ubicación de la investigación.....	26
4.	Parámetros climáticos del cantón Guaranda.....	26
5.	Equipos utilizados	28
6.	Reactivos utilizados.....	29
7.	Factores de estudios.....	30
8.	Combinación de tratamientos	31
9.	Características del experimento.....	31
10.	Anova	32
11.	Coordenadas de la recolección del tubérculo	33
12.	Dilución del extracto en DMCO.....	46
13.	Rendimiento de la harina de las dos variedades de tubérculo	48
14.	Porcentaje de análisis bromatológico de los tubérculos en estudio.....	49
15.	Extracción por Soxhlet de las dos variedades de tubérculo.....	50
16.	Extracción por fluidos supercríticos de la malanga blanca y morada	51
17.	Resultados del contenido de actividad antioxidante del método DPPH.....	52
18.	Análisis de varianza de la actividad antioxidante por el método DPPH	53
19.	Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor A	54
20.	Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor B	55
21.	Resultados del contenido de actividad antioxidante ABTS.....	57
22.	Análisis de varianza de la actividad antioxidante por el método ABTS	58
23.	Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor A	59
24.	Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor B	60
25.	Resultados del contenido de actividad antioxidante del método FRAP.....	62
26.	Análisis de varianza de la actividad antioxidante por el método FRA.....	63
27.	Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante	

del factor A	64
28. Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor B	65
29. Resultados del contenido de polifenoles por el método folin-Ciocalteu	67
30. Análisis de varianza de la concentración de polifenoles	69
31. Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la concentración de polifenoles del factor A	69
32. Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la concentración de polifenoles del factor B.....	71
33. Resultados de los diámetros (mm) de halos de inhibición de extractos de las dos variedades de malanga a diferentes diluciones.....	73
34. Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antimicrobiana frente a las cepas de <i>E. coli</i>	74
35. Resultado de los diámetros de halos de inhibición en mm a diferentes diluciones de los extractos	75
36. Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antimicrobiana frente a las cepas de <i>Salmonella</i>	76
37. Resultados de los diámetros de halos de inhibición en mm a diferentes diluciones de los extractos	77
38. Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antimicrobiana frente a las cepas de <i>Arcobacter</i> sp.....	78
39. Resultados de los diámetros de halos de inhibición en mm a diferentes diluciones de los extractos	79
40. Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad Antimicrobiana frente a las cepas de <i>S. aureus</i>	80
41. Compuestos volátiles del extracto de Malanga blanca	82
42. Compuestos volátiles del extracto de Malanga morada	85

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	DESCRIPCIÓN	Pág
1.	Partes de la malanga	6
2.	Malanga blanca (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>).....	8
3.	Malanga lila o morada (<i>Xanthosoma violaceum</i>).....	8
4.	Malanga amarilla (<i>Xanthosoma atrovirens</i>).....	9
5.	Clasificación de los polifenoles.....	15
6.	Equipo de extracción por Soxhlet.....	18
7.	Diagrama de fases.....	19
8.	Diagrama del equipo de extracción de FSC	20
9.	Método de secuestro de radicales libres por 1.1-difenil-2- picrilhidrazilo (DPPH)...	21
10.	Método del 2.2 azinobis 3-ethylbenzothiazoline 6- sulfonate (ABTS).....	22
11.	Método de reacción en el ensayo FRAP.....	22
12.	Oxidación de la forma fenólica por la acción del reactivo folin-Ciucalteu.....	23
13.	Equipo de cromatografía de gases	25
14.	Relación de la variedad de tubérculo con la actividad antioxidante por el método DPPH.....	55
15.	Relación del método de extracción con la actividad antioxidante por el método DPPH.....	56
16.	Interacción del contenido de actividad antioxidante	56
17.	Relación de la variedad de tubérculo con la actividad antioxidante por el método ABTS	60
18.	Relación del método de extracción con la actividad antioxidante por el método ABTS	61
19.	Interacción del contenido de actividad antioxidante	62
20.	Relación de la variedad de tubérculo con la actividad antioxidante por el método FRAP	65
21.	Relación del método de extracción con la actividad antioxidante por el método FRAP	66
22.	Interacción del contenido de actividad antioxidante	67
23.	Relación de la variedad de tubérculo con la concentración de polifenoles	70
24.	Relación de la variedad de tubérculo con la concentración de polifenoles	71
25.	Interacción del contenido de actividad antioxidante	72

26. Cromatograma del extracto de la Malanga blanca obtenida por FSC	81
27. Cromatograma del extracto de la Malanga morada obtenida por FSC.....	84

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN N°	DESCRIPCIÓN	Pág
1.	Cálculo del rendimiento.....	36
2.	Cálculo de las cenizas.....	36
3.	Cálculo de la humedad	37
4.	Cálculo de la grasa.....	38
5.	Cálculo de la fibra.....	38
6.	Cálculo de proteína.....	39
7.	Corrección de la absorbancia de la muestra para DPPH	41
8.	Cálculo de la capacidad antioxidante por el método DPPH.....	41
9.	Corrección de la absorbancia de la muestra para ABTS	42
10.	Cálculo de la capacidad antioxidante por el método ABTS	42
11.	Corrección de la absorbancia de la muestra para FRAP	43
12.	Cálculo de la capacidad antioxidante por el método FRAP	43
13.	Cálculo de polifenoles totales.....	44
14.	Cálculo de inhibición bacteriana	46

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°	DESCRIPCIÓN
1.	Mapa de ubicación de la investigación.....
2.	Resultados de los análisis bromatológicos
3.	Resultados de los análisis actividad antioxidante.....
4.	Resultados de la actividad antimicrobiana
5.	Resultados de los compuestos volátiles del extracto de malanga blanca por fluidos supercríticos.....
6.	Resultados de los compuestos volátiles del extracto de malanga morada por fluidos supercríticos.....
7.	Extracción fluidos supercríticos malanga blanca
8.	Extracción fluidos supercríticos malanga morada.....
9.	Curva de calibración de compuestos antioxidantes (DPPH).....
10.	Curva de calibración de compuestos antioxidantes (ABTS).....
11.	Curva de calibración de compuestos antioxidantes (FRAP).....
12.	Curva de calibración de compuestos antioxidantes (Folin-Ciocalteu).....
13.	Recepción de materia prima
14.	Extracción por Soxhlet
15.	Extracción por Fluidos supercríticos
16.	Análisis de la actividad antioxidante.....
17.	Análisis de la actividad antimicrobiana.....
18.	Análisis de compuestos volátiles por cromatografía de gases.....

RESUMEN

En la presente investigación se estudió la malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium*) y malanga morada (*Xanthosoma violaceum*) tubérculos además de tener propiedades nutricionales, también poseen grandes concentraciones de polifenoles, flavonoides que proporcionan actividad antioxidante o bien conferir propiedades bioactivas al consumirlas. Por ende, el objetivo es determinar las propiedades antioxidantes, antimicrobianas y concentración de polifenoles en extractos obtenidos por Soxhlet y Fluidos supercríticos en el Laboratorio de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar. El creciente interés de dichas propiedades ha motivado la búsqueda de fuentes naturales de compuestos químicos para la aplicación en la farmacología y en la elaboración de productos funcionales. El extracto con mayor volumen obtenido fue la malanga morada por el método Soxhlet con un valor de 10,7 mL, de igual manera el extracto de la misma variedad por FSC se identificó con 1,2372 g. Se determinó la capacidad antioxidante que se expresó en μmol de trolox/g muestra, obteniendo mayor concentración en la malanga blanca por FSC, por los métodos DPPH 207,87, ABTS 51,11, FRAP 64,33 y la concentración de polifenoles por el método Folin-Ciocalteu 6,98 mg ácido gálico/100g muestra. Para la actividad antimicrobiana se evaluó con bacterias de *E. coli*, *Salmonella sp*, *Arcobacter* y *Staphylococcus aureus* en la que se demostró baja actividad antimicrobiana. Se caracterizó químicamente mediante cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas (CG-MSD), se registró 37 picos cromatográficos en la malanga blanca y 48 picos en la malanga morada, el compuesto Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester, se identificó en los picos de mayor intensidad.

Palabras claves: malanga, extracto, antioxidantes, polifenoles, antimicrobiana, cromatografía de gases, aldehídos, fenoles, ésteres, cormelos.

SUMMARY

In the present research, white malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) and purple malanga (*Xanthosoma violaceum*) tubers were studied, besides having nutritional properties, they also have high concentrations of polyphenols, flavonoids that provide antioxidant activity or confer bioactive properties when consumed. Therefore, the objective is to determine the antioxidant and antimicrobial properties and concentration of polyphenols in extracts obtained by Soxhlet and supercritical fluids in the Research Laboratory of the State University of Bolivar. The growing interest in these properties has motivated the search for natural sources of chemical compounds for application in pharmacology and in the elaboration of functional products. The extract with the highest volume obtained was the purple malanga by the Soxhlet method with a value of 10.7 mL, likewise the extract of the same variety by SFE was obtained 1.2372 g. It was determined the antioxidant capacity that was expressed in μmol of trolox/g sample, obtaining higher concentration in the white malanga by SFE, by the methods DPPH 207.87, ABTS 51.11, FRAP 64.33 and the concentration of polyphenols by the Folin-Ciocalteu method 6.98 mg gallic acid/100g sample. For the antimicrobial activity was evaluated with bacteria of *E.coli*, *Salmonella sp*, *Arcobacter* and *staphylococcus aureus* in which low antimicrobial activity was demonstrated. It was chemically characterized by gas chromatography coupled to a mass spectrometer (GC-MSD), 37 chromatographic peaks were recorded in the white malanga and 48 peaks in the purple malanga, the compound Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester, was identified in the peaks of greater intensity.

Key words: malanga, extract, antioxidants, polyphenols, antimicrobial, gas chromatography, aldehydes, phenols, esters, cormel.

CAPÍTULO I

1. Introducción

Los tubérculos son generalmente subterráneos, acumulando el almidón en las raíces como su principal sustancia de reserva, en la que aporta nutrientes, minerales, siendo también ricos en vitaminas e ideales para una dieta equilibrada, actuando como antioxidantes que nos protegen contra los radicales libres ayudando de esta manera a desintoxicar nuestro organismo, los tubérculos forman parte de la alimentación especialmente de comunidades rurales ya que es parte de su cultura alimentaria y contribuyen con su desarrollo socioeconómico (Mejía *et al.* 2018).

La malanga es un tubérculo poco conocido que se introdujo en el Ecuador a partir de 1995, por ser una especie tropical se adaptaron perfectamente en la región de la Amazonia, siendo la provincia de Sucumbíos con la mayor plantación y que son exportadas a otros países especialmente a Estados Unidos (Cerruffo, 2018). Dicho tubérculo posee un alto contenido de tiamina, riboflavina y flavonoides constituyendo a la ingesta diaria de antioxidantes fenólicos, además tiene proteínas, fibra, vitaminas A, C, calcio y un elevado porcentaje de fósforo, los fitoesteroles presentes en la malanga inhiben la absorción del colesterol malo (LDL) en el organismo (Flores *et al.* 2021).

Los polifenoles presentes en plantas vegetales actúan como antioxidantes en los sistemas biológicos, realizando la función protectora frente a las alteraciones del equilibrio redox en el organismo, reduciendo los efectos adversos que causan los radicales libres, (Cerón *et al.* 2018). La malanga contiene grandes concentraciones de polifenoles, flavonoides, taninos condensados y ácido fítico que puede proporcionar la actividad antioxidante o bien conferir propiedades bioactivas al consumidor final (Martinez & Hernandez, 2019). Además, los tubérculos presentan la capacidad inhibidora, eliminación de hongos, microorganismos, bacterias patógenas causantes de enfermedades transmitidas por alimentos, debido a que

tiene efecto antibiótico contra bacterias, tales como la *E. coli* y el *Staphylococcus*, así como los hongos, como la *Candida albicans* (Fuente *et al.* 2015).

Se consideró necesario realizar esta investigación en los extractos de la malanga, en la que se busca establecer la actividad antioxidante y concentración de polifenoles, así como la posible actividad antimicrobiana, esto dado a que diversos estudios informan que los tubérculos además de tener propiedades nutricionales posee también propiedades antiinflamatorias, analgésicas, terapéuticas, antisépticas que pueden ser utilizados en la medicina tradicional y en la agroindustria como la elaboración de productos funcionales.

Por tal motivo en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos.

Determinar las propiedades antioxidantes, antimicrobianas y concentración de polifenoles en dos variedades de malanga (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott), malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium*), malanga morada (*Xanthosoma violaceum*), en el Laboratorio de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar.

- Obtener extractos de las dos variedades de malanga con diferentes métodos de extracción: soxhlet y fluidos súper críticos.
- Evaluar la actividad antioxidante obtenidos de las dos variedades de malanga.
- Analizar la actividad antimicrobiana de los extractos obtenidos.
- Estudiar químicamente el extracto del mejor tratamiento mediante cromatografía de gases.

CAPÍTULO II

2. Problema

2.1. Planteamiento del problema

La malanga al ser un tubérculo extranjero, se desconoce de las propiedades nutricionales y bioactivas, debido a que existe escasa información sobre los beneficios que podría brindar al consumir dicho tubérculo.

En los últimos tiempos, los antioxidantes naturales han generado un interés considerable entre las farmacéuticas, nutricionistas, fabricantes de alimentos y consumidores debido a su presunta seguridad y su potencial valor terapéutico. Los metabolitos bioactivos, como los polifenoles, no son estrictamente necesarios en la dieta, pero cuando están presentes en cantidades suficientes favorecen la buena salud y previenen enfermedades de diversos orígenes.

2.2. Situación problemática

Existe poca evidencia científica sobre la actividad antioxidante, actividad antimicrobiana y concentración de polifenoles que posee la malanga (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott).

2.3. Formulación del problema

La pregunta de investigación es:

¿Qué capacidad antioxidante, concentración de polifenoles y actividad antimicrobiana posee el extracto de la malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium*) y malanga morada (*Xanthosoma violaceum*)?

2.4. Sistematización del problema

Para llevar a efecto la presente investigación y dar cumplimiento al objetivo principal se plantearon las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los métodos más adecuados para la obtención del extracto de las dos variedades de malanga?

¿Cuáles son los métodos para la determinación de la actividad antioxidante y concentración de polifenoles presentes en las dos variedades de malanga?

¿Presentan actividad antimicrobiana los extractos de las dos variedades de malanga?

¿Qué compuestos volátiles actúan como antioxidantes y antimicrobianas en los extractos de las dos variedades de malanga?

CAPÍTULO III

3. Marco Teórico

3.1. Origen del tubérculo

La malanga (*Xanthosoma saggitifolium* L. Schott) es uno de los cultivos silvestre domesticados por el ser humano, siendo originario de América tropical y subtropical, fueron cultivadas por los indios de las Antillas y en todo el continente antes del descubrimiento, llevando así el nombre que se originó en la isla Trinidad, al pasar el tiempo se trasladó a distintos países, este tubérculo crece en lugares húmedos lo cual ayuda a desarrollarse rápidamente (Zapata & Velásquez, 2013).

Al llegar los europeos al continente de América, encontraron la malanga desde el sur de México hasta Bolivia. Entre los países de América Central o del Sur, siendo la región de las Antillas donde se encontró la mayor cantidad de variedades de malanga (Pacheco *et al.* 2009). Sin duda la malanga, es un producto de origen de América Latina, cuyo registro se evidencia desde cuando llegaron los españoles al continente americano, el tubérculo fue utilizada y cultivada de forma rústica, no se aplicaron tecnologías ni fertilizantes agrícolas lo que lo convierte en un producto orgánico, idóneo para ser consumido (Ulloa , 2013).

3.2. Producción

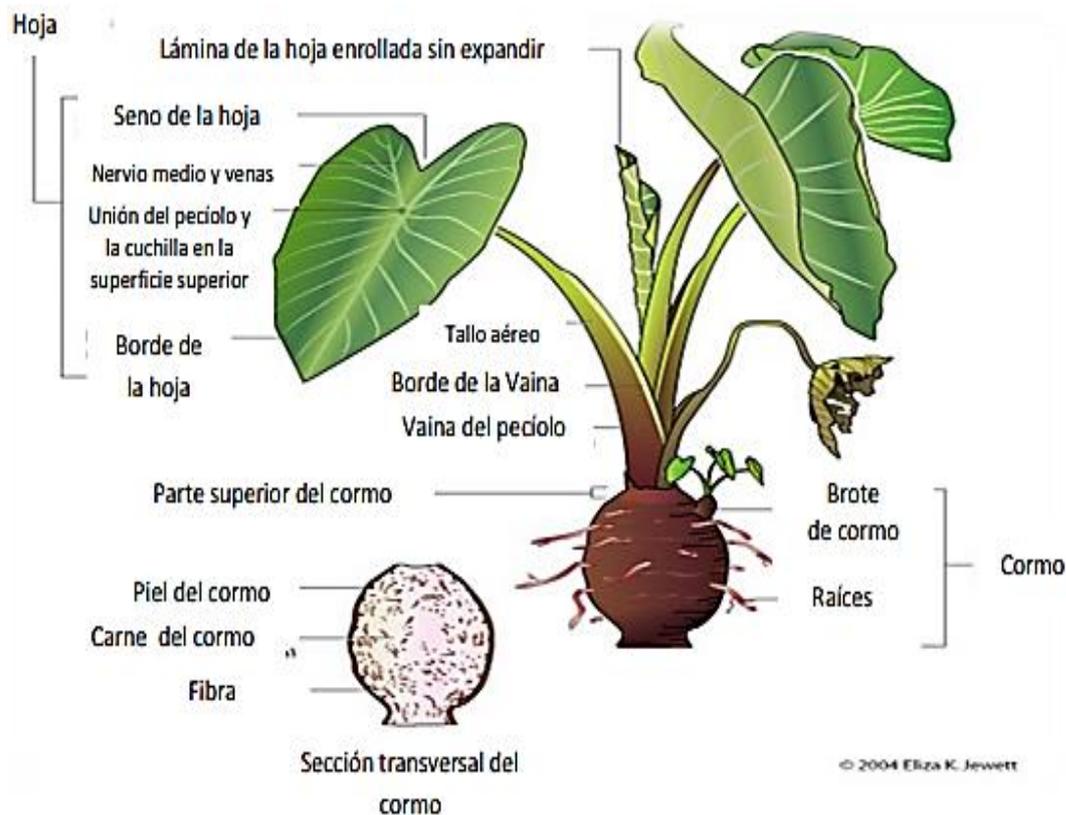
En 1995 la producción de malanga en el Ecuador sobresalió en Santo Domingo de los Colorados, hoy en día la mayor producción de la malanga se destaca en las provincias de la Amazonia como: Orellana y Sucumbíos con 60% y 35% respectivamente las cuales producen y cultivan para posteriormente ser exportada a Estados Unidos y Europa, las demás provincias como Esmeraldas producen el 3%, Santo Domingos de los Tsáchilas 1%, Pichincha 0,8% y los Ríos 0,2% según el Ministerio de Agricultura. En el Ecuador el 70% se destina a Estados Unidos y el 30% restante a Puerto Rico, sin embargo, en el mercado internacional, el producto ecuatoriano no está posicionado (Cerruffo, 2018).

3.3. Malanga (*Xanthosoma saggitifolium* L. Schott)

Según Espinoza (2017), la malanga es una planta herbácea de comportamiento perenne si no se cosecha, esta especie es una planta monocotiledóneas dentro de la familia de las Aráceas herbáceos comestibles, cultivando en zonas tropicales del mundo, es así que los cormelos son las partes comestibles de la planta siendo redonda, peluda, de corteza color marrón y donde nacen las yemas tienen nudos.

Figura 1

Partes de la malanga



Fuente. <http://hbs.bishopmuseum.org/botany/taro/key/HawaiianKalo/Media/Html/glossary.html>

En su base, las hojas forman un sesudo tallo cilíndrico corto; los pecíolos son largos y acanalados; las láminas son grandes y arqueadas; de las axilas de las hojas crecen inflorescencias en espigas con un ciclo de crecimiento de 270 a 330 días, los primeros seis meses crecen los cormos y hojas (Barboza & Hernandez, 2018).

3.3.1. Taxonomía

En la siguiente tabla se detalla la clasificación taxonómica de la malanga.

Tabla 1

Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotyledoneae
Orden	Spathiflorae
Familia	Araceae
Genero	<i>Xanthosoma</i>
Especie	<i>Sagittifolium (L) Schott</i>
Tipos	Blanca, morada o amarilla
Nombre científico	<i>(Xanthosoma sagittifolium) (L) Schott</i>
Nombre común	Tequisque, yautía, taros, ocumo

Fuente. Tomados de la revista Cultivos tropicales (Milián, 2018)

3.3.2. Variedades

Según Demera & Meza (2021), Actualmente Ecuador produce dos tipos de malanga o también conocidos como taros, las cuales pueden ser exportadas por sus características fisiológicas, adaptables y ricas en nutrientes, la primera es malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium*), de las Antillas y la segunda es la especie lila o morada (*Xanthosoma violaceum*) de origen Asiático.

Malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium*): posee hojas verdes y su tallo falso las manchas moradas están hacia la base sus bulbos son cortos y tienen cogollos coloridos. Ligeramente cremoso y una especie de violeta al igual, la pulpa es blanquecina (MINAG, 2018).

Figura 2

Malanga Blanca (Xanthosoma sagittifolium)



Fuente. Figura del cormelo comestible de la malanga blanca

Malanga lila o morada (*Xanthosoma violaceum*): tiene hojas verdes con una ligera combinación de pecíolos, el fondo es morado. Pecíolos y pseudotallos con manchas verdes morado, más largo hacia abajo. Bulbo cortó, entre nudos ligeramente alargados con cogollos rosados hacia la parte inferior. Cuando se quita la cascara, el color de la masa es de una totalidad lila, el borde superior del bulbo es de color rosa obscuro su ciclo es de 12 meses (MINAG, 2018).

Figura 3

Malanga lila o morada (Xanthosoma violaceum)



Fuente. Figura del cormelo comestible de la malanga morada o lila

Malanga amarilla (*Xanthosoma atrovirens*): A diferencia de la malanga blanca posee una carne de color amarillenta, los dos tipos de malangas son comestibles y tienen sabor similar, ambos géneros presentan caracteres comparables en su morfología y ecología. Son plantas rizomatosas con cormos eventualmente ricos en oxalato de calcio (Rosales, 2016).

Figura 4

Malanga amarilla (Xanthosoma atrovirens)



Fuente. Figura del cormelo comestible de la malanga amarilla

3.3.3. Condiciones climáticas

La malanga es una planta de clima tropical lluvioso, requieren suelos bien drenados, y no toleran agua permanente pueden soportar un periodo de sequía no muy largo, la temperatura ideal para su crecimiento óptimo es de 20 a 25°C, este cultivo es ideal para crecer en climas tropicales y subtropicales con temperaturas que oscilan entre 20 y 30°C, no tolera heladas secas solo por ciclos cortos (Valle , 2017).

3.3.4. Composición

Es un tubérculo que posee componentes muy importantes, los cuales se reflejan en las propiedades físicas, químicas, morfológicas y funcionales.

Tabla 2*Composición química (base húmeda) de tubérculos y almidón de malanga*

Componente (g/100 g)	Tubérculos	Almidón
Humedad	71.91+0.56	6.25+0.14
Cenizas	0.63+0.05	0.53+0.12
Proteínas	0.38+0.01	0.31+0.004
Grasas	0.68+0.001	0.19+0.03
Fibra cruda	0.16+0.001	0.11+0.09
Carbohidratos	26.24	92+61
Almidón	ND	82.4+1.1
Amilosa	ND	26.92+0.55
Amilopectina	ND	73.08+0.55

Fuente. Datos tomados de Proyecto de Investigación. Fuente: Espinoza (2017)

3.3.5. Compuestos funcionales de la malanga

Los tubérculos y vegetales presentan numerosos compuestos funcionales, como es el caso de la malanga presenta un elevado contenido de almidón en su harina que son aptos en la absorción de agua, aceite y capacidad emulsificante, poseen un elevado contenido de polifenoles, flavonoides, taninos y ácido fítico los mismos que son beneficios para la salud del ser humano aportando vitaminas C, B y E (Madrigal & Hernández, 2018). Además, la malanga ofrece minerales, tales como K, P, Mg, imprescindible para el buen funcionamiento del organismo y al poseer fibra, ideal para mejorar el tránsito intestinal (Púa *et al.* 2019).

3.3.6. Compuestos fenólicos de la malanga

Se ha informado que contienen importantes concentraciones de polifenoles, flavonoides, taninos condensados y ácido fítico lo que podría conferir la actividad antioxidante ya sea la harina del enranciamiento y la oxidación o bien conferir propiedades bioactivas al consumidor final; estudios realizados determinan el potencial antioxidante de la malanga encontrándose con los siguientes valores; malanga Campechana (blanca) 348.63

± 0.39 mg eq de trolox/g de harina, malanga Chiapaneca (morada) 294.12 ± 0.23 mg eq de trolox/g de harina (Martinez & Hernandez, 2019).

3.3.7. Uso agroindustrial de la malanga

La malanga presenta numerosos usos agroindustriales como son en la elaboración y producción de harinas, frituras, snack e incluso en la industria de panificadoras sirve como azúcares fermentables y también contribuye a realzar el sabor, aroma y dar el color de la corteza, se utiliza el tallo, hojas de la planta en la elaboración de pickles (Vega, 2012).

Rosales (2016), manifiesta que a partir del almidón de la malanga se obtienen biopolímeros plásticos también es utilizada como un tipo de relleno modificador para bioplásticos y en la elaboración de etanol, así también en el uso de la industria farmacéutica se utiliza en la fabricación de tabletas y en la formulación de líquidos intravenosas.

3.4. Extracto vegetal

Los extractos corresponden a la fracción no volátil de los principios activos, siendo una sustancia obtenida por la extracción de una parte de la materia prima por medio de un solvente, su consistencia es sólida, líquida o intermedia, derivados generalmente de material vegetal desecado (Flor & Parra, 2017). Investigaciones realizadas han demostrado que los extractos de los diversos productos contienen compuestos secundarios como son los flavonoides, fenoles, terpenos, aceites esenciales, alcaloides, lectinas y polipéptidos (Toapanta, 2020).

3.4.1. Compuestos bioactivos

Son componentes que se encuentran en los alimentos que pueden interferir en las actividades celulares, fisiológicas obtenidas tras la ingestión y son beneficiosos para la salud humana, se puede decir que los compuestos bioactivos no son nutrientes y por tanto no son esenciales para la vida (Alvarez & Pruna, 2020). Además, en los alimentos que consumimos estos compuestos bioactivos se encuentran en pequeñas cantidades provenientes de fuentes

vegetales existiendo carotenoides, polifenoles, terpenos, lignanos, compuestos organosulfurados, glucosinolatos, saponinas, en general sus efectos saludables se centran en la prevención de las enfermedades no comunicables (Martínez , 2020).

La presencia de las vitaminas C, E y otros compuestos bioactivos son los principales antioxidantes presentes, siendo los fenoles el grupo más importante y prominente que actúan de forma directa e independiente del sistema enzimático (Coronado *et al.* 2015).

3.5. Antioxidantes

Rivas (2015), definen a los antioxidantes como moléculas capaces de inhibir el estrés oxidativo a nivel celular, mientras que Rioja (2018), manifiesta que los antioxidantes son moléculas capaces de prevenir o retardar la oxidación de lípidos, proteínas y ácidos nucleicos de vital importancia para evitar la acción de los radicales libres en el organismo; Retarda el proceso de envejecimiento y previene el desarrollo de diversas enfermedades.

3.5.1. Características de los antioxidantes

Tienen la capacidad de oxidarse fácilmente, previniendo o deteniendo la cadena de propagación oxidativa, estabilizando al radical general y la regeneración del antioxidante; disminuyendo el daño oxidativo del cuerpo (Aldana & Guayasamin, 2014). Además, las fuentes principales de antioxidantes se encuentran en los vegetales y frutas, debido a que poseen altos contenidos de polifenoles naturales, la mayoría de los casos los encuentran combinados con: ácidos orgánicos, azúcares o formando polímeros (Naspud, 2018).

3.5.2. Beneficios de antioxidantes

Según Naspud (2018), poseen actividades fisiológicas entre las cuales se encuentran las actividades antivirales, antibacterianas, antimutagénicas, anticarcinogénicas, antiulcera, antifúngica, antimicrobiana e inhibidoras de la presión arterial, además, Quiñones (2017), manifiesta que los antioxidantes que pueden prevenir o retrasar la oxidación al interferir con

la iniciación o proliferación de las cadenas oxidativas endógenas; estos elementos también funcionan para eliminar los radicales libres de nuestro cuerpo.

3.5.3. Radicales libres

Son átomos o grupos de átomos reactivos con un electrón libre, porque tienden a tomar un electrón de moléculas estables para conseguir su estabilidad electrónica, la vida media de un radical es de unos microsegundos, pero tiene la capacidad de reaccionar con todo a su alrededor causando daños a nivel molecular, puesto que un radical libre es capaz de afectar a millones de moléculas, membranas celulares e incluso a los tejidos más cercanos (Rodríguez *et al.* 2019).

Los radicales libres no son completamente dañinos, ya que nuestro propio organismo los genera en cantidades moderadas para combatir contra bacterias y virus. Los radicales libres son producidos por nuestro cuerpo para realizar una serie de funciones que nuestros sistemas antioxidantes pueden neutralizar fácilmente. El problema radica cuando se produce un exceso de radicales libres en nuestro sistema, conduciendo al estrés oxidativo provocando daños celulares, para luchar con el exceso de radicales libres nuestro sistema antioxidante requiere de los antioxidantes de la dieta (Figuerola & Mollinedo, 2017).

3.5.4. Estrés oxidativo

El estrés oxidativo ocurre cuando hay un desequilibrio en nuestras células debido a un aumento en los radicales libres y una disminución de antioxidantes del sistema interno, con el tiempo, este desajuste en el equilibrio entre los radicales libres y los antioxidantes puede dañar nuestros tejidos (Colina, 2016).

3.6. Polifenoles

Los fenoles son moléculas naturales del metabolismo secundario de las especies vegetales que derivan de las vías de shiquimato y de los fenilpropanoides, son considerados como los principales antioxidantes de origen natural, en los últimos años se ha demostrado

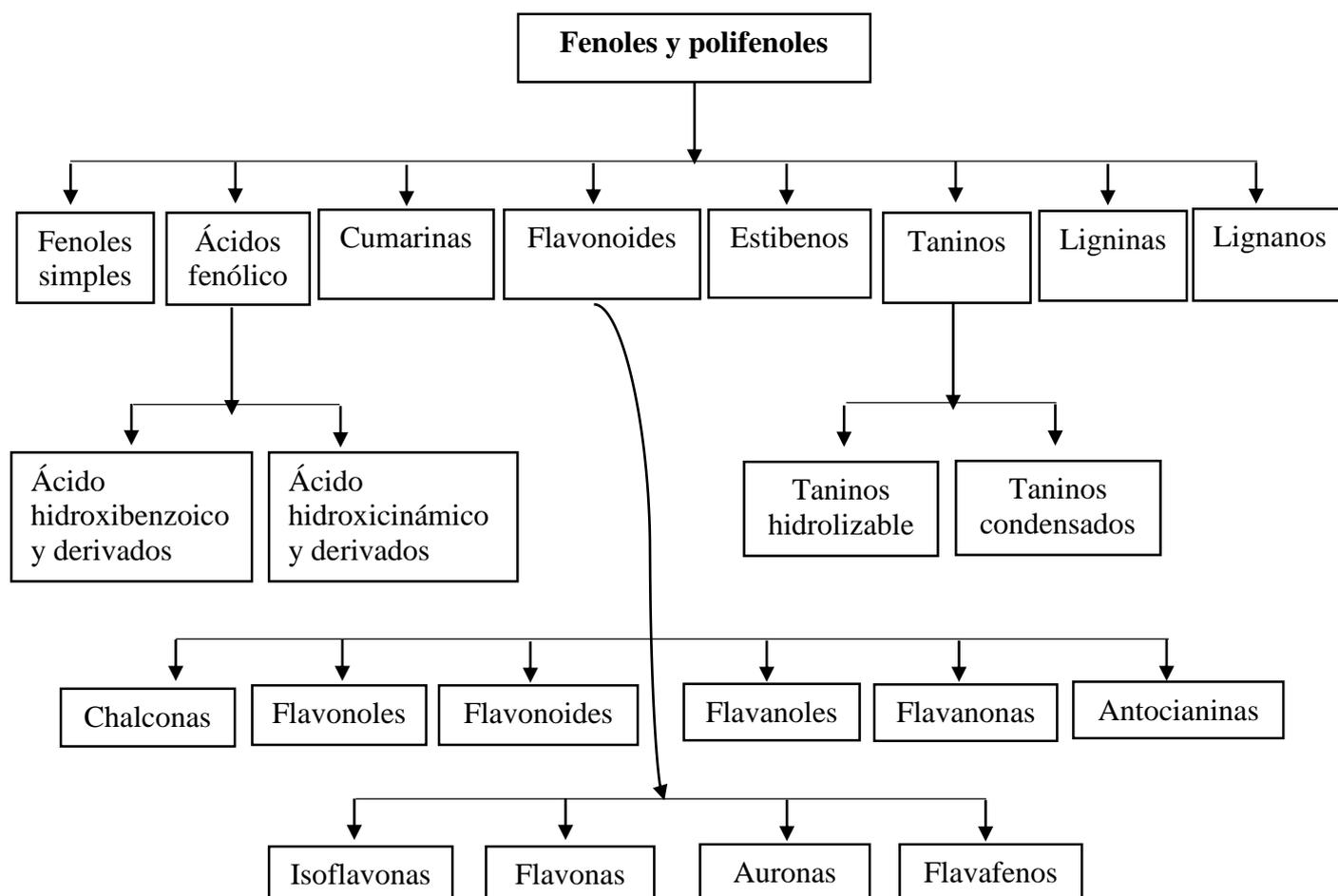
que una dieta rica en polifenoles vegetales mejora la salud y reduce la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Doylet & Rodríguez, 2018).

Alao & Tamayo (2018), también manifiesta que son compuestos biosintetizados por las plantas. Su caracterización principal es por estructura de polifenoles por poseer uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos con uno o más anillos bencénicos también son conocidos por las propiedades antioxidantes, actividades biológicas potencialmente beneficiosas para la salud.

3.6.1. Clasificación de los polifenoles

Se clasifican en flavonoides y no flavonoides y generalmente son divididos en taninos hidrolizables que son ésteres del ácido gálico de glucosa y otros azúcares, fenilpropanoides como la lignina, flavonoles y taninos condensados (Cofre, 2015).

Figura 5
Clasificación de los polifenoles



Fuente. Datos tomados de Arcentales & Martínez (2020)

3.6.2. Flavonoides

Son los polifenoles más abundantes, derivados de los aminoácidos aromáticos fenilalanina y tirosina. Estos compuestos de bajo peso molecular son esenciales para el crecimiento de las plantas porque pueden actuar como transmisores de señales químicas y tener efectos sobre una serie de enzimas involucradas en la fisiología y el metabolismo del vegetal. En las personas, estos son compuestos que tienen propiedades relacionadas con una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares (Valencia *et al.* 2017).

También los flavonoides actúan como antioxidantes con capacidad de secuestrar y neutralizar radicales libres previniendo de esta manera daños oxidativos a diferentes tejidos,

por ello los flavonoides juegan un papel importante en la prevención de procesos fisiopatológicos en el peor de los casos cáncer causado por estrés oxidativo (Ruiz *et al.* 2013).

3.7. Actividad antimicrobiana

Es la capacidad que presenta un compuesto para inhibir o eliminar el aumento de la población bacteriana, virus, hongos y parásitos, este proceso se verifica mediante un antibiograma, donde el resultado está dado por el tamaño del halo de inhibición formada por la interacción del extracto con los microorganismos estudiados (Guerra & Román, 2016).

Los antimicrobianos son medicamentos que actúan a bajas concentraciones contra los microorganismos, matándolos o deteniendo su crecimiento, y estos pueden ser antibacteriano, antivirales, antimicóticos, antimicobacterianos, antiparasitarios y antirretrovirales (Morales, 2020).

3.7.1. Bacteria Gram positiva

Staphylococcus aureus: Es una de las bacterias patógenas que más enfermedades causa a nivel circulatorio y gastrointestinal, generalmente, como una consecuencia de la mala manipulación de alimentos y cuando su almacenamiento es incorrecto (Grande *et al.* 2020). *S. aureus* es un patógeno oportunista que forma parte de la microflora humana, pudiendo estar colonizada por esta bacteria entre el 30 y 50% de la población, se encuentran en las mucosas nasales faringe, epidermis intacta, úlceras crónicas cutáneas, heridas en fase de cicatrización (Noles, 2018).

3.7.2. Bacterias Gram negativas

Escherichia coli sp: Se encuentra presente en el intestino de los organismos de sangre caliente su crecimiento se sitúa a partir de 7°C, lo que permite que las industrias de cadena en frío eviten su crecimiento, además la *E. coli* es sensible a temperaturas mayores a 70°C, Este microorganismo crece en medios de gran simplicidad, posee movilidad y

flagelos. En el agar de eosina y azul de metileno forman un brillo verdoso (Chica & Guayaquil , 2019).

***Salmonella* sp:** Es un bacilo su temperatura óptima de crecimiento es de 7 a 45°C, con flagelos laterales, sobreviven en aguas congeladas durante largos periodos, crece en alimentos que tengan gran contenido de proteínas, así como en superficies de la industria de alimentos, la habilidad de la *Salmonella* sp para sobrevivir en la cadena agroalimentaria se debe a su capacidad para responder afectivamente a los cambios ambientales (Tama, 2016).

***Arcobacter* sp:** El género *Arcobacter* se considera un patógeno emergente transmitido por los alimentos capaz de causar enfermedades en humanos y animales, forman colonias que carecen de pigmentación, siendo microorganismos que producen reacciones de oxidasa y catalasa positivas, su temperatura óptima para su desarrollo oscila entre 15 a 37°C, capaz de crecer en aerobiosis y anaerobiosis, así como necesitan condiciones de microaerofilia para su aislamiento primario. Se encuentran en heces de cerdos, caballo, vacas, avestruces y tortugas de igual manera en abortos bovinos y porcinos incluso se encuentran en productos cárnicos y fuentes de agua (Fernandez, 2018).

3.8. Liofilización

Es una operación unitaria, su objetivo principal es separar el agua que se encuentra presente en el producto por medio de la congelación y posterior sublimación a presión reducida (Muñoz *et al.* 2018). También es un método alternativo para la conservación y transformación de alimentos, que prolonga la vida útil, mantiene las propiedades físicas y químicas del producto en relación a la calidad, disminuyendo la actividad del agua y así el producto deshidratado, los productos liofilizados mantienen la forma y el color a diferencia de los productos deshidratados convencionalmente (Caballero *et al.* 2017).

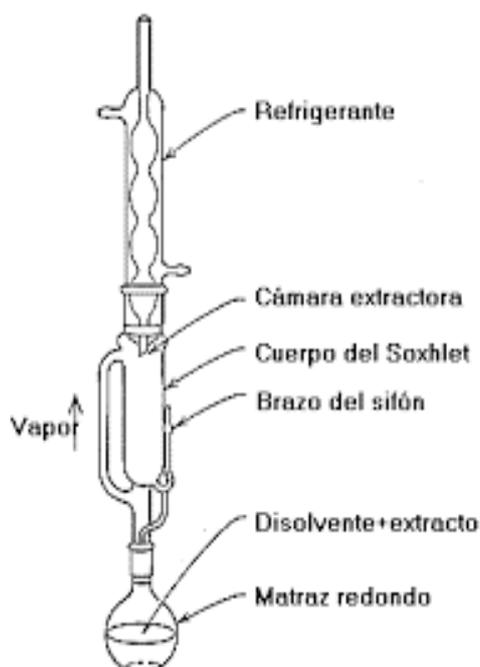
3.9. Métodos de extracción

3.9.1. Extracción por Soxhlet

Esta es una técnica de separación sólido-líquido comúnmente utilizada para determinar el contenido de grasa en muestras de diferente naturaleza, el proceso de extracción consiste en hervir el disolvente en un matraz, el cual se evapora y asciende por el extractor, se condensan en el refrigerante cayendo gota a gota sobre el cartucho en donde se encuentra la muestra, al momento de alcanzar el nivel suficiente en el cuerpo extractor se sifona y regresa al matraz, el proceso se repite hasta conseguir el agotamiento deseado del material (Valencia M. , 2018).

Figura 6

Equipo de extracción por Soxhlet



Fuente. Componentes del equipo Soxhlet

3.9.2. Extracción por fluidos supercríticos

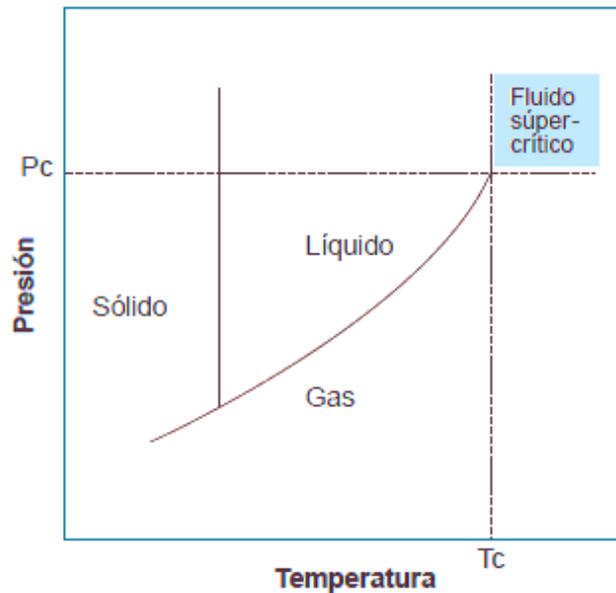
Es una operación unitaria de transferencia de masa que se efectúa por encima del punto supercrítico del solvente; esta extracción permite controlar y manipular propiedades

tales como la difusividad, viscosidad y densidad del fluido mediante pequeños cambios de presión y temperatura lo que conlleva a una variación de una selectiva y el poder de solvencia (Esquivel & Vargas, 2007). Además, los fluidos supercríticos presentan una viscosidad más baja y una difusividad más alta que los solventes convencionales, lo que mejora la transferencia de masa y, en general, reduce el tiempo necesario para la extracción (Bonilla & Hoyos , 2018).

El punto crítico se define como la temperatura y la presión a la cual el gas y el líquido son indistinguibles, cuando un fluido se expone a una presión y temperatura superior a su punto crítico se encuentra en un fluido supercrítico (Herrero *et al.* 2006).

Figura 7

Diagrama de fases



Fuente. Figura tomada de Herrero *et al.* (2006)

El proceso de extracción por medio de fluidos supercríticos consta de cuatro etapas (Román *et al.* 2016)

Presurización: La presión sube por encima de la presión crítica de la sustancia utilizada como disolvente.

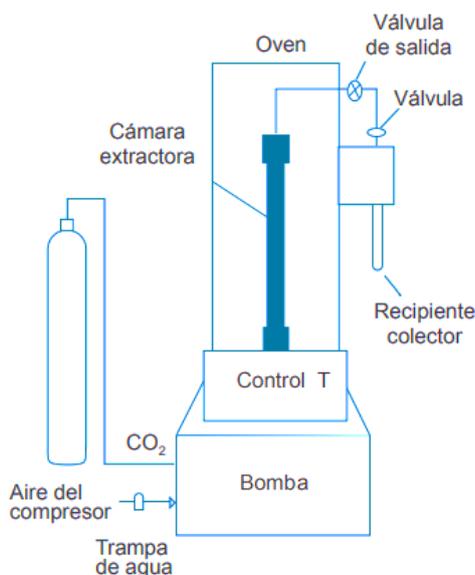
Ajuste de temperatura: La temperatura se eleva o se baja, por cualquier medio físico o mecánico, para llevar el líquido presurizado a la temperatura de extracción deseada.

Etapas de extracción: El líquido supercrítico está en contacto con la muestra que contiene el solvente de interés en el extractor.

Etapas de separación: El solvente se descomprime bajo presión crítica, lo que hace que se libere el soluto.

Figura 8

Diagrama del equipo de extracción de FSC



Fuente. Figura obtenida de Esquivel & Vargas (2007)

3.10. Métodos de actividad antioxidante

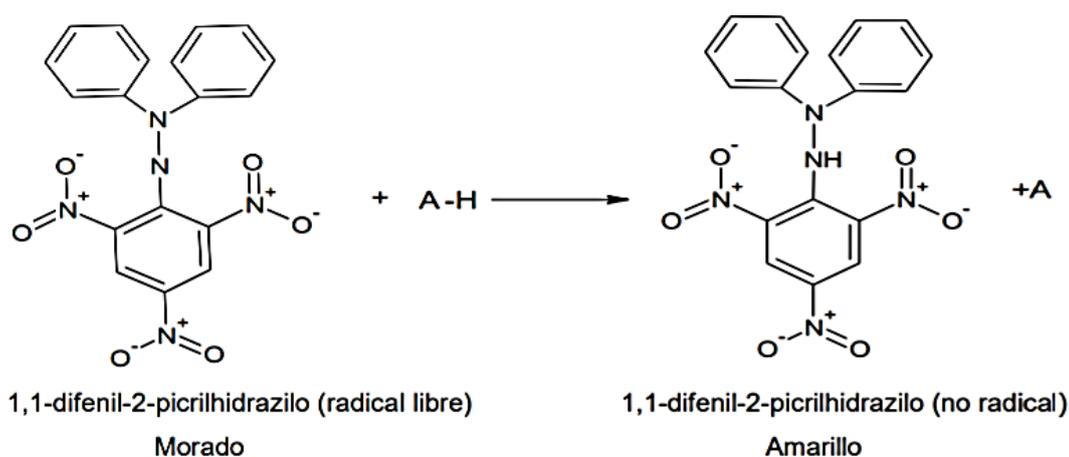
3.10.1. Método de DPPH

El método DPPH se basa en la neutralización de los radicales libres 2,2-difenil-1-dipicrilhidracil, el radical DPPH es la sustancia que mide la capacidad de secuestro de cualquier compuesto antioxidante, dicho método es empleado para medir la actividad antioxidante en alimentos y extractos vegetales. El reactivo DPPH toma una coloración

violeta medida espectrofotométricamente una absorbancia de 515 nm, su reacción consiste en el secuestro de un átomo de hidrogeno proveniente de un agente antioxidante por el radical libre DPPH, los tiempos de reacción son variables dependiendo de la naturaleza de los antioxidante (Berrocal, 2018).

Figura 9

Método de secuestro de radicales libres por 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH)



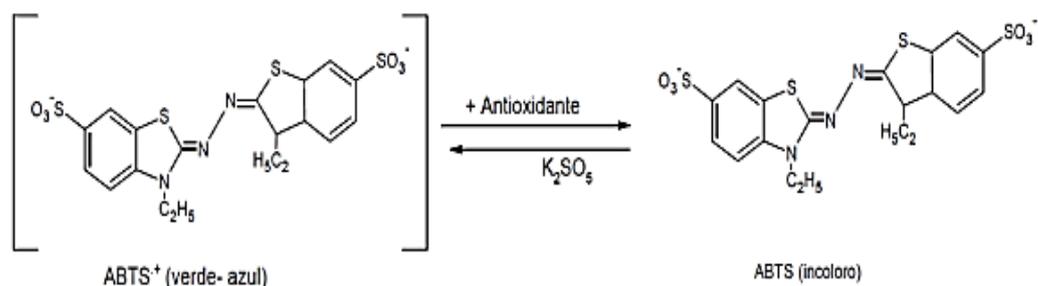
Fuente. Mecanismo de reacción del DPPH

3.10.2. Método ABTS

En este método, el producto de la oxidación del ABTS, el catión radical de larga vida ABTS^{•+}, se presenta como una excelente herramienta para determinar la actividad antioxidante de moléculas donadores de hidrógeno. El radical ABTS se obtiene tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2.45 mM, concentración final) incubados a temperatura ambiente de 25°C y puestos en la oscuridad durante 16 h. El radical ABTS^{•+} se diluye con metanol hasta obtener un valor de absorbancia de 754 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS con persulfato de potasio. El método ABTS evalúa antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos y los resultados se expresan como valores μmol trolox/g (Iris & Yader, 2019).

Figura 10

Método del 2.2 azinobis 3-ethylbenzothiazoline 6- sulfonate (ABTS)



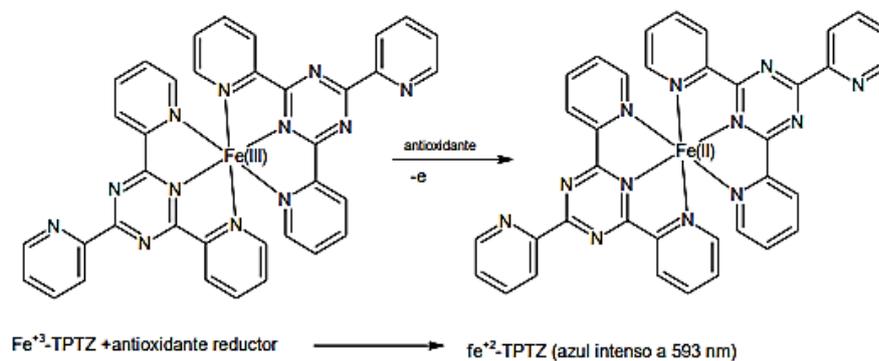
Fuente. Mecanismo de reacción de ABTS

3.10.3. Método FRAP

El método FRAP nos permite medir la capacidad de los antioxidantes para reducir el complejo férrico 2.4.6-Tris (2-piridil)-s-triazina [Fe³⁺-(TPTZ)₂]³⁺ al complejo ferroso de color azul intenso [Fe²⁺-(TPTZ)₂]²⁺ en medio ácido. El complejo ferroso tiene una absorción de 593 nm en presencia de los antioxidantes. Este método mide la potencia reductora en plasma, pero actualmente ha sido adaptado y usado para ensayo de antioxidantes en alimentos (Batalla *et al.* 2019).

Figura 11

Método de reacción en el ensayo FRAP



Fuente. Mecanismo de reacción de FRAP

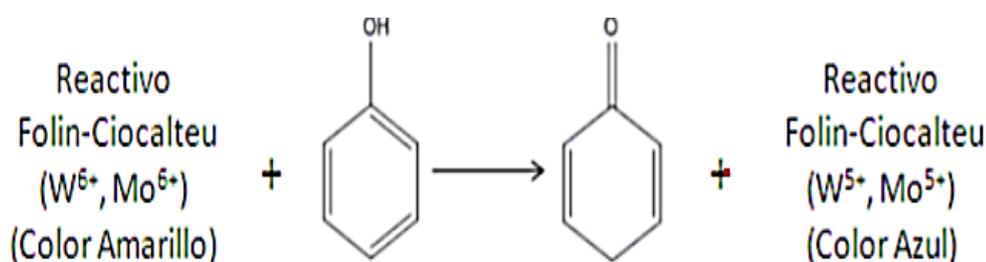
3.11. Método de determinación de polifenoles

3.11.1. Método de Folin-Ciocalteu

Es un método que se utiliza en el análisis de fenoles totales en productos naturales, los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo Folin-Ciocalteu bajo medios alcalinos ajustadas por una solución de carbonato de sodio a pH básico y se determinada espectrofotométricamente a una absorción de 765 nm, los resultados son expresados como equivalente del ácido gálico (Aguila, 2021).

Figura 12

Oxidación de la forma fenólica por la acción del reactivo folin-Ciocalteu



Fuente. Reacción del reactivo Folin-Ciocalteu

3.12. Método de determinación de actividad antimicrobiana

3.12.1. Método de difusión disco-placa

Es un procedimiento estandarizado que evalúa de forma directa a los antimicrobianos y al microorganismo patógeno, en donde ambos componentes están en contacto en un mismo medio *in vitro* con la finalidad de analizar la actividad que tiene los extractos vegetales sobre el dinamismo microbiano, de este modo se evalúa la susceptibilidad del microorganismo y la resistencia al fármaco. La técnica de difusión en agar, es cualitativa y sus resultados se pueden interpretar únicamente como sensible, intermedio o resistente, y está diseñada específicamente para bacterias de crecimiento rápido como son los de la familia *Enterobacteriaceae* (Martinez & Orellana, 2019).

Este método es utilizado para la estabilización o resistencia de los antibióticos, consistiendo en la determinación del grado de sensibilidad presentada por diversas bacterias al utilizar un inóculo de las cepas bacterianas ajustadas a una turbidez de 0.5 McFarland ($1-2 \times 10^8$ células) por medio de la medición de los halos que han generado diversas sustancias al ser impregnadas en discos de papel filtro, tras una incubación de 18 a 24 h en la que se llega a identificar presencia o ausencia de actividad antimicrobiana (Suasnavas, 2017).

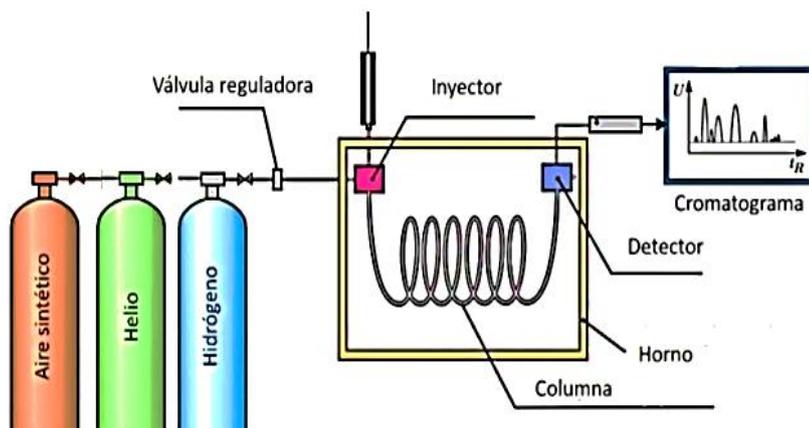
3.13. Cromatografía de gases

La cromatografía gaseosa es una técnica analítica utilizada para identificar y cuantificar diferentes compuestos en una mezcla, que permite la detección de compuestos en concentraciones muy bajas y en pequeñas cantidades de una gran variedad de matrices, es capaz de mostrar concentraciones de niveles ppm y a menudo ppb: es una tecnología que tiene múltiples aplicaciones como control de calidad de productos farmacéuticos, análisis de medicamentos, determinación de presencia de contaminantes en el ambiente y análisis de alimentos (Fuentes, 2019).

La Cromatografía de gases se basa en la diferencia de volatilidad de los solutos y en la distinta capacidad de interacción de los mismos con la fase estacionaria que consiste de columnas empacadas en las cuales la parte sólida actúa como fase estacionaria, la fase móvil o también llamada gas acarreador es un gas inerte como por ejemplo helio, argón, nitrógeno e hidrógeno que es migrado por medio de columnas. Esta técnica ofrece alta capacidad de separación y sensibilidad en el análisis de compuestos volátiles (Saynes & Ramirez, 2018).

Figura 13

Equipo de cromatografía de gases



Fuente. Esquema de los elementos constituyentes en cromatografía de gases

Según Ochoa (2020), considera que la cromatografía de gases es el método más utilizado para el análisis de ácidos grasos en muestras de grasas y aceites, dado a que permite separar los componentes de una muestra vaporizada mediante su distribución entre una fase móvil y una fase estacionaria líquida o sólida contenida en una columna. En la práctica, un método basado en cromatografía de gases consiste en los siguientes pasos:

- Aislamiento de analitos de una muestra representativa (extracción)
- Separación de componentes de matriz coextraídos (limpieza)
- Identificación y cuantificación de analitos objetivo
- Confirmación de resultados por un análisis adicional

CAPÍTULO IV

4. Marco Metodológico

4.1. Ubicación de la investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

4.2. Localización de la investigación

En la siguiente tabla se presenta la localidad donde se desarrolló la investigación.

Tabla 3

Localización de la investigación

Ubicación	Localidad
País	Ecuador
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Sector	Laguacoto II
Dirección	Guaranda – San Simón Km 1 ½

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

4.3. Situación geográfica y climática

Se detallan los parámetros climáticos y la situación geográfica del lugar de la investigación.

Tabla 4

Parámetros climáticos del cantón Guaranda

Parámetro	Valor
Altitud	2800 msnm
Latitud	01°35'40" sur
Longitud	72°0'10" oeste
Temperatura mínima	8 °C
Temperatura media anual	13 °C
Temperatura máxima	26 °C
Humedad	70%

Fuente. Estación Meteorológica Laguacoto II Guaranda-Ecuador (2021)

4.4. Zona de vida (Zonificación ecológica)

Según L. Holdridge, el lugar donde se desarrolló la investigación corresponde al bosque húmedo montano bajo o templado con una temperatura de 12 a 18 °C. Con una precipitación de 2.000 mm, cubre 4.588 km² (14,7%) del área total.

4.5. Materiales

4.5.1. Material experimental

- Malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium*)
- Malanga morada (*Xanthosoma violaceum*)

4.5.2. Materiales de laboratorio

- Puntas de pipetas automáticas (Whatman, 1440-125, Gran Bretaña)
- Crisoles
- Pinza
- Espátula
- Desecador
- Papel filtro (12,5 cm Ø y 8 micras) (Whatman, 1440-125, Gran Bretaña)
- Cazos
- Erlenmeyer
- Cajas Petri
- Embudo
- Balones de aforo
- Vaso de precipitación
- Capsulas
- Micro pipetas automáticas (BOECO, 18A5559365, Alemania)
- Probetas
- Dedal de celulosa
- Viales
- Aza
- Mechero
- Termómetro infrarrojo (I.R. TERMOMETER, 2016G01763, Francia)
- Tubos eppendorf

- Jarra de anaerobiosis (OXOID, Inglaterra)
- Hisopo
- Insertos
- Lana de polipropileno
- Envases color ámbar
- Discos antibiograma (OXOID, CT0998B, Inglaterra)

4.5.3. Equipos

En la tabla 5 se detallan los equipos utilizados en la presente investigación.

Tabla 5

Equipos utilizados

Nombre	Marca	Código	Serie	Origen
Molino	RETSCH	5860627	1215240818M	Alemania
Estufa	MEMMERT	0204448		Alemania
Mufla	THERMO SCIENTIFIC	8088761	1256091142430	USA
Determinador de grasa	TRADE RAYPA	8099670	31909	USA
Cromatógrafo	AGILENT TECNOLOGIES	8089588	451439M416	USA
Extractor de gases	FLORES VALLES	20382937	FL6155	España
Ultrasonido	FISHER SCIENTIFIC	21302280	15337416	USA
Equipo Soxhlet				
Fluidos supercríticos	APPLIED SEPARATIONS	20384968		USA
Balanza	OHAUS		B705643621	USA
Ultra congelador	PANASONIC	20382908	17087N0293	Japón
Liofilizador	CHRIST	20382935	23982	Alemania
Incubadora	MEMMERT	8090096		Alemania
Vortex	FISHER SCIENTIFIC	8341308	E193271	USA
Nanodrop	THEMO SCIENTIFIC	20392919	AZY17073808	USA
Calentador eléctrico	IKA	3157284	03412599	USA
Cámara de flujo laminar	INGLOBAL	19028684		Colombia
Refrigeradora	LG		707TRCN06731	Corea del Sur
Autoclave	BIOBASE			China
Rota evaporador	P SELECTA		6003000632588	España
Cámara de bioseguridad	JPINGLOBAL			Colombia

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

4.5.4. Reactivos

En la siguiente tabla se detallan los reactivos utilizados durante la investigación.

Tabla 6

Reactivos utilizados

Reactivo	Concentración	Código	Marca	Origen
Hexano	99.9%	I-21-04	FISHER SCIENTIFIC	Canadá
Ácido fórmico	90.0%	Cor-02-02	FISHER CHEMICAL	USA
Ácido sulfúrico	96.9%	Cor-10-01	FISHER CHEMICAL	USA
Metanol	99.9%	I-32-01	FISHER CHEMICAL	USA
Ácido clorhídrico	33.4%	Cor-01-03	FISHER SCIENTIFIC	Canadá
Ácido acético	100%	I-07-01	FISHER SCIENTIFIC	Canadá
Acetato de sodio	99%	T-02-01	ENSURE	USA
Acetato sódico trihidratado	99%	4022536074238	ENSURE	USA
Persulfato de potasio	99%		SIGMA-ALDRICH	USA
Trolox o 6-Hydroxy 2-5-7-8-tetramethylchroinan-2	97%		ACROS ORGANICS	Canadá
Dimetil sulfoxido	99,9%	D-28-1	FISHER CHEMICAL	USA
Azinobis	98%		SIGMA-ALDRICH	USA
Acido gálico	99%	NP-102-01	FISHER SCIENTIFIC	Canadá
Carbonato de sodio	7,5			
Fosfato dibásico de sodio	99%	MP-81-01	SIGMA-ALDRICH	USA
Fosfato monobásico de sodio	98%	MP-72-01	SIGMA-ALDRICH	India
2,4,6-Tris(2,pyridyl)-s-triazine o TPTZ	99%		SIGMA-ALDRICH	USA
Cloruro férrico hidratado	99%			
2,2-diphenyl-1-picrylhydraz	0,7 Molar		SIGMA-ALDRICH	USA
Agares				
Campy gen		CN0025A	TERMO SCIENTIFIC	USA
Nutrint agar		CM0003	OXOID	Inglaterra
Muller Hinton		71014	ACUMEDIA	Alemania
Agar Brucella		CM0169	OXOID	Gran Bretaña
Tryptone soya agar		NP-97-01	TM MEDIA	India
Bacto agar		214010	BD	USA
Agar XLD		7166 ^a	ACUMEDIA	USA
Arcobacter broth		CM0965	OXOID	Inglaterra

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

4.5.5. Materiales de oficina

- Cuaderno de apuntes
- Hojas de papel bond
- Cámara
- Internet
- Marcadores
- Laptop
- Flash memory
- Impresora
- Cinta adhesiva
- Regla
- Esferográfico
- Calculadora

4.6. Métodos

4.6.1. Factores de estudio

En el presente trabajo de investigación se establecieron dos factores de estudio: factor A, variedades de tubérculos y factor B, métodos de extracción (por Soxhlet y Fluidos supercríticos).

Tabla 7

Factores de estudios

Factores	Código	Niveles
Variedades de tubérculos	A	a ₁ : Malanga blanca (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) a ₂ : Malanga morada (<i>Xanthosoma violaceum</i>)
Métodos de extracción	B	b ₁ : Extracción por Soxhlet b ₂ : Extracción por Fluidos supercríticos (FSC)

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

4.6.2. Tratamientos

A continuación se describe las combinaciones de los tratamientos.

Tabla 8

Combinación de tratamientos

Tratamiento	Código	Niveles	
		A	B
T1	a1b1	Malanga Blanca	Extracción por Soxhlet
T2	a1b2	Malanga Blanca	Extracción por FSC
T3	a2b1	Malanga Morada	Extracción por Soxhlet
T4	a2b2	Malanga Morado	Extracción por FSC

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

4.6.3. Características del experimento

En la presente tabla se detallan las características del experimento.

Tabla 9

Características del experimento

Atributos de Diseño Factor Categórico Individual	
Número de factores experimentales	2
Niveles factor A	2
Niveles factor B	2
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	12
Tamaño unidad experimental	5000g
Número de variables experimentales	8

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

4.6.4. Diseño experimental

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial A*B (2*2) con tres repeticiones.

Modelo de diseño

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde: Y_{ijk} es la variable sujeta de medición, μ es la media general, A_i es el efecto del factor A, B_j es el efecto del factor B, AB_{ij} es el efecto de la interacción (A * B), ε_{ijk} es el efecto del Error Experimental.

4.7. Análisis de varianza (Anova)

En la tabla 10 se presenta el análisis de varianza para la determinación de los diferentes tratamientos.

Tabla 10

Anova

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tablas
Factor A	a – 1	SC _A	SC _A /(a-1)	CM _A /CM _E	gl A/gl E
Factor B	b – 1	SC _B	SC _B /(b-1)	CM _B /CM _E	gl B/gl E
Interacción AB	(a-1)(b-1)	SC _{AB}	SC _{AB} /(a-1)(b-1)	CM _{AB} /CM _E	gl AB/gl E
Error	ab (n – 1)	SC _E	SC _E /ab(n-1)		
Total	nab – 1	SC _T			

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

4.7.1. Pruebas de rangos múltiples

Se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD), para determinar si los tratamientos correspondientes son significativamente diferentes.

Modelo de LSD

$$LSD = t_{\left(\frac{\alpha}{2}, gl\ error\right)} \times \sqrt{CME \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

Dónde: *LSD* es la diferencia mínima significativa, *t* es la tabla de Fisher, *gl error* es grados de libertad del error, *CME* es el cuadrado medio del error, *n_i* es el número de réplicas del primer nivel, *n_j* es el número de réplicas del segundo nivel.

4.8. Metodología experimental

4.8.1. Recolección de la materia prima

Las malangas blancas y las malangas moradas fueron recolectadas en la comunidad de San Luis de Iñinkis, de la Asociación Agropecuario Etnocultural (ANENT) perteneciente a la parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Macas, provincia de Morona Santiago.

En la tabla 11 se presenta las coordenadas de donde se recolectó los tubérculos.

Tabla 11

Coordenadas de la recolección del tubérculo

Parámetros	Valor
Altitud	839 msnm
Latitud	2°23'13'' Sur
Longitud	78°9'13'' Oeste

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

4.8.2. Descripción de la obtención de la harina

• Recepción de la malanga

Los tubérculos recolectados fueron llevados hasta el laboratorio de investigación de la Universidad Estatal de Bolívar.

• Pesado

Se procedió a pesar por separado en una balanza digital las dos variedades de tubérculo con el fin de obtener los rendimientos.

- **Selección**

Se seleccionaron los cormos de la malanga de un tamaño uniforme, también se separaron los cormos que estaban en mal estado o que tengan cortes profundos, producto de la mala recolección.

- **Lavado**

Se lavaron con abundante agua para separar los restos de tierra y raíces que se encuentran incrustados en el tubérculo.

- **Pelado**

El pelado se realizó de forma manual y se realizó con un cuchillo de acero inoxidable.

- **Rebanado**

Se procedió a rebanar con un rallador de papas en rodajas de 2 mm de espesor.

- **Ultra congelación**

Los frascos de plástico debidamente codificados con la muestra de malanga rebanada, se colocaron en el ultra congelador de marca (PANASONIC, 17087N0293, Japón) durante tres días a una temperatura de -80 °C.

- **Liofilización**

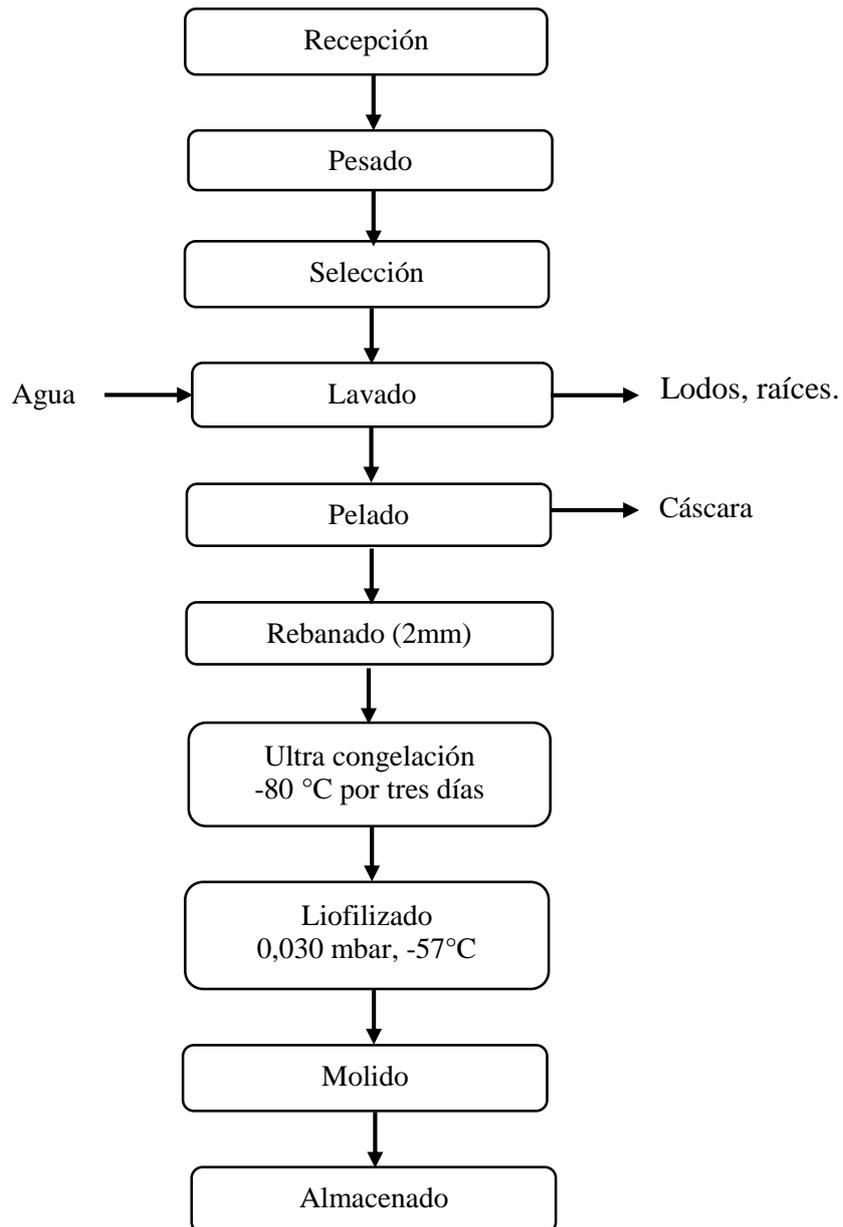
Con el fin de eliminar la humedad y conservar sus propiedades, las muestras ultra congeladas se llevaron al equipo de liofilizador de marca (CHRIST, 23982, Alemania) en el cual primero se calienta la bomba y después de 20 minutos se procede con el secado inicial con una duración de 10 horas a una presión de 0.030 mbar y a una temperatura de -57°C, y el secado final duró tres días a las mismas condiciones.

- **Molienda**

Para moler las muestras liofilizadas se utilizó un molino eléctrico de ciclón de marca (RETSCH, 1215240818M, Alemania) que es utilizada especialmente para la trituration de

alimentos y piensos que van a ser sometidos a diferentes métodos de análisis, una vez que se adquirió la harina de cada matriz se almacenaron hasta sus respectivos análisis.

4.8.3. Diagrama de flujo de la obtención de la harina



Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

4.8.4. Rendimiento de las harinas

Una vez que se adquirió la harina se procedió hacer el cálculo del rendimiento aplicando la siguiente ecuación, el cual representa la cantidad de agua perdida durante el proceso de liofilización.

$$\%Rendimiento = \frac{P_{f_{seco}}}{P_{o_{humedo}}} * 100$$

Ecuación 1. Cálculo del rendimiento

Dónde: P_f es el peso final en g, P_o es el peso inicial en g

4.8.5. Análisis bromatológico

Los análisis bromatológicos realizados a la harina de los tubérculos en estudio fueron los siguientes:

- **Cenizas**

Para la determinación del contenido de cenizas se aplicó la norma AOAC 923.03. En el cual se pesó y se colocó 1 g de muestras (harinas de las dos variedades del tubérculo) en cada crisol de porcelana previamente tarados (peso constante), los crisoles que contiene las muestras, con una pinza fueron colocados en la mufla horno de marca (THERMOLYNE, 1256091142430, USA) y se incineró a 550°C por 8 h. Finalmente las muestras fueron llevadas a un desecador por 40 min hasta obtener un peso constante, los análisis se realizaron por triplicado.

Para el cálculo de la ceniza se aplicó la siguiente ecuación:

$$g. residuos\ fijo = (crisol + ceniza) - (peso\ constante\ del\ crisol)$$

$$Gramos\ de\ residuo\ fijo = g\ de\ cenizas$$

$$\%Cenizas = \frac{g\ de\ residuos\ fijos}{peso\ de\ muestra} * 100$$

Ecuación 2. Cálculo de las cenizas

- **Humedad**

La metodología empleada para la determinación de humedad fue AOAC 925.10. Se colocó 3 g de muestra (harinas de las dos variedades del tubérculo) en cada una de las capsula de porcelana vacía previamente pesada, consecuentemente con una pinza se colocó en la estufa de marca (MEMMERT, Alemania) a 130°C por 1 h. Completando con el proceso se colocó las cápsulas de porcelana con las muestras, en el desecador por 40 min hasta obtener un peso constante. Todos los análisis se realizaron por triplicado y los resultados expresados en porcentajes del peso total.

Se aplicó la siguiente ecuación para el cálculo de humedad.

$$\% \text{Humedad} = \frac{M_a - M_b}{M_a - M} * 100$$

Ecuación 3. *Cálculo de la humedad*

Dónde: M es la masa en gramos de la cápsula, M_a es la masa en g de la cápsula más la muestra, M_b es la masa en g de la cápsula más la muestra seca.

- **Grasa**

Para determinación del contenido de grasa se aplicó la norma AOAC 2003.06 en un Erlenmeyer se procedió a pesar 1g de muestra (harinas de las dos variedades del tubérculo), se añadió 100 mL HCl (ácido clorhídrico) y seguidamente se puso en la plancha de calentamiento durante 1 hora para la digestión, con agitación constantemente. La solución de la digestión se filtró y se lavó 3 veces con agua caliente. Los residuos fueron secados en la estufa a 130 °C durante 40 min posteriormente se colocó en el desecador por 40 min. Inmediatamente los residuos fueron colocados en los dedales de celulosa y llevados al equipo de determinador de grasa de marca (TRADE RAYPA, 31909, USA) con 50 mL de C_6H_{14} (hexano) grado HLPC en los casos. Los casos con residuos fueron llevados a la estufa a una temperatura 130 °C por 40 min para la evaporación del hexano, finalmente los casos se colocaron en el desecador durante 40 min para obtener un peso semejante.

Los resultados se expresaron en porcentajes de pérdida de masa, aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \textit{grasa} = \frac{P_2 - P_1}{\textit{muestra}} * 100$$

Ecuación 4. Cálculo de la grasa

Dónde: P_2 es el peso del caso final, P_1 es el peso de caso inicial.

- **Fibra**

Para la determinación del contenido de fibra se aplicó el método WEENDE. Se procedió a pesar en un Erlenmeyer 0.5 g de muestra, en cada Erlenmeyer se añadió 100 mL de H_2SO_4 (ácido sulfúrico) y se colocó en una plancha de calentamiento durante 1 h para realizar la digestión. Los residuos se colocaron en un Erlenmeyer con 100 mL de NaOH, se repitió el proceso de la digestión durante 1 h en la plancha de calentamiento, seguidamente se procedió a filtrar y lavar con agua caliente. Los residuos se llevaron a secar en la estufa a una temperatura de 130°C por 40 min, seguidamente colocados en el desecador por 40 min hasta obtener los pesos constantes.

Los resultados fueron expresados en porcentaje de pérdida de masa comparada con la masa original aplicando la siguiente ecuación:

$$\textit{Contenido de fibra} \% = \left(\frac{W_2}{W_1} \right) * 100$$

Ecuación 5. Cálculo de la fibra

Donde: W_2 es el peso de muestra en g, W_1 es el peso del residuo en g

- **Proteína**

Para la determinación de la proteína se aplicó el método de Dumas norma UNE-EN 15104: consiste en la combustión de la muestra en una cámara de alta temperatura (900°C) en presencia de oxígeno. Este proceso conduce a la liberación de CO_2 , H_2O y N. La detección de gas se realiza en una columna detectora de conductividad térmica (DCT), que se equilibra

con ácido L-aspartico puro al 98 %. El factor de conversión utilizado para obtener la proporción de proteínas fue 6.25 y se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Proteína cruda (\%)} = \% \text{ nitrógeno} \times 6.25$$

Ecuación 6. Cálculo de proteína

4.9. Métodos de extracción

4.9.1. Extracción por Soxhlet

Para la obtención de extractos de malanga blanca y malanga morada se utilizó un equipo Soxhlet, compuesto por manta calefactora, balón de precipitados de 1000 mL, cuerpo extractor un refrigerante con entrada y salida de agua conectada por un tubo de silicona y un soporte universal que sujeta todo el equipo.

- Se pesó 10 g de harina de cada matriz de estudio en los dedales de celulosa y se introdujo en el cuerpo extracto, en el balón se colocó 400 mL de metanol HPLC y se sujetó con el soporte universal.
- Se encendió la manta de calentamiento y se mantuvo a una temperatura de 56 a 57°C controlando con un termómetro infrarrojo láser para que no se destruyeran los componentes termolábiles de las matrices.
- El balón que contiene la mezcla de metanol y extracto se llevó al equipo de rotaevaporador de marca (P SELECTA, 6003000632588, España) a una temperatura de 64°C para separar a través de la evaporación el metanol y obtener el extracto puro.

4.9.2. Extracción por Fluidos Supercríticos

La obtención de los extractos de las dos variedades del tubérculo en estudio se realizó en un sistema Helix SFE, el cual de un tanque de solvente de CO₂, Linde SA con una pureza de 99.95%, una unidad de bombeo CO₂ / módulo de control y un módulo que contiene el vessel, por último, la bomba que ayuda a inyectar el solvente.

- Por cada extracción el vessel se cargó con 12 g de muestra de harina de las dos variedades de tubérculo, la presión y temperatura fueron constantes considerando un tiempo estático de 47 min y un tiempo dinámico de 1 hora con 20 min.
- La extracción se realizó a 50 °C y presión de 200 Bares con un caudal volumétrico de CO₂ de 1 L/min.
- Se utilizó como solvente metanol HPLC para arrastrar las partículas de los extractos puros que se encuentran en el vessel. La salida del extracto fue de 1.5 LPM y recolectados en los viales y almacenados a una temperatura de 10°C.

4.10. Determinación de la capacidad antioxidante

4.10.1. Método de radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH)

El presente estudio evalúa la actividad antioxidante usando el método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), este radical es capaz de interactuar con compuestos antioxidantes a través de un proceso determinado por la sesión de un átomo de hidrogeno proporcionado por el antioxidante, el radical DPPH es de color purpura que desaparece gradualmente cuando la muestra se agrega a los compuestos antioxidantes, la absorbancia es medida espectrofotométricamente a 517 nm.

- Para la determinación de la capacidad antioxidante primero se realizó una curva de calibración con una solución del antioxidante de referencia trolox en un rango de concentración de 0 a 800 µmol/L.
- Se tomó 1450 µl de DPPH más 50 µl de muestra del extracto diluido en DMCO y se homogeneizó cuidadosamente, dejando reposar por 30 min en la oscuridad, seguidamente se hizo la lectura de las muestras en una longitud de onda de 517 nm en el espectrofotómetro UV NanoDrop (THERMO SCIENTIFIC, AZY17073808, USA).

Ecuaciones:

Los resultados son expresados en $\mu\text{mol trolox/g}$ muestra, se aplicó las siguientes ecuaciones.

$$Abs_{real} = Bl_M - Abs_M$$

Ecuación 7. Corrección de la absorbancia de la muestra para DPPH

$$DPPH = \frac{Abs - b}{a} * \frac{V * FD * 100}{PM * 1000}$$

Ecuación 8. Cálculo de la capacidad antioxidante por el método DPPH

Dónde: *DPPH* capacidad antioxidante expresada en $\mu\text{mol trolox/g}$, *Abs* absorbancia, *a* y *b* son la pendiente de la curva de calibración de trolox y el punto de corte, *V* volumen total en mL, *PM* peso de la muestra en g y *FD* factor de dilución.

4.10.2. Método del radical 2.2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS)

Este método se basa en la capacidad del antioxidante ABTS para secuestrar aniones radicales de larga vida, el radical ABTS se obtiene tras la reacción de 2.2-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfinic acid) diammonium (ABTS) con persulfato potásico puestos a temperatura ambiente y en un lugar oscuro durante 16 h. Una vez formado el radical ABTS se diluye con buffer acetato hasta obtener un valor de absorbancia de 734 nm. El radical catiónico ABTS es un cromóforo verde azulado, en la medida en que los compuestos con propiedades antioxidantes reaccionan directamente, reduciendo el color del catión radical ABTS.

- Se preparó una curva de calibración con una solución del antioxidante de referencia trolox, en un rango de concentraciones de 0 a 800 $\mu\text{mol/L}$.
- Para el análisis se tomó de 1425 μl de ABTS más 75 μl de muestra del extracto diluido en DMCO y se dejó en reposo durante 45 minutos en un lugar oscuro,

finalmente se analizó las muestras en una longitud de onda de 743 nm en el espectrofotómetro UV NanoDrop.

Ecuaciones:

Los resultados son expresados en $\mu\text{mol trolox/g}$ muestra seca, aplicando las ecuaciones 9 y 10.

$$Abs_{real} = Bl_M - Abs_M$$

Ecuación 9. Corrección de la absorbancia de la muestra para ABTS

$$ABTS = \frac{Abs - b}{a} * \frac{V * FD * 100}{PM * 1000}$$

Ecuación 10. Cálculo de la capacidad antioxidante por el método ABTS

Dónde: *ABTS* capacidad antioxidante en $\mu\text{mol trolox/g}$, *Abs* absorbancia, *a* y *b* son la pendiente de la curva de calibración de trolox y el punto de corte, *V* volumen total en mL, *PM* peso de la muestra en g y *FD* factor de dilución.

4.10.3. Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

También es un método espectrofotométrico que se basa en la reducción del hierro férrico (Fe^{+3}) que se encuentra presente en el reactivo de FRAP hasta llegar a la forma ferrosa (Fe^{+2}) por presencia de 2.4.6-Tris (2. pyridyl)-s-triazine o TPTZ. La solución FRAP es una mezcla de 25 ml Buffer + 2.5 ml TPTZ + 2.5 ml cloruro férrico, muestra un color anaranjado oscuro en presencia de antioxidantes, que se lee la absorbancia a una longitud de onda de 593 nm.

- Para la determinación de la capacidad antioxidante FRAP primero se realizó una curva de calibración con una solución trolox en un rango de concentración de 0 a 800 $\mu\text{mol trolox/L}$.
- Para el análisis de la capacidad antioxidante se tomó 1425 μl de solución FRAP más 75 μl de muestra del extracto diluido en DMCO y se incubó durante 30 min en la estufa a 37°C, seguidamente se analizó la muestra a una longitud de onda a 593 nm.

Ecuaciones:

Los resultados se expresaron en $\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra seca, utilizando las Ecuaciones 11 y 12:

$$\mathbf{Abs\ real} = Bl_M - Abs_M$$

Ecuación 11. Corrección de la absorbancia de la muestra para FRAP

$$\mathbf{FRAP} = \frac{Abs - b}{a} * \frac{V * FD * 100}{PM * 1000}$$

Ecuación 12. Cálculo de la capacidad antioxidante por el método FRAP

Dónde: *FRAP* capacidad antioxidante en $\mu\text{mol trolox/g}$, *Abs* absorbancia, *a* y *b* son la pendiente de la curva de calibración de trolox y el punto de corte, *V* volumen total en mL, *PM* peso de la muestra en g y *FD* factor de dilución.

4.11. Determinación de la concentración de polifenoles totales

4.11.1. Método de Folin-Ciocalteu

Es un método espectrofotométrico que se basa en que los compuestos fenólicos presentes en las muestras reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu que es un agente oxidante, el cual está formado por una mezcla ácido molibdato y tungstato sódico dando lugar a una coloración azul susceptible que se determina mediante espectrofotómetro a 750 nm, el contenido en fenoles totales se expresa como equivalentes de ácido gálico.

- Para el análisis de la concentración de polifenoles se realizó una curva de calibración con una solución de ácido gálico en un rango de concentración de 25 a 900 mg/L.
- Se tomó 100 μl de muestra del extracto diluido en DMCO más 100 μl del reactivo Folin-Ciocalteu y 2 ml de Na_2CO_3 aforado con agua destilada, seguidamente se dejó en reposo en un lugar oscuro por 1 hora para finalmente leer la absorbancia en una longitud de onda 750 nm usando un Espectrofotómetro UV NanoDrop. Los estudios realizados se analizaron por triplicado.

Ecuaciones:

Los resultados fueron expresados en mg de ácido gálico/g de muestra en la que se hace uso de la siguiente ecuación:

$$PT = \frac{Abs - b}{a} * \frac{V * FD * 100}{PM * 1000}$$

Ecuación 13. Cálculo de polifenoles totales

Dónde: *PT* polifenoles en mg/g, *Abs* absorbancia, *a* y *b* son la pendiente de la curva de calibración de ácido gálico y el punto de corte, *V* volumen total en mL, *PM* peso de la muestra en g y *FD* factor de dilución.

4.12. Determinación de la actividad antimicrobiana

Para la actividad antimicrobiana se hizo uso los extractos diluidos en DMCO de las harinas de los tubérculos en estudio extraídas por el método de Fluidos Supercríticos, y se evaluó con una batería Gram positivo (*Staphylococcus aureus*) y tres Bacterias Gram negativas (*Arcobacter* sp, *Escherichia Coli* sp y *Salmonella* sp), las cepas fueron previamente caracterizadas y almacenadas en el Banco Microbiano del Laboratorio de Biología Molecular del Departamento de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

4.12.1. Reanimación bacteriana

Para la reanimación de la cepa de *Arcobacter* sp se seleccionaron tres aislados y se introdujo el medio agar sangre, la cepa de *Escherichia coli* sp en el medio agar nutriente, la cepa de *Salmonella* sp en el medio agar XLD (Xilosa, Lisina, Desoxicolato) y la cepa de *Staphylococcus aureus* se lo revivió en el caldo de tripticasa de soja. Finalmente se incubaron a 37°C por 24 horas a condiciones aeróbicas a excepción de *Arcobacter* sp que al ser una bacteria microaerófilos se necesita condiciones controladas de N, CO₂, que se generó utilizando el campygen (TERMO SCIENTIFIC, CN0225A, USA) y se incubó por 48 horas.

4.12.2. Preparación del medio

Se preparó el medio Mueller-Hinton, de acuerdo con las especificaciones del fabricante, el medio preparado se llevó a una autoclave y se esterilizó a una temperatura de 121°C por 15 min, para finalmente distribuir el medio de manera equitativo en las cajas Petri previamente esterilizadas y se dejó solidificar el medio por 10 min.

4.12.3. Evaluación de actividad antimicrobiana por el método Kirby Bauer (difusión disco-placa)

Inicialmente se hizo una suspensión al 10% con agua salina para disminuir la carga bacteriana de las cepas reanimadas. Se prepararon 3 cajas Petri para cada cepa bacteriana seguidamente se sumergió un hisopo de algodón estéril dentro de la suspensión del microorganismo en estudio y se sembró el inóculo uniformemente en las cajas Petri sobre la superficie del medio preparado, se emplearon discos antibiogramas de 6 mm de diámetro sumergido en el extracto diluido con DMCO al 1:2 y 1:4, como control positivo se usó el antibiótico levofloxacina. Finalmente, se incubaron a 37°C a condiciones aeróbicas a excepción de *Arcobacter sp* por ser microaerófilos se necesita condiciones controladas de N₂, CO₂. Los resultados se realizaron por triplicado y se visualizaron a las 24 horas después. Preparación de la dilución del extracto se realizó de la siguiente manera:

Tabla 12*Dilución del extracto en DMCO*

Extractos	Códigos	Extracción por FSC	
		Diluciones mg/mL	
		1:2	1:4
Malanga Blanca	MB	Se preparó 0.56 g de muestra más 1.12 mL de Dimethyl Sulfoxide	Se preparó 0.34 g de muestra más 1.38 mL Dimethyl Sulfoxide
Malanga Morada	MM	Se preparó 0.81 g de muestra más 1.61 mL de Dimethyl Sulfoxide	Se preparó 0.46 g de muestra más 1.8 mL de Dimethyl Sulfoxide

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)**Ecuación:**

La actividad antimicrobiana de los extractos fue determinada mediante la medición del diámetro de halo de inhibición en milímetros, teniendo como referencia la medición del diámetro de la zona de inhibición del control positivo.

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{(\phi \text{ halo del extracto} - \phi \text{ halo del disco})}{(\phi \text{ halo control positivo} - \phi \text{ halo del disco})} \times 100$$

*Ecuación 14. Cálculo de inhibición bacteriana***4.13. Determinación de la composición química por cromatografía de gases**

Los análisis de los compuestos volátiles de los extractos de malanga blanca y malanga morada obtenida por Soxhlet y Fluidos supercríticos se realizó en un cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MSD).

En un inserto se pesó 82 mg de extracto obtenidos FSC de cada matriz en estudio y se disolvió en 200 µL de hexano HPLC, para los extractos obtenidas por Soxhlet se colocó 200 µL en un inserto, las muestras preparadas se agitaron en un vortex durante 2 min.

La detección de los compuestos se realizó en un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 7890A, GC System.) acoplado a un detector de masas (Agilent Technologies

5977 MSD). Se empleó una columna HP-5MS (30 m x 0.250 mm x 0.25 μ m) y helio 5.0 como gas de arrastre.

Se inyectó 5 μ L de muestra para FSC y 1 μ L de muestra para Soxhlet en modo splitless, la temperatura fue de 250°C en la cámara de inyección, 60°C la temperatura del horno y se incrementó a 246°C a razón de 3°C/min se mantuvo en 246°C por 20 min, con un flujo de 1 mL/min, la temperatura de la línea de transferencia fue de 240°C. La ionización se llevó a cabo por impacto electrónico a 70 eV en modo full scan de 30 a 550 AMU. La identificación de los compuestos se realizó con la ayuda de la librería NIST 14.L.

CAPÍTULO V

5. Resultados y discusión

5.1. Rendimiento de la harina de las dos variedades de malanga

En la siguiente tabla se presenta el rendimiento obtenido de la harina de la malanga blanca y la malanga morada.

Tabla 13

Rendimiento de la harina de las dos variedades de tubérculo

Variables	Malanga blanca	Malanga morada
Peso MP (g)	6101.34	5678.28
Peso de residuos (g)	1337.50	1802.41
Peso liofilizado (g)	1386.34	1116.41
Peso del molido (g)	1329.95	1073.63
% Rendimiento	21.80	18.91

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquizza, 2022)

En la tabla 13, se da a conocer los rendimientos de la harina en dos variedades de tubérculo, donde la harina de malanga blanca presenta un rendimiento de 21.80% y el rendimiento de la harina de malanga morada es de 18.91%. Se evidencia que la malanga morada en rendimiento posee el porcentaje más bajo. Se puede considerar que el mayor rendimiento se dio debido a la alta presencia de almidón en la malanga blanca.

El rendimiento de la harina de malanga blanca en nuestra investigación son muy cercanos a los obtenidos por Huamaní (2018), en la que informó un rendimiento de 20.09%, mientras que Rosales (2016), en su investigación da a conocer un rendimiento de 22.6 %, y en la malanga morada informó 13.16 % de rendimiento, muy inferior a los de nuestro trabajo, las variaciones de estos resultados pueden deberse a los métodos de obtención de la harina, factores climáticos, tipo de suelos, y estado de maduración del tubérculo.

5.2. Análisis bromatológico de ceniza, humedad, grasa, fibra y proteína

En la tabla 14, se detalla los resultados obtenidos del análisis bromatológico de los tubérculos en estudio.

Tabla 14

Porcentaje de análisis bromatológico de los tubérculos en estudio

Variables	Método	Malanga blanca	Malanga morada
		%	
Humedad	AOAC 925.10	10.04	3.32
Ceniza	AOAC 923.03	4.04	5.14
Grasa	AOAC 2003.06	0.31	0.42
Fibra	WEENDE	1.71	2.77
Proteína	UNE-EN 15104	4.45	8.73

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

En la tabla 14, se muestran los resultados de análisis bromatológico de las dos variedades de tubérculo, en la cual, se realizó análisis de humedad, ceniza, grasa, fibra y proteína, donde se evidencia la diferencia de los valores entre las dos variedades de malanga, donde la malanga morada presenta un porcentaje más alto frente a la malanga blanca, a excepción de la humedad, esta diferencia se atribuye al estado de maduración. Dichos valores cumplen con los requisitos indicados por la normativa ecuatoriana NTE INEN 0616 (2006), donde cita que el valor máximo para humedad es de 15%, proteína 10%, grasa 2 %, fibra 3 %, ceniza 0.85 %, lo cual cataloga como olor y sabor característico del producto.

En el trabajo realizado por Quezada (2019), donde el autor analizó los mismos parámetros obteniendo los siguientes resultados: humedad 13.18%, ceniza 0.20%, grasa 0.13%, fibra, 4.11% y proteína 2.05%, así mismo, en otro estudio realizado por Espinoza (2017), los valores obtenidos fueron inferiores a los de nuestro trabajo, siendo estos: humedad 6.25%, ceniza 0.53%, grasa 0.19%, fibra, 0.11% y proteína 0.31%. En tal sentido

se puede evidenciar que los resultados conseguidos varían significativamente, esto puede atribuirse al método de la obtención de la harina y al lugar donde se recolectaron las materias primas, así como al uso de los fertilizantes para el cultivo de los tubérculos.

En la malanga morada los resultados fueron bastante dispersos a los informados por Rodríguez *et al.* (2018), donde los valores informados fueron: Humedad 2.28%, ceniza 2.36%, fibra 2.33 y proteína 2.36%. Torres, Montero & Duran (2013), informaron los siguientes resultados: Humedad 14.49%, ceniza 0.16%, fibra 0.67%, y proteína 0.57%. De igual manera, Púa *et al.* (2019), informaron los resultados de humedad 2.59%, ceniza 7.65%, grasa 0.53%, fibra 4.88% y proteína 24.99%. Al igual que la malanga blanca, en la malanga morada existe diferencia entre los valores debido generalmente al método de obtención de la harina.

5.3. Resultados de los extractos obtenidos por los dos métodos de extracción

5.3.1. Extracción por el método Soxhlet

Los resultados de los extractos obtenidos de las dos variedades de malanga se informan en la siguiente tabla.

Tabla 15

Extracción por Soxhlet de las dos variedades de tubérculo

Tipo de muestra	Peso (g)	Volúmen Metanol (mL)	No. Reflujo	T (°C)	Tiempo extracción (h/min)	Volúmen extraído del Rotaevaporador (mL)
Malanga blanca	10	400	1	57	1:28	3.3
			2	57	1:24	
			3	56	1:17	
			4	57	1:13	
Malanga morada	10	400	1	57	1:36	10.7
			2	56	1:29	
			3	56	1:23	
			4	57	1:16	

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 15, se da a conocer los resultados que se obtuvieron tras realizar 4 reflujos para cada matriz en estudio a una temperatura de 57°C, el extracto obtenido de la malanga

blanca después del proceso de la rotaevaporación fue de 3.3 mL, mientras que el volumen total del extracto obtenido de la malanga morada después de rotaevaporar fue de 10.7 mL. En tal sentido, se puede considerar que en el extracto de la malanga morada se obtiene en mayor volumen, esto debido a su estado de maduración y a los numerosos compuestos volátiles que se observan en el anexo 5 y 6. Díaz *et al.* (2011), en su investigación consiguió 1.1 mL de extracto hexánico de la especie *Xanthosoma maximilianii* Schott tubérculo que pertenece a la familia. Mientras que Silva (2018), en su estudio de tubérculos andinos extrajo en el melloco 55 mL de extracto etanólico, en la mashua 21 mL de extracto etanólico. Se realizaron estas comparaciones debido a que no se encontraron referencias bibliográficas de extractos de malanga.

5.3.2. Extracción por fluidos supercríticos

A continuación, se muestran los resultados de la extracción por fluidos supercríticos de las dos variedades de tubérculos en estudio.

Tabla 16

Extracción por fluidos supercríticos de la malanga blanca y morada

Muestra	CONDICIONES DE TRABAJO		TIEMPO DINAMICO	CONDICIONES DE EXTRACCIÓN CON SOLVENTE			Cantidad del extracto (g)
	T (°C)	P (bar)	Tiempo extracción (h/min)	Solvente	P-final (bar)	Tiempo de subida de la P	
MB	50	200	1:20	Metanol	300	50 seg	1.0760
MM	50	200	1:20	Metanol	300	42 seg	12372

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 16, se muestran los resultados de la extracción por FSC de las dos variedades de tubérculo, mismos que parten de 22 réplicas y 12 g de muestra por cada réplica (anexo 7 y 8), evidenciando que el extracto obtenido de la malanga morada se extrae en mayor cantidad en comparación con la malanga blanca, esto se puede atribuirse al almidón,

a la variedad del tubérculo, al estado de maduración de la misma. Con respecto a la extracción de los extractos por FSC de la malanga, no se encontraron referencias bibliográficas, por ende, nuestro trabajo es la primera en realizar extracciones de dichos tubérculos por el método mencionado.

5.4. Análisis de actividad antioxidante

5.4.1. Análisis de captura del radical (DPPH)

Resultados adquiridos del análisis de la actividad antioxidante del método DPPH, fueron expresados en μmol de trolox/g muestra. A continuación, se detalla la actividad antioxidante de las dos variedades de tubérculo en estudio, por diferentes métodos de extracción.

Tabla 17

Resultados del contenido de actividad antioxidante del método DPPH

Métodos de extracción	Variedad Tubérculo	
	M. Blanca	M. Morada
	μmol de trolox/g muestra	
Soxhlet	4.61	11.32
FSC	207.87	167.64

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

En la tabla 17, se observan los resultados obtenidos de la actividad antioxidante, donde se puede apreciar que la malanga blanca extraída por FSC tiene un valor de 207.87 μmol de trolox/g muestra, mientras que la malanga morada nos da un resultado de 167.64 μmol de trolox/g muestra, siendo estos valores más representativos en comparación a los resultados de los extractos obtenida por Soxhlet, ya que el extracto por FSC es de alta pureza y son extraídas sin afectar los compuestos termolábiles, mientras que al ser extraída por Soxhlet existe contaminación y restos de disolvente en el producto final.

Moncayo *et al.* (2021), analizaron la capacidad antioxidante de extracto etanólico de hojas de 18 especies de plantas nativas del occidente del Ecuador, en la que *Xanthosoma sagittifolium* presenta un porcentaje de 44.99 I% de actividad antioxidante por el método DPPH, por otro lado, Nascimento *et al.* (2014), realizaron un estudio sobre la capacidad antioxidante por el método DPPH de extracto de la papa china (*Colocasia esculenta*) e identificó un valor de 5.44 μmol de trolox/g muestra, un valor que es considerablemente menor con los que se identificó en nuestro trabajo, en donde a mayor valor, mayor será la capacidad antioxidante. Los valores conseguidos en esta investigación difieren significativamente para cada variedad de tubérculo, esto puede atribuirse al método de extracción, al análisis realizado en almidón, al tipo de tubérculo y a las condiciones climáticas. Con respecto a la actividad antioxidante por el método DPPH de malanga morada y malanga blanca no se encontraron referencias bibliográficas, por ello se realizó comparaciones con tubérculos de la misma familia.

Tabla 18

Análisis de varianza de la actividad antioxidante por el método DPPH

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Variedad tubérculo	1	842.693	842.693	740.37	0.0000*
B: Método extracción	1	96980.5	96980.5	85204.55	0.0000*
Interacciones					
AB	1	1652.52	1652.52	1451.86	0.0000*
Residuos	8	9.10567	1.13821		
Total (corregido)	11	99484.8			

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 18, se da a conocer el análisis de varianza de la actividad antioxidante por el método DPPH, en donde los valores-p muestran la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-p son menores que 0.05, por lo tanto, el factor A

(variedad de tubérculo), el factor B (método de extracción) y la interacción de A*B tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la actividad antioxidante con un 95% de nivel de confianza.

Se realizó pruebas de rangos múltiples por el método LSD al 95% de confianza, para establecer el nivel de incidencia del factor A (variedad de tubérculos) en la actividad antioxidante.

Tabla 19

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor A

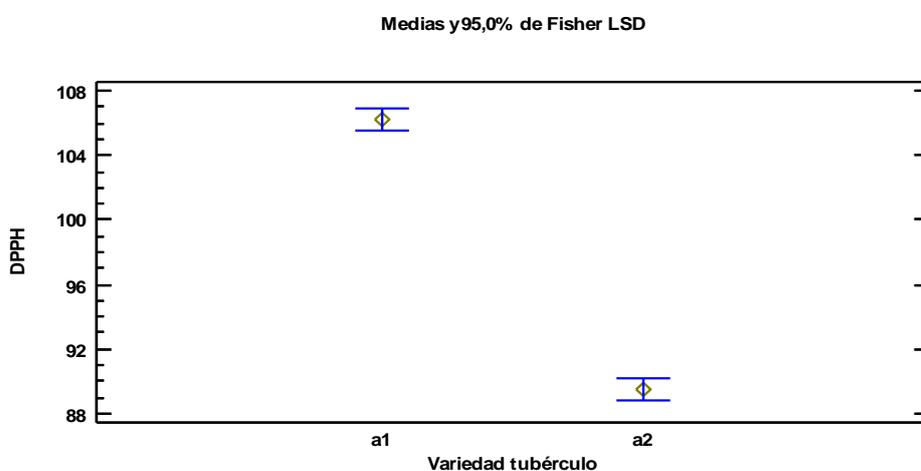
Variedad tubérculo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	6	106.24	0.435547	A
a2	6	89.48	0.435547	B

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 19, se observa que existe diferencia entre los grupos homogéneos, dado que el valor medio más alto es de 106.24 $\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra perteneciente al nivel a1, mientras que Nascimento *et al.* (2014), registró un valor de 5.44 $\mu\text{mol de trolox/g}$ muestra en el extracto etanólico de la papa china, donde mayor sea el valor, mayor es su capacidad antioxidante, es decir que la malanga blanca presenta mayor concentración de antioxidantes. De manera gráfica se presenta a continuación.

Figura 14

Relación de la variedad de tubérculo con la actividad antioxidante por el método DPPH



Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

La figura 14, muestra que el nivel a1 es el más destacado, es decir, la malanga blanca tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la actividad antioxidante.

Para determinar el nivel de incidencia del factor B (métodos de extracción) en la actividad antioxidante, se realizó prueba de comparación múltiple por el método LSD al 95% de confianza.

Tabla 20

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la concentración de antioxidantes del factor B

Método extracción	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b2	6	187.758	0.435547	A
b1	6	7.96167	0.435547	B

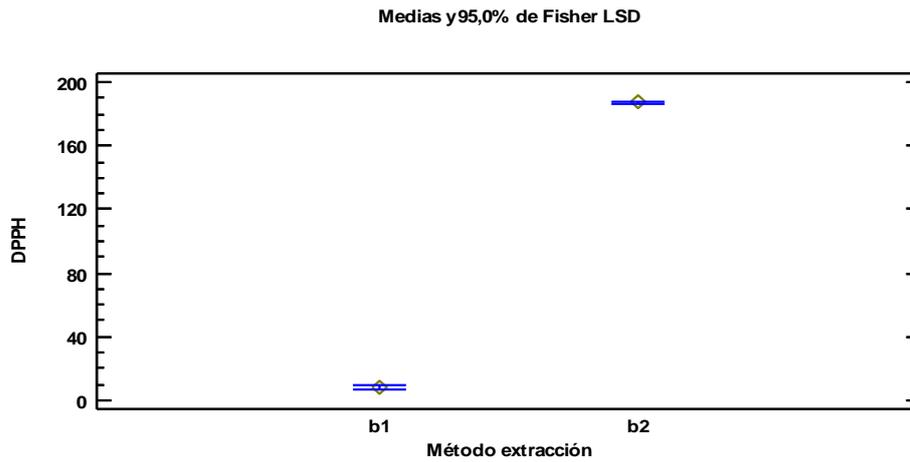
Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 20, se detalla la comparación de rangos múltiples, en efecto, el nivel b2 posee una media más alta de actividad antioxidante de 187.758 $\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra, en otro estudio realizado por Inostroza *et al.* (2015), en el extracto por maceración de mashua

identificó un valor de 151 $\mu\text{mol TE/g}$ peso muestra, donde mayor es su valor, mayor actividad antioxidante posee, por ende, la extracción por FSC presenta mayor concentración de antioxidantes por el método DPPH. A continuación, se representa gráficamente.

Figura 15

Relación del método de extracción con la actividad antioxidante por el método DPPH

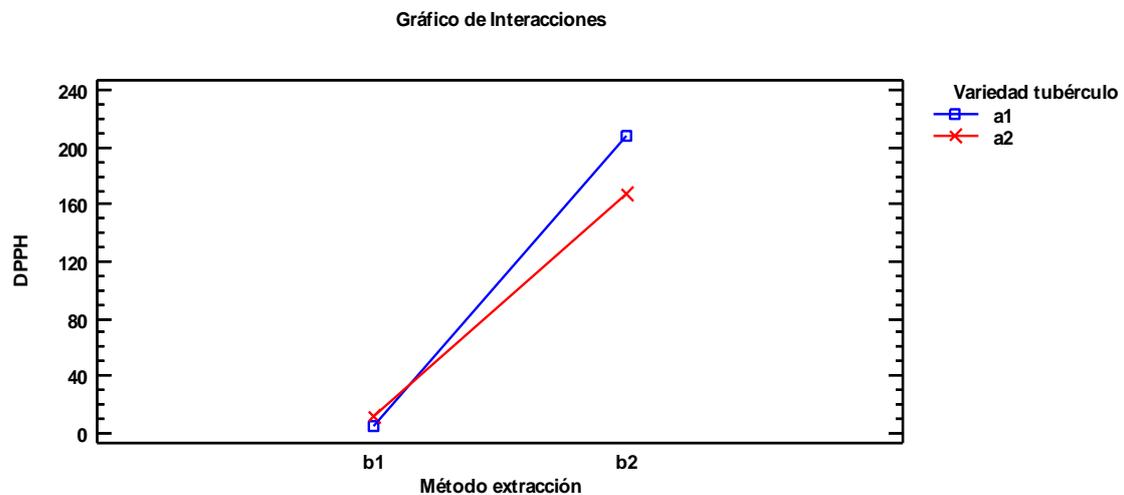


Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura 15, se muestra que el nivel b2 es diferente que el nivel b1, por lo tanto, se determinó que la extracción por FSC, estadísticamente tiene un efecto significativo sobre la actividad antioxidante con un 95% de confianza.

Figura 16

Interacción del contenido de actividad antioxidante



Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura 16, se observa que las líneas de tendencia del factor B, si presentan interacciones en la actividad antioxidante, donde el extracto de la malanga blanca obtenida por FSC es el mejor tratamiento.

5.4.2. Ensayo de cuantificación de la decoloración del radical (ABTS)

Los resultados que se presentan en los análisis de la actividad antioxidante del método ABTS, se expresaron en μmol de trolox/g muestra. En la tabla 21 se describe la concentración de antioxidantes de las dos variedades de malangas, por diferentes métodos de extracción.

Tabla 21

Resultados del contenido de concentración de antioxidantes ABTS

Métodos de extracción	Variedad Tubérculo	
	M. Blanca	M. Morada
	μmol de trolox/g muestra	
Soxhlet	4.55	13.94
FSC	51.11	44.41

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

Los resultados se presentan en la tabla 21, donde se observa la actividad antioxidante del extracto por FSC de malanga blanca un valor de 51.11 μmol de trolox/g muestra, mientras que la malanga morada aplicado en el mismo método de extracción tiene un valor 44.41 μmol de trolox/g muestra, mientras que el extracto por Soxhlet presentaron baja actividad antioxidante con valores de 4.55 y 13.94 μmol de trolox/g muestra respectivamente, esta diferencia de valores se puede atribuir al método de extracción, ya que los extractos por FSC es de alta pureza, sin residuos de disolvente y no existe contaminaciones indeseables del producto.

En la investigación realizada por Rodríguez *et al.* (2018), da a conocer los valores de la actividad antioxidante por el método ABST de cuatro variedades de *Colocasia*

esculenta, encontrando a la malanga Campachena (blanca) un valor de 348.63 mg de trolox/g de harina, malanga chiapaneca (morada) un valor de 294.12 mg de trolox/g de harina, valores son muy superiores a las de la nuestra investigación, mientras los valores que informan Fernández (2010), en la actividad antioxidante de extracto acetónico por el método ABTS de la papa Walusa (malanga) es de 2.02 Tac $\mu\text{mol/g mf}$. No obstante, mientras menor sea su valor mayor es su capacidad antioxidante. En el caso particular de la malanga (*Xanthosoma Sagittifolium L. Schott*), es el primer trabajo que se realizó estudio de la actividad antioxidante en extractos por los dos métodos de extracción Soxhlet y FSC, pero se encontraron resultados de actividad antioxidantes en variedades de tubérculos pertenecientes a la misma familia, de tal manera se evidencia que los resultados varían significativamente.

Tabla 22

Análisis de varianza de la actividad antioxidante por el método ABTS

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A:Variedad tubérculo	1	5.45401	5.45401	22.72	0.0014*
B:Método extracción	1	4448.68	4448.68	18530.36	0.0000*
Interacciones					
AB	1	194.166	194.166	808.77	0.0000*
Residuos	8	1.9206	0.240075		
Total (corregido)	11	4650.22			

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 22, se detalla el análisis de varianza del contenido de actividad antioxidante por el método ABTS, en donde los valores- p muestran la significancia estadística de cada uno de los factores. Pues que 3 valores- p son menores que 0.05, por ende, el factor A (variedad de tubérculo), el factor B (método de extracción) y la interacción

de A*B tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la actividad antioxidante con un 95% de nivel de confianza.

Se procedió a realizar pruebas de comparación múltiple por el método LSD al 95% de confianza, para establecer el nivel de incidencia del factor A sobre el contenido de actividad antioxidante.

Tabla 23

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor A

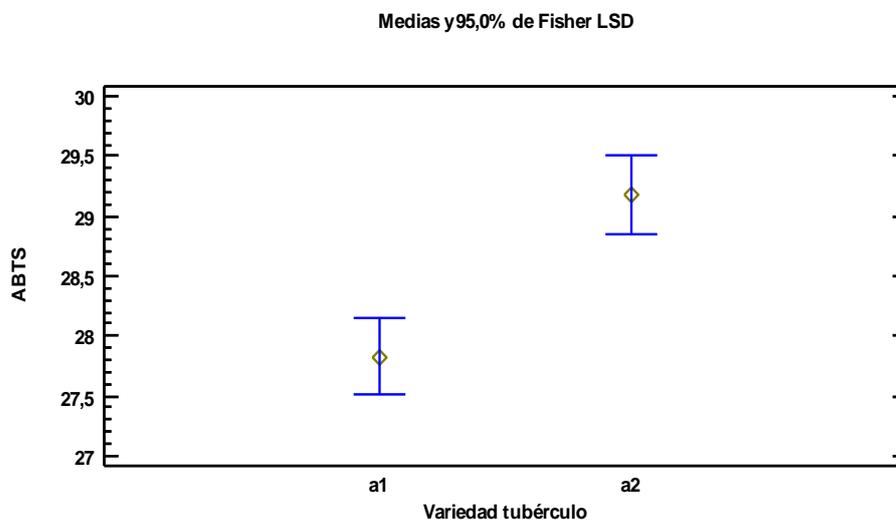
Variedad tubérculo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a2	6	29.175	0.200031	A
a1	6	27.8267	0.200031	B

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 23, se detalla la comparación de rangos múltiples, en la que se observa que existe diferencia entre los grupos homogéneos, donde el nivel a2 presenta una media más alto de 29.175 μmol de trolox/g muestra, del mismo modo Fernández (2010), en su investigación da a conocer un resultado de 2.02 Tac $\mu\text{mol/g}$ mf en el extracto acetónico de malanga, puesto que, si menor es su valor, mayor es su actividad antioxidante, por consiguiente, la malanga blanca presenta mayor concentración de actividad antioxidante. Gráficamente se presenta a continuación.

Figura 17

Relación de la variedad de tubérculo con la actividad antioxidante por el método ABTS



Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura 17, se observa que el nivel a2 es el más destacado, es decir, tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la actividad antioxidante con un 95% de confianza.

Para determinar el nivel de incidencia del factor B en el contenido de actividad antioxidante se realizó prueba de comparación múltiple por el método LSD con un 95% de confiabilidad.

Tabla 24

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor B

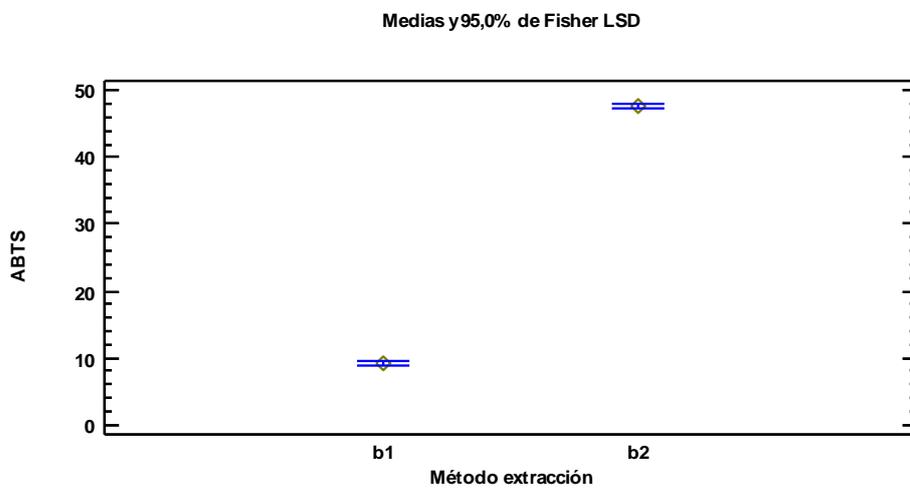
Método extracción	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b2	6	47.755	0.200031	A
b1	6	9.24667	0.200031	B

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 24, se observa que existe diferencia entre los grupos homogéneos, de lo cual, el nivel b2 presenta una media de 47.755 μmol de trolox/g muestra, por otro lado, Rodriguez *et al.* (2018), registró un resultado de 348.63 mg de trolox/g de harina, un valor muy superior al de nuestro trabajo, donde cuanto menor sea su valor, mayor es su capacidad antioxidante. Como se evidencia en la figura detallada a continuación.

Figura 18

Relación del método de extracción con la actividad antioxidante por el método ABTS

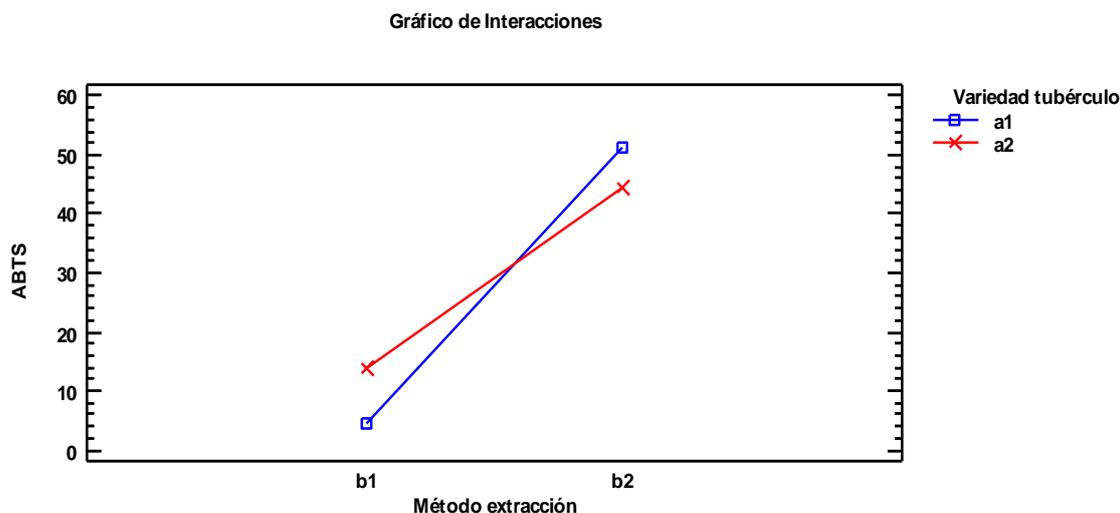


Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura 18, se observa que el nivel b2 es diferente del otro nivel, lo que muestra, que la extracción por FSC tiene mayor contenido de actividad antioxidante, es decir, estadísticamente tiene un efecto significativo sobre la concentración antioxidante con un 95% de confiabilidad.

Figura 19

Interacción del contenido de actividad antioxidante



Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura 19, se observa, que si presentan interacciones las líneas de tendencia en la actividad antioxidante.

5.4.3. Determinación de reducción del hierro férrico (FRAP)

Los resultados que se presentan a continuación de los análisis de la actividad antioxidante del método FRAP fueron expresados en μmol de trolox/g muestra.

Tabla 25

Resultados del contenido de actividad antioxidante del método FRAP

Métodos de extracción	Variedad Tubérculo	
	M. Blanca	M. Morada
	μmol de trolox/g muestra	
Soxhelt	3.88	11.48
FSC	64.33	60.90

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

Los resultados obtenidos en la actividad antioxidante por el método FRAP se evidencia en la tabla 25, la malanga blanca obtenida por FSC presenta un valor de la capacidad antioxidante de $64.33 \mu\text{mol}$ de trolox/g muestra, mientras que la malanga morada

por el mismo método de extracción nos da un resultado de 60.90 μmol de trolox/g muestra, dando así los valores más elevados en comparación al extracto obtenido por Soxhlet, pudiendo atribuirse que el extracto por Soxhlet presenta valores muy bajos debido a que los compuestos termolábiles con el calor se descompone o a su vez reaccionan.

Nascimento *et al.* (2014), en su investigación de la capacidad antioxidante del extracto etanólico de *Colocasia esculenta* identificó un valor de 1367.05 μM Ferrous Sulfate/g de muestra por el método FRAP, un valor muy superior al de nuestra investigación, mientras que Fernández (2010), presenta un valor de actividad antioxidante de 2.63 Tac $\mu\text{mol/g}$ mf por el método FRAP del extracto acetónico de Waluso (malanga), por el contrario un valor muy inferior al de nuestra investigación, en tal sentido mientras mayor sea su valor, mayor capacidad antioxidante posee. Los resultados obtenidos en nuestra investigación difieren significativamente con los resultados de la literatura, esto se debe a la variedad de tubérculo, método de extracción, análisis en harinas y al extracto etanólico, es la primera investigación en realizar la actividad antioxidante por el método FRAP en extractos obtenidos por Soxhlet y FSC, de la malanga blanca y malanga morada, por tal motivo se hizo comparaciones con tubérculos similares.

Tabla 26

Análisis de varianza de la actividad antioxidante por el método FRAP

Fuente	GI	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Razón-F	Valor- ρ
Efectos principales					
A:Variedad tubérculo	1	13.0834	13.0834	154.16	0.0000*
B:Método extracción	1	9053.56	9053.56	106679.84	0.0000*
Interacciones					
AB	1	91.1354	91.1354	1073.87	0.0000*
Residuos	8	0.678933	0.0848667		
Total (corregido)	11	9158.46			

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 26, se da a conocer el análisis de varianza de la actividad antioxidante por el método FRAP, en donde los valores- p muestran la significancia estadística de cada uno de los factores. Ya que 3 valores- p son menores que 0.05, por lo tanto, el factor A (variedad de tubérculo), el factor B (método de extracción) y la interacción de A*B tienen un efecto significativo sobre el contenido de la concentración de la actividad antioxidante con un 95 % de confianza.

Se procedió a realizar pruebas de rangos múltiples por el método LSD con un 0.5% de error, para determinar el nivel de incidencia en el contenido de la actividad antioxidante en el factor A.

Tabla 27

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor A

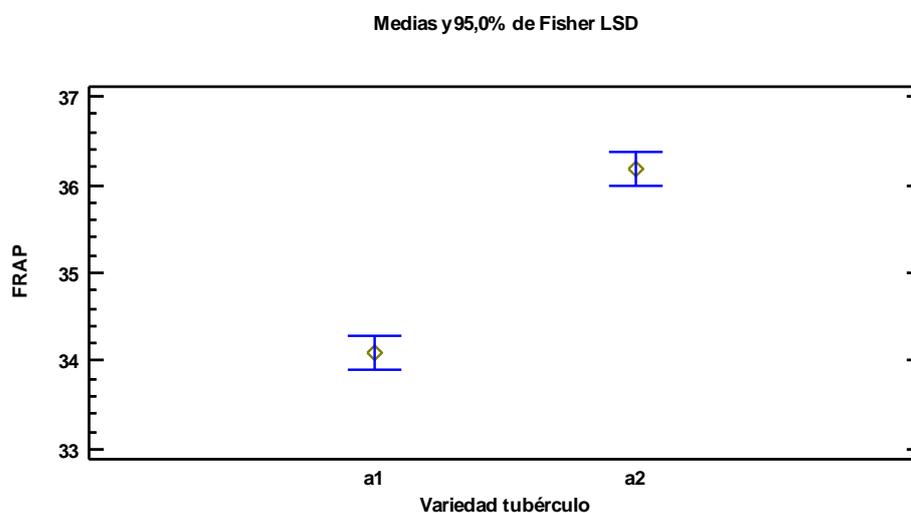
Variedad tubérculo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a2	6	36.1917	0.11893	A
a1	6	34.1033	0.11893	B

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 27, se detalla que el nivel a2 presenta una media más alta de 36.1917 μmol de trolox/g muestra, en relación con el trabajo de Nascimento *et al.* (2014), donde presentaron un valor de 1367.05 μM Ferrous Sulfate/g de muestra, un valor muy superior al de nuestro trabajo, de modo que la malanga morada presenta mayor concentración de antioxidantes. Gráficamente se presenta a continuación.

Figura 20

Relación de la variedad de tubérculo con la actividad antioxidante por el método FRAP



Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

La figura 20, muestra que el nivel a2 es diferente del nivel a1, por consiguiente, la malanga morada presenta mayor contenido de actividad antioxidante, estadísticamente con un 95% de confianza.

Se procedió a realizar pruebas de rangos múltiples por el método LSD con un 0.5% de error para el factor B, y determinar la incidencia que tiene entre sus niveles sobre el contenido de actividad antioxidante.

Tabla 28

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antioxidante del factor B

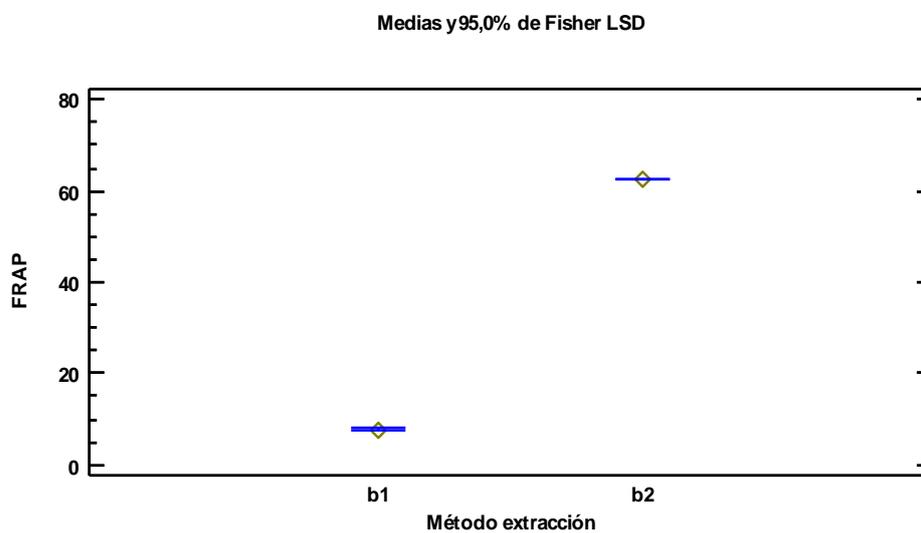
Método extracción	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b2	6	62.615	0.11893	A
b1	6	7.68	0.11893	B

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

En la tabla 28, se observa que existe diferencias entre los grupos homogéneos, y la media más alta es de 62.615 μmol de trolox/g muestra, de igual manera Fernández (2010), informó un resultado 2.63 Tac $\mu\text{mol/g}$ mf, bastante inferior al de nuestro trabajo, de modo que mayor sea su valor, mayor es su capacidad antioxidante, es decir que la extracción por FSC tiene efecto significativo sobre la actividad antioxidante con un 95% de confianza. De manera gráfica se detalla a continuación.

Figura 21

Relación del método de extracción con la actividad antioxidante por el método FRAP

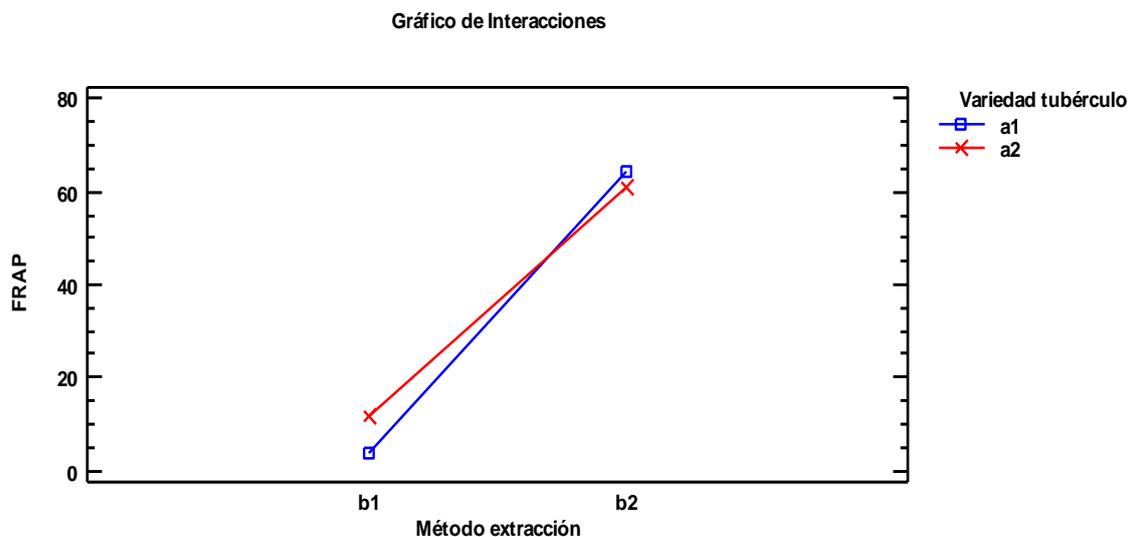


Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura 21, se evidencia que se destaca el nivel b2, por ende, la extracción por FSC presenta estadísticamente un efecto significativo sobre la actividad antioxidante.

Figura 22

Interacción del contenido de actividad antioxidante



Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

En la figura 22, se observa que las líneas de tendencia si presentan interacciones, en efecto, el extracto de la malanga blanca obtenida por FSC presenta mayor contenido de actividad antioxidante.

5.5. Determinación de la concentración de polifenoles

Resultados de análisis de la concentración de polifenoles por el método Folin-Ciocalteu, fueron expresados en mg ácido gálico/100g muestra. En la tabla 29 se detalla la concentración de polifenoles por dos métodos de extracción en las variedades de malanga.

Tabla 29

Resultados del contenido de polifenoles por el método folin-Ciocalteu

Métodos de extracción	Variedad Tubérculo	
	M. Blanca	M. Morada
	mg ácido gálico/100 g muestra	
Soxhelt	0.87	1.47
FSC	6.98	5.03

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

En la tabla 29, se detalla los resultados obtenidos de la concentración de polifenoles por el método Folin-Ciocalteu, se informa que el extracto de la malanga blanca obtenido por FSC, posee un valor 6.98 mg ácido gálico/100g muestra, del mismo modo la malanga morada tiene una concentración de polifenoles de 5.03 mg ácido gálico/100g muestra, siendo los valores más elevados, mientras que el extracto por Soxhlet presenta valores de 0.87 y 1.47 mg ácido gálico/100g muestra. Esta diferencia de concentración de polifenoles se debe al método de extracción, ya que la extracción por FSC se realiza con CO₂, al ser un gas a temperatura ambiente es seguro de manejar y no deja residuos de disolvente en los productos finales, a diferencia de extracción por Soxhlet no se logra separar totalmente el disolvente del extracto.

En la investigación realizada por Rodríguez (2014), se determina la concentración de polifenoles en extracto metanólico de la variedad *Colocasia esculenta* (L.) Schott secado al horno de 20.44 g/kg de ácido gálico, de igual manera Rodríguez *et al.* (2011), estudia el contenido fenólico de harina de malanga de la variedad *Colocasia esculenta* (L.) Schott secado por 25 horas el cual obtiene un resultado de 111.33 mg ácido gálico/g de muestra, los resultados son bastantes dispersos con la de nuestro trabajo, donde mayor es su valor, mayor es la concentración de polifenoles. Se puede evidenciar que los resultados obtenidos varían significativamente, esto puede atribuirse al método de extracción, al análisis realizado solo en harina y a la variedad del tubérculo. Con respecto a la concentración de polifenoles en extracto de malanga (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott), no se encontraron reportes en la literatura, por lo cual se realizó comparaciones con tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott que pertenecen a la misma familia.

Tabla 30*Análisis de varianza de la concentración de polifenoles*

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-ρ
Efectos principales					
A: Variedad tubérculo	1	1.34001	1.34001	273.47	0.0000*
B: Método extracción	1	70.2284	70.2284	14332.33	0.0000*
Interacciones					
AB	1	4.87688	4.87688	995.28	0.0000*
Residuos	8	0.0392	0.0049		
Total (corregido)	11	76.4845			

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 30, se da a conocer el análisis de varianza de la concentración de polifenoles por el método de Folin-Ciocalteu, en donde, los valores- ρ muestran la significancia estadística de cada uno de los factores. Ya que 3 valores- ρ son menores que 0.05, por lo tanto, el factor A (variedad de tubérculo), el factor B (método de extracción) y la interacción de A*B presenta un efecto estadísticamente significativo sobre la concentración de polifenoles con un 95% de confiabilidad.

Para determinar el nivel de incidencia de la concentración de polifenoles en el factor A y sus niveles, se realizó pruebas de comparación múltiple por el método LSD al 95% de confianza.

Tabla 31*Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la concentración de polifenoles del factor A*

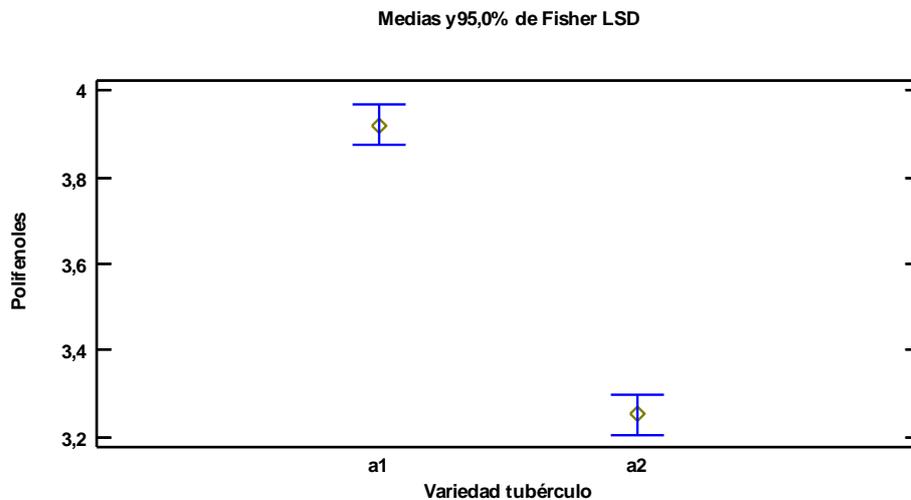
Variedad tubérculo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	6	3.92	0.0285774	A
a2	6	3.25167	0.0285774	B

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 31, se observa que existe diferencia entre los grupos homogéneos, donde se observa que la media más alta es de 3.92 mg ácido gálico/100g muestra, del mismo modo Moncayo *et al.* (2021), en su investigación presenta un resultado de 10.70 mg GAE/g de extracto seco, el valor difiere significativamente con la de nuestro trabajo, ya que mayor sea su valor, mayor es su concentración de polifenoles. Gráficamente se presenta a continuación.

Figura 23

Relación de la variedad de tubérculo con la concentración de polifenoles



Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura 23, se observa que el nivel a1 es diferente del otro nivel, por consiguiente, la malanga morada tiene efecto estadísticamente significativo sobre la concentración de polifenoles con un 95% de confianza.

Para determinar el nivel de incidencia de la concentración de polifenoles en el factor B y sus niveles se realizó pruebas de rangos múltiples por el método LSD con un 0.5% de error.

Tabla 32

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la concentración de polifenoles del factor B

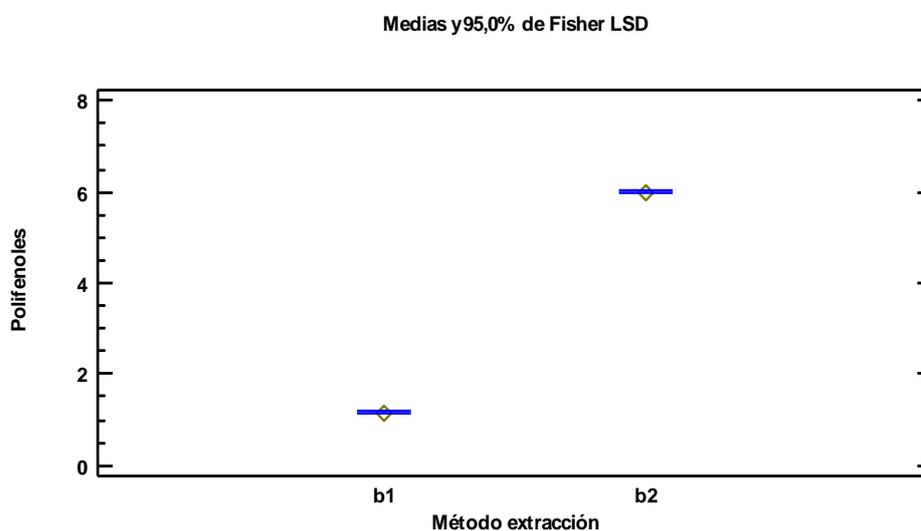
Método extracción	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b2	6	6.005	0.0285774	A
b1	6	1.16667	0.0285774	B

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 32, se evidencia que existe diferencia entre los grupos homogéneos, dado que el valor medio más alto es de 6.005 mg ácido gálico/100 g muestra, Rodríguez *et al.* (2011), en su investigación informó un resultado de 111.33 mg ácido gálico/g de muestra, valor muy superior al de nuestra investigación, por consiguiente, la extracción por FSC presenta mayor concentración de polifenoles. Gráficamente se presenta a continuación.

Figura 24

Relación de la variedad de tubérculo con la concentración de polifenoles

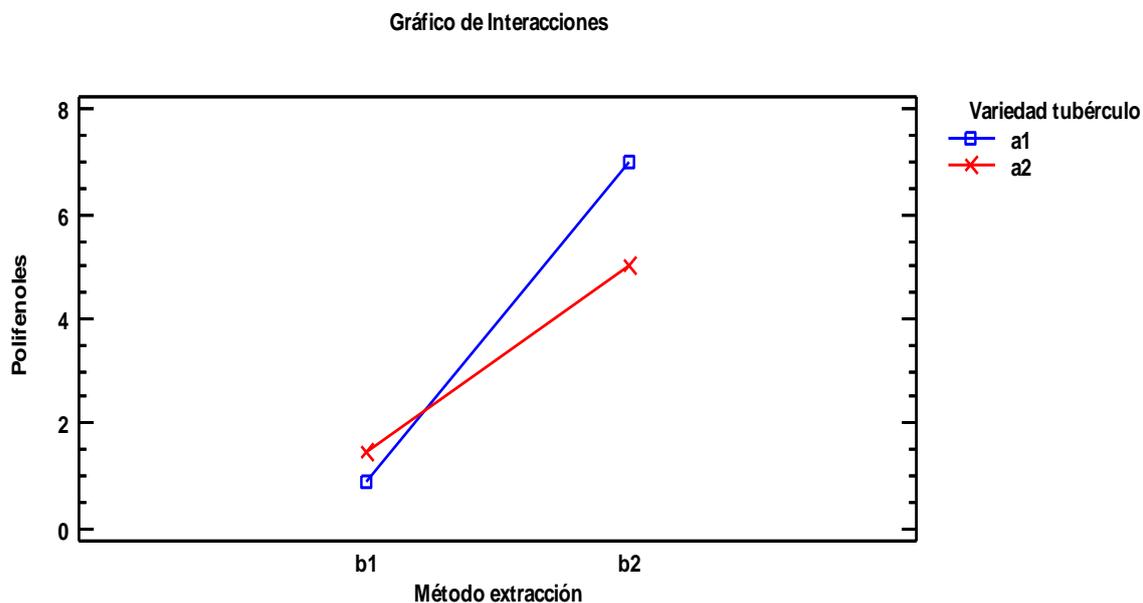


Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura 24, se observa que el nivel b2 es el más destacado, por consiguiente, la extracción por FSC tiene efecto estadísticamente significativo sobre la concentración de polifenoles con un 95% de confianza.

Figura 25

Interacción del contenido de actividad antioxidante



Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura 25, se detalla que las líneas de tendencia si presentan interacciones, en donde la malanga blanca por el método de extracción de FSC presenta mayor concentración de polifenoles.

5.6. Análisis de la actividad antimicrobiana

5.6.1. Actividad antimicrobiana frente a *Escherichia Coli*

Los resultados obtenidos de la actividad antimicrobiana son expresados mediante la medición del diámetro de halo de inhibición en mm. En la siguiente tabla se detallan los valores obtenidos tras realizar el análisis de actividad antimicrobiana.

Tabla 33

Resultados de los diámetros (mm) de halos de inhibición de extractos de las dos variedades de malanga a diferentes diluciones

Cepas de <i>E. coli</i>	Extracción por FSC				Antibiótico de control
	M. Blanca		M. Morada		Levofloxacina
	Diluciones mg/ml				
	1:2	1:4	1:2	1:4	
Cer3C1	3.3	4	4.3	4	28
Res2C1	2.7	3.3	3.7	3	28
Cer2C1	2	3.3	2.3	3	28

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 33, se observa los resultados de los halos de inhibición de las tres cepas de *E. coli*, en los extractos de la malanga blanca y malanga morada, en comparación con las otras cepas de *E. coli*, la cepa Cer3C1 presenta un halo de inhibición de 4.3 mm de diámetro en el extracto de la malanga morada a una dilución de 1:2. Los extractos obtenidos por FSC de las dos variedades de tubérculo frente a las cepas de *E. coli*, presentaron baja actividad antimicrobiana, puesto que el antibiótico de control usado muestra un halo de inhibición muy superior a los obtenidos por los extractos, mientras que la levofloxacina presenta halos de inhibición de 28 mm de diámetro. Es importante considerar que el extracto de la malanga morada a una dilución de 1:2 presentó mayor efecto inhibitorio frente a la cepa Cer3C1.

Sánchez *et al.* (2018), realizaron una investigación de cambio de Clinical Laboratory Stándar Institute (CLSI) a European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) en la interpretación de la sensibilidad, consideraron el porcentaje de sensibilidad antibiótica levofloxacina de 67.8% en la bacteria *E. coli*. Laborclin (2019), en su manual de antibiograma da a conocer los halos inhibitorios de *E. coli* frente a la levofloxacina de 27 a 33 mm de diámetro. Con relación a la actividad antimicrobiana de extractos de malanga, no

se encontraron datos en la literatura, de tal manera que somos los primeros en realizar un estudio de actividad antimicrobiana utilizando esta matriz alimenticia.

Se procedió a realizar pruebas de rangos múltiples por el método LSD al 95% de confianza para establecer el nivel de incidencia del factor A (variedad de tubérculo) y el factor B (métodos de extracción).

Tabla 34

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antimicrobiana frente a las cepas de E. coli

Cepas de <i>E. coli</i>	Dilución	Variedad de tubérculo	Media LS	Grupos homogéneos	Método de extracción	Media LS	Grupos Homogéneos
Cer3C1	1:2	a2	2.21	A	b2	3.83	B
Res2C1	1:2	a2	1.88	C	b2	3.16	C
Cer2C1	1:2	a1	1.05	E	b2	2.16	D
Cer3C1	1:4	a2	2.05	B	b2	4.0	A
Res2C1	1:4	a1	1.71	D	b2	3.16	C
Cer2C1	1:4	a1	1.71	D	b2	3.16	C

Nota. Letras diferentes representan diferencia estadística significativa.

En la tabla 34, se detalla la comparación de rangos múltiples, donde se observa que los grupos homogéneos son diferentes, dado que el valor medio más alto en variedad de tubérculo corresponde a la cepa de *E. coli* Cer3C1 a una dilución de 1:2 con un halo de inhibición de 2.21 mm, es decir que la malanga morada presenta mayor actividad antimicrobiana, del mismo modo el valor media más alto en método de extracción pertenece a cepa de *E. coli* Cer3C1 a una dilución de 1:4 con un halo de inhibición de 4.0 mm, es decir que la extracción por FSC presenta mayor acción antimicrobiana.

5.6.2. Actividad antimicrobiana frente *Salmonella* sp

En la siguiente tabla se detalla la acción antimicrobiana frente a los extractos obtenidos por FSC, a diferentes concentraciones.

Tabla 35

Resultados de los diámetros de halos de inhibición en mm a diferentes diluciones de los extractos

Cepas de <i>Salmonella</i> sp	Extracción por FSC				Antibiótico de control
	M. Blanca		M. Morada		
	Diluciones mg/mL				Levofloxacina
1:2	1:4	1:2	1:4		
S7	0.7	0.7	0.7	0.7	11.3
5M3	0	0	0	0	11.3
S8	2	1	1	1	28

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 35, se puede evidenciar que los extractos obtenidos mediante FSC de las dos variedades de tubérculo no presentan actividad antimicrobiana frente a la cepa 5M3, y la cepa S8 a una dilución de 1:2 del extracto de la malanga blanca presenta un halo de inhibición de 2 mm de diámetro, el halo del antibiótico control fue de 11.3 mm de la cepa S7 y 5M3 respectivamente, mientras que el halo de la cepa S8 fue de 28 mm de diámetro.

Para la determinación de concentración inhibitoria mínima (CIM), CLSI (2019) menciona que la familia *Enterobacteriaceae* es resistente al antibiótico levofloxacina cuando el halo de inhibición es ≤ 16 mm de diámetro. Del mismo modo Sfeir (2021), considera resistente si el halo de inhibición es ≤ 13 mm diámetro de la levofloxacina frente a la familia de *Enterobacteriaceae*, de tal manera que se puede definir que las cepas S7 Y 5M3 son resistentes al fármaco. Cabe señalar que es la primera investigación realizada de actividad antimicrobiana de extractos de malanga obtenido por FSC frente al microorganismo *Salmonella*, es por ello que se hizo una comparación de los halos de inhibición del antibiótico frente a la familia *Enterobacteriaceae* a la que pertenece la bacteria *Salmonella*.

Se realizó pruebas de comparación múltiple por el método LSD al 95% de confianza para establecer el nivel de incidencia del factor A (variedad de tubérculo) y en el factor B (método de extracción).

Tabla 36

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antimicrobiana frente a las cepas de Salmonella

Cepas de <i>Salmonella</i> sp	Dilución	Variedad de tubérculo	Media LS	Grupos homogéneos	Método de extracción	Medias LS	Grupos Homogéneos
S7	1:2	a2	0.38	B	b2	0.66	C
5M3	1:2	a1	0	D	b2	0	E
S8	1:2	a1	1.05	A	b2	1.5	A
S7	1:4	a2	0.38	B	b2	0.33	D
5M3	1:4	a2	0	D	b2	0	E
S8	1:4	a2	0.1	C	b2	1	B

Nota. Letras diferentes representan diferencia estadística significativa

En la tabla 36, se observa que existe diferencia entre los grupos homogéneos, dado que el valor medio más alto de variedad de tubérculo corresponde a la cepa de *Salmonella* S8 a una dilución de 1:2 con un halo de inhibición de 1.05 mm, de la misma manera en el método de extracción la cepa S8 presenta una media más alta de 1.5 mm, por ende, la malanga blanca por el método de extracción presenta mayor actividad antimicrobiana.

5.6.3. Actividad antimicrobiana frente a *Arcobacter* sp

El resultado de la actividad antimicrobiana a diferentes diluciones se evidencia en la siguiente tabla, y son expresados mediante la medición de los halos en mm las cuales fueron tomadas a las 48 horas de incubación.

Tabla 37

Resultados de los diámetros de halos de inhibición en mm a diferentes diluciones de los extractos

Cepas de <i>Arcobacter sp</i>	Extracción por FSC				Antibiótico de control
	M. Blanca		M. Morada		Levofloxacina
	Diluciones mg/mL				
	1:2	1:4	1:2	1:4	
Q1BC1	3.3	2.7	1.3	1.3	30
Q3NC2	1.3	2.7	1	1	16
Q1NC1	1.7	1.7	2.7	1.3	13

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 37, se presentan los resultados de los halos de inhibición, el extracto de la malanga blanca a una dilución de 1:2 presenta un halo de inhibición de 3.3 mm de diámetro frente a la cepa Q1BC1, mientras que el halo del control antibiótico en la cepa Q1NC1 es de 13 mm de diámetro. Los resultados demostraron que los extractos de las variedades de malanga obtenido por FSC a diferentes diluciones presenta baja acción antimicrobiana frente a las cepas de *Arcobacter sp*, mientras que frente al antibiótico control (Levofloxacina), la cepa Q1BC1 es susceptible con un halo de inhibición de 30 mm de diámetro. No obstante, la cepa Q1NC1 presentó resistencia al antibiótico de referencia.

Goyes (2020), en su investigación realizada sobre la susceptibilidad de las diferentes cepas de *Arcobacter* da a conocer la resistencia de la bacteria a la levofloxacina con un halo ≤ 14 mm de diámetro, EUCAST (2020), en la tabla de puntos de corte para la interpretación de los CIM y los diámetros de zona, menciona que el género *Campylobacter* es susceptible con un halo ≥ 26 mm al grupo de antibióticos fluoroquinolonas en la que está inmerso la levofloxacina. De tal manera que la presente investigación es la primera en realizar el análisis de la actividad antimicrobiana del extracto de la malanga frente a la bacteria *Arcobacter*, de tal manera que la interpretación de los resultados se realizó utilizando las

recomendaciones del comité Europeo de Pruebas de susceptibilidad según el (EUCAST 2020) y Clinical Laboratory Stándar Institute (CLSI, 2019).

Para establecer el nivel de incidencia de la actividad antimicrobiana en el factor A (variedad de tubérculo) y el factor B (método de extracción) se procedió realizar pruebas de rangos múltiples por el método LSD al 95% de confianza.

Tabla 38

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antimicrobiana frente a las cepas de Arcobacter sp

Cepas de <i>Arcobacter sp</i>	Dilución	Variedad de tubérculo	Media LS	Grupos homogéneos	Método de extracción	Medias LS	Grupos Homogéneos
Q1BC1	1:2	a1	1.71	A	b2	2.33	A
Q3NC2	1:2	a1	0.71	D	b2	1.16	F
Q1NC1	1:2	a2	1.38	B	b2	2.16	B
Q1BC1	1:4	a1	1.38	B	b2	2.0	C
Q3NC2	1:4	a1	1.38	B	b2	1.83	D
Q1NC1	1:4	a1	0.88	C	b2	1.5	E

Nota. Letras diferentes representan diferencia estadística significativa

En la tabla 38, se detalla la comparación de rangos múltiples, donde se observa que existe diferencia entre los grupos homogéneos, el valor medio más alto en la variedad de tubérculo corresponde a la cepa de *Arcobacter sp* Q1BC1 a una dilución de 1:2 con un halo de inhibición de 1.71 mm, de la misma manera, en el método de extracción la cepa Q1BC1 presenta una media de 2.33 mm, por lo tanto, la malanga blanca por FSC presenta mayor acción antimicrobiana.

5.6.4. Actividad antimicrobiana frente *Staphylococcus aureus*

Los resultados obtenidos de la acción antimicrobiana de los extractos de las dos variedades del tubérculo frente a la bacteria Gram + *S. aureus* son expresados mediante la medición del diámetro del halo de inhibición.

Tabla 39

Resultados de los diámetros de halos de inhibición en mm a diferentes diluciones de los extractos

Cepa de <i>Staphylococcus aureus</i>	Extracción por FSC				Antibiótico de control
	M. Blanca		M. Morada		
	Diluciones mg/MI				Levofloxacina
	1:2	1:4	1:2	1:4	
<i>S. aureus</i>	6.7	5.3	7	6	26

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

En la tabla 39, se puede observar los resultados de la actividad antimicrobiana de los extractos de las dos variedades del tubérculo a una dilución de 1:2 y 1:4 frente a la cepa de *S. aureus*. El extracto de la malanga blanca a una dilución de 1:2 el halo de inhibición presenta de 6,7 mm de diámetro, de la misma manera el extracto de la malanga morada a una dilución de 1:2 presenta un halo de inhibición de 7 mm de diámetro, en el antibiótico de control se evidencia la acción antimicrobiana con un halo de inhibición de un diámetro de 26 mm. En definitiva, los extractos de la malanga morada y blanca presentan baja acción antimicrobiana en comparación al antibiótico de control usado, que tiene un halo de inhibición de 26 mm de diámetro.

EUCAST (2020), para *S. aureus* da a conocer que el halo ≤ 22 mm de diámetro presenta resistencia al antibiótico levofloxacina y es susceptible cuando el halo de inhibición es \geq a 50 mm, mientras que CLSI (2018), informa que los halos inhibitorios de *S. aureus* es de 25 a 30 mm de diámetro frente a la levofloxacina. Con relación de actividad antimicrobiana de la malanga, no se encontraron reportes en la literatura, de tal manera, es la primera investigación realizada de la acción antimicrobiana de estos tubérculos frente a la bacteria *S. aureus*. Los resultados obtenidos se compararon con la resistencia o susceptibilidad de dicho patógeno en presencia de un antibiótico.

Se procedió a realizar prueba de comparación múltiple por el método LSD al 95,0% de confianza para establecer el nivel de incidencia del factor A (variedad de tubérculo) y el factor B (método de extracción) en la actividad antimicrobiana.

Tabla 40

Pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza para la actividad antimicrobiana frente a las cepas de S. aureus

Bacteria	Dilución	Variedad de tubérculo	Media LS	Grupos homogéneos	Método de extracción	Media LS	Grupos Homogéneos
<i>S. aureus</i>	1:2	a2	3.35	A	b2	6.83	A
<i>S. aureus</i>	1:4	a2	2.88	B	b2	5.5	B

Nota. Letras diferentes representan diferencia estadística significativa

En la tabla 40, se observa que existe diferencia entre los grupos homogéneos, dado que el valor medio más alto en la variedad de tubérculo a una dilución de 1:2 presenta un halo de inhibición de 3.35 mm, del mismo modo, en el método de extracción a la misma dilución presenta un halo de inhibición de 6.83 mm, es decir que la malanga morada por FSC presenta mayor actividad antimicrobiana.

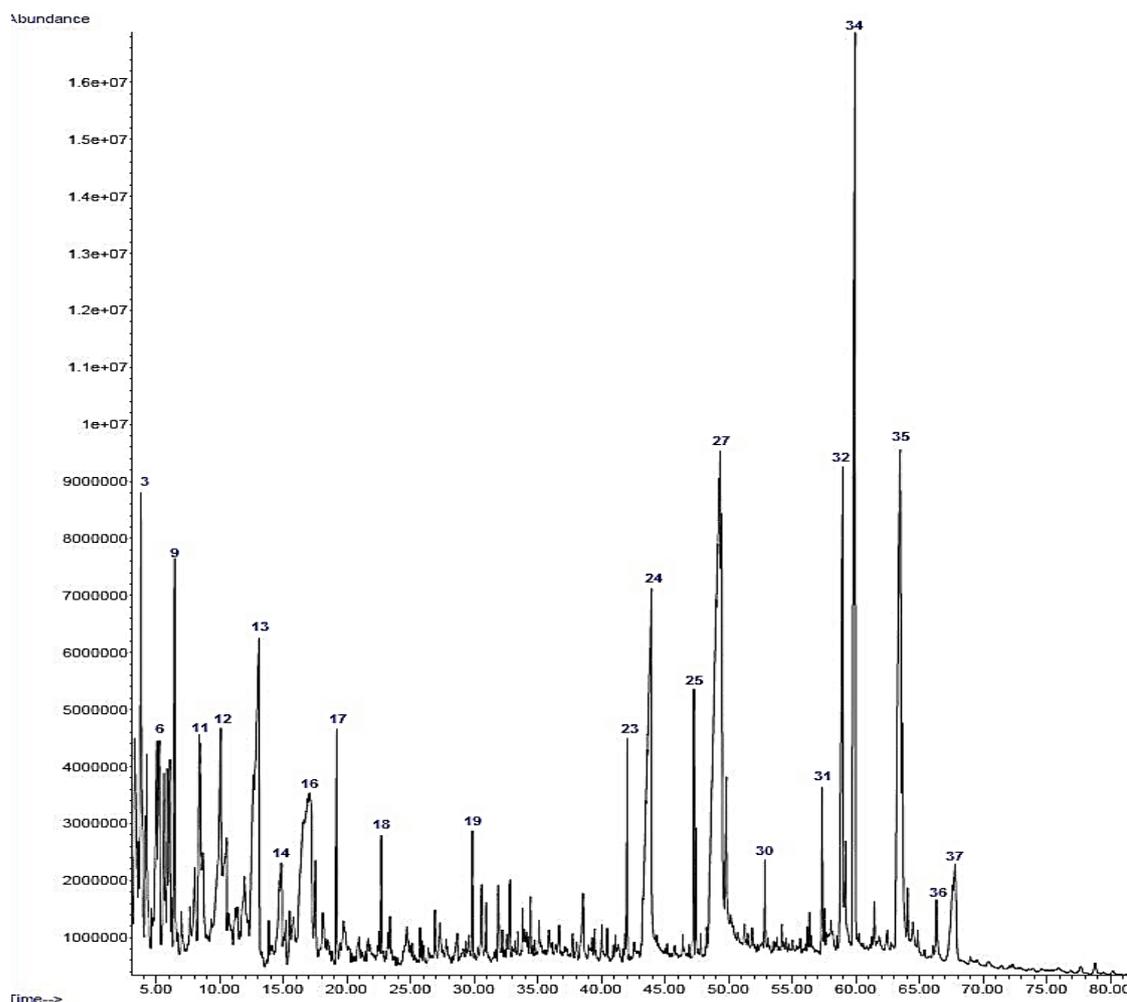
5.7. Resultados de los compuestos volátiles por cromatografía de gases (GC-MSD)

5.7.1. Identificación de compuestos presentes por cromatografía de gases (GC-MSD) en extracto de malanga blanca obtenida por FSC

La identificación de los compuestos volátiles se observa en el cromatograma de la figura 26, en la que se registró una cantidad de 37 picos cromatográficos. Sin embargo, no todos tienen la misma intensidad y tiempo de retención.

Figura 26

Cromatograma del extracto de la Malanga blanca obtenida por FSC

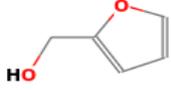
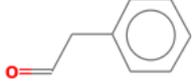
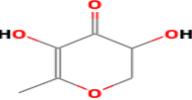
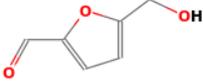
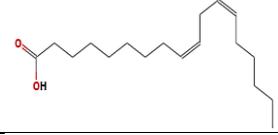
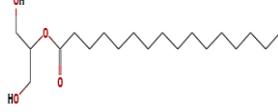
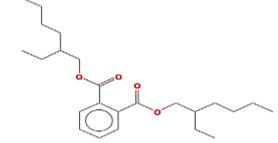
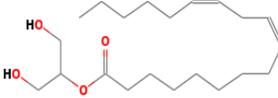
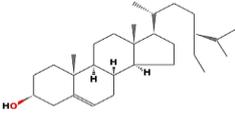


Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura se registran 37 picos cromatográficos, y los picos registrados de mayor intensidad fue el número 34 con un tiempo de retención de 59.846 min, y los picos de abundancia media fue el número 35 con un tiempo de retención de 63.367 min, el pico 32 con un tiempo de retención de 58.908 min, el pico 27 con un tiempo de retención 48.884 min, el pico 9 con un tiempo de retención de 6.026 min, y por último el pico número 3 con un tiempo de retención de 3.755 min.

En la siguiente tabla se detalla los compuestos volátiles identificados de mayor área en el extracto de malanga blanca obtenida por FSC.

Tabla 41*Compuestos volátiles del extracto de Malanga blanca*

Nº	Compuesto	TR (min)	Área (%)	Tipo de compuesto	Fórmula general	Fórmula estructural
3	2-Furanmethanol	3.755	2.62	Alcohol furfurílico	C ₅ H ₆ O ₂	
11	α -Tolualdehyde	8.368	2.18	Aldehído	C ₈ H ₈ O	
13	Pyranone	12.552	7.69	Antioxidante	C ₆ H ₈ O ₄	
16	5-Hydroxymethylfurfural	16.428	7.12	Aldehído y un furano	C ₆ H ₆ O ₃	
24	Palmitic acid	43.528	8.56	Ácido graso saturado	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	
27	Linoleic acid	48.884	17.24	Ácido graso esencial	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	
32	Palmitin, 2-mono-	58.908	5.36	Ácido graso	C ₁₉ H ₃₈ O ₄	
34	Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	58.846	7.39	Ácido ftálico	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	
35	Linolein, 2-mono-	63.367	7.15	Ácido graso	C ₂₁ H ₃₈ O ₄	
37	.gamma.-Sitosterol	67.678	2.24	Esteroide vegetal	C ₂₉ H ₅₀ O	

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la tabla 41, se observa los compuestos identificados con mayor abundancia, entre los cuales se menciona a Linoleic acid con un área de 17.24 % que es un ácido graso esencial, seguido de Palmitic acid con un área de 8.56% que es un ácido graso saturado, Pyranone con un área de 7.69% que es un antioxidante y Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester con un

área de 7.39% que es un ácido ftálico y 5-Hydroxymethylfurfural con un área de 7.12% que es un aldehído y un furano.

Los ésteres en la composición de las plantas son los responsables de sus propiedades antimicrobianas y pueden estar relacionadas con sus propiedades analgésicas (Chirigiu *et al.* 2011) , y dichos compuestos fueron identificados en el extracto, tanto de la malanga blanca como de la malanga morada tales como: Palmitic acid, methyl ester, Linoleic acid, methyl ester, Oleic acid, methyl ester, Phthalic acid, propyl octadecyl ester, Fumaric acid, decyl 2-dimethylaminoethyl ester, el eugenol entre otros; pero estos compuestos se identificaron en menor abundancia. Los principales constituyentes de las propiedades terapéuticas son los compuestos fenólicos, las cuales fueron identificados en las dos variedades de malanga, pero en mayor cantidad en la malanga morada tales como: 2-Methoxy-4-vinylphenol, 2,6-Dichloro-4-(1,1-dimethylethyl)phenol,

El compuesto Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester, corresponde al pico más alto en el cromatograma, se identificó en el extracto de las dos variedades de malanga, dicho compuesto también informó Osuntokun & Gamberini (2019), en el extracto de acetato de etilo de la corteza del tallo de *Spondias mombin*, árbol nativo de las zonas tropicales, el compuesto mencionado posee propiedades antimicrobiana. En otro estudio realizado por Chirigiu *et al.* (2011), identificaron compuestos tales como palmitic acid, linoleic acid, stearic acid, y myristic acid en el extracto alcohólico de una planta herbácea *Sambucus ebulus*, los mismo compuestos fueron identificados en el presente estudio, dichos compuestos poseen propiedades terapéuticos, que en la medicina tradicional se utiliza como calmantes. El compuesto linoleic acid y palmitic acid encontrados en nuestra investigación, también identificó García *et al.* (2010), en el extracto de la ruda (*Ruta graveolens*), estos compuesto son conocido por sus propiedades antioxidantes, tiene la capacidad de atrapar radicales libres causantes del estrés oxidativo, también poseen actividades antiinflamatorias,

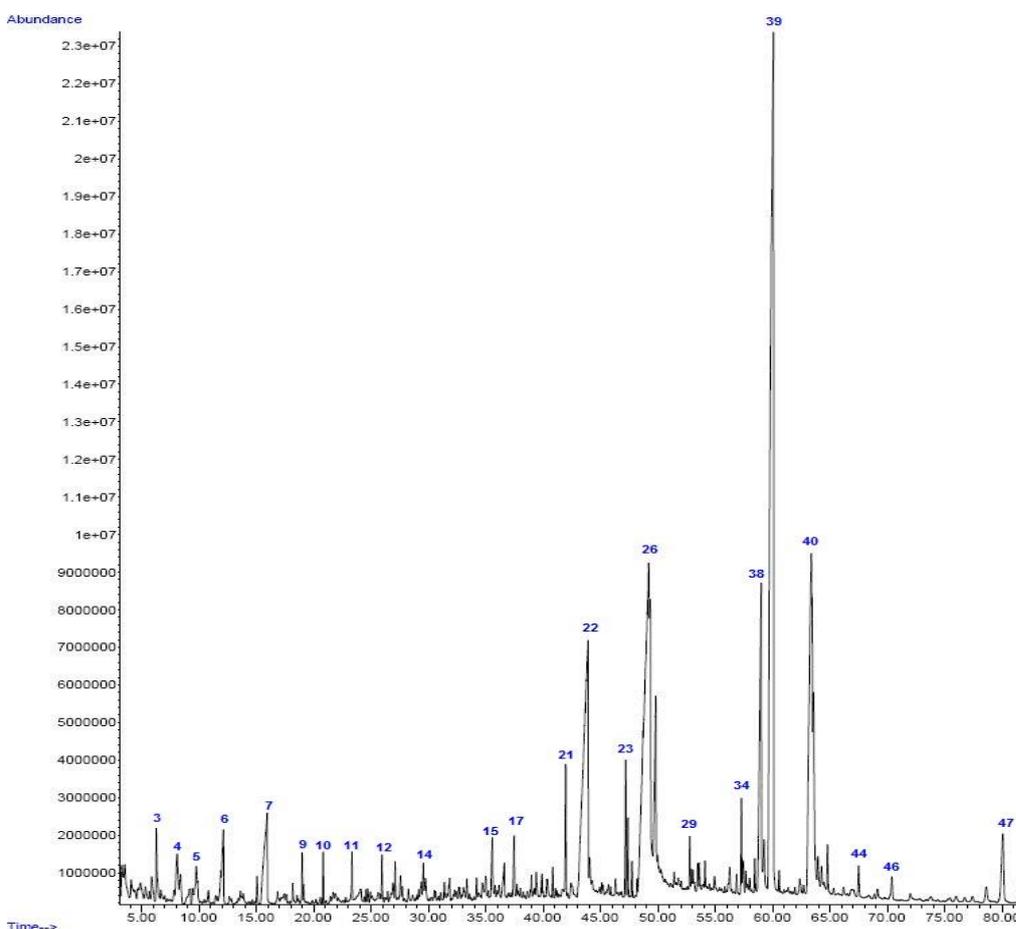
antialérgicas, antitrombóticas, antimicrobianas y antineoplásicas. Con respecto al análisis por cromatografía de gases de extractos de malanga no se encontraron referencias bibliográficas, en consecuencia, es la primera investigación en realizar este tipo de análisis, por tal motivo se discutió con autores que obtuvieron los mismos compuestos, pero en diferentes especies vegetales.

5.7.2. Identificación de compuestos presentes por cromatografía de gases (GC-MSD) en extracto de malanga morada obtenida FSC

La identificación de los compuestos volátiles se observa en el cromatograma de la figura 27, en la que se identificó una cantidad de 47 picos cromatográficos. Sin embargo, no todos tienen la misma intensidad y tiempo de retención.

Figura 27

Cromatograma del extracto de la Malanga morada obtenida por FSC

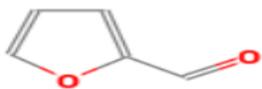
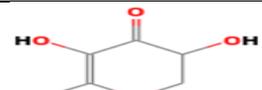
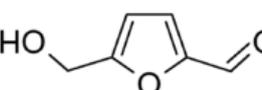
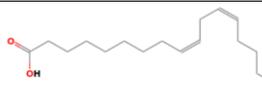
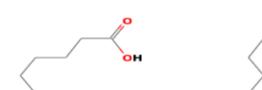
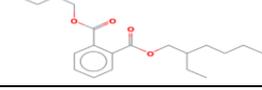


Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiza, 2022)

En la figura se registraron 27 picos cromatográficos, y los picos registrados de mayor intensidad fue el pico 39 con un tiempo de retención de 60.057 min, y los picos de abundancia media fue el pico 40 con un tiempo de retención de 63.328 min, el pico 26 con un tiempo de retención de 48.702 min, el pico 38 con un tiempo de retención de 59.260 min, y el pico 22 con un tiempo de retención de 43.452 min.

Tabla 42

Compuestos volátiles del extracto de Malanga morada

Nº	Compuesto	RT (min)	Área (%)	Tipo de compuesto	Fórmula general	Fórmula estructural
1	Furfural	3.275	0.37	Aldehidos	C ₅ H ₄ O ₂	
6	Pyranone	12.133	1.09	Piranone	C ₆ H ₈ O ₄	
7	5-Hydroxymethylfurfural	15.954	2.64	Aldehído y un furano	C ₆ H ₆ O ₃	
22	Palmitic acid	43.452	9.75	Ácido graso saturado	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	
26	Linoleic acid	48.702	13.31	Ácido graso esencial	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	
28	Stearic acid	49.772	2.51	Ácido graso saturado	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	
37	Palmitin, 2-mono-	58.950	5.19	Ácido graso	C ₁₉ H ₃₈ O ₄	
39	Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	60.057	36.96	Ácido ftálico	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	
40	Linolein, 2-mono-	63.328	6.65	Ácido graso	C ₂₁ H ₃₈ O ₄	

Trabajo experimental. (Escobar & Poaquiiza, 2022)

En la tabla 42, se identifican los compuestos con mayor área, entre los cuales se encuentra el compuesto como es el, Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester con una área 36.96% siendo un ácido ftálico, continuamente con el Linoleic acid 13.31% siendo un compuesto de tipo ácido graso esencial, el Palmitic acid con una área 9.75% formando parte del ácido graso esencial, el Linolein, 2-mono- con una área 6.65% formando parte de los ácidos grasos y por último el Furfural con un área 0.375 conformando un compuesto de tipo aldehído.

El compuesto Pyranone, que se identificó en el extracto de la malanga blanca, la identificó también Maisarah *et al.* (2020), en el extracto etanólico de las hojas frescas de *Pandanus amaryllifolius* planta tropical de Sureste Asiático, el compuesto mencionado presenta una alta capacidad de actuar como antioxidante en sustancias volátiles y ha sido muy discutida en los últimos años. El compuesto Linoleic acid fue identificado por Jiménez *et al.* (2021) en la mashua *Tropaeolum tuberosum*, el mismo compuesto reportado en el presente estudio, la función que cumple dicho compuesto es antiinflamatorio, ayuda a la prevención de enfermedades coronarias, inhibiendo la angiogénesis, desarrollando una actividad citotóxica en las células tumorales. El compuesto Furfural reportado en el presente estudio también la identifico Isique & Sing (2017), analizando las características fisicoquímicas y funcionales de los residuos de papa, camote y yuca, dicho compuesto ayuda a inhibir el crecimiento microbiano. Con respecto al análisis cromatográfico de los extractos de los tubérculos en estudio, no se encontraron referencias bibliográficas, por ende, nuestro trabajo es la primera en realizar este tipo de análisis, por tal motivo se discutió con autores que encontraron los mismos compuestos, pero en diferentes plantas vegetales.

CAPÍTULO VI

6. Comprobación de hipótesis

Las hipótesis planteadas en la investigación fueron las siguientes

6.1. Hipótesis nula (H₀)

Los extractos de las dos variedades de malanga no presentan propiedades antioxidantes, antimicrobianas y concentración de polifenoles.

6.2. Hipótesis alterna (H_i)

Los extractos de las dos variedades de malanga presentan propiedades antioxidantes, antimicrobianas y concentración de polifenoles.

6.3. Verificación de la hipótesis para la actividad antioxidante y concentración de polifenoles

Con los datos obtenidos de la actividad antioxidante, tras realizar el diseño experimental en consecuencia existen diferencias significativas entre la variedad del tubérculo y el método de extracción, además, en las tablas 17, 21 y 25 se evidenció el efecto antioxidante de los extractos en estudio, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

6.4. Verificación de la hipótesis para la actividad antimicrobiana

Los datos obtenidos de la actividad antimicrobiana, tras realizar el diseño experimental en consecuencia existen diferencias significativas entre la variedad del tubérculo y el método de extracción, aunque no se comprobó un efecto antimicrobiano mayoritario a 8 mm de diámetro de halo, pero si se evidencio ligera actividad antibacteriana especialmente en la cepa *Staphylococcus aureus*, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

CAPÍTULO VII

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

- Se obtuvieron extractos de las dos variedades de malanga por los dos métodos de extracción, donde el extracto por FSC se adquirió en bajas cantidades, pero de alta pureza, mientras que la extracción por Soxhlet se logró separar parcialmente el extracto del disolvente.
- La actividad antioxidante, por el método DPPH el extracto de la malanga blanca demostró poseer mayor concentración de antioxidantes con un valor de 207.87 μmol de trolox/g muestra, de igual manera por el método ABTS la malanga blanca se identificó una concentración de 51.11 μmol de trolox/g muestra, así mismo por el método FRAP la malanga blanca demostró un valor de 64.33 μmol de trolox/g muestra y finalmente la concentración de polifenoles se realizó por el método Folin-Ciocalteu, en la que la malanga blanca demostró tener una concentración de 6.98 mg ácido gálico/100g muestra.
- Para la actividad antimicrobiana, se evaluó con una batería Gram positivo (*Staphylococcus aureus*) y tres Bacterias Gram negativas (*Arcobacter* sp, *Escherichia Coli* sp y *Salmonella* sp) a una dilución de 1:2 y 1:4 del extracto por FSC, en la que se demostró que existe baja actividad antimicrobiana, ya que los halos de inhibición del control positivo son muy superiores a los halos de inhibición del extracto, en incluso dos cepas de *Salmonella* S7, 5M3 presentaron resistencia al antibiótico de control.
- El mejor efecto antimicrobiano producido por los extractos de las dos variedades de malanga fue sobre grupo de las Gram positivas, que en nuestro

caso fue la *S. aureus*, de tal manera que los extractos obtenidos actúan directamente sobre las porinas de la bacteria.

- Se caracterizó químicamente a los extractos obtenidos por FSC mediante cromatografía de gases, en la que se identificó 37 compuestos volátiles en la malanga blanca y 48 compuestos volátiles en la malanga morada, en la que el compuesto Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester, se identificó en los picos de mayor intensidad, los compuestos mayoritarios obtenidos son los ésteres pero en menor abundancia, responsable de sus propiedades antimicrobianas y compuesto fenólicos que constituyen las propiedades terapéuticas.

7.2. Recomendaciones

- Realizar extracciones por FSC a diferente presión y temperatura, además, analizar los compuestos volátiles mediante cromatografía de masas y verificar si los compuestos obtenidos difieren significativamente.
- Efectuar estudios de la actividad antioxidante y concentración de polifenoles en hojas y cáscaras de la malanga (*Xanthosoma sagittifolium L. Schott*), ya que podría poseer una elevada concentración de antioxidantes.
- Analizar la actividad antimicrobiana en los extractos, pero a diferentes concentraciones y verificar si existe acción antimicrobiana frente a las bacterias Gram negativas.
- Estudiar mediante diferentes técnicas cromatográficas de distintas especies vegetativas de la región amazónica, ya que muchas especies vegetales poseen propiedades terapéuticas, antimicrobianas que pueden ser aplicadas en la medicina tradicional.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguila, K. (2021). Actividad Antioxidante y contenido de fenoles totales en frutos de *Oenocarpus bataua* “UNGURAHUI” en cinco rodales naturales en la Amzonia Peruana. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú. Obtenido de <https://docplayer.es/214485599-Facultad-de-ciencias-biologicas-escuela-profesional-de-ciencias-biologicas-tesis.html>
- Alao, M., & Tamayo, A. (2018). Determinación de la relación existente entre la concentración de vitamina C y compuestos fenólicos totales con la capacidad antioxidante de frutos nativos del Austro. *Tesis de maestría*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15531/1/UPS-CT007631.pdf>
- Aldana, C., & Guayasamin, L. (2014). Evaluación de la actividad antioxidante de los extractos (alcohólicos y acuosos) de las hojas de *Ficus citrifolia* y caracterización química de los polifenoles. *Tesis pregrado*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6011>
- Alvarez, F., & Pruna, D. (2020). Determinación de los compuestos bioactivos y tiempo de vida útil de un spaghetti elaborado a partir de cultivos andinos y residuos agroindustriales. *Tesis de pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31572>
- Arcentales, S., & Martínez, A. (2020). Determinación de Polifenoles totales y actividad antioxidante del extracto acuoso etanólico de las hojas de la *Salvia squalens*. *Tesis de pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49162>
- Barboza, S., & Hernandez, D. (2018). Propuesta de emprendimiento para la elaboración de un snack a base de la malanga (*Colocasia Esculenta*) en la ciudad de Guayaquil. *Tesis de pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/35755/1/TESIS%20Gs.%20272%20-%20elaborac%20snack%20base%20malanga.pdf>
- Batalla, J., Vega, M., & Silveti, A. (2019). Análisis de la actividad antioxidante en la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) mediante las técnicas FRAP y DPPH. *Latindex*. Obtenido de <http://rd.buap.mx/ojs-dm/index.php/rdicuap/article/view/386>

- Berrocal, S. (2018). Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”,. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Peru. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3372/TESIS%20Far515_Ber.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bonilla, R., & Hoyos , L. (Septiembre de 2018). Métodos de extracción, refinación y concentración de aceite de pescado como fuente de ácidos grasos omega-3. *Transformacion y agroindustrias*, 19(3), 626. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v19n3/es_0122-8706-ccta-19-03-645.pdf
- Caballero , B., Marquez, C., & Betancur, M. (2017). Efecto de la liofilización y características del ají rocotocon o sin semilla. *BIOAGRO*, 29(3), 226. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/857/85752807008.pdf>
- Cerón, M., Alzate, A., Rojano, B., & Ñueztez, C. (2018). Composición Fisicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Información Tecnológica*, 205-216. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300205>
- Cerruffo, M. (2018). Analisis de la exportacion de la malanga y su incidencia en el PIB del Ecuador (2013-2016). *Título de pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/34062>
- Chica, A., & Guayaquil , S. (2019). Estudio de la actividad antimicrobiana del extracto alcoholico del tuberculo mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en sus diferentes especies. *Tesis de pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39906/1/BCIEQ-T-0360%20Chica%20Rosales%20Ang%c3%a9lica%20Mar%c3%ada%3b%20Guayaquil%20Manzaba%20Shirley%20Lisseth.pdf>
- Chirigiu, L., Chirigiu, R., Tircomnicu, V., & Bubulica, M. (2011). GC-MS Analisis of chemical composition of *Sambucus ebulus* leaves. *Chemistry of Natural Compounds*, 111-112. doi:<https://doi.org/10.1007/s10600-011-9854-z>
- CLSI. (2018). *M100 Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing* (28 ed.).

- CLSI. (2019). *M100 Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing* (29 ed., Vol. 39). USA.
- Cofre, A. (2015). Determinación de Polifenoles Totales, Actividad Antioxidante y Antocianinas de Jugo de Murtilla (*Ugni molinae* Turcz) Obtenido por Condensación de Vapor. *Tesis de pregrado*. Universidad Austral de Chile, Valdivia. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fac675d/doc/fac675d.pdf>
- Colina , A. (2016). Análisis fitoquímico, determinación cualitativa y cuantitativa de flavonoides y taninos, actividad antioxidante, antimicrobiana de las hojas de “*Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm) I.M. Johnst” de la zona de Yucay (Cusco). *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7121>
- Concalves R., S. A. (2013). Influence of taro (*Colocasia esculenta* L. Shott) grow conditions on the phenolic composition and biological properties. *Food Chemistry* 141, 3480-3485.
- Coronado, M., Vega, S., Gutierrez, L., Vásquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206-212. doi:<https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Demera, L., & Meza, K. (01 de Noviembre de 2021). Obtencion de biopolimero evaluando el almidon de dos variedades de Malanga Blanca (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot) y morada (*Xanthosoma saguitifolium* (L.) Schoot& Endl, dos espesante y relacion agua almidon para la produccion de empaques). *Tesis de pregrado*. ESPE, Santo Domingo. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24113>
- Diaz, I., Goncalves, E., Marques, M., & Yoshida, M. (2011). Indicencia de hácidos grasos de en especias de araceas. *Rev Soc Quím Perú*, 77(4), 275-284. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v77n4/a05v77n4.pdf>
- Doylet, R., & Rodríguez, L. (2018). Estudio comparativo de la composición química y carácter reductor de dos variedades de *Tropaeolum tuberosum* (Ruíz y Pavón, Kuntze) mashua. *Tesis pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28380>

- Espinoza, M. (2017). Obtención de bioetanol apartir de malanga por medio dehidrólisis y fermentación de azúcares. *Tesis de pregrado*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9777/1/T-UCE-0017-006-2017.pdf>
- Esquivel, A., & Vargas, P. (2007). Uso de aceites esenciales extraidos por medio de fluidos supercríticos para la elaboracion de alimentos funcionales. *Tecnologia en Marcha*, 20(4),41-50.Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835787>
- EUCAST. (1 de 1 de 2020). *Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters*, 10.0. Obtenido de European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing:https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/Breakpoint_tables/v_10.0_Breakpoint_Tables.pdf
- Fernández, J. (2010). Barrido sistematico de la actividad antioxidante total y el contenido de compuestos fenólicos (flavonoides y fenoles totales) de alimentos vegetales del departamento de la Paz. *Tesis de grado*. Universidad Mayor de San Andres, La paz. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/17919>
- Fernandez, J. (2018). Prevalencia de especies de Arcobacter spp. en heces de ganado porcino y bovino de la ciudad de Loja. *Tesis de pregrado*. Universidad Tecnica Particular de Loja,Obtenidode<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/22473/1/Fern%203%a1ndez%20Cajamarca%2c%20Jimmy%20Jordy.pdf>
- Figuroa, S., & Mollinedo, O. (2017). Actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” e identificación de los fitoconstituyentes. *Tesis de pregrado*. Universidad Wiener, Lima. Obtenido de <http://190.187.227.76/handle/123456789/925>
- Flor , H., & Parra, M. (2017). Estandarizacion firoquimica de extractos hidroalcohólicos de ishpink, Ocotea quixos (LAM) kostern. *Tesis de pregrado*. Universidad Politecnica Salesiana,Quito.Obtenidode<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14166/1/UPS-QT11566.pdf>
- Flores , C., Peñafiel , M., & Vallejo, A. (2021). La Malanga (Colocasia Esculenta) y su efecto en la colesterolemia Propuesta de galletas hipocolesterolemicas. *RECIAMUC*,5(2),327.Obtenidode<https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/660>

- Fuente, N., Villarreal, J., León, M., & García, A. (2015). Evaluación de la actividad de los agentes antimicrobianos ante el desafío de la resistencia bacteriana. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 46(2), 7-16. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S187001952015000200007
- Fuentes, P. (2019). Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases para la determinación de nueces (*Juglans Regia*) según su origen. *Tesis de maestría*. Universidad de Cádiz, España. Obtenido de https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/22384/TFM_Fuentes_Pablo_2020.pdf;jsessionid=8D1127759CA118AE77330DFF65F8F46D?sequence=1
- Goyes, L. (2020). Análisis de susceptibilidad a fluoroquinolonas de arcobacter aislados a partir de quesos frescos, obtenidos de los mercados municipales de Guaranda. *Tesis de pregrado*. Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda. Obtenido de [dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/3701/3/Proyecto%20de%20Investigación.pdf](https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/3701/3/Proyecto%20de%20Investigaci%C3%B3n.pdf)
- Gracia, L., Martínez, A., Ortega, J., & Castro, F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 9(2), 86-96. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86314868005.pdf>
- Grande, C., Aranaga, C., Flórez, E., & Araujo, L. (2020). Determinación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de residuos de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Informador Técnico*, 85(1), 64-82. doi:<http://doi.org/10.23850/22565035.2932>
- Guerra, K., & Román, Á. (2016). Determinación de la actividad antimicrobiana de extractos de hojas de *Mangifera indica* L. *Tesis de pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19439/1/BCIEQT0184%20Guerra%20Guam%20c3%a1n%20Katherine%20Juliana%203b%20Roman%20Salmer%20c3%b3n%20Andr%20c3%a9s%20Javier.pdf>
- Herrero, M., Cifuentes, A., & Ibañez, E. (2006). Sub-And supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources plants, food by products, algae and microalgae. *Food Chemistry*, 98(1), 136-148. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.058>

- Huamaní, E. (2018). Extracción y caracterización del almidón de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) de la región de Ayacucho. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3331/TESIS%20IA278_Hua.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Inostroza, L., Castro, A., Hernández, E., Carhuapoma, M., Yuli, R., Collado, A., & Córdova, J. (2015). Actividad antioxidante de *Tropaeolum tuberosum* raíz y pavón (mashua) y su aplicación como colorante para yogurt. *Ciencias e Investigación*, 83-89. Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/13615/12021>
- Iris, O., & Yader, P. (2019). Determinación de actividad antioxidante en diez especies vegetales recolectadas en la zona Nor-central de Nicaragua mediante el ensayo DPPH. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/7210/1/242546.pdf>
- Isique, M., & Sing, J. (2017). Influencia de la hidrólisis química en las características fisicoquímicas y funcionales de los residuos industriales de papa, camote y yuca. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional del Santa, Perú. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Frepositorio.uns.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2FUNS%2F3053%2F47038.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&clen=3408214>
- Jiménez, M., Miranda, M., Chóez, I., Gutiérrez, Y., Scull, R., & Abreu, J. (2021). Caracterización morfológica, química y actividad antiinflamatoria de *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz & Pav.) Kuntze. (*Tropaeolaceae*) var. rosa. *Cubana de Farmacia*, 54(2), 1-17. Obtenido de <http://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/574/408>
- Laborclin. (3 de 2019). *Manual de Antibiograma*. Obtenido de Laborclin Produtos para Laboratórios Ltda: https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2019/05/Manual_antibiograma_2019.pdf
- Madrigal, L., & Hernández, J. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de "Malanga" (*Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz,

- México. *ALAN*, 68(2). Obtenido de <https://www.alanrevista.org/ediciones/2018/2/art-8/>
- Maisarah, Z., Uswatun, Z., Suhaili, S., & Siti, A. (2020). Chemical composition of essential oils from leaf extract of pandan, *Pandanus amaryllifolius* roxb. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 24(1), 87-96. Obtenido de https://mjas.analis.com.my/mjas/v24_n1/pdf/Maisarah_24_1_10.pdf
- Martínez, E. (Diciembre de 2020). Compuestos bioactivos: de la evidencia científica a las alegaciones de salud en la publicidad y etiquetado. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(4). Obtenido de <https://www.alanrevista.org/>
- Martinez, J., & Hernandez, C. (2019). Investigaciones científicas y agrotecológicas para la seguridad alimentaria. *INIFAP*(1), 689. Obtenido de: <https://www.researchgate.net/publication/337756120>
- Martinez, L., & Orellana, L. (2019). Verificación del efecto antimicrobiano de extractos *Ocimum campechianum* (albacá) y *Fernaldia pandurata* (Loroco) en cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* aislados de queso. *Tesis de pregrado*. Universidad de el Salvador, San Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20318/1/16103764.pdf>
- Mejía, F., Salcedo, J., Vargas, S., Serna, J., & Torres, L. (Diciembre de 2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 449-456. Obtenido de <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1083>
- Milián, M. (Abril de 2018). Recursos genéticos de la malanga del género *Xanthosoma* schott en Cuba. *Cultivos tropicales*, 39(2), 115. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n2/ctr19218.pdf>
- MINAG. (Enero de 2018). *Ministerio de Agricultura, Dirección Agricultura*. Obtenido de https://www.minag.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/instructivo_de_malanga_final_25-1-2018.pdf
- Moncayo, S., Cornejo, X., Castillo, J., & Valdez, V. (2021). Preliminary phytochemical screening for antioxidant activity and content of phenols and flavonoids of 18 species

of plants native to western Ecuador. *Trends in Phytochemical Research (TPR)*, 5(2), 92-104. doi:10.30495/TPR.2021.1922658.1196

Morales, A. (2020). Evaluacion in vitro de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos y acuoso de la casaca de platano (*Musa paradisiaca* L), frente a *propionibacterium acnes* para su uso en la elaboracion de un gel anti acne. *Tesis de pregrado*. Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18804/4/UPS-CT008782.pdf>

Muñoz, C., Urrea, G., & Jiménez, M. (15 de Febrero de 2018). Efecto de las condiciones de liofilizacion en propiedades fisicoquimicas, contenido de pectina y capacidadde rehidratacion de rodajas de ciruelas (*Spondias purpurea* L.). *AGROCIENCIA*, 52(1), 1-13. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n1/1405-3195-agro-52-01-1.pdf>

Nascimento, K., Batista, E., & Ferreira, M. (2014). Phenolic compounds, antioxidant capacity and physical chemical characteristics of organic yam starch cv. Chinese (*Colocasia esculenta*). *ResearchGate*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/256443841>

Naspud, M. (2018). Determinacion de la capacidad antioxidante de los extractos alcoholicos del fruto de mora (*Rubus glaucus* Benth) obtenidos por tres pretratamientos termicos. *Tesis de pregrado*. Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16411/1/UPS-CT007983.pdf>

Noles, T. (2018). Evaluacion de la capacidad antimicrobiana de los Taninos extraidos de banano verde (*Musa* sp.), rechazo de las bananeras, frente a la bacteria *Staphylococcus aureus* ATCC:12600. *Tesis de pregrado*. Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16597/1/UPS-CT008051.pdf>

Ochoa, J. (2020). Comparacion y caracterizacion del contenido graso y el comportamiento termico de tuberculos fritos (camote, papa china, fripapa). *Tesis de pregrado*. Universidad del Azuay, Cuenca. Obtenido de <http://201.159.222.99/bitstream/datos/9672/1/15303.pdf>

Osuntokun, O., & Gamberini, C. (2019). Bio-guided isolation, chemical purification, identification, antimicrobial and synergistic efficacy of extracted essential oils from

stem bark extract of *Spondias mombin* (Linn). *International Journal of Molecular Biology: Open Access*, 4, 135-143. doi: <https://doi.org/10.15406/ijmboa.2019.04.00110>

Pacheco, L., Paredes, P., Pisculla, R., & Grando, E. (2009). Proyecto de Inversión para la Exportación del Producto Agrícola no Tradicional Malanga hacia el Mercado Español. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8182/1/Proyecto%20de%20Inversi%C3%B3n%20para%20la%20Exportaci%C3%B3n%20del%20Producto%20Agr%C3%ADcola%20no%20Tradicional.pdf>

Púa, A., Barreto, G., Zuleta, J., & Herrera, O. (2019). Análisis de Nutrientes de la Raíz de la Malanga (*Colocasia esculenta* Schott) en el Trópico Seco de Colombia. *Información Tecnológica*, 69-76. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n4/0718-0764-infotec-30-04-00069.pdf>

Quezada, L. (2019). Propiedades Térmicas y Funcionales del Almidón Nativo de Malanga (*Xanthosoma Sagitifolium*) y achira (*Canna Edulis*). *Tesis de pregrado*. Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14106>

Quiñones, S. (2017). Caracterización y Determinación del Contenido de compuestos fenólicos y Capacidad Antioxidante del Fruto de Sanche (*Corryocactus brevistylus*). *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de Huacavelica, Acobamba. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1094/TP-UNH.AGROIND%200035.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rioja, A., Vizalque, B., Aliaga, E., Tejada, L., Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, M. (25 de Diciembre de 2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base de granos *Chenopodium Quinoa*. *Scielo*, 35(5), 168. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602018000500006

Rivas, K., Muñoz, D., Pino, C., & Balcázar, N. (2015). Actividad antioxidante, contenido fenólico total y citotoxicidad de extractos polares obtenidos de plantas antidiabéticas colombianas. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(3), 277-289. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v20n3/pla03315.pdf>

- Rodriguez, A., Martinez, J., Lopez, R., Hernandez, N., & Jimenez, C. (2018). Obtencion y caracterizacion bromatológica de harinas de malanga (*Colocasia esculenta* Schott) y determinacion de su actividad antioxidante. *Investigaciones Cientificas y agrotecnologicas para la seguridad alimentaria*, 479-483. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/337756120>
- Rodriguez, J., Cabrera, G., Diaz, B., & Rodriguez, M. (19 de Septiembre de 2019). Papel del estrés oxidativo en el desarrollo del deterioro cognitivo y su progresión. *Revista de Ciencias de la Salud*, 6(20). Obtenido de https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_de_la_Salud/vol6num20/Revista_Ciencias_de_la_Salud_V6_N20_3.pdf
- Rodriguez, J., Rivadeneyra, J., Ramírez, E., Juárez, J., Herrera, E., & Navarro, R. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 3747. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2011/no43/4.pdf>
- Rodriguez, N. (2014). Determinación de ácido cianhídrico, polifenoles y flavonoides en malanga fresca y procesada (*Colocasia esculenta* L. schott). *Tesis de pregrado*. Universidad Veracruzana, Veracruz. Obtenido de <https://docplayer.es/32443087-Universidad-veracruzana-facultad-de-quimica-farmaceutica-biologica.html>
- Román, M., Rivera, C., Cardona, L., Muñoz, L., & Gómez, D. (2016). Guia de extraccion por fluidos super criticos: Fundamentos y aplicaciones. En J. M. R, *Tecnoparque*. Antioquia. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4698/guia_extraccion_fluidos_supercriticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rosales, A. (2016). Obtencion de biopolimeros plastico a partir del almidon de malanga por el metodo de polimerizacion por condensacion en el Laboratorio 110 de la UNAN-Managua. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, Managua, Managua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>
- Ruiz, G., Vanegas, E., Ruidías, D., & Horma, L. (2013). Capacidad antioxidante in vitro de los Flavonoides totales obtenidos de las hojas de *Sambucus peruviana* H.B.K. (Sauco) provenientes de la Ciudad de Huamachuco. *Revista Farmaciencia*, 57-64. Obtenido de <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/farmabioq/article/view/464/419>

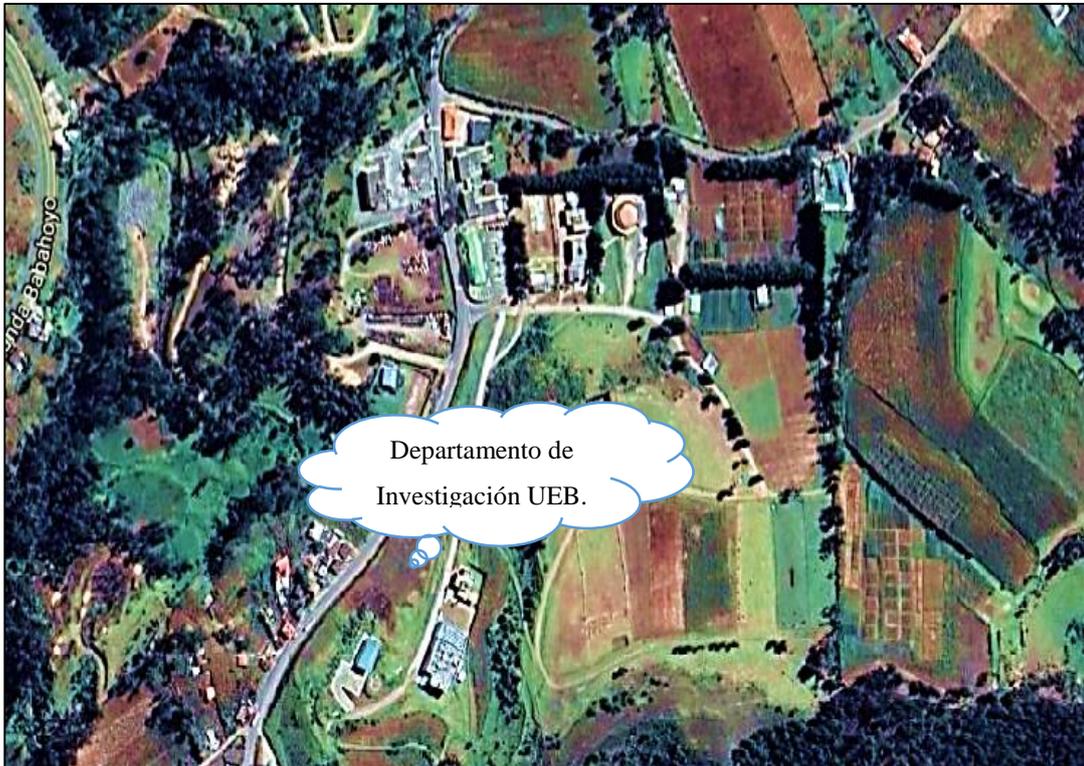
- Sanchez, A., Coy, J., Garcia, P., & Rodriguez, J. C. (2018). Cambio de CLSI a EUCAST en la interpretación de la sensibilidad a antimicrobianos: ¿cómo influye en nuestro medio? *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 36(4), 229-232. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eimc.2017.03.003>
- Saynes, V., & Ramirez, E. (2018). Uso de la cromatografía de gases en investigaciones de emisión de gases de efecto invernadero del sector pecuario. *AGROProductividad*, 81-88. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Efren-Ramirez-Bribiesca/publication/323911337_EL_USO_DE_LA_CROMATOLOGRAFIA_DE_GASES_EN_INVESTIGACIONES_DE_EMISIONES_DE_GASES_DE_EFECTO_INVERNADERO_DEL_SECTOR_PECUARIO/links/5ab24dedaca272171000a4f1/EL-USO-DE-LA-CROMATOGR
- Sfeir, M. (29 de 5 de 2021). Adoption of the updated CLSI fluoroquinolone breakpoints for Gramnegative bacteria in microbiology laboratories. *ELSEVIER*, 27(2), 308-310. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.07.027>
- Silva, J. (2018). Evaluación de la actividad antimicrobiana y hemoaglutinante de los extractos de Solanum phureja, Tropaeolum tuberosum, Oxalis tuberosa Y Ullucus tuberosus. *Tesis de pregrado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/8833/1/56T00768.pdf>
- Suasnavas, J. (2017). Evaluación de la actividad antibacteriana de extractos de 4 géneros de microalgas originarias de la estación antártica ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado usando cepas ATCC. *Tesis de pregrado*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12812/1/T-UCE-0008-BC005-2017.pdf>
- Tama, D. (2016). Determinación de Salmonella spp en la cadena de comercialización de carnes de cerdos faenados en el Cantón Balao. *Tesis de pregrado*. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7692/1/DE00045_TRABAJO_DE_TITULACION.pdf
- Toapanta, J. (2020). Evaluación de tres extractos vegetales para el control de ácaros (Tetranychus urticae Koch) en hojas frescas (Fragaria x ananassa). *Tesis de pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Cevallos. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/>

- Torres, A., Montero , P., & Duran , M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Lasallista de investigación*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v10n2/v10n2a07.pdf>
- Ulloa , G. (2013). Propuesta de recuperacion de la malanga; origen, historia, valo nutricional; con la creacion de diez menus que enriquecera la gastronomia del canton Sucua. *Tesis de pregrado*. Univerdidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4711>
- Valencia , E., Figueroa , I., Sosa, E., & Bartolomé, M. (30 de 01 de 2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*. Obtenidode<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1583>
- Valencia, M. (2018). Metodo de Extraccion de aceite esencial de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*). *Tesis de pregrado*. Universidad Rafael Landivar, Guatemala. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/17/Valencia-Maylin.pdf>
- Valle , J. (2017). Factibilidad para la creación de una empresa productora de malanga en el cantón Urdaneta -recinto Salampe de la provincia de los Ríos. *Tesis de pregrado*. Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33319/1/TEISI%20ISCE%20%20142%20%20Creac%20de%20una%20empresa%20productora%20de%20malanga.pdf>
- Vega, A. (2012). Estudio de la malanga blanca y propuesta gastronómica y propuesta de autor. *Tesis de pregrado*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/326>
- Zapata, J., & Velásquez, C. (2013). Estudio de la producción y comercialización de la malanga: estrategias de incentivos para la producción en el país y consumo en la ciudad de Guayaquil. *Tesis de maestría*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Obtenidode <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4331/1/UPS-GT000395.pdf>

ANEXOS

Anexo 1

Mapa de ubicación de la investigación



Anexo 2

Resultados de los análisis bromatológicos

	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
		INFORME DE RESULTADOS	Año	2021
			Página	Página 1 de 2

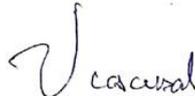
INFORME DE ENSAYOS N°092

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Solicitante	Klever Poaquiza – Estefanía Escobar				
Muestra	Malanga morada, Malanga blanca				
Código asignado UEB	INV201-INV202				
Estado de la muestras	Pulverizadas				
Envase de recepción	Frascos de vidrio				
Análisis requerido(s)	Humedad, ceniza, grasa, fibra, proteína				
Fecha de recepción	25 de Junio del 2021				
Fecha de análisis	28 al 07 de Julio del 2021				
Fecha de informe	11 de Noviembre de 2021				
Técnico (s) asignado	MPWF				
RESULTADOS OBTENIDOS					
PARAMETROS FÍSICOS					
Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV201	Malanga blanca	Humedad	%	AOAC 925.10	10,08
INV201	Malanga blanca				9,98
INV201	Malanga blanca				10,05
INV202	Malanga morada				3,31
INV202	Malanga morada				3,25
INV202	Malanga morada				3,32
INV201	Malanga blanca	Ceniza	%	AOAC 923.03	3,97
INV201	Malanga blanca				4,02
INV201	Malanga blanca				4,12
INV202	Malanga morada				5,20
INV202	Malanga morada				5,01
INV202	Malanga morada				5,20
INV201	Malanga blanca	Grasa	%	AOAC 2003.06	0,340
INV201	Malanga blanca				0,260
INV201	Malanga blanca				0,330
INV202	Malanga morada				0,430
INV202	Malanga morada				0,420

 UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Versión	1
		INFORME DE RESULTADOS		Año	2021
				Página	Página 2 de 2

INV202	Malanga morada				0,420
INV201	Malanga blanca	Fibra	%	WEENDE	1,82
INV201	Malanga blanca				1,66
INV201	Malanga blanca				1,64
INV202	Malanga morada				2,86
INV202	Malanga morada				2,80
INV202	Malanga morada				2,66
INV201	Malanga blanca				Proteína
INV201	Malanga blanca	4,38			
INV201	Malanga blanca	4,52			
INV202	Malanga morada	8,53			
INV202	Malanga morada	8,79			
INV202	Malanga morada	8,86			

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis.



Ing. Marcelo Vilcacundo
Director DIVIUEB

Anexo 3

Resultados de los análisis actividad antioxidante

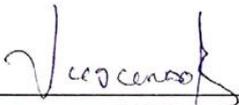
 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión 1
	INFORME DE RESULTADOS	Año 2021
		Página Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYOS N°093

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Solicitante	Klever Poaquiza – Esthefanía Escobar				
Muestra	Malanga morada, Malanga blanca				
Código asignado UEB	INV201-INV202				
Estado de la muestras	Extractos				
Envase de recepción	Frascos color ámbar				
Análisis requerido(s)	Actividad antioxidante				
Fecha de recepción	12-23 de Agosto del 2021				
Fecha de análisis	23-27 de Agosto del 2021				
Fecha de informe	11 de Noviembre de 2021				
Técnico (s) asignado	MPWF				
RESULTADOS OBTENIDOS					
PARAMETROS FÍSICOS					
Código laboratorio	Muestra	Tipo de extracción	Método	Unidad	Resultado
INV201	Malanga blanca	Soxhlet	Polifenoles	mg de ácido gálico/100 g de muestra	0,87
			ABTS	µmoles trolox/ g de muestra	4,55
			FRAP	µmoles trolox/ g de muestra	3,88
			DPPH	µmoles trolox/ g de muestra	4,61
INV202	Malanga morada	Soxhlet	Polifenoles	mg de ácido gálico/100 g de muestra	1,47
			ABTS	µmoles trolox/ g de muestra	13,94
			FRAP	µmoles trolox/ g de muestra	11,48
			DPPH	µmoles trolox/ g de muestra	11,32
INV201	Malanga blanca	Fluidos Supercríticos	Polifenoles	mg de ácido gálico/100 g de muestra	6,98
			ABTS	µmoles trolox/ g de muestra	51,11
			FRAP	µmoles trolox/ g de muestra	64,33
			DPPH	µmoles trolox/ g de muestra	207,87
INV202	Malanga morada	Fluidos Supercríticos	Polifenoles	mg de ácido gálico/100 g de muestra	5,03
			ABTS	µmoles trolox/ g de muestra	44,41

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2021
		Página	Página 2 de 2

			FRAP	μmoles trolox/ g de muestra	60,90
			DPPH	μmoles trolox/ g de muestra	167,64
Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis.					



Ing. Marcelo Vilcacundo
Director DIVIUEB

Anexo 4

Resultados de la actividad antimicrobiana

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS		Año	2021
			Página	Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYOS N°094

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA															
Solicitante	Klever Poaquiza – Esthefania Escobar														
Muestra	Malanga morada, Malanga blanca														
Código asignado UEB	INV201-INV202														
Estado de la muestras	Extractos														
Envase de recepción	Frascos color ámbar														
Análisis requerido(s)	Actividad antimicrobiana														
Fecha de recepción	12-23 de Agosto del 2021														
Fecha de análisis	30 de Agosto -15 de Octubre del 2021														
Fecha de informe	11 de Noviembre de 2021														
Técnico (s) asignado	MPWF														
RESULTADOS OBTENIDOS															
PARÁMETROS FÍSICOS															
Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Dilución	Método	Unidad	Resultado									
						E. Coli			SALMONELLA SPP			ARCOBACTER SPP		S. AUREUS	
						Cer3C1	Res2C1	Cer2C1	S7	5M3	S8	Q1BC1	Q3NC2		Q1NC1
INV201	Extracto malanga blanca (SFE)	Actividad antimicrobiana	1:2	Kirby Bauer	Halos de inhibición [mm]	4	4	1	1	0	2	2	1	1	7
						3	3	2	1	0	2	4	2	3	6
						3	1	3	0	0	2	4	2	1	7
INV202	Extracto malanga morada (SFE)	Actividad antimicrobiana	1:2	Kirby Bauer	Halos de inhibición [mm]	7	5	1	1	0	1	2	1	2	7
						3	3	3	1	0	1	1	1	4	7
						3	3	3	0	0	1	1	1	2	7

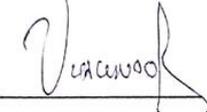
 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLIVAR DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>					Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS					Año	2021
						Página	Página 2 de 2

INV201	Extracto malanga blanca (SFE)	Actividad antimicrobiana	1:4	Kirby Bauer	Halos de inhibición [mm]	4	2	1	0	0	1	2	2	1	5
						4	4	4	0	0	1	3	3	3	6
						4	4	5	0	0	1	3	3	3	5
INV202	Extracto malanga morada (SFE)	Actividad antimicrobiana	1:4	Kirby Bauer	Halos de inhibición [mm]	4	3	2	1	0	1	2	1	1	5
						4	3	4	1	0	1	1	1	2	6
						4	3	3	0	0	1	1	1	1	7

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis.

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Método	Unidad	Resultado									
					E. Coli			SALMONELLA SPP			ARCOBACTER SPP			S. AUREUS
					Cer3C1	Res2C1	Cer2C1	S7	5M3	S8	Q1BC1	Q3NC2	Q1NC1	
Patrones	Levofloxacin	Actividad antimicrobiana	Kirby Bauer	Halos de inhibición [mm]	28	28	28	22	6	27	30	16	12	26
					28	28	28	9	13	28	30	16	13	26
					28	28	28	3	15	29	30	16	13	26

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis.


 Ing. Marcelo Vitacundo
 Director DIVIUEB

Anexo 5

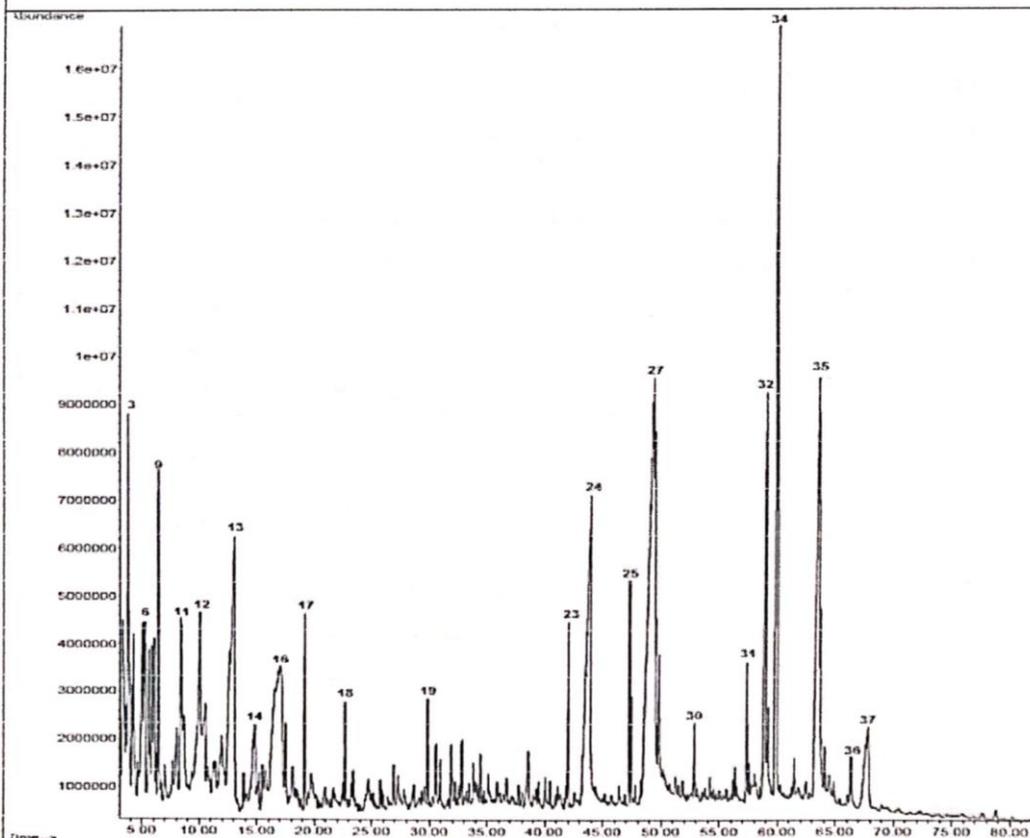
Resultados de los compuestos volátiles del extracto de malanga blanca por fluidos supercríticos

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2021
		Página	Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYOS N° 085-2021

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Klever Poaquiza, Esthefania Escobar.
Muestra	Extracto de Malanga Blanca (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) por fluidos supercríticos
Código asignado UEB	INV 201
Estado de la muestra	Líquida
Envase de recepción	Viales color ámbar. 200 µL aprox con contenido de muestra
Análisis requerido(s)	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas
Fecha de recepción	25 de junio de 2021
Fecha de análisis	16 de agosto de 2021
Fecha de informe	09 de noviembre de 2021
Técnico asignado	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS



 UNIVERSIDAD ESTADO DE BOLIVAR	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
		INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
			Año	2021
			Página	Página 2 de 3

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Furfural	3,296	0,61
2	1,4-Dimetilpirazole	3,352	1,28
3	2-Furanmethanol	3,755	2,62
4	4-Cyclopentene-1,3-dione	4,187	1,52
5	1,2-Cyclopentanediol, trans-	4,861	1,09
6	1,2-Cyclopentanedione	5,207	1,42
7	2,5-Furandione, dihydro-3-methylene-	5,551	1,33
8	2-Furanmethanol, 5-methyl-	5,770	0,56
9	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	6,026	1,23
10	2,4-Dihydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furan-3-one	6,412	2,13
11	α -Tolualdehyde	8,368	2,18
12	2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone	9,852	2,40
13	Pyranone	12,552	7,69
14	4H-Pyran-4-one, 3,5-dihydroxy-2-methyl-	14,411	1,31
15	2,3-Dihydrobenzofuran	15,312	0,43
16	5-Hydroxymethylfurfural	16,428	7,12
17	2-Methoxy-4-vinylphenol	19,144	1,11
18	1-(3,6,6-Trimethyl-1,6,7,7a-tetrahydrocyclopenta[c]pyran-1-yl)ethanone	22,681	0,41
19	2-Methyl-6-(p-tolyl)hept-2-en-4-ol	29,823	0,53
20	(3-Methoxy-2-nitrophenyl)acetic acid, methyl ester	30,516	0,49
21	10,10-Dimethyl-2,6-dimethylenebicyclo[7.2.0]undecan-5 β -ol	31,867	0,44
22	6-(p-Tolyl)-2-methyl-2-heptenol, trans-	32,778	0,50
23	Palmitic acid, methyl ester	42,009	0,91
24	Palmitic acid	43,528	8,56
25	Linoleic acid, methyl ester	47,244	1,28
26	6,9,12,15-Docosatetraenoic acid, methyl ester	47,422	0,54
27	Linoleic acid	48,884	17,24

 UNIVERSIDAD <small>ESTADISTICA BOLIVAR</small>	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
		INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
				Año	2021
				Página	Página 3 de 3

28	Linolenic acid	49,463	3,23
29	Stearic acid	49,752	0,94
30	Fumaric acid, decyl 2-dimethylaminoethyl ester	52,836	0,38
31	Androstan-3-one, cyclic 1,2-ethanediyl mercaptole, (5 α)-	57,371	0,54
32	Palmitin, 2-mono-	58,908	5,36
33	Palmitic acid β -monoglyceride	59,126	0,73
34	Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	59,846	7,39
35	Linolein, 2-mono-	63,367	7,15
36	Linolein, 1-mono-	64,195	6,89
37	.gamma.-Sitosterol	67,678	2,24

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.
 Compuestos identificados con la Librería NIST14.L.



EDGAR MARCELO
 VILCACUNDO
 CHAMORRO

Ing. Marcelo Vilcacundo Chamorro.
 Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 98 721 5594

Anexo 6

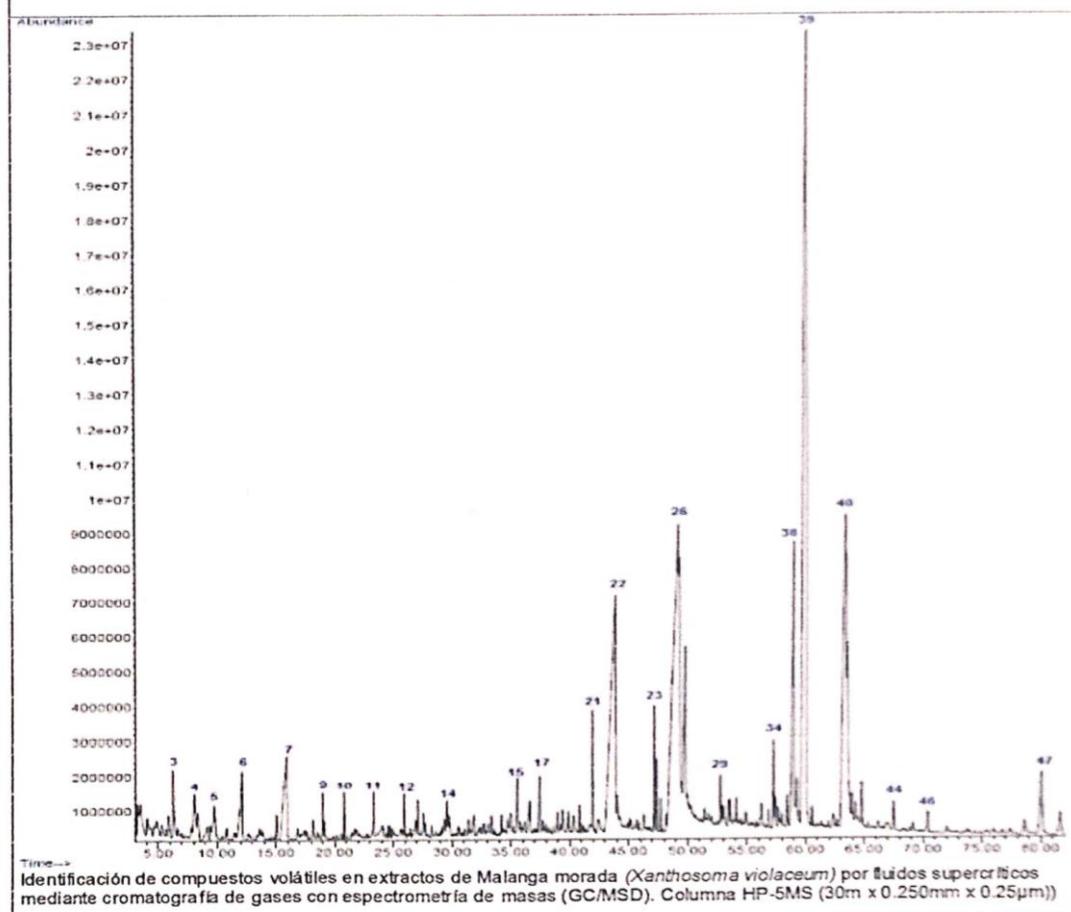
Resultados de los compuestos volátiles del extracto de malanga morada por fluidos supercríticos

	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	Código	FPG12-01
		Laguacolo II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
		INFORME DE RESULTADOS	Año	2021
			Página	Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYOS N° 087-2021

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Klever Poaquizza, Esthefania Escobar.
Muestra	Extracto de Malanga morada (<i>Xanthosoma violaceum</i>) por fluidos supercríticos
Código asignado UEB	INV 202
Estado de la muestra	Líquida
Envase de recepción	Viales color ámbar. 200 µL aprox con contenido de muestra
Análisis requerido(s)	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas
Fecha de recepción	25 de junio de 2021
Fecha de análisis	16 de agosto de 2021
Fecha de informe	11 de noviembre de 2021
Técnico asignado	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS



 UNIVERSIDAD ESTADUAL DE BOLIVAR	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Lagunoblo II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>		Código	FPG12-01
		INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
				Año	2021
				Página	Página 2 de 3

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Furfural	3,275	0,37
2	1,4-Cyclohexanediol, cis-	3,552	0,61
3	2,4-Dihydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furan-3-one	6,304	0,75
4	DL-Pantolactone	8,128	0,62
5	1-Acetyl-4-piperidinecarboxylic acid	9,804	0,23
6	Pyranone	12,133	1,09
7	5-Hydroxymethylfurfural	15,954	2,64
8	2-Methoxy-4-vinylphenol	19,026	0,34
9	trans-2, trans-4-Decadienal	19,173	0,23
10	Eugenol	20,822	0,28
11	β -Caryophyllene	23,338	0,28
12	α -Curcumene	25,948	0,29
13	2,6-Dichloro-4-(1,1-dimethylethyl)phenol	27,104	0,24
14	Propanoic acid, 3-(2,3,6-trimethyl-1,4-dioxaspiro[4.4]non-7-yl)-, methyl ester	29,593	0,20
15	Phenol, 4-(3-hydroxy-1-propenyl)-2-methoxy	35,586	0,58
16	Myristic acid	36,623	0,43
17	5,5,8a-Trimethyl-3,5,6,7,8,8a-hexahydro-2H-chromene	37,497	0,56
18	9-Hexadecenoic acid	39,390	0,26
19	Pentadecanoic acid	39,869	0,17
20	cis-ene-yne-Dicycloether	40,824	0,21
21	Palmitic acid, methyl ester	41,974	0,77
22	Palmitic acid	43,452	9,75
23	Linoleic acid, methyl ester	47,201	0,73
24	Oleic acid, methyl ester	47,388	0,43
25	Phthalic acid, propyl octadecyl ester	47,757	0,31
26	Linoleic acid	48,702	13,31
27	cis-Vaccenic acid	49,249	3,05

 UNIVERSIDAD BOLIVAR	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguneta II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código FPQ12-01
		INFORME DE RESULTADOS	Versión 1
			Año 2021
			Página Página 3 de 3

28	Stearic acid	49,772	2,51
29	Fumaric acid, decyl 2-dimethylaminoethyl ester	52,778	0,34
30	Pyrrolidine, 1-(1-oxo-7,10-hexadecadienyl)-	53,456	0,22
31	2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, 2-ethylhexyl ester	53,583	0,28
32	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, octyl ester	54,085	0,22
33	p-Cresol, 2,2'-methylenebis[6-tert-butyl-	56,256	0,30
34	Hexadecanal, 2-methyl-	57,291	0,68
35	1,2-15,16-Diepoxyhexadecane	57,431	0,33
36	3',8,8'-Trimethoxy-3-piperidyl-2,2'-binaphthalene-1,1',4,4'-tetrone	58,460	0,35
37	Palmitin, 2-mono-	58,950	5,19
38	Palmitic acid β -monoglyceride	59,260	1,33
39	Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	60,057	36,96
40	Linolein, 2-mono-	63,328	6,65
41	Olein, 2-mono-	63,403	1,51
42	Linolein, 2-mono-	63,532	2,02
43	1,3-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	64,821	0,70
44	Squalene	67,495	0,41
45	Stigmasta-3,5-diene	78,909	0,89
46	Nonacosane	70,392	0,39
47	Cholest-5-en-3-ol	80,132	1,46
48	Hentriacontane	81,693	0,69

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.
Compuestos identificados con la Librería NIST14.L.



EDGAR MARCELO
VILCACUNDO
CHAMORRO

Ing. Marcelo Vilcacundo Chamorro.
Director DIVIUEB
Teléf. (+593) 98 721 5594

Anexo 7

Extracción fluidos supercríticos malanga blanca

Muestra	Rep	CONDICIONES DE TRABAJO			CONDICIONES INICIALES DE EXTRACCIÓN			Solvente	CONDICIONES DE EXTRACCIÓN CON SOLVENTE							
		Peso (g)	T (°C)	P (bar)	Tiempo estabilización T °C (min)	Tiempo estabilización P bar (min)	Tiempo estabilización sistema (min)		P-final (bar)	Tiempo de subida P	Tiempo extracción final (min)	Volúmen cosolvente absorbido por la bomba (mL)	Volúmen final extraído (mL)	Peso vial vacío (g)	Peso vial + muestra (g)	Cantidad extracto (g)
MB	R1	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	40 seg	7	10	3,4	39,5044	39,5414	0,0370
MB	R2	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	50 seg	7	9	2,7	40,0374	40,0908	0,0534
MB	R3	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	45 seg	7	7	3,8	40,0575	40,1166	0,0591
MB	R4	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	7	3,4	39,2201	39,2686	0,0485
MB	R5	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	9	4,0	39,6090	39,6658	0,0568
MB	R6	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	40 seg	7	10	4,1	39,8735	39,9290	0,0555
MB	R7	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	9	4,0	39,6090	39,6658	0,0568
MB	R8	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	8	3,4	39,6773	39,7277	0,0504
MB	R9	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	43 seg	7	8	3,4	39,4375	39,3956	0,0510
MB	R10	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	44 seg	7	9	2,7	24,2919	24,3448	0,0529
MB	R11	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	45 seg	7	10	2,7	33,8782	33,9400	0,0618
MB	R12	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	45 seg	7	10	3,3	24,1087	24,1494	0,0407
MB	R13	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	45 seg	7	9	4,2	40,1670	40,2415	0,0745
MB	R14	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	43 seg	7	9	2,7	24,1716	24,2115	0,0399
MB	R15	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	44 seg	7	8	2,9	24,1501	24,1894	0,0393
MB	R16	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	44 seg	7	10	2,9	24,4158	24,4531	0,0373
MB	R17	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	52 seg	7	9	2,8	24,3164	24,3571	0,0407
MB	R18	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	45 seg	7	8	3,4	24,2815	24,3177	0,0362
MB	R19	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	44 seg	7	7	3,0	24,1218	24,1653	0,0435
MB	R20	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	45 seg	7	9	2,6	24,1344	24,1712	0,0368
MB	R21	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	45 seg	7	8	3,3	24,1087	24,1494	0,0407
MB	R22	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	43 seg	7	9	3,9	24,2256	24,2888	0,0632

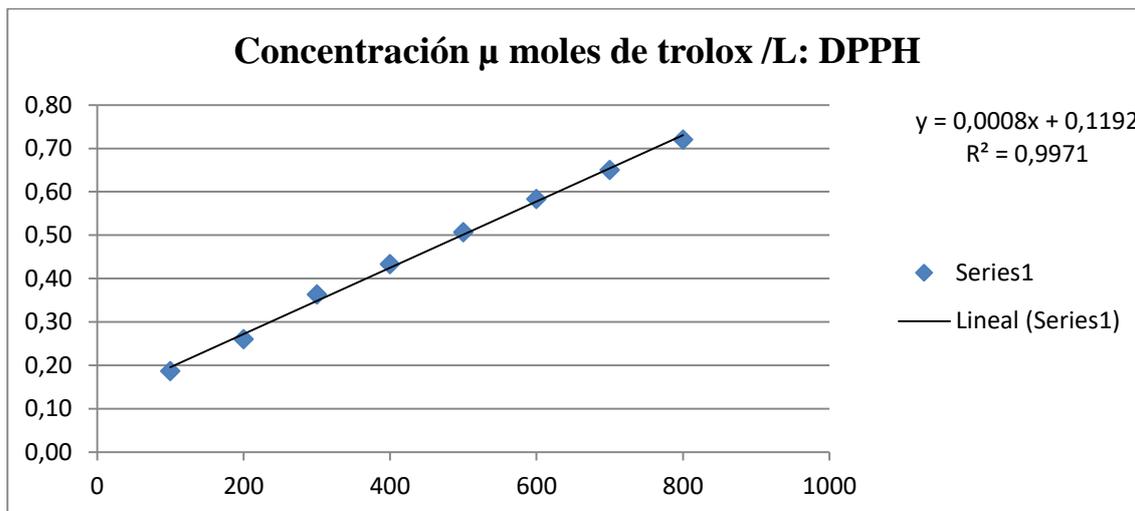
Anexo 8

Extracción fluidos supercríticos malanga morada

Muestra	Rep	CONDICIONES DE TRABAJO			CONDICIONES INICIALES DE EXTRACCION			Solvente	CONDICIONES DE EXTRACCION CON SOLVENTE							
		Peso (g)	T (°C)	P (bar)	Tiempo estabilización T °C (min)	Tiempo estabilización P bar (min)	Tiempo estabilización sistema (min)		P-final (bar)	Tiempo de subida P	Tiempo extracción final (min)	Volúmen cosolvente absorbido por la bomba (mL)	Volúmen final extraído (mL)	Peso vial vacío (g)	Peso vial + muestra (g)	Cantidad extracto (g)
MM	R1	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	10	3,9	24,4001	24,4770	0,0769
MM	R2	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	9	3,6	24,3012	24,3774	0,0762
MM	R3	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	44 seg	7	8	4,5	24,5657	24,6370	0,0713
MM	R4	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	41 seg	7	9	3,5	24,4683	24,5284	0,0601
MM	R5	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	39 seg	7	11	3,5	24,4986	24,5494	0,0508
MM	R6	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	8	3,7	24,0911	24,1576	0,0665
MM	R7	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	44 seg	7	8	4,5	24,5657	24,6370	0,0713
MM	R8	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	41 seg	7	10	4,3	24,2341	24,3039	0,0698
MM	R9	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	40 seg	7	8	3,8	25,0873	25,1501	0,0628
MM	R10	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	11	2,8	24,1584	24,2029	0,0445
MM	R11	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	9	3,5	24,4542	24,5091	0,0549
MM	R12	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	41 seg	7	9	3,7	24,3261	24,3872	0,0611
MM	R13	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	40 seg	7	8	3,4	24,5824	24,6470	0,0646
MM	R14	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	40 seg	7	8	3,3	24,4432	24,4991	0,0559
MM	R15	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	40 seg	7	9	2,5	24,3746	24,4178	0,0432
MM	R16	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	44 seg	7	8	3,8	24,1125	24,1733	0,0608
MM	R17	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	40 seg	7	8	2,6	24,6414	24,6908	0,0494
MM	R18	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	40 seg	7	8	3,4	24,3934	24,4470	0,0536
MM	R19	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	42 seg	7	9	3,8	24,0625	24,1021	0,0396
MM	R20	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	41 seg	7	10	2,7	24,1348	24,1713	0,0365
MM	R21	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	40 seg	7	8	2,9	24,2940	24,3197	0,0257
MM	R22	12	50	200	10	17	30	Metanol	300	41 seg	7	8	2,6	24,0655	24,1072	0,0417

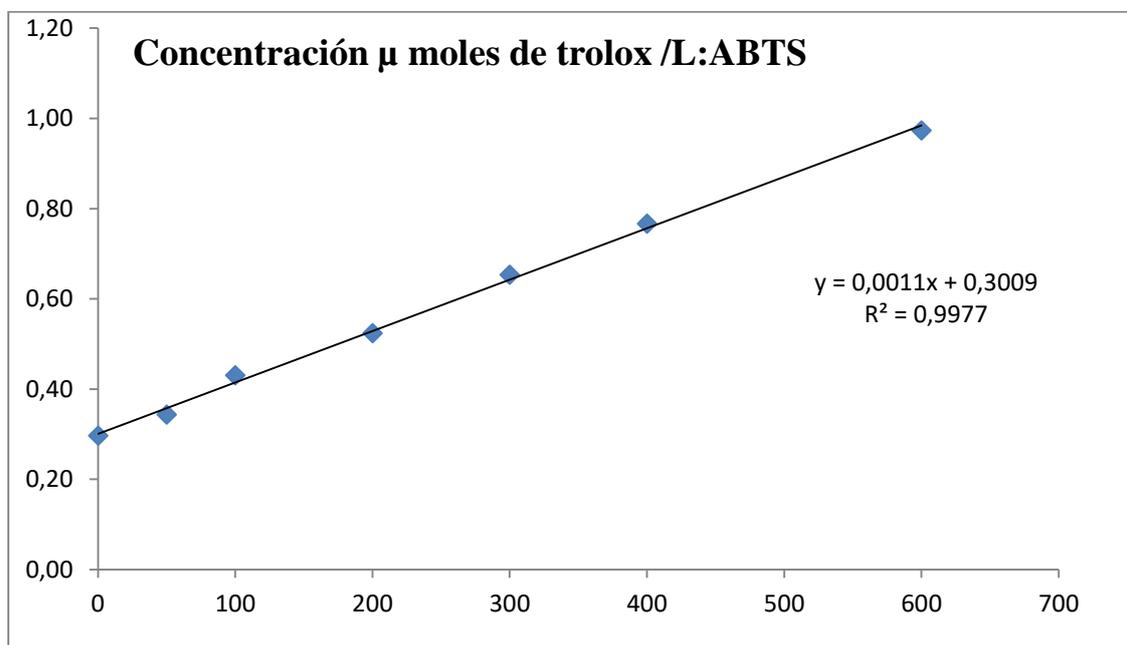
Anexo 9

Curva de calibración de compuestos antioxidantes (DPPH)



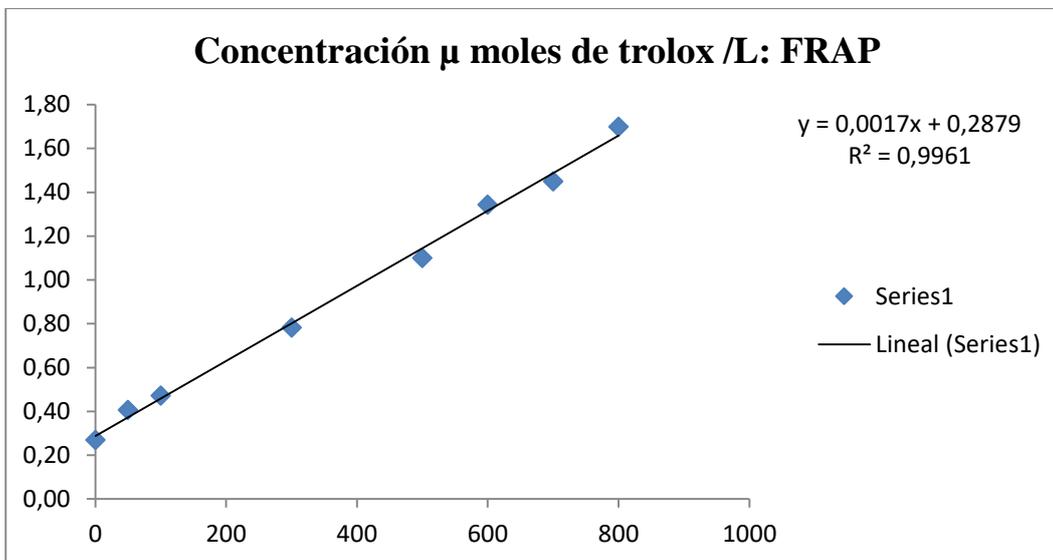
Anexo 10

Curva de calibración de compuestos antioxidantes (ABTS)



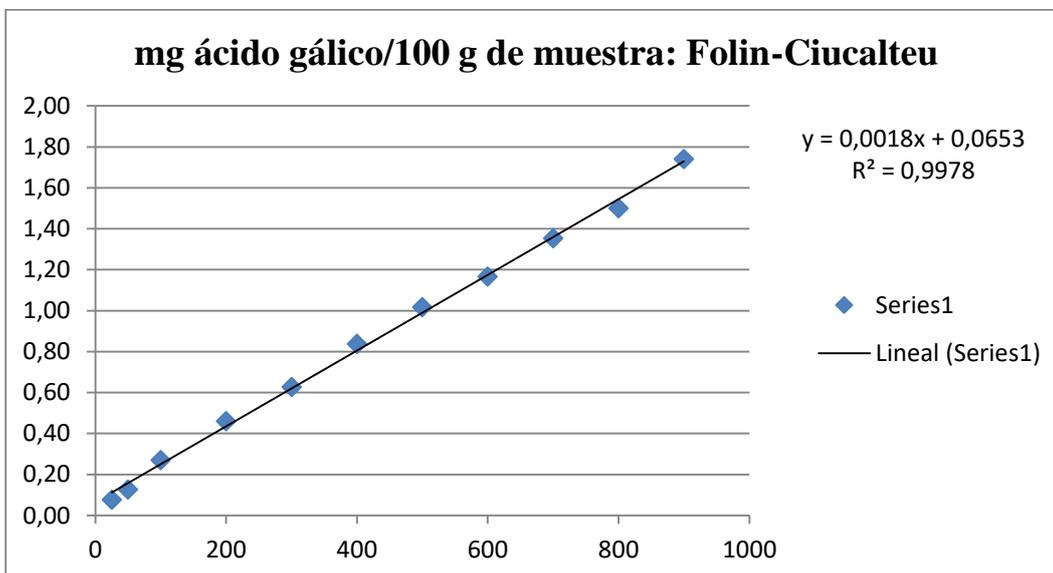
Anexo 11

Curva de calibración de compuestos antioxidantes (FRAP)



Anexo 12

Curva de calibración de compuestos antioxidantes (Folin-Ciocalteu)



Anexo 13

Fotografías de la fase experimental



Recolección de muestras



Ultra congelado



Liofilizado



Molido

Anexo 14

Extracción por Soxhlet



Reflujos



Separación del solvente

Anexo 15

Extracción por Fluidos Supercríticos



**Acondicionamiento presión,
temperatura**



Extracto

Anexo 16

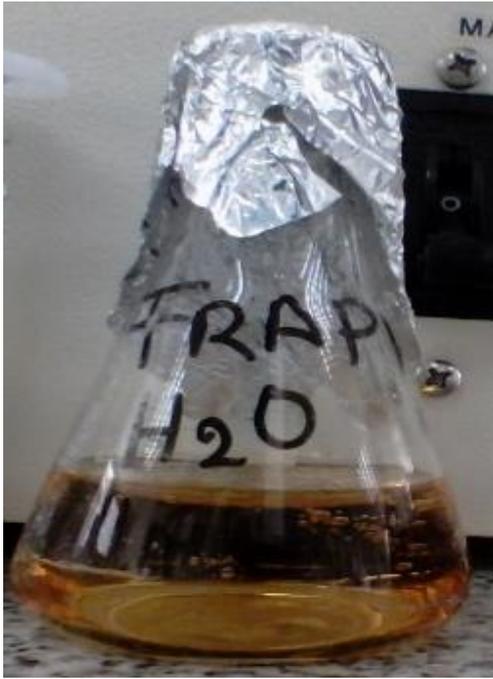
Análisis de la actividad antioxidante



Determinación del contenido de Actividad de captación de radicales (DPPH)



Determinación del contenido de Actividad antioxidante total (ABTS)



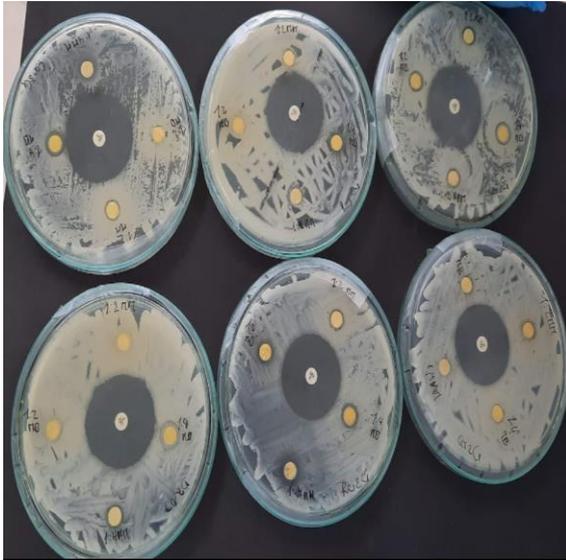
Determinación del contenido del Poder antioxidante reductor férrico (FRAP)



Determinación de la concentración de polifenoles FOLIN-CIOCALTEU

Anexo 17

Análisis de la actividad antimicrobiana



Determinación de *E. Coli*



Determinación de *Salmonella*



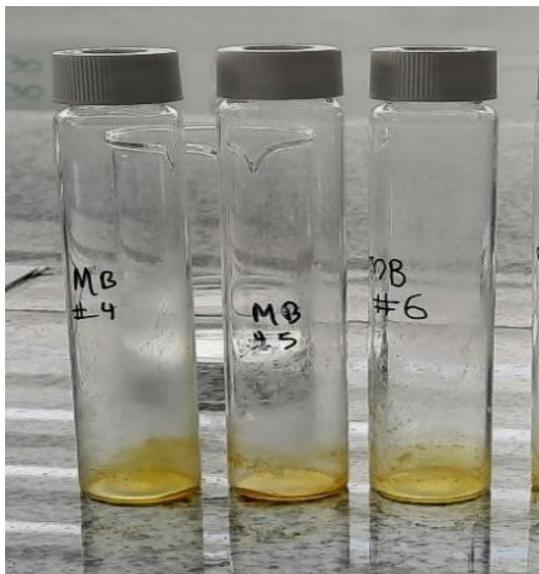
Determinación de *S. aureus*



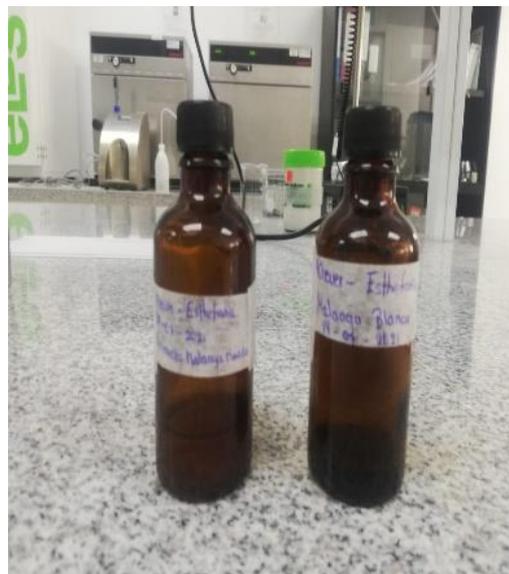
Determinación de *Arcobacter*

Anexo 18

Análisis de compuestos volátiles por cromatografía de gases



Extracto FSC



Extracto Soxhlet



Inyecciones



Cromatografía de gases

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Antibacterianas: Destruye o impide el desarrollo de las bacterias.

Antioxidantes: Químicos que interactúan con los radicales libres y los neutralizan, impidiendo causar daño a nivel molecular.

Aldehídos: Son compuestos orgánicos que tienen por fórmula general RCHO, pueden encontrarse en fuentes naturales o sintetizarse en grandes escalas.

Carotenoides: Son pigmentos liposolubles naturales que son sintetizados por las plantas, algas y bacterias fotosintéticas. Los carotenoides son las fuentes de los colores amarillo, naranja y rojo de muchas plantas

Cormelos: Son aquellos tallos engrosados subterráneos, de base hinchada y crecimiento vertical que contiene nudos y abultamientos de los que salen yemas; los cuales cumplen la función de órgano reservante de nutrientes.

Cumarina: Se extrae de las plantas ayudando a tratar los coágulos de sangre en los vasos sanguíneos y para tratar ciertas afecciones cardíacas.

Espectrofotometría: Es una técnica analítica utilizada para medir cuánta luz absorbe una sustancia química.

Ésteres: Compuestos orgánicos en los cuales un grupo orgánico (simbolizado por R' en este artículo) reemplaza a un átomo de hidrógeno (o más de uno) en un ácido oxigenado.

Extracto: Sustancia concentrada que es obtenida de las plantas, semillas u otra cosa por diversos procedimientos.

Fenoles: Son compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo (OH) como grupo funcional.

Fenol: Son compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo (OH) como grupo funcional. La débil acidez del grupo fenólico ha determinado que estas sustancias sean agrupadas químicamente junto a los ácidos carboxílicos y a los taninos.

Fenilpropanoides: Son una familia diversa de compuestos orgánicos que las plantas sintetizan a partir de los aminoácidos fenilalanina y tirosina.

Flavonoides: Son compuestos fenólicos diaril-propánicos, es decir, su estructura es del tipo C₆-C₃-C₆, con dos anillos aromáticos (bencénicos) unidos entre sí por una cadena de 3 carbonos ciclada a través de un oxígeno.

Furano: Es un compuesto orgánico heterocíclico aromático de cinco miembros, que incluye un átomo de oxígeno.

Isoflavonas: Son sustancias que se encuentran en las plantas y forman parte de los llamados fitoestrógenos, o sea, del grupo de estrógenos vegetales.

Polifenoles: Son un grupo de sustancias químicas que se encuentran en plantas y se caracterizan por tener más de un grupo de fenol en su molécula. Entre estos, encontramos flavonoides, quercetina, ligninas y lignanos.

Soxhlet: Es un método de extracción sólido-líquido comúnmente utilizado en laboratorios sintéticos o analíticos y se requiere cuando un compuesto deseado tiene una solubilidad limitada en las impurezas de un solvente y es insoluble en ese solvente.