

FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS

compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

Carlos A. Ligarda-Samanez
David Choque-Quispe
Henry Palomino-Rincón
Fredy Taipe-Pardo
Betsy S. Ramos-Pacheco
Mary L. Huamán-Carrión
Elibet Moscoso-Moscoso
Mirian E. Obregón-Yupanqui
Aydee M. Solano-Reynoso
Yudith Choque-Quispe



FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS

compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

Carlos A. Ligarda-Samanez
David Choque-Quispe
Henry Palomino-Rincón
Fredy Taipe-Pardo
Betsy S. Ramos-Pacheco
Mary L. Huamán-Carrión
Elibet Moscoso-Moscoso
Mirian E. Obregón-Yupanqui
Aydee M. Solano-Reynoso
Yudith Choque-Quispe



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Frutos silvestres altoandinos compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

Diagramação: Camila Alves de Cremo

Correção: Maiara Ferreira

Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga

Revisão: Os autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F945 Frutos silvestres altoandinos compuestos bioactivos y capacidad antioxidante / Carlos A. Ligarda-Samanez, David Choque-Quispe, Henry Palomino-Rincón, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Outros autores

Fredy Taipe-Pardo

Betsy S. Ramos-Pacheco

Mary L. Huamán-Carrión

Elibet Moscoso-Moscoso

Mirian E. Obregón-Yupanqui

Aydee M. Solano-Reynoso

Yudith Choque-Quispe

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-920-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.209221603>

1. Frutos silvestres. 2. Compuestos bioactivos. 3. Capacidad antioxidante. I. Ligarda-Samanez, Carlos A. II. Choque-Quispe, David. III. Palomino-Rincón, Henry. IV. Título. CDD 581.9817

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional José María Arguedas de Andahuaylas, Perú.

A la Vicepresidencia de Investigación de la de la Universidad Nacional José María Arguedas.

Al Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biomateriales (GINBIO), de la Universidad Nacional José María Arguedas.

Al Laboratorio de Investigación en Nanotecnología de Alimentos (LINA), de la Universidad Nacional José María Arguedas.

Al Laboratorio de Investigación en Control y Análisis de Aguas (LICAA), de la Universidad Nacional José María Arguedas.

PRESENTACIÓN

El origen del presente libro se fundamenta en la diversidad de pisos ecológicos con los que cuenta el Perú; es conocido que en la región andina y en especial en la provincia de Andahuaylas, los frutos silvestres altoandinos presentan potencial funcional y nutracéutico, debido a los compuestos bioactivos que se encuentran en su composición, los cuales tienen efectos beneficiosos para la salud humana. Los recursos naturales estudiados en la presente obra fueron: el Huancachu, Alaybilí, Machamacha, Condorpausan, Cheqche, Capachu y Frambuesa silvestre; se analizaron los compuestos bioactivos y las diversas metodologías que se emplean para la determinación de los compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidante. La determinación de fenoles totales se desarrolló utilizando el reactivo de Folin Ciocalteu, los flavonoides se cuantificaron utilizando una curva de calibración de catequina, las antocianinas se determinaron según la metodología del pH diferencial y la actividad antioxidante fue analizada mediante el método del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). La identificación de las antocianidinas se hizo por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), comparándose los cromatogramas de la uva con los obtenidos en los frutos silvestres. Los frutos con mayor contenido de antocianidinas fueron el Cheqche en el que se identificaron: delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina, así como también, el Alaybilí en el que se encontraron: delfinidina, cianidina, petunidina, pelargonidina y malvidina. Los resultados obtenidos derivados del presente trabajo, muestran que los frutos silvestres altoandinos estudiados, tienen el potencial para ser empleados como fuente natural de pigmentos y antioxidantes, con aplicación en alimentos, medicamentos, cosméticos entre otros productos. Por lo tanto, deberían ser considerados en programas de mejoramiento genético y extensión en campo, lo cual favorecería una alimentación saludable y nutritiva.

PROLOGO

Los bosques altoandinos son una fuente importante de recursos naturales para el desarrollo de la agroindustria en el Perú. Diversos productos, especies y frutos son exportados a diferentes mercados internacionales; los frutos silvestres comestibles han desempeñado un papel importante en el suministro de alimentos y las necesidades nutricionales de las comunidades rurales pobres del mundo.

El bosque de Kankarhuay, ubicado al noroeste de la provincia de Andahuaylas, región Apurímac, Perú; cuenta con distintas variedades de flora, plantas aromáticas, medicinales, maderables, entre ellos diversas especies de frutos silvestres como: *Hesperomeles escalloniifolia Schldl*, *Berberis cummutata Eichler*, *Berberis humbertiana J.F. Macbr*, *Vaccinium floribundum Kunth*, *Gaultheria glomerata (Cav.) Sleumer*, *Monnina vargassi Ferreyra* y *Rubus roseus Poir*, los cuales resaltan por su importancia funcional y nutracéutica.

Los frutos silvestres andinos, son exóticos y poco utilizados, contienen diversos compuestos bioactivos, como antocianinas y flavonoides; los amplios estudios realizados en los últimos años, han demostrado que las frutas silvestres poseen bioactividad y beneficios para la salud humana, siendo las importantes, sus propiedades anticancerígenas, la eliminación de radicales libres, actividad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana. Estas características hacen que, los frutos silvestres incrementen su potencial de convertirse en alimentos funcionales o productos farmacéuticos para prevenir y tratar diversas enfermedades.

Por esta razón, los recursos naturales y la biodiversidad realzan la importancia de este tipo de ecosistemas, dada sus propiedades medicinales y curativas, como son la capacidad antioxidante, compuestos bioactivos y algunas otras propiedades funcionales que sirven para prevenir enfermedades; es necesario promover su protección como patrimonio natural y uso de forma sostenible, de tal forma que no solo la generación presente pueda vivir bien, sino también las del futuro. La diversidad biológica se refleja en la riqueza de los frutos silvestres de alto valor como fuente de alimento y el gran poder de su uso en la medicina que será abordado a lo largo del presente trabajo.

En esta edición se describe a lo largo de los capítulos, conceptos avanzados sobre los compuestos bioactivos de los alimentos; las propiedades antioxidantes; los métodos aplicables para la determinación de la actividad antioxidante; la determinación de compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas, antocianidinas y capacidad antioxidante. Es sabido que las plantas desempeñan un papel clave como fuente importante de compuestos promotores de la salud. Existe una variedad de compuestos bioactivos en plantas conocidos como metabolitos secundarios con propiedades nutracéuticas de los

que los consumidores podrían beneficiarse, sin embargo, solo una pequeña fracción se ha explotado comercialmente. Los metabolitos secundarios de las plantas pueden ser la base para el desarrollo de nutraceuticos preventivos y terapeuticos como una estrategia potencial para promover la salud humana, sin embargo, se debería recopilar más información para respaldar este enfoque.

La identificación de las variedades más preexistentes de frutos silvestres, la determinación y caracterización de los principales compuestos bioactivos, así como la determinación de la capacidad antioxidante, son tópicos desarrollados en este trabajo que aportan a la literatura de la investigación y coadyuvan a promover los frutos silvestres andinos, como uno de los pilares de la seguridad alimentaria y nutricional en la región andina y el Perú.

Los autores.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
COMPUESTOS BIOACTIVOS EN LOS ALIMENTOS	2
Isoprenoides.....	2
Importancia de los terpenoides.....	3
Carotenoides.....	4
Saponinas	4
Tocotrienoles	5
Tocoferoles.....	5
Compuestos Fenólicos	6
Clasificación de Compuestos Fenólicos.....	6
Importancia de los compuestos fenólicos	7
La antocianina y su importancia	7
Distribución en la naturaleza.....	7
Beneficios en la salud	8
Extracción y purificación	8
Estructura química de las antocianinas.....	9
Flavonoides	10
Propiedades químicas y espectrales de los flavonoides.....	10
Lípidos bioactivos.....	12
Carbohidratos.....	12
Proteínas, aminoácidos y derivados.....	13
PROPIEDADES ANTIOXIDANTES EN LOS ALIMENTOS	15
Capacidad antioxidante	15
Clasificación de los antioxidantes.....	16
Estructura química del oxígeno	16
Daño o estrés oxidativo	17
Clasificación de los radicales libres del oxígeno	17
Determinación de la actividad antioxidante	18
Determinación directa	18
Método del ABTS	18

Método del ORAC.....	18
Método del FRAP.....	19
Método del DPPH.....	19
FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS ESTUDIADOS	21
Caracterización botánica (taxonomía, organografía vegetal) y usos de las plantas silvestres de Andahuaylas	21
Ubicación e importancia de los frutos silvestres altoandinos.....	28
MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	36
Preparación de extracto.....	36
Determinación del contenido de fenólicos totales.....	36
Determinación del contenido de flavonoides totales.....	36
Determinación del contenido de antocianinas.....	36
Determinación de antocianidinas por cromatografía líquida de alta eficiencia.....	37
Determinación de la actividad antioxidante.....	38
Análisis estadístico.....	38
COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS	39
Fenólicos totales	39
Flavonoides totales.....	40
Antocianinas totales	41
Identificación de antocianidinas en los frutos silvestres por cromatografía líquida	42
Actividad antioxidante	44
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	62
SOBRE LOS AUTORES	76

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tendencia de los mercados es obtener productos novedosos de gran calidad y sobre todo producidos naturalmente. Un alimento saludable que reúne estas características son los frutos silvestres, pigmentados en diversos colores por el contenido de antocianinas, que son antioxidantes, los cuales permiten que las células no sufran oxidación o que se mantengan en un equilibrio para los procesos de óxido-reducción que ocurren en forma natural dentro del organismo (Martínez et al., 2011; McGrattan et al. 2021 y Mayer et al., 2021). El aumento de la prevalencia de las enfermedades crónicas, relacionadas con la alimentación ha conducido a un mayor interés por estudiar la relación alimentación y salud. Se ha demostrado una menor incidencia de las mismas con patrones alimentarios que involucran un alto consumo de alimentos vegetales, lo que ha motivado a investigar las propiedades de estos alimentos. El efecto protector de los alimentos de origen vegetal se ha atribuido a diversos nutrientes y fitoquímicos con actividad antioxidante lo cual es frecuentemente olvidado en las recomendaciones alimentarias (Cuevas, 2011; Litton y Beavers, 2021). En parte, las antocianinas son pigmentos naturales que se clasifican dentro del grupo de los flavonoides. Se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza y son responsables de los colores rojo, violeta y azul de frutas, bayas y flores (Bennett et al., 2021; Cappellini et al., 2021 y Zhou et al., 2021).

En la presente investigación se estudiaron a los frutos silvestres con características similares de composición antociánica de rojo, azul y morado como: Capachu, Huancachu, Cheqche, Alaybilí, Machamacha, Condorpausan, Frambuesa silvestre, de ellos se determinó el nivel de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos, como un aporte de investigación para que estas plantas silvestres antes desconocidas, sean valoradas. Además, puedan aportar su valor agregado en la industria alimentaria, farmacéutica y brindar salud a los consumidores (Sattar y Forouhi, 2021).

COMPUESTOS BIOACTIVOS EN LOS ALIMENTOS

La continua aparición de evidencias científicas acerca del papel de la dieta y sus componentes en el bienestar y la salud, ha favorecido la aparición de los alimentos funcionales, que en la actualidad constituyen uno de los principales impulsores del desarrollo de nuevos productos.

La forma más versátil de modificar la composición de los alimentos surge de la enorme posibilidad de introducir cambios en los ingredientes utilizados en su elaboración y en consecuencia sobre la presencia de diversos compuestos bioactivos provenientes en su mayoría de frutas y vegetales (Cárdenas et al., 2015; Vieira et al., 2021 y Bautista et al., 2021). Existen diversos compuestos bioactivos que están presentes en los alimentos, tal es el caso de minerales, isoprenoides, compuestos fenólicos, lípidos, carbohidratos y proteínas (tabla 1).

Compuestos bioactivos de los alimentos					
Inorgánicos	Orgánicos				
Minerales	Isoprenoides (terpenoides)	Compuestos fenólicos	Lípidos	Carbohidratos	Proteínas, aminoácidos y derivados
Ca Se Zn K Cu	Carotenoides Saponinas Tocotrienoles Tocoferoles Terpenos simples	Ácidos fenólicos Flavonoides (antocianidinas) Lignanos Taninos	Ácidos grasos insaturados (omega 3) Fitoesteroles	Ácido ascórbico Oligosacárido (Prebióticos) Polisacáridos (almidón)	Aminoácidos Isotiocianatos Capsaicinoides Compuestosalil-s Indolesfolato

Tabla 1. Compuestos bioactivos de los alimentos clasificados según su naturaleza química.

Fuente: Gómez, (2010) y Debbarma, (2021).

ISOPRENOIDES

Son compuestos naturales, que se encuentran principalmente en los vegetales, pertenecen a un grupo extenso, conformado por isoprenos; las diversas sustancias que las componen representan grandes números de familias compuestas, que ostentan propiedades biosintetizantes y funcionalidades variadas (Tetali, 2019; Lachowicz et al., 2021 y Nowicka et al., 2021), que dependen de su estructura interna y origen, la clasificación se puede observar en la tabla 2.

Clasificación	Descripción
Mono-terpenos	En este nivel se encuentran los terpenos que contienen dos isoprenos, como los aceites esenciales; el mentol, geraniol, limoneno, pineno, alcanfor entre otros, que se encargan de brindar el olor y sabor característicos de cada planta.
Di-terpenos	En este nivel se encuentran los terpenos que contienen cuatro isoprenos, dentro de esta clasificación se encuentra el fitol, que a la vez es componente de la clorofila y se caracteriza por ser el predecesor de la vitamina A; también conforman las vitaminas A, E, K.
Tetra-terpenos	En este nivel se encuentran los terpenos que contienen ocho isoprenos; en los que se caracterizan las xantofilas con pigmentación vegetal de color amarillo y los carotenos, cuya pigmentación es el anaranjado. Estos componentes, son responsables de dar origen a la coloración de los frutos, raíces y flores de las plantas.
Poli-terpenos	En este nivel se encuentran los terpenos que contienen más de ocho isoprenos, dentro de esta tipificación se destaca al caucho, que es una sustancia obtenida del <i>Hevea Brasiliensis</i> , con el objeto de producir objetos de goma.

Tabla 2. Clasificación de los isoprenoides.

Fuente: Eastman et al., (2018) y Wang et al., (2021).

IMPORTANCIA DE LOS TERPENOIDES

El rol que cumplen los isoprenoides y los terpenos, es fundamental, dentro del proceso metabólico, las principales aplicaciones de estos elementos es la industria farmacéutica, perfumería, aromatizantes y biocombustibles. Gracias a las propiedades de las plantas y a las asociaciones de las condiciones climáticas, suelo y propiedades metabólicas intrínsecas, la variedad de su uso como saborizantes, barniz, insecticidas, disolventes, aditivos, lubricantes (Jiang et al., 2016; Tetali, 2019 y Del Prado et al., 2021).

Otro uso importante son las aplicaciones médicas, que se vienen aplicando para tratamientos contra el cáncer, antioxidantes, antivirales y antiateroscleróticas, por su propiedad aislante y purificadora (Cox-Georgian et al., 2019; Mosquera et al., 2021). Los usos de los terpenoides se pueden apreciar en la tabla 3.

Clase	Usos
Mono-terpenos	Industria del perfume, repelentes, entre otros.
Di-terpenos	Tratamientos contra enfermedades cancerígenas, cardiovasculares, inflamaciones, entre otros.
Tri-terpenos	Incrementar la circulación de la sangre, acelerar la cicatrización de heridas, entre otros.
Sesqui-terpenos	Tratamientos contra la malaria, infecciones bacterianas, dolores de cabeza, migraña, entre otros.

Tabla 3. Usos de los terpenoides.

Fuente: Cox et al., (2019) y Hiura et al., (2021).

CAROTENOIDES

Los carotenoides, son una clase de pigmentos naturales, que son solubles en grasa y se encuentran en numerosas frutas y verduras. La actividad antioxidante de los carotenoides y las propiedades bioquímicas se consideran mecanismos básicos de prevención. Los carotenoides tienen las propiedades para prevenir diversos tipos de cánceres, enfermedades oculares, neurodegenerativas y trastornos cardiovasculares (Cho et al., 2018; Andarwulan et al., 2021). Los carotenoides son uno de los componentes importantes de los alimentos antioxidantes. Los carotenoides pueden proteger los tejidos expuestos a la luz, entre los principales componentes se encuentran la luteína y la zeaxantina, que actúan como fotoprotectores previniendo la degeneración de la retina. Por otro lado, el β -caroteno se utiliza como protector solar para la prevención de quemaduras solares y se ha demostrado que es eficaz solo o en combinación con otros carotenoides, así como combinadas con vitaminas antioxidantes (Tan et al., 2019; Jing et al., 2021 y Toh et al., 2021). Las principales fuentes de carotenoides en los alimentos se muestran en la tabla 4.

Fuentes	Descripción
Frutas	Níspero, mango, papaya, durazno, mandarina, melocotón, fruto de la palma, zapote, buffaloberry, plátano, guayaba rosada, entre otros.
Vegetales	Zanahorias, berros, pimientos rojos, tomates, col rizada, perejil, espinaca, brócoli, lechuga, calabaza, entre otros.
Cereales	Maíz amarillo, trigo,
Productos lácteos	Leche de vaca, mantequilla, queso, entre otros.
Peces y mariscos	Salmón, camarones, trucha, entre otros.

Tabla 4. Fuentes importantes para la obtención de carotenoides en alimentos.

Fuente: (Elvira, 2019; Arias et al., 2021 y Luo et al., 2021).

SAPONINAS

Los saponósidos, son compuestos orgánicos que se encuentran en numerosas plantas y alimentos, pertenecen al grupo de glucósidos oleosos, que son solubles en agua; poseen propiedades bioactivas, como inmunoestimulantes, hipocolesterolémicas, antitumorales, antiinflamatorias, antibacterianas, antivirales, anticonceptivos, antifúngicas y antiparasitarias, así como otros usos como detergentes naturales que poseen actividades citotóxicas, hemolíticas, molusquicidas y anti-levaduras; se caracterizan también por poseer propiedades tensioactivas (Navarro, Reglero y Martín, 2020; Qu et al., 2021). En la tabla 5 se pueden apreciar las especies y usos de la saponina.

Plantas que contienen saponina	Uso
Regaliz	Edulcorante, expectorante, antitusiva, antiinflamatoria, antiulcerosa y antiespasmódica.
Saponaria	Diurética y expectorante.
Castaño de Indias	antiinflamatorio, antiedematosa, vasoconstrictora, protección de la pared vascular y venotónica.
Polígala	Tratamientos expectorantes y balsámicos.
Hiedra	Antiespasmódica, anticelulitis y antitusiva.
Ginseng	Tonicificante, revitalizante y antirradicalar.
Eleuterococo	Tonicificante y revitalizante.
Soja	Anticancerígeno y anti-metástasis.

Tabla 5. Especies de plantas y usos de la saponina.

Fuente: Man et al., 2020 y Rai et al., (2021).

TOCOTRIENOLES

Los tocotrienoles son compuestos orgánicos, y forman parte de los dos principales subgrupos de la familia de la vitamina E, estos compuestos se caracterizan por poseer propiedades antioxidantes, su aplicación en el campo de la salud se da gracias a sus propiedades neuro protectoras, anticancerígenas y reductoras del colesterol. La función que cumplen los tocotrienoles en la modulación del sistema inmunológico es fundamental debido a la capacidad de prevenir la proliferación de células dañadas. Este componente se encuentra principalmente en el aceite de palma crudo, aceite de salvado de arroz, aceite de achiote, germen de trigo, cebada, avena, nueces, maíz y en otros aceites vegetales (Fu et al., 2014; Ju et al., 2014 y Wojdylo et al., 2021).

TOCOFEROLES

Son compuestos orgánicos, que forman parte de la vitamina E, forman parte de un grupo de ocho compuestos liposolubles como son la α , β , γ , δ tocoferoles y α , β , γ , δ tocotrienoles; el tocoferol es necesario para el buen funcionamiento motriz del cuerpo humano, contribuye al buen funcionamiento de los músculos, evita la formación de coágulos en la sangre y fortalece el sistema inmunológico. El α tocoferol tiene la función de inhibir la proliferación celular, agregación plaquetaria, adhesión de monocitos, tiene propiedades antiinflamatorias y contribuye también con la inhibición de la carcinogénesis (Szewczyk et al., 2021 y Jideani, et al., 2021).

COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos son en gran parte, los responsables de las principales características organolépticas de los alimentos y bebidas procedentes de plantas: se encuentran en frutas, verduras, legumbres, frutos secos, chocolate y en bebidas como el té, café, vino y cerveza. Contribuyen en su color (pigmentación amarillos, rojos, naranjas, rojos, azules), sabor (en el amargor y astringencia) olor y estabilidad oxidativa (Cheynier, 2005; Rodrigo et al., 2021 y Danh et al., 2021).

Las plantas sintetizan una gran variedad de productos secundarios que contienen uno o anillos aromáticos que muestran grupos hidroxilos (-OH) (Guan et al., 2021). Estas sustancias reciben el nombre de compuestos fenólicos, polifenoles o fenilpropanoides y derivan todas ellas del fenol, un anillo aromático con un grupo hidroxilo tal como muestra la figura 1.

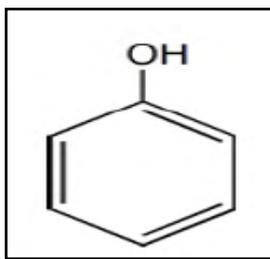


Figura 1. Estructura del fenol

Fuente: Puzanowska, 2009

CLASIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS

- **Compuestos monoméricos:**

a) Derivados del ácido hidroxibenzoico (C_6-C_1): los ácidos hidroxibenzoico tienen una estructura general C_6-C_1 que deriva del ácido benzoico. Los distintos ácidos hidroxibenzoico se distinguen por variaciones en la estructura típica debido a hidroxilación y metilaciones del anillo aromático.

b) Derivados del ácido hidroxicinámico (C_6-C_3): los ácidos hidroxicinámico son un grupo de compuestos presentes en la pared celular vegetal, cuyos principales representantes son el ácido ferúlico, p-cumárico, cafeico y sináptico, de los cuales el ácido ferúlico y p-cumárico son los de mayor abundancia en la naturaleza.

c) Derivados de flavonoides: los flavonoides ($C_6-C_3-C_6$) se pueden clasificar en varias familias según los cambios estructurales que presenten en su estructura básica. Poseen varios grupos hidroxilo (-OH) unidos a su estructura de anillo y se encuentran normalmente como glucósidos (Puzanowska, 2009; Gonzáles et al., 2021 y Khan et al., 2021).

IMPORTANCIA DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS

Los fenoles son uno de los componentes dietéticos más importantes presentes en los alimentos, e caracteriza por poseer propiedades saludables como la actividad antioxidante, anticancerígena, entre otros. Su importancia radica en que estimula la inhibición de las enzimas α -glucosidasa y α -amilasa, esta propiedad se deriva en el mejoramiento de la función celular, la estimulación de la secreción de insulina, mejoramiento del metabolismo del tejido adiposo (Lin et al., 2016; Simonetti et al. 2020 y Ávila et al., 2021).

La actividad de un determinado extracto se debe a todos sus componentes; no solo los compuestos mayoritarios son los responsables de sus características, sino que también influyen los minoritarios o las interacciones ente ellos (Manach et al., 2009; Serna et al., 2021, Saleh et al., 2021 y Tirado et al., 2021).

Caracterización y control de calidad de los alimentos, el perfil poli fenólico de los vegetales puede emplearse para su caracterización y como indicador químico del procesado de los alimentos elaborados a partir de ellos ya que pueden producirse alteraciones de su contenido durante los procesos tecnológicos, en la detección y evaluación de posibles adulteraciones o modificaciones genéticas; Aplicaciones en la industria agroalimentaria como pueden ser uso como alternativa a los antioxidantes sintéticos para preservar a los alimentos del daño oxidativo, el aprovechamiento de sub productos o la producción de derivados menos hidrofílicos con características farmacológicas mejoradas (Gómez, 2010; Fratianni et al., 2021 y Zhicong et al., 2021).

LA ANTOCIANINA Y SU IMPORTANCIA

Las antocianinas son pigmentos vegetales de color rojo, azul, morado con gran potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos; por tanto, es de gran importancia conocer los aspectos bioquímicos que enmarcan estos pigmentos; las propiedades bioactivas de las antocianinas abren una nueva perspectiva para la obtención de productos coloreados con valor agregado para el consumo humano (Astrid, 2008; Álvarez et al., 2021 y Ockermann et al., 2021).

DISTRIBUCIÓN EN LA NATURALEZA

Las antocianinas se localizan principalmente en la pared celular de las frutas. La función que cumplen es la de atraer seres vivos para propósitos de polinización y dispersión de semillas.

La diferencia de color entre las frutas, flores y verduras depende de la naturaleza y concentración de antocianinas como se muestra en la tabla 6. Existen factores adicionales que afectan el color como el pH de la célula, el efecto de pigmentación determinado por la

presencia de otros flavonoides, temperatura, luz, oxígeno entre otros.

Compuesto	Color	Frutas y vegetales
Delfinidina	Rojo azulado	Uva concordia, martillo, bilberry, grosella negra, mashua negra, papas, frijoles, y muchos otros frutos silvestres con bayas.
Cianidina	Rojo naranja	Fresa, mora, ruibarbo, grosella negra, cereza, col roja, bilberry, arándano, saúco, uva concordia, maíz, ciruela, frambuesa, cebolla roja.
Pelargonidina	Naranja	Fresa, maíces y otros cítricos.
Peonidina	Rojo	Cereza y arándanos.

Tabla 6. Distribución de las principales antocianidinas en algunas frutas y vegetales comunes.

Fuente: (Burin et al., 2010; Laimer y Maghuly, 2010).

BENEFICIOS EN LA SALUD

El interés en los pigmentos antociánicos se ha intensificado recientemente debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas.

Durante el paso del tracto digestivo al torrente sanguíneo de los mamíferos, las antocianinas permanecen intactas y ejercen efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatoria y antidiabética; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo, los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante (Astrid, 2008; Mohammad et al., 2021 y Xueying et al., 2021).

EXTRACCIÓN Y PURIFICACIÓN

La extracción de antocianinas es comúnmente llevada a cabo con metanol o etanol conteniendo una pequeña cantidad de ácido clorhídrico (15 %, HCl 1M) con el objetivo de obtener la forma del catión flavilio, el cual es estable en un medio altamente ácido (Aguilera et al., 2011).

Estos compuestos son solubles en solventes polares y comúnmente se extraen de sus fuentes naturales usando metanol o etanol con pocas cantidades de algunos ácidos como ácido clorhídrico, acético y fórmico, ya que el ácido mantiene el pH ácido lo que previene el desplazamiento de los equilibrios químicos de hidratación y formación de chalconas. Por lo anterior se recomienda para la extracción de estos pigmentos el uso de ácidos débiles como el trifluoroacético, tartárico o cítrico (Santa cruz, 2011).

ESTRUCTURA QUÍMICA DE LAS ANTOCIANINAS

Estos compuestos pertenecen a la familia de los flavonoides. Son glucósidos de antocianidinas, es decir, que están constituidos por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace glucosídico (Rabanal y Medina, 2021).

La estructura química básica de estas agliconas es el ion flavilio, también llamado 2-fenil-benzopirilio, que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); ambos unidos por una cadena de tres átomos de carbono como se muestra en la figura 2.

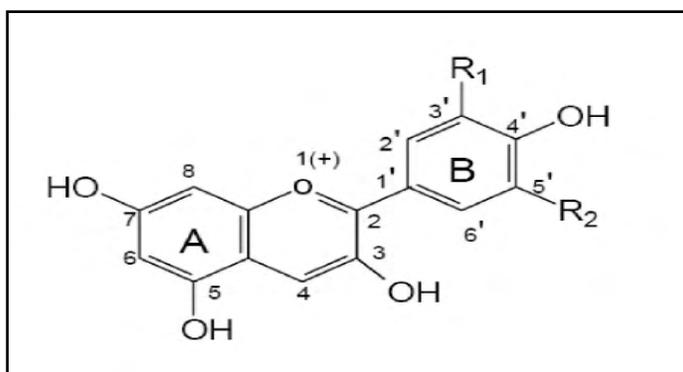


Figura 2. Estructura básica de las antocianinas

Fuente: Aguilera et al., (2011).

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula, especificado en la tabla 7.

Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas (Garzón, 2008; Mattioli et al., 2020 y Li et al., 2021).

Antocianinas	R1	R2	Espectro visible λ Max (nm)
Pelargonidina	H	H	494 (Naranja)
Cianidina	OH	H	506 (Naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (Azul –rojo)
Peonidina	OCH ₃	H	506 (Naranja-rojo)
Petunidina	OCH ₃	OH	508 (Azul-rojo)
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃	510 (Azul-rojo)

Tabla 7. Variaciones estructurales del anillo B producen las seis antocianidinas conocidas.

Fuente: Garzón, (2008).

FLAVONOIDES

Los flavonoides son productos naturales ampliamente distribuidos en el reino vegetal, son polifenoles que contienen al menos dos anillos fenólicos, y se clasifican en diferentes subclases como flavonales, flavononas, flavonas, flavonoles, flavan e isoflavonas flavanoles, chalconas y antocianinas (Kamiloglu et al., 2021; Tuentner et al., 2020; Marinova, Ribarova y Atanassova, 2005). Asimismo, la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos y flavonoides tienen una relación directamente proporcional con la presencia del grupo hidroxilo (-OH) (Meenakshi, Gnanambigal, Tamil, Arumugan y Balasubramanian, 2009). Además, las posiciones de los grupos hidroxilos también afectan en la capacidad antioxidante y la eliminación de radicales libres (Christ, Graca, Kupski, Badiale y De Souza, 2019).

Presentan un esqueleto carbonado $C_6-C_3-C_6$, donde los grupos C_6 se corresponden con agrupamientos bencénicos y la porción C_3 se presenta formando parte de un heterociclo generalmente (Robbers et al., 1996; Rupasinghe, 2020 y Hu et al., 2021).

Los Flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes como los rayos ultravioletas, la contaminación ambiental, etc. (Satari et al., 2021). Estos compuestos ejercen numerosos beneficios para la salud, por ejemplo, actividad antioxidante y antiinflamatoria, efectos protectores sobre el sistema cardiovascular, diabetes tipo II y prevención de enfermedades neurodegenerativas y algunos cánceres (Tuentner et al., 2020; Kamiloglu et al., 2021).

Por otro lado, el organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplementos. Están ampliamente distribuidos en plantas, frutas, verduras y representan componentes sustanciales de la parte no energética de la dieta humana (Martos et al., 1997; Barreca et al., 2021 y Busche et al., 2021).

PROPIEDADES QUÍMICAS Y ESPECTRALES DE LOS FLAVONOIDES

Los flavonoides son los compuestos fenólicos derivados de origen natural. Hasta ahora se han reportado más de 4000 flavonoides desde el descubrimiento de los flavonoides (rutina) en 1930 (Patil y Masand, 2019). La estructura de los flavonoides contiene una unidad de esqueleto de 15 carbonos con dos anillos de benceno (anillos A y B) y un anillo de pirano heterocíclico (anillo C). Los flavonoides se pueden clasificar según el tipo de sustituciones en los anillos A y B o el nivel de oxidación. Las categorías principales son flavonas (figura 3), flavonoles (figura 4), flavononas (figura 5), Por lo general, los flavonoides se encuentran como agliconas, glucósidos y derivados metilados.

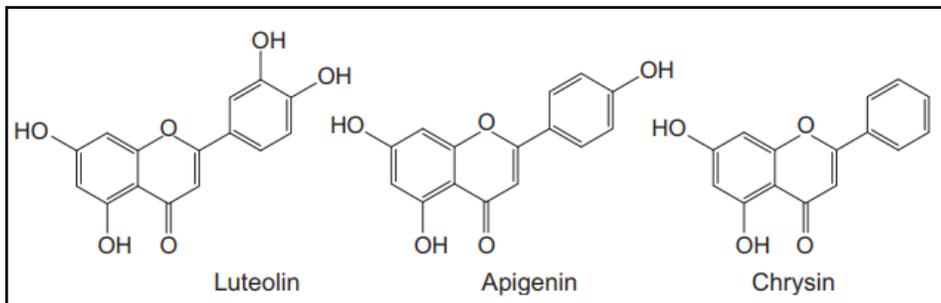


Figura 3. Estructura de algunas flavonas

Fuente: (Patil y Masand, 2019)

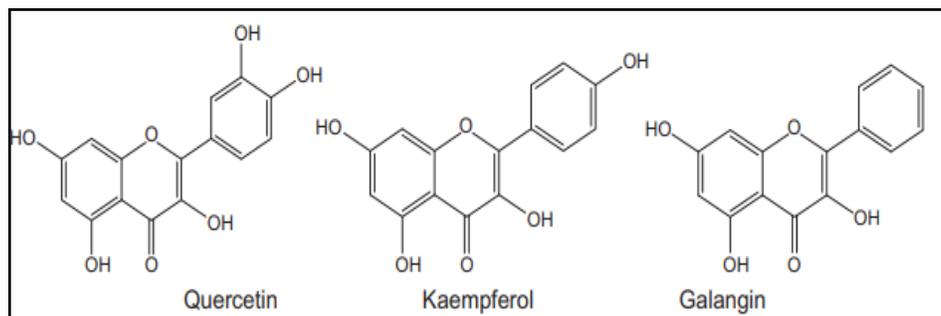


Figura 4. Estructura de algunos flavonoles

Fuente: (Patil y Masand, 2019)

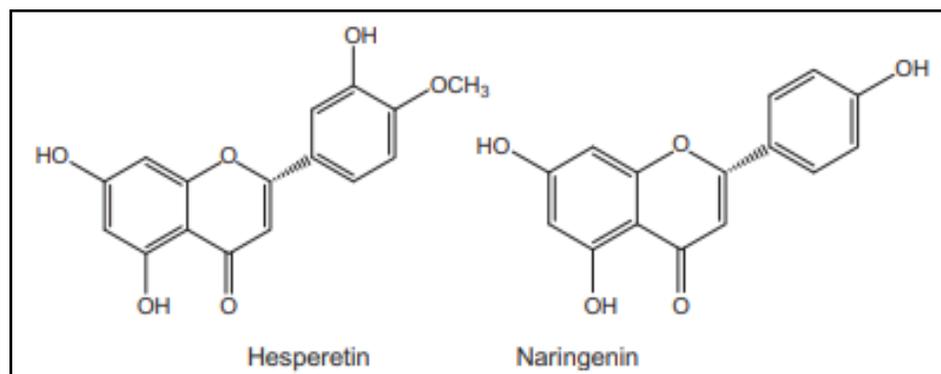


Figura 5. Estructura de algunas flavononas

Fuente: (Patil y Masand, 2019)

La aglicona es una parte de la estructura flavonoide básica con enlace glicosídico en las posiciones 3 y 7. La parte de carbohidratos puede ser L-ramnosa, D-glucosa, glucorhamnosa, galactosa o arabinosa (Narayana, Reddy, Chaluvadi y Krishna, 2001). Algunos de los detalles estructurales importantes de diferentes flavonoides son:

- Anillo de benceno condensado con un anillo de 6 miembros: flavonoles, flava-

nonas.

- Derivado dihidro: flavonoles, flavanonas.

LÍPIDOS BIOACTIVOS

Los lípidos son un grupo heterogéneo de compuestos hidrófobos o anfifílicos que incluyen esteroides, ceras, ácidos grasos y fosfolípidos, aceites, ceras y compuestos relacionados, se caracterizan por ser insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos. Los lípidos desempeñan una de las funciones fisiológicas significativas. Cuando el metabolismo no regula los lípidos causa dislipidemia, que es un factor crítico en el desarrollo de diversas enfermedades humanas, como la diabetes, enfermedades cardiovasculares, enfermedad del hígado graso no alcohólico, disfunción del tejido adiposo, aterosclerosis, la enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Niemann-Pick. Es por ello que, la homeostasis de lípidos en humanos está estrictamente relacionada por un mecanismo bien equilibrado de captación intestinal, síntesis, metabolismo endógeno y transporte en partículas de lipoproteínas y excreción (Chapman et al., 2020; Duan et al., 2021). En la tabla 8 se pueden apreciar la función de los lípidos por su bioactividad.

Lípidos bioactivos	Funciones
12-HEPE	Adaptación al frío, captación de glucosa (adipocitos y músculo esquelético).
13-oxo-OTA	Captación de glucosa.
RvD2	Tolerancia a la glucosa.
Protectin DX	Secreción de IL-6 del músculo esquelético.
MaR1	Secreción de adiponectina y la polaridad M2 del hígado.
PD1	Secreción de adiponectina.
19,20-DiHDPA	Retinopatía diabética.
19,20-EDP	Autofagia.
5-HEPE	Promueven la expresión de genes necesarios para la fosforilación oxidativa y secreción de insulina.
13-oxo-OTA	Captación de glucosa (adipocito).

Tabla 8 Función de los lípidos bioactivos

Fuente: (Duan et al., 2021).

CARBOHIDRATOS

Son también conocidos como sacáridos, están compuestos por aldehídos, que son átomos de carbono y oxígeno con doble enlace, más un átomo de hidrógeno y las cetonas,

que son átomos de carbono y oxígeno con doble enlace, más dos átomos de carbono adicionales. Los sacáridos se pueden combinar para formar polímeros o cadenas y se tipifican como monosacáridos, disacáridos o polisacáridos (Slavin y Carlson, 2014; Kurnia et al., 2021). En la tabla 9 se observa la clasificación de los carbohidratos por su estructura química.

Clasificación de carbohidratos	Descripción
Monosacáridos	Son unidades individuales (moléculas) de azúcar, en esta categoría se encuentra la glucosa, galactosa, fructosa, ribosa, desoxirribosa entre otros.
Disacáridos	Son glúcidos formados por dos moléculas de monosacáridos, a este grupo pertenecen la lactosa, maltosa, sacarosa, entre otros.
Oligosacáridos	Están conformados por pocas moléculas, varían entre tres y seis moléculas de monosacáridos, raras veces pueden contener hasta 10 monosacáridos, por lo general los oligosacáridos se unen a las proteínas, formando las glucoproteínas. Dentro de este tipo están la rafinosa, estaquiosa, entre otros.
Polisacáridos	Son moléculas compuestas por gran cantidad de monosacáridos, generalmente, están compuestos por aproximadamente 200 monosacáridos. Los polisacáridos no tienen un sabor dulce y la mayoría de ellos son insolubles en agua. Dentro de este grupo están los almidones, glucógeno, celulosa, entre otros.

Tabla 9. Clasificación de carbohidratos según su estructura química.

Fuente: (Ludwig et al., 2018; Crosby et al., 2021).

PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y DERIVADOS

Proteínas

Las proteínas son moléculas complejas conformadas por aminoácidos, sus componentes incluyen proteínas, carbono, hidrógeno, oxígeno, azufre y nitrógeno; desempeñan diversas funciones críticas en el cuerpo, realizan la mayor parte del trabajo en las células y son necesarias para la estructura, función y regulación de los tejidos y órganos del cuerpo, la función específica de las secuencias de aminoácidos se determina a través de la estructura tridimensional de cada proteína (Sunny y Jayaraj, 2021). Esta biomolécula, contribuye en la salud en el control de la coagulación, reparación celular, potenciar el metabolismo, recuperación y crecimiento muscular (Suzuki et al., 1992; Van et al., 2014). Las funciones que cumplen las proteínas se pueden observar en la tabla 10.

Proteínas	Funciones
Inmunoglobulina G (IgG)	Anticuerpo
Fenilalanina hidroxilasa	Enzima
Hormona del crecimiento	Mensajera
Actina	Estructural

Tabla 10. Funciones de las proteínas.

Fuente: (Graveley, 2000; Arakawa et al., 2021).

Aminoácidos

Son moléculas que comprenden uno de los componentes básicos de las proteínas, son solubles en agua y cumplen la función de incorporarse a las proteínas desempeñando funciones diversas; de hecho, son los nutrientes más versátiles. Esto es una consecuencia de sus cadenas laterales muy diferentes que permiten una amplia variedad de modificaciones y reacciones químicas, mucho más que en el caso de otros nutrientes (Xu et al., 2021). Los aminoácidos que se encuentran dentro de los elementos de los péptidos, hormonas peptídicas, proteínas estructurales e inmunes; son considerados los biorreguladores más importantes que se encuentran involucrados en todos los procesos de la vida junto con los ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos, esto debido a su alta actividad biológica y uso generalizado, su producción está en constante crecimiento. Los aminoácidos como el glutatión (GSH) y la N- acetilcisteína (NAC) cumplen el rol importante en la protección de la letalidad oxidativa; por otro lado, los aminoácidos, también cumplen la función bioenergética, la actividad biosintética, homeostasis, regulación epigenética y la resistencia al estrés metabólico (Lieu et al., 2020; Melano et al., 2021; Qian et al., 2021).

PROPIEDADES ANTIOXIDANTES EN LOS ALIMENTOS

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Los antioxidantes tienen diferentes mecanismos de acción, unos impiden la formación de los radicales libres y/o especies reactivas (sistema de prevención), otros inhiben la acción de los radicales libres, algunos favorecen la reparación y la reconstitución de las estructuras biológicas dañadas como observa en la tabla 11.

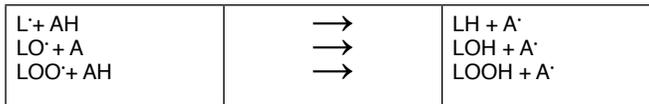


Tabla 11. Mecanismo de actuación de los antioxidantes primario.

Fuente: Armenteros et al., (2012).

Dónde:

- L^{\cdot} : Radical libre
- AH : Antioxidante
- LO^{\cdot} : Radical alcoxi
- LOO^{\cdot} : Radical peroxilo
- A^{\cdot} : Radical estable

Tradicionalmente los antioxidantes se han dividido en dos grupos: antioxidantes primarios o eliminadores de radicales y antioxidantes secundarios o que previenen la oxidación (Zitha et al., 2022).

Los antioxidantes primarios son capaces de inhibir la iniciación y propagación de las reacciones de oxidación mediante la inactivación de los radicales libres (L^{\cdot} , LO^{\cdot} , LOO^{\cdot}) que participan en las reacciones oxidativas, convirtiéndolos en productos estables.

Los antioxidantes primarios son principalmente compuestos fenólicos (AH) que pueden donar un átomo de hidrógeno o un electrón al radical libre convirtiéndolo en un producto estable (LH , LOH , $LOOH$). Asimismo, el antioxidante como consecuencia de esta reacción se oxida a su vez formándose un radical estable que no propaga la reacción de oxidación (Codina et al., 2021).

Los antioxidantes secundarios son compuestos que actúan disminuyendo la formación de radicales libres. Los más utilizados son agentes quelantes de metales como el EDTA (ácido etilen-diaminico-tetracético) o el ácido cítrico (Armenteros et al., 2012; Bashmil et al., 2021).

CLASIFICACIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes se pueden clasificar en la tabla 12 como compuestos endógenos producidos por el organismo o compuestos exógenos suministrados con la ingesta de alimentos.

Exógenos	Endógenos	Cofactores
Vitamina E Vitamina C Beta-caroteno Compuestos Fenólicos Licopeno	Glutación Coenzima Q Ácido tiótico Enzimas: Superóxido dismutasa (SOD), Catalasa, Glutación peroxidasa	Cobre Zinc Manganeso Hierro Selenio

Tabla 12. Clasificación de los antioxidantes.

Fuente: Criado et al., (2009).

De acuerdo a su solubilidad podemos diferenciar entre antioxidantes hidrofóbicos (vitamina E y carotenoides) o hidrofílicos (vitamina C y compuestos fenólicos) como se muestra en la tabla 13.

Hidrofílicos	Hidrofóbicos
Vitamina C (Ácido ascórbico) Fenólicos	Vitamina E (α -tocoferol) Carotenoides

Tabla 13. Clasificación de antioxidantes de acuerdo a su solubilidad.

Fuente: Armenteros et al., (2012).

ESTRUCTURA QUÍMICA DEL OXÍGENO

El oxígeno (O) en estado natural es un gas incoloro, inodoro e insípido, ligeramente más pesado que el aire (Babor et al., 1956). En la tabla 14 se pueden apreciar las características y detalles del oxígeno.

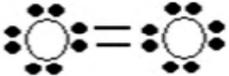
Característica	Detalle
Numero atómico	8
Valencia	-2
Peso atómico	16
Forma Común	 <p>Moléculas diatómicas gaseosas</p>

Tabla 14. Forma molecular y características químicas principales del oxígeno.

Fuente: Hill et al., (2000).

Las principales especies reactivas del oxígeno o sustancias pro oxidantes son:

Ozono (O_3), Radical Hidroxilo (HO^{\cdot}), Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2), Anión Superóxido ($O_2^{\cdot-}$), Oxígeno Singlete (1O_2), Oxígeno Nítrico (NO), Peróxido (ROO), semiquinona (Q).

DAÑO O ESTRÉS OXIDATIVO

El daño o estrés oxidativo se ha definido como la exposición de la materia viva a diversas fuentes que producen una ruptura del equilibrio que debe existir entre las sustancias o factores pro oxidantes y los mecanismos antioxidantes encargados de eliminar dichas especies químicas, ya sea por un déficit de estas defensas o por un incremento exagerado de la producción de oxígeno (Yoshimura et al., 2016). Por lo tanto, se reconoce como mecanismo general de daño celular, asociado con la fisiopatología primaria o la evolución de un número creciente de entidades y síndromes de interés médico social, involucrados en la génesis y en las consecuencias de dichos eventos (Álvarez et al., 2011).

CLASIFICACIÓN DE LOS RADICALES LIBRES DEL OXÍGENO

Radicales libres inorgánicos o primarios

Se originan por transferencia de electrones sobre el átomo de oxígeno, representan por tanto distintos estados en la reducción de este y se caracterizan por tener una vida media muy corta; estos son el anión superóxido, el radical hidroxilo y el óxido nítrico.

Radicales libres orgánicos o secundarios

Se pueden originar por la transferencia de un electrón de un radical primario a un átomo de una molécula orgánica o por la reacción de 2 radicales primarios entre sí, poseen una vida media un tanto más larga que los primarios; los principales átomos de las biomoléculas son: carbono, nitrógeno, oxígeno y azufre.

Intermediarios estables relacionados con los radicales libres del oxígeno

Aquí se incluye un grupo de especies químicas que sin ser radicales libres, son generadoras de estas sustancias o resultan de la reducción o metabolismo de ellas, entre las que están el oxígeno singlete, el peróxido de hidrógeno, el ácido hipocloroso, el peroxinitrito, el hidroperóxido orgánico.

Los radicales libres se generan a nivel intracelular y extracelular. Entre las células relacionadas con la producción de radicales libres del oxígeno tenemos los neutrófilos, monocitos, macrófagos, eosinófilos, y las células endoteliales (Álvarez et al., 2011).

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

En la actualidad, debido a la complejidad de los procesos de oxidación, no existe un método que refleje de forma completa el perfil antioxidante de una muestra, por tanto, es bueno trabajar con varios métodos para facilitar la comparación e interpretación de los resultados. Las características “ideales” que debe reunir un método de determinación de capacidad antioxidante son: sencillez, mecanismo químico definido y punto final fijo, reproducibilidad, adaptabilidad a sustancias antioxidantes hidrofílicas y lipofílicas y elevado rendimiento de análisis (Agudo, 2010; Astuti et al., 2021). Se utilizan con frecuencia diversos métodos para determinar la capacidad antioxidante de frutas y verduras frescas y sus productos, haciendo uso del 2,2-azinobis (3-etil-benzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS), 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), poder antioxidante férrico reductor (FRAP) y la capacidad de absorción de radicales de oxígeno de oxígeno (ORAC).

DETERMINACIÓN DIRECTA

El radical se emplea como un factor de cuantificación (produce una señal analítica). La adición del antioxidante, antes o después de la generación del radical, provoca una disminución de la señal. En el ensayo de post-adición se forma el radical en ausencia de la muestra y así, cuando se añade la sustancia antioxidante se produce un descenso en la señal debido a la disminución de la concentración del radical. En ensayos de inhibición, la muestra se añade a los sustratos de oxidación antes que sea generado el radical, La reacción comienza con la adición del oxidante (ABTS^{•+}, DPPH, etc.).

MÉTODO DEL ABTS

El método del ABTS, tiene la ventaja de que en sus ensayos se puede realizar tanto en muestras hidrosolubles como liposolubles, eligiendo el disolvente apropiado en cada caso y con una amplia gama de valores de pH. Este ensayo estima con mayor precisión la capacidad antioxidante de los alimentos, particularmente para aquellos que contienen hidrófilos, lipófilos y muy altos. compuestos pigmentados (Ronald, 2005; Magalhães et al., 2014).

MÉTODO DEL ORAC

El fundamento del método Oxigen Radical Absorbance Capacity (ORAC), se basa en la habilidad que tienen los compuestos antioxidantes para bloquear radicales libres por donación de un átomo de hidrógeno



En este método, el radical artificial AAPH (2,2'-Azobis-(2-aminopropano)-

dihidrocloreto) oxida a la fluoresceína de forma que esta pierde su fluorescencia. De esta forma, las sustancias antioxidantes presentes en el extracto obtenido a partir del alimento disminuirían dicha pérdida de fluorescencia (Agudo, 2010; Zulueta et al., 2009).

Actualmente, el método ORAC es considerado un ensayo estándar de evaluación universal para alimentos funcionales, proporciona una evaluación única y completa que mide el tiempo y grado de inhibición una vez finalizada la reacción (Takatsuka et al., 2021).

MÉTODO DEL FRAP

El ensayo FRAP según Benzie y Strain (1996), se realiza preparando una mezcla con solución de tampón acetato, solución de 2,4,6-tripiridil-1,3,5-triazina (TPTZ) y solución de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, para luego calentarla a 37 °C antes de utilizarla. Los extractos de las muestras se mezclan con la solución FRAP y se guardan en oscuridad. Las lecturas del producto coloreado (complejo ferroso de tripiridil triazina) se hacen a 593 nm. La curva estándar se construye entre 25 y 800 mM de Trolox. Los resultados se expresan en mM TE/g de masa fresca. Se necesita una dilución adicional si el valor FRAP se encuentra por encima del rango lineal de la curva estándar.

MÉTODO DEL DPPH

Este método DPPH (1, 1-difenil-2- picrilhidrazilo), fue propuesto originalmente por Brand et al., (1995). Se basa en la reducción del radical DPPH• por los antioxidantes de la muestra (Yang et al., 2021). Este método permite evaluar la actividad de sustancias frente al radical libre estable 2,2- difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) en una solución metanólica que tiene un color violeta intenso que se pierde progresivamente cuando se añade la muestra que contiene antioxidantes esto se reduce a un color amarillo como se observa en la figura 6.

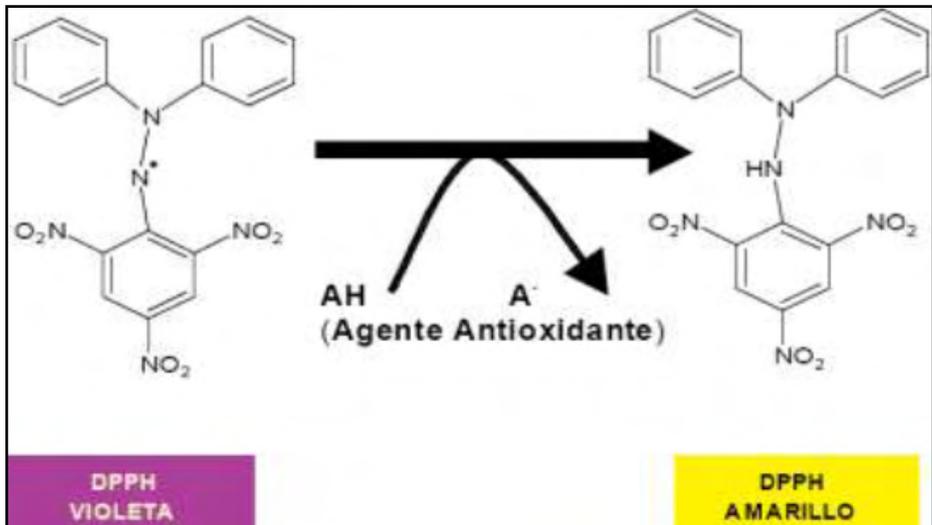


Figura 6. Reacción del DPPH con un agente oxidante (Reátegui et al., 2014).

FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS ESTUDIADOS

CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA (TAXONOMÍA, ORGANOGRAFÍA VEGETAL) Y USOS DE LAS PLANTAS SILVESTRES DE ANDAHUAYLAS

Hesperomeles escalloniifolia (Schltdl.) C.K. (Capachu).- Conocido también como “Millucapa”, “Ñut’u mayu manzana” y “Capachu”, Es un árbol denso armado de espinos simples, tiene los tallos leñosos que alcanzan hasta los 3 metros de altura, pertenece a la familia *Rosaceae* Género *Hesperomeles*, los frutos de origen embrionario, en pomo y polispermo, forma esférica, carnosa, de color rojo morado que mide 3.5 de diámetro y 1.5 de altura, fructifica entre los meses de marzo a junio y en setiembre en mínima cantidad, la flor es de color blanco cremado, en racimos, inflorescencia dicasio compuesto, corola dialipétala actinomorfa, florece en el mes de diciembre a febrero, las hojas de tipo alterno, forma lanceolada – ovada, margen aserrada, ápice dentada, peciolada, consistencia coriácea, pinnada, de base aguda, el tallo es modificado con nudos sobresalientes, leñosas aéreas y erectos, ramificación simpódico y perennes, la raíz de forma pivotante, leñosa, subterránea perenne.

Usos:

Medicinal.- Los frutos son expectorantes para dolores de garganta, escorbuto; las hojas y tallos curan la sinusitis, fiebre y dolores de cabeza.

Alimenticio.- Los frutos tienen un sabor dulce y ácido con aroma cítrico, lo consumen como fruta fresca, son favoritos de los niños.

Tintes y colorante natural.- El color rojo morado de este fruto sirve como pinta labio, para colorear cuadernos o dibujos en telas.

Artesanía.- Su Tallo lo utilizan como “Puchkatillu” o hiladora que sirve para enrollar lanas hiladas de ovejas o alpacas, estos tallos también sirven para hacer aros de tambores que utilizan en carnavales.

Polinizador.- Las flores sirven como alimento para las abejas para la producción de mieles y ceras. Geográficamente están ubicadas en Santa Elena, Manchaybamba, Argama baja, Cotahuacho, Pacucha (Sondor) y Tocctopata de entre 3000 y 3500 m.s.n.m. Sus características se observan en la figura 7.



Figura 7. Características de la planta silvestre Capachu.

***Berberis cummutata* Eichler (Huancachu).**- También conocido como “Tancar cheqche”, “Queshua cheqche”, “Huancachu” y “Airampo”. Es un arbusto denso de 2.5 - 3 metros de altura armado de espinos simples o triples, pertenece a la familia *Berberidaceae* Género *Berberis*, los frutos embrionarios, son bayas de 3 cm de diámetro y 15 mm de longitud, forma esférica, consistencia carnosa, al madurar toman un color rojo azul oscuro o morados, son de sabor ácido, agridulces, olor mentolado, es posible encontrarlos entre los meses de marzo y mayo. Las flores son cónicas - ovoides de 6 pétalos de color amarillo, sin florescencia en racimo, florecen entre los meses de enero y febrero. Hojas de forma oval – lanceolada, pinnatinervia, margen sinuada, ápice dentado, peciolo semisésil, consistencia coriácea y de base cuneada. Tallos modificados con espinas trífidas, consistencia leñosa, perenne, ramificación alterna, hábitat aéreo. Raíz embrionaria, forma pivotante, hábitat subterráneo, semileñosa y perenne.

Usos:

Medicinal.- Los tallos alivian dolores de espalda, dolores de huesos, golpes; los frutos son muy buenos para el estrés, mal aliento, buen expectorante.

Alimentico.- Los frutos de sabor dulce poco ácido, color atractivo azul morado, olor aromático, lo consumen como fruta fresca, en refrescos, mermeladas y otros productos caseros.

Decoraciones.- Las flores tienen un olor fragante, decorativas de color amarillo brillante, algunos pobladores utilizan en la entrada de sus hogares ó como macetas de decoración.

Tintes y colorante natural en textilería.- Los tallos y raíces se tornan de colorante natural amarillo, lo utilizan para teñidos de textiles, lanas. Geográficamente están en el bosque Kankarhuay del centro poblado de Cotahuacho, Pacucha (Sondor), Toctopata, Manchaybamba (Tintín pata y San Juan de Miraflores). Sus características se observan en la figura 8.



Figura 8. Características de la planta silvestre Huancachu.

Planta silvestre de *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (Cheqche).- Conocido también como "Cjata cheqche", "Teqte" y "Cheqche", es una planta arbustiva densa armada de espinos simples o triples, que alcanzan hasta los 2 metros de altura, pertenece a la Familia *Berberidaceae* género *Berberis*, los frutos son embrionarios, en bayas de semillas polispermas, pulposo, de forma ovoide, color rojo, azul oscuro, mide 4 cm de diámetro y 0.45 cm de altura, fructifica en los meses de abril a junio, flor de color amarillo, corola campanilla colgante, inflorescencia agrupada, en racimo, florece en diciembre y febrero, las hojas de forma cuneada, peciolo semisésil, ápice acuminado, dentada, consistencia lisa coriácea, venación estriada, los tallos son modificados con espinas, es leñosa, ramificación simpódica, aérea y perenne, la raíz embrionaria, pivotante, subterránea y perenne.

Usos:

Alimenticio.- Los frutos lo consumen como frutas frescas generalmente son los favoritos de niños por su sabor agri dulce, olor aromático y tamaño menudo. También lo utilizan en mermeladas caseras.

Artesanía y textilería.- Los tallos son armados para decoraciones y aros de tambores, como hiladoras y para tejedores, entre otros.

Tinte y colorante natural.- Los frutos de color morado son utilizados como tintes naturales para decoraciones; Los tallos y raíces tienen una coloración amarilla intensa son utilizados para teñidos de lanas y ropas blancas. Geográficamente se las encuentra en Cotahuacho (bosque Kankarhuay) Argama, Pacucha (Sondor), Manchaybamba, Santa Elena a 3000 – 3500 m.s.n.m. Sus características se observan en la figura 9.



Figura 9. Características de la planta silvestre Cheqche.

***Vaccinium floribundum* Kunth (Alaybili).**- También conocido como qalaobre y congama. Es una planta sub arbustiva, enana de 0.5 m de alto; pertenece a la familia *Ericaceae*, Género *Vaccinium*, los frutos en bayas y polispermo, origen embrionario, forma esférica, consistencia pulposa, color azul morado brillante, mide 1.3 cm de diámetro y 0.5 cm longitud, fructifica en los meses de febrero a abril. flor tetrámetra - pentámera de color blanco rosado, disposición axilar, inflorescencia en racimo, corola campanulada imbricada, la floración comprende entre los meses de setiembre a noviembre. Hojas modificadas con brácteas, ramificadas y alternas de 2 cm de largo, forma elíptica - ovada, ápice redondeado - agudo, margen festoneado, coriácea, pinnatinervia y de base cuneada. Tallo semileñoso, perenne y modificados de nudos hinchados, con ramificación simpódica alterna, hábitat aéreo. Raíz semileñosa, pivotante, hábitat subterráneo y perenne.

Usos:

Medicinal.- Los frutos posee un sabor agradable dulce y jugoso, de olor aromatizado, alivia dolores de cabeza, náuseas y cólicos menstruales; Las flores se utilizan en infusiones para reducir el estrés; los tallos, hojas y raíces son cicatrizantes de quemaduras en la piel.

Decoraciones.- Las flores son útiles en decoraciones domésticas.

Alimenticio.- Los frutos se consumen como fruta fresca directamente, también en refrescos, mermeladas, entre otros productos caseros y no alimenticios. El color natural del fruto sirve para la limpieza y el cuidado del cabello. Geográficamente se los encuentra en las alturas de los centros poblados de Cotahuacho (bosque Kankarhuay), Manchaybamba en el cerro Tintín pata y San Juan de Miraflores de 3000 a 3800 m.s.n.m. Sus características se observan en la figura 10.



Figura 10. Características de la planta silvestre Alaybilí.

***Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer (Machamacha).**- Es una planta subfrutescente, semipostrada, litófita alcanza un tamaño de 45 a 50 cm de altura, pertenece a la familia *Ericaceae* de género *Gaultheria*. Los frutos embrionarios, en bayas de forma esférica, blanda, color morado y en polispermo, miden 3 cm de diámetro y 1 cm de altura, fructifica en los meses de febrero a junio, las flores de color rosado cubiertas por brácteas, campanulada de inflorescencia en racimo, corola campanulada, florece en el mes de noviembre, las hojas de peciolo subsésiles, alternas, base obtusa, forma aovada, aguda, denticulada, coriácea tricomas, venación cerrada, los tallos son semileñosos, simpódicos, aérea postrada y perennes, las raíces de forma pivotante, subterránea, semileñosa y perenne.

Usos:

Medicinal.- Los frutos son muy saludables y se usan para curar dolores de cabeza, para el estrés, para dolores de estómago, náuseas y fortalece los dientes; las flores son muy apreciadas por su color rosado y de forma campanulada, sirve para curar el susto en los bebés; la raíz en muy eficaz para aliviar cólicos y nauseas.

Alimenticio.- Los frutos generalmente se consumen en fresco, por su agradable sabor dulce, con olor aromático y color atractivo morado, cuando se excede el consumo tiene propiedades somníferas de ahí que proviene el nombre del vocablo quechua "machaymachacha" por el cual provendría se le denominaría Machamacha.

Tintes y colorante natural.- El color natural morado de este fruto, con tan solo consumirla colorea los labios y las manos por lo que es muy útil también, para dar color a las bebidas.

Decoraciones.- Las flores se utilizan de manera decorativa en el hogar y a veces se pueden apreciar en los sombreros de las señoritas y señoras del lugar, también sirven para decorar coronas para los difuntos.

Forrajera.- Los tallos y hojas son consumidos el ganado vacuno, caprino, ovino y también por animales silvestres como los venados. Geográficamente se encuentra en el

bosque Kankarhuay del centro poblado de Cotahuacho y en la localidad de Tintín pata, San Juan de Miraflores del centro poblado Manchaybamba entre 3200 a 3400 m.s.n.m. Sus características se observan en la figura 11.



Figura 11. Características de la planta silvestre Machamacha.

***Monnina vargassi* Ferreyra (Condorpausan).**- Conocido también como cola de ratón, es una planta arbustiva con un tamaño aproximado de 1 a 1.5 metros de altura, pertenece a la familia *Polygonaceae*, género *Monnina*. Los frutos son embrionarios en drupa, forma globular, firme y blanda, de color azul morado y en monospermo, que miden de 1.5 de diámetro y 1 cm de altura, fructifica a inicios del mes de noviembre y luego en los meses de febrero a abril. Las flores son alternas, labiadas en racimo, de color lila con bordes amarillos, florece en el mes de agosto a setiembre, las hojas son alternas, forma lanceolada, peciolado, margen entera, ápice emarginado, consistencia blanda, pinnada y base redondeada, los tallos son semileñosos, erectos y aéreos, simpódicos y perennes, la raíz es embrionaria, pivotante, subterránea, semileñosa y perenne.

Usos:

Medicinal.- Los frutos son útiles para curar dolores de estómago, estreñimiento, mareos y se utiliza también como cicatrizante; las flores se consumen en infusiones para aliviar dolores de cabeza, garganta y para combatir el estrés.

Alimenticio.- Los frutos tienen sabor dulce, lo utilizan para bebidas de refresco, mermeladas caceras y mazamoras.

Tintes y colorantes naturales.- Los frutos y flores tienen un colorante azul-morado que sirve para recargar tintes de lapiceros y tampones, se utiliza incluso como pinta labios natural.

Artesanía.- Los tallos son utilizados como "Puchkatillu" o hiladora, que sirve para enrollar fibras de lana de oveja y alpaca, también se utilizan como tejedores de uso manual para tejidos de ropa.

Forrajera.- Las hojas frescas y tallos tiernos son alimento para ganado ovino, caprino y vacuno. Geográficamente están en el centro poblado de Pacucha (Sondor), Centro Poblado de Cotahuacho (Bosque Kankarhuay), en el Centro Poblado de Manchaybamba entre 3000 a 3300 m.s.n.m. Sus características se observan en la figura 12.

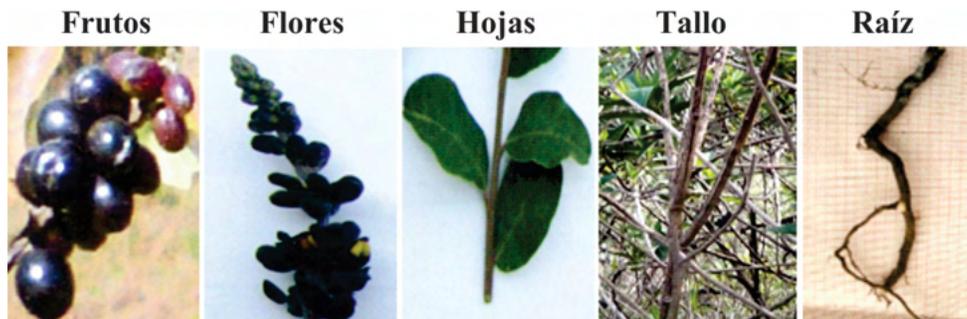


Figura 12. Características de la planta silvestre Condorpausan.

***Rubus roseus* Poir (Frambuesa silvestre).**- Es una planta Arbustiva poco voluble que las otras familias de rubus, con 3.5 - 4 m de altura, pertenece a la familia Rosaceae, género *Rubus*, Los frutos son embrionarios, en polidrupa polispermo, de forma cono alargada, carnosa, de color morado rojo, mide 7 cm de diámetro y 2 cm de altura, fructifica del mes de febrero a mayo, y setiembre a octubre, la flor es blanca, inflorescencia en racimo, corola pentámera y axilar, florece en octubre, la hoja es aovada, compuesta imparipinada, ápice acuminado, dentada, venación pinnada, de base aguda, el tallo es semileñoso, ramificación caedizas, aérea y perenne, la raíz pivotante, subterránea, semileñosa y perenne.

Usos:

Medicinal.- Sus flores blancas tienen un olor aromatizante y desestresante; los frutos curan estreñimientos, dolor de estómago, gastritis, mal aliento; sus tallos y hojas lo utilizan como cicatrizante de heridas graves epidérmicas.

Alimenticio.- La fruta fresca tiene sabor agradable, dulce, acaramelado y olor mentolado, se consume en fresco, en bebidas como refresco y mermelada caseras.

Colorante natural.- Es muy útil para dar color atractivo a los refrescos, se utiliza como tinte natural.

Barreras.- Se utiliza como cerco vivo en los campos de cultivo. Geográficamente están ubicados en la localidad de Tocctopata y en el bosque de Kankarhuay del centro poblado de Cotahuacho entre 2800 a 3400 m.s.n.m. Sus características se observan en la figura 13.

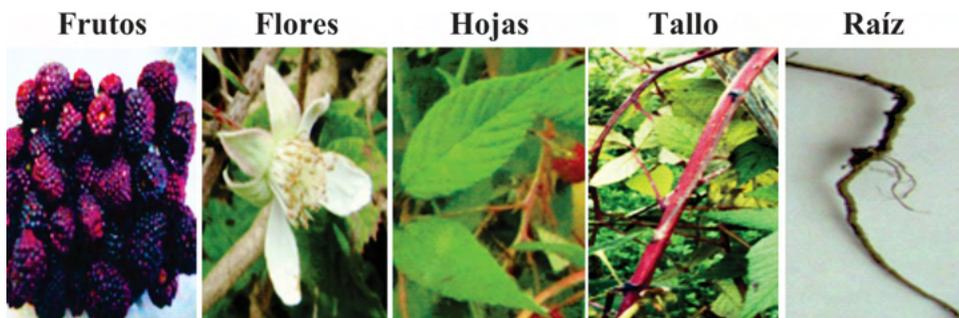


Figura 13. Características de la planta Frambuesa silvestre.

UBICACIÓN E IMPORTANCIA DE LOS FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS

En la actualidad la tendencia de los mercados es consumir alimentos naturales, de gran calidad y, sobre todo, producidos naturalmente. Un alimento saludable que reúne estas características son los frutos silvestres, pigmentados en diversos colores por el contenido de antocianinas, que son antioxidantes (Ali et al., 2005), los cuales permiten que las células no sufran oxidación o que se mantengan en un equilibrio para los procesos de óxido-reducción que ocurren en forma natural dentro del organismo (Ratnam et al., 2006; Ezzedine et al., 2010 y Wang et al., 2011). El aumento de la prevalencia de las enfermedades crónicas, relacionadas con la alimentación ha conducido a un mayor interés por estudiar la relación alimentación - salud (Velioglu et al., 1998). Se ha demostrado una menor incidencia de las mismas con patrones alimentarios que involucran un alto consumo de alimentos vegetales, lo que ha motivado a investigar las propiedades de estos alimentos (Stewart y Wild, 2014). El efecto protector de los alimentos de origen vegetal se ha atribuido a diversos nutrientes y fitoquímicos con actividad antioxidante lo cual es frecuentemente olvidado en las recomendaciones alimentarias (Steinmetz y Potter, 1991; Block et al., 1992). Así la capacidad antioxidante de las frutas silvestres es insipiente, y en muchos casos dada la coloración de estas, es necesario la caracterización de su composición inactiva a fin de conocer su valor nutricional (Scalzo et al., 2005), puesto que son potenciales portadores de vitaminas, carotenoides, flavonoides y antocianinas (Kong et al., 2003; Ali et al., 2005 y Contreras et al., 2011). Los frutos silvestres son plantas que crecen de forma natural, espontánea y aportan a nuestro organismo elementos nutritivos de alto valor biológico, vitaminas, sales minerales y otras muchas sustancias activas de propiedades preventivas y curativas que, en su inmensa mayoría, están todavía por descubrir. Esta cualidad de la que gozan los vegetales consiste en que se adaptan a las condiciones especiales y ambientales del hábitat donde crecen, ofreciendo los nutrientes y los elementos protectores más adecuados para los lugareños de su zona, siempre que crezcan sin sufrir grandes daños a causa de los fertilizantes químicos y fumigaciones tóxicas, como los pesticidas (Lema, 2009). Estos frutos silvestres tienen propiedades particulares como los componentes bioactivos

y funcionales, que colaboran con el organismo brindando protección y disminuyendo las probabilidades de padecer enfermedades. Por otro lado, los compuestos fenólicos ejercen una propiedad antioxidante actuando como captadores de radicales libres neutralizando peligrosas especies reactivas de oxígeno e iones metálicos quelantes y también debido a su reactividad, esta característica es importante en la salud humana para la prevención del cáncer, enfermedades cardiovasculares entre otros (Puzanowska, 2009; Gómez, 2010). Los flavonoides por su parte, son considerados como compuestos fenólicos importantes por los efectos antiinflamatorios, antivirales, antialérgicos y su papel protector frente a enfermedades cardiovasculares, cáncer y diversas patologías (Martínez et al., 2011). En el bosque de Kankarhuay, comprendido a una altitud de hasta 4080 msnm, ubicado en el Centro Poblado de Cotahuacho, Distrito de Pacucha, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac, Perú (figura 14), por ser una zona altoandina, es propicia para el desarrollo de plantas altoandinas cuyos diámetros medios oscilan entre 3 a 20 mm, con coloraciones que van desde el rojo intenso a azules oscuros.

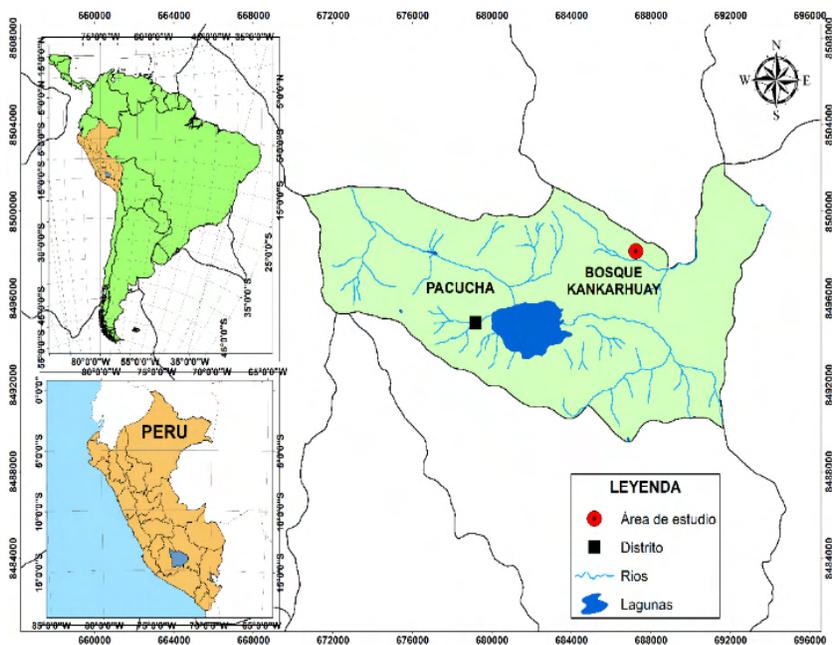


Figura 14. Ubicación geográfica del sitio de recolección de frutos silvestres.

La identificación geográfica de las plantas silvestres distribuidas en los siete centros poblados del distrito de Pacucha se observa en la figura 15. En la que se muestra muestra la ubicación georeferencial de los siete centros poblados y sus localidades (Tancarpampa, Manchaybamba (Tintin pata), Pacucha (Sondor), Santa Elena, Cotahuacho (Bosque

Kankarhuay), Tocctopata y Argama Baja) que fueron identificados por presentar diversidad de plantas silvestres con frutos antociánicos, dentro del distrito de Pacucha.

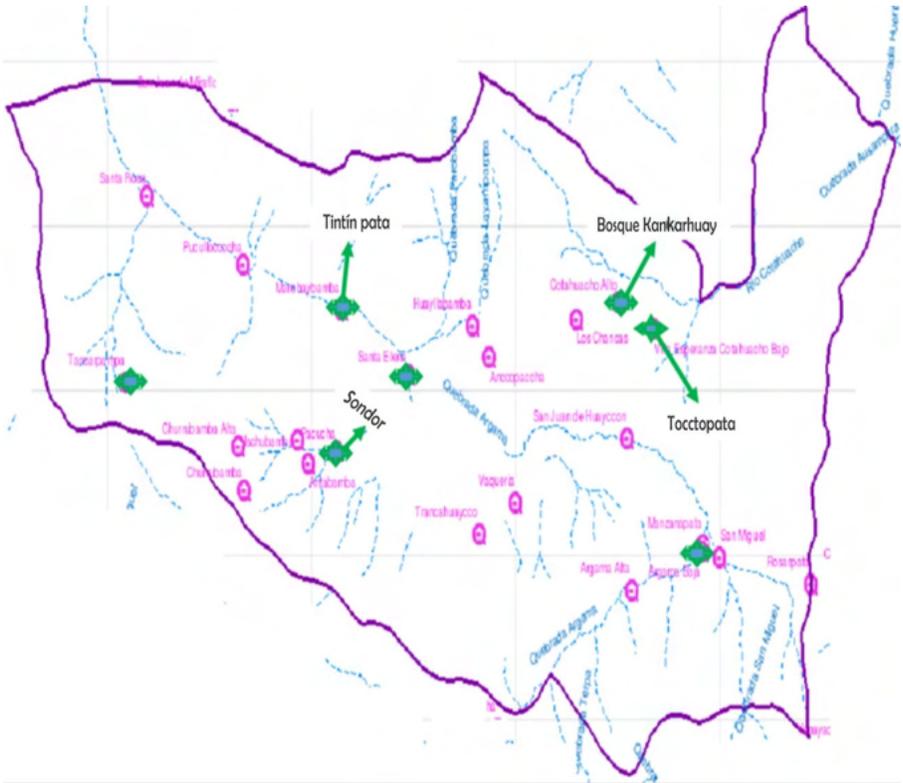


Figura 15. Ubicación Geográfica de las plantas silvestres identificadas.

La identificación del índice de diversidad de Shimpson de plantas silvestres con frutos antociánicos en el distrito de Pacucha se muestran en la tabla 15.

El índice de diversidad de Shimpson (S_i) y la dominancia de otras especies (D'_{si}) varían de 0 a 1; se observa que la dominancia de las especies es baja con un valor de $D'_{si} = 0.10200706$, mientras que la diversidad de especies silvestres con frutos antociánicos es muy alta con un valor de $S_i = 0.89799294$; estos resultados son inversamente proporcionales, debido a que las especies mostradas son distribuidas de manera similar en los 7 centros poblados del distrito de Pacucha.

Nombre común	Especies (Sp)	Número de individuos (n)	Abundancia relativa (Pi)	Pi ^ 2
Alaybilí	Sp1	165	0.093167702	0.008680221
Ayanca	Sp2	8	0.003881988	1.50698E-05
Capachu	Sp3	150	0.124223602	0.015431503
Condorpausan	Sp4	130	0.156832298	0.02459637
Cheqche	Sp5	127	0.098602484	0.00972245
Huancachu	Sp6	158	0.122670807	0.015048127
Frambuesa silvestre	Sp7	98	0.076086957	0.005789225
Machamacha	Sp8	120	0.102484472	0.010503067
Mullaca negra	Sp9	76	0.059006211	0.003481733
Pacra	Sp10	45	0.034937888	0.001220656
Puka taji	Sp11	5	0.00621118	3.85788E-05
Siraca negra	Sp12	85	0.065993789	0.00435518
Siraca rojo	Sp13	72	0.055900621	0.003124879
	Sumatoria (N)	1288	D'_{si}	0.10200706
			$1 - D'_{si} = S_i$	0.89799294

Tabla 15. Identificación del índice de biodiversidad de Shpinsom a nivel de los 7 centros poblados del distrito de Pacucha.

De este modo es que, se identificaron a las especies de frutos silvestres Capachu (*Hesperomeles escalloniifolia* Schltdl) (figura 16), Huancachu (*Berberis cummutata* Eichler) (figura 17), Cheqche (*Berberis humbertiana* J.F. Macbr) (figura 18), Alaybilí (*Vaccinium floribundum* Kunth) (figura 19), Machamacha (*Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer) (Figura 20), Condorpausan (*Monnina vargassi* Ferreyra) (figura 21), y Frambuesa silvestre (*Rubus roseus* Poir) (Figura 22), esta coloración de los frutos es indicativo de presencia de flavonoides y por ende tiene capacidad antioxidante (Skrede y Wrolstad, 2002), en ese sentido, el objetivo de este trabajo fue determinar los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en frutos silvestres altoandinos.



Figura 16. *Hesperomeles escalloniifolia* Schtdl (Capachu).



Figura 17. *Berberis cummutata* Eichler (Huancachu)



Figura 18. *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (Cheqche)



Figura 19. *Vaccinium floribundum* Kunth (Alaybilí).



Figura 20. *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer (Machamacha)



Figura 21. *Monnina vargassi* Ferreyra (Condorpausan).



Figura 22. *Rubus roseus* Poir (Frambuesa silvestre).

MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

PREPARACIÓN DE EXTRACTO

Se pesó 1 g de muestra fresca y se extrajo con 10 mL de etanol al 80%, se llevó a un vortex por 10 minutos y se centrifugó a 10 °C a 5000 rpm por 10 min. El sobrenadante fue transferido a una fiola de 50 mL (se repitió 3 veces el procedimiento anterior) y llevándose a volumen con etanol al 80%.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FENÓLICOS TOTALES

Se tomó 50 μL del extracto y se mezcló con 1000 μL de Folin Ciocalteu al 10%, más 1000 μL de Na_2CO_3 al 7.5% y 950 μL de agua ultrapura tipo I.

La mezcla fue dejada en reposo por 15 min a temperatura ambiente y en un lugar oscuro. Finalmente, se leyó la absorbancia de la solución a 730 nm en un espectrofotómetro (Spectroquant® Pharo 300). Para la elaboración de la curva de calibración de ácido gálico, se prepararon soluciones a diferentes concentraciones de este estándar, las cuales fueron tratadas de manera similar a la muestra. El contenido de fenoles totales fue expresado como miligramos-equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (mg AG/g) (Shotorbani et al., 2013).

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FLAVONOIDES TOTALES

A 0.5 mL del extracto se le adicionaron 1.5 mL de agua destilada y 0.15 mL de NaNO_2 al 0.05%. Luego de 5 min se adicionó 150 μL de AlCl_3 al 0.1% y se dejó en reposo por 6 min. Cumplido este tiempo se agregó 1 mL de NaOH 1 M, completando el volumen de la solución a 5 mL con agua destilada. Luego de 30 min se midió la absorbancia de la solución a 510 nm en un espectrofotómetro (Spectroquant® Pharo 300).

Para la elaboración de la curva de calibración de catequina, se prepararon diluciones de este estándar a concentraciones de 9 a 60 $\mu\text{g}/\text{mL}$, las cuales fueron tratadas de manera similar a la muestra. El contenido de flavonoides totales fue expresado como miligramos-equivalentes de catequina por gramo de muestra (mg CAT/100g) (Ivanova et al., 2010).

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS

Tratamiento de la muestra: 1 g de la muestra previamente desengrasada fue extraída con 5 ml de solución de ácido acético al 4% en agua, en ultrasonido por 30 minutos. Se centrifugo y filtró sobre 0.45 micras.

La solución se diluye 1 a 10 con los buffers de pH 1.0 y 4.5 y se miden las absorbancias a 510 y 700 nm; se determinó el contenido usando el coeficiente de extinción molar del 3-glucósido de cianidina. Las muestras fueron analizadas por triplicado. Las antocianinas se reportan como mg equivalentes de 3-glucósido de cianidina /Kg.

Se calcula como:

$$B \text{ (mg antocianinas/L)} = A \times MW \times DF \times 1000 \times (1/E \times L)$$

$$\text{Ant (mg/Kg)} = B \times (V/ Wm) \times 1000$$

Donde:

$$A = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$$

MW = peso molecular del 3-glucósido de cianidina (449.2 g/mol)

DF: Factor de dilución (10)

E: coeficiente de extinción (26900 para el 3-glucósido de cianidina)

L: ancho de la celda (1 cm)

V: L solución muestra

Wm: es el peso de la muestra (en mg) (Villanueva et al., 2010).

DETERMINACIÓN DE ANTOCIANIDINAS POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA EFICIENCIA

Se utilizó la metodología propuesta por (Giusti et al., 2001), en el equipo de cromatografía líquida de alta resolución como se detalla a continuación.

Procedimiento

Se tomó, una pequeña cantidad de muestra representativa de cada uno de los frutos silvestres. La muestra, se transfirió a un beaker de 50 mL luego se agregó acetona en una cantidad de 20 mL y se dejó macerar en un tiempo suficiente hasta que el solvente se sature.

Cada una de las muestras maceradas fueron transferidas a los tubos de ensayo de la centrifuga para posteriormente ser centrifugadas a una velocidad de 4000 rpm por 10 minutos, la finalidad fue de separar el solvente y la parte sólida (residuo).

El sobrenadante de las muestras después de la centrifugación fue transferido a viales de 20 mL para luego adicionar cloroformo, con la finalidad de realizar la separación líquido-líquido, después la porción acuosa (parte superior) fue colectada de cada muestra en dos viales de 20 mL, la cual se empleó para realizar la identificación.

Para realizar la hidrólisis ácida de las muestras, se adicionó 10 mL de ácido clorhídrico HCl 6N en muestras de 5 mL, posteriormente los viales fueron sellados.

Las muestras en viales sellados fueron llevadas a una estufa a 80 °C por 30 minutos con el fin de realizar la hidrólisis ácida.

Las muestras hidrolizadas fueron transferidas a los tubos y luego centrifugadas a 4000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante se separó, la parte sólida correspondió al residuo. La muestra hidrolizada se transfirió a un beaker de 50 mL y se adicionó 5 mL de agua acidificada con HCl 0,01%, de esta muestra se tomó 5 mL y se pasó por una columna C-18 para hacer la purificación, los componentes analizados fueron retenidos en silicagel que existe en el C-18 para posteriormente realizar un lavado con metanol acidificado con HCl 1%, para eliminar algunas impurezas, se adicionó agua acidificada con HCl 0,01%.

Las muestras fueron transferidas a viales de 1 mL las cuales fueron utilizadas para realizar el análisis en el HPLC.

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

A partir de la solución del extracto se prepararon diluciones con concentraciones de 0.2 a 2 mg/mL a las cuales se les agregó 3950 μ L de DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo) y se completó con etanol al 80% hasta un volumen total de 4000 μ L. Luego los tubos de ensayo fueron colocados en la oscuridad por 30 min. La reducción de DPPH fue determinada a una longitud de onda de 517 nm en un espectrofotómetro (Spectroquant® Pharo 300) frente a un blanco de etanol al 80%. El porcentaje de actividad antioxidante fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\%AA = 100 \times (1 - (\text{Absorbancia muestra}/\text{Absorbancia DPPH control}))$$

La concentración efectiva media (EC50) de la actividad antioxidante fue obtenida a partir de la curva del porcentaje de actividad antioxidante versus la concentración extracto de la muestra (μ g/mL) (Pazko et al., 2009).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño estadístico correspondió a un diseño completamente al azar (DCA), y la diferencia significativa de los resultados de fenoles, flavonoides, antocianinas y actividad antioxidante se analizó a través de un ANOVA de un factor, seguido de una comparación de medias de Fisher – LSD con nivel de significancia del 5%, el análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.

COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS

FENÓLICOS TOTALES

La determinación del contenido de compuestos fenólicos totales se realizó mediante el método que utiliza el reactivo de Folin Ciocalteu (Shotorbani et al., 2013). Los compuestos fenólicos constituyen uno de los grupos de micronutrientes presentes en el reino vegetal y son considerados metabolitos secundarios de las plantas (Martínez, Periago y Ros, 2000); además, presentan en su composición uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático (Peñarrieta, Tejeda, Mollinedo, Vila y Bravo, 2014) motivo por el cual presentan la habilidad de secuestrar radicales libres.

En cuanto al contenido de fenoles totales el Cheqche y la Machamacha presentaron 21.47 ± 0.11 y 12.99 ± 0.47 mg equivalentes de ácido gálico/ g, seguido de la Machamacha, mientras que el Condorpausan presenta una concentración de 2.82 ± 0.06 mg equivalentes de ácido gálico/g (tabla 16).

Comparando el contenido de fenólicos totales con otros frutos se considera que los frutos silvestres estudiados pueden ser una importante fuente de polifenoles, esto debido a que su contenido es mayor con respecto a otros frutos publicado por otros autores, cuantificados a través del mismo método empleado, por ejemplo la mora (*Rubus ulmifolius*) (118.9 ± 2.1 mg ácido gálico/100 g), uva negra (*Vitis vinífera*) (117.1 ± 0.6 mg ácido gálico/100 g), acai (*Euterpe oleracea*) (136.8 ± 0.4 mg ácido gálico/100 g), guayava (*Psidium guajava*) (83.0 ± 1.3 mg ácido gálico/100 g), fresa (*Fragaria vesca* L.) (132.1 ± 3.8), piña (*Ananas comosus*) (21.7 ± 4.5 mg ácido gálico/100 g), y maracuyá (*Passiflora edulis*) (20.0 ± 2.6 mg ácido gálico/100 g) (Kuskoski et al., 2005). Y los reportados para uchuva verde (*Physalis peruviana*) (66.5 ± 2.3 mg ácido gálico/100 g pulpa seca), uchuva pintona (*Physalis peruviana*) (52.6 ± 1.6 mg ácido gálico/100 g pulpa seca) y uchuva madura (*Physalis peruviana*) ($59.2 \pm 1,3$ mg ácido gálico/100 g pulpa seca) (Corrales et al., 2015), aunque para la cascara de camu-camu maduro (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh) el contenido fue 600.02 ± 48 mg ácido gálico/100 g (Villanueva et al., 2010), que es similar al cuantificado en el Huancachu.

Frutos silvestres	mg-eq ácido gálico/g		
	\bar{x}		s
Cheqche	21.47 ^a	±	0.11
Machamacha	12.99 ^b	±	0.47
Capachu	9.00 ^c	±	0.21
Alaybilí	8.51 ^c	±	0.60
Huancachu	5.86 ^d	±	0.20
Frambuesa silvestre	5.23 ^e	±	0.20
Condorpausan	2.82 ^f	±	0.06

Donde: \bar{x} es la media; s es la desviación estándar, Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test LSD, con $\alpha = 5\%$.

Tabla 16. Contenido de fenoles totales.

La importancia del estudio sobre el contenido de los compuestos fenólicos está relacionada con la actividad biológica que presentan, ya que son considerados uno de los fitoquímicos que contribuyen al mantenimiento de la salud humana por sus propiedades terapéuticas (Cerón et al., 2012). Asimismo, Muñoz et al. (2007) menciona que estos compuestos son constituyentes importantes de las plantas, motivo por el cual son ampliamente utilizadas por la industria alimentaria, no solo por las características organolépticas que le confiere a las frutas y hortalizas sino porque retardan la oxidación de los lípidos y mejoran la calidad nutricional de los alimentos.

FLAVONOIDES TOTALES

La determinación del contenido de Flavonoides totales se realizó mediante el método propuesto por Ivanova et al., (2010).

La cuantificación del contenido de flavonoides totales se muestra en la tabla 17, los frutos silvestres fueron ordenados de mayor a menor concentración, siendo el Cheqche el fruto de mayor concentración, con un valor de 18.42 ± 0.12 mg catequina/g, mientras que el Condorpausan el fruto de menor concentración con 1.63 ± 0.04 mg catequina/g, por otra parte, los frutos Capachu-Alaybilí; y Huancachu-Frambuesa silvestre no muestran diferencia significativa (p -value < 0.05).

Los resultados obtenidos son superiores a los encontrados para la guayaba agria (133.73 ± 1.12 mg catequina/100g) (Zapata et al., 2013), uchuva verde (*Physalis peruviana* L.) (131.9 ± 4.4 mg catequina/100g), uchuva pintona (78.7 ± 2.9 mg catequina/100g) y

uchuwa madura (65.9 ± 1.7 mg catequina/100g) (Corrales et al., 2015), en ese sentido se puede evidenciar que los frutos silvestres tienen alto contenido de flavonoides respecto a otros frutos estudiados.

La importancia del contenido de flavonoides en frutos radica en que estos compuestos presentan propiedades antiinflamatorias, antibacterianas, antivirales, antialérgicas y antitumorales (Lima y Bezerra, 2012). Además, estos compuestos ejercen su acción antioxidante al combinar sus propiedades quelantes y secuestrar los radicales libres, inhiben la oxidasa y otras enzimas (Pérez, 2003), estas propiedades hacen que presente gran interés en identificar y cuantificar este grupo de compuestos en diferentes frutos silvestres.

Frutos silvestres	mg catequina/g		
	\bar{x}		s
Cheqche	18.42 ^a	±	0.12
Machamacha	10.41 ^b	±	0.28
Capachu	8.72 ^c	±	0.31
Alaybilí	8.51 ^c	±	0.09
Huancachu	5.49 ^d	±	0.08
Frambuesa silvestre	5.18 ^d	±	0.21
Condorpausan	1.63 ^e	±	0.04

Donde: \bar{x} es la media; s es la desviación estándar, Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test LSD, con $\alpha = 5\%$.

Tabla 17. Contenido de flavonoides totales.

ANTOCIANINAS TOTALES

La determinación de antocianinas totales se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Pasko et al., (2009). Las antocianinas son compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides y están presentes en la naturaleza como pigmentos en flores, frutos y hojas de algunas plantas (Guerra y Ortega, 2006).

En la tabla 18 se muestran los resultados del contenido de antocianinas totales de los frutos silvestres, se observa que el Cheqche y Machamacha son los que presentan mayor contenido de antocianinas 583.51 ± 18.04 y 336.66 ± 1.04 04 mg de cianidina-3-glucósido/g, respectivamente, mientras que Huancachu muestra menor concentración con 7.02 ± 0.76 mg de cianidina-3-glucósido/g, no obstante, los frutos Condorpausan y Alaybilí no muestran diferencia significativa (p -value < 0.05).

Frutos silvestres	mg de cianidina-3 glucósido/g		
	\bar{x}		s
Cheqche	583.51 ^a	±	18.04
Machamacha	336.66 ^b	±	1.04
Capachu	118.80 ^c	±	2.53
Frambuesa silvestre	62.41 ^d	±	2.85
Condorpausan	26.00 ^e	±	1.22
Alaybilí	21.00 ^e	±	0.20
Huancachu	7.02 ^f	±	0.76

Donde: \bar{x} es la media; s es la desviación estándar, Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test LSD, con $\alpha = 5\%$.

Tabla 18. Contenido de antocianinas totales.

El contenido de antocianinas en estos frutos silvestres es bastante alto comparado con algunas otras fuentes ricas en antocianinas como mora (41.8 ± 1.8 mg de cianidina-3-glucósido/100g), uva (30.9 ± 0.1 mg de cianidina-3-glucósido/100g), acai (22.8 ± 0.8 mg de cianidina-3-glucósido/100g), guayaba (2.7 ± 0.2 mg de cianidina-3-glucósido/100 g), fresa (23.7 ± 2.3 mg de cianidina-3-glucósido/100 g) (Kuskoski et al, 2005), Blackberry (*Rubus* spp.) (57.2 ± 2.5 mg de cianidina-3-glucósido/100g), Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) (5.1 ± 0.9 mg de cianidina-3-glucósido/100g), Raspberry (*Rubus idaeus*) (57.5 ± 3.4 mg de cianidina-3-glucósido/100g) (Marhuenda et al., 2016), es así que los frutos silvestres estudiados tienen alto contenido de antocianinas respecto a otros frutos.

La importancia de la cuantificación de las antocianinas, se debe a las propiedades biofuncionales que presenta y el aporte que tienen como valor agregado para ser empleadas en la industria como colorantes naturales (Santacruz, 2011).

IDENTIFICACIÓN DE ANTOCIANIDINAS EN LOS FRUTOS SILVESTRES POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA

Se obtuvieron cromatogramas a una longitud de onda de 520 nm, con la finalidad de determinar los compuestos antocianínicos. Para realizar la comparación se emplearon cromatogramas de frutos estudiados como la uva y la fresa, los mismos que fueron tratados a la misma longitud de onda.

Se identificaron a las antocianidinas que tenían patrones para realizar la comparación, los tiempos de retención (*Ret time*) y los porcentajes de las antocianidinas están relacionados con la polaridad que presenta cada antocianidina con la columna que es la fase estacionaria, la fase móvil permite hacer la separación de los compuestos de la

muestra, también la fase móvil evita que se quede el compuesto en la columna, éste es el mecanismo que ocurre durante el análisis de la muestra en el HPLC, previo al análisis de la muestra con el HPLC se realizó la hidrólisis ácida con la finalidad de eliminar el azúcar de la estructura de la antocianina, por lo tanto se reduce la polaridad de la molécula, volviéndola más compatible con la fase estacionaria (columna), de modo que la elución con la fase móvil tarda más tiempo (Strack y Wray, 1989; Lei et al., 2021).

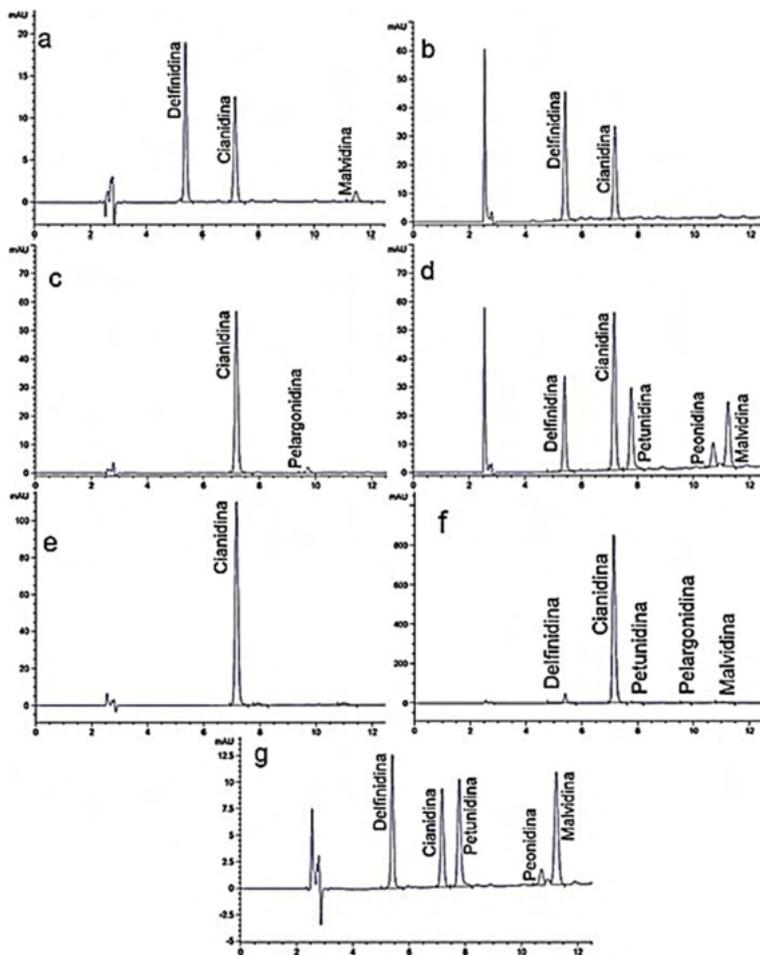


Figura 23. Cromatogramas de las antocianinas de: a) Condorpausan, b). Machamacha, c) Frambuesa silvestre, d) Huancachu, e) Capachu, f) Alaybili, g) Cheqche.

En el caso de los frutos silvestres Condorpausan y Machamacha (Figura 23.a y 23.b), presentaron 11 tipos de antocianinas, de los cuales se lograron identificar solo dos, la delphinidina (1.47% y 33.23% respectivamente) y cianidina (0.94% y 2.82% respectivamente). Mientras que la Frambuesa silvestre (Figura 23.c), presentó 6 picos,

de los cuales dos fueron identificadas cianidina (48.11%) y pelargonidina (2.54%), en el Huancachu (Figura 23.d), presento 10 tipos de antocianidinas, cinco fueron identificadas; la delfinidina, cianidina, peonidina y malvidina. Por otra parte, el Capachu (Figura 23.e), solo presento 2 picos, siendo uno de ellos la cianidina (1.25%), en el Alaybilí (Figura 23.f), pudieron ser identificadas, cinco tipos de antocianidinas, delfinidina, cianidina, petunidina, pelargonidina y malvidina. Finalmente, en el Cheqche, se obtuvo una cantidad total de 11 picos (antocianidinas), de los cuales cinco, pudieron ser identificados: delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina (Figura 23.g).

Kuskoski et al. (2005), evaluaron los compuestos fenólicos y antociánicos de los frutos tropicales silvestres y pulpas de frutas congeladas, en la que el extracto de baguacu, además de presentar elevada concentración de antocianinas, presentó los principales pigmentos como la delfinidina 3-glicosido (17,9%), cianidina 3-glicosido (1,8%), petunidina 3-glicosido (15,9 %), pelargonidina 3-glicosido (15,9 %), peonidina 3-glicosido (11,7 %) y malvidina 3-glicosido (27,1 %), en el perfil cromatográfico de los siete frutos silvestres, de acuerdo a las comparaciones, se evidencia la presencia de diversas antocianidinas como la delfinidina, cianidina, petunidina, pelargonidina, peonidina y malvidina, así mismo el Cheqche y Condorpausan, fueron los frutos con mayor número de antocianidinas, aunque muchas de ellas no pudieron ser identificadas, al no presentar similitud con los patrones de comparación de la fresa y uva. Los valores obtenidos en el análisis cromatográfico de los siete frutos silvestres, presentan en su mayoría, valores significativamente mayores al de los reportados en la bibliografía, tal es el caso de la cianidina con un porcentaje de 48.11% en la frambuesa silvestre y 1.8% en el extracto de baguacu (*Eugenia umbelliflora* Berg) (Kuskoski et al., 2005).

En el anexo 1 se puede observar los resultados obtenidos por cada fruto de manera independiente.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antioxidante se realizó por el método de DPPH, de acuerdo a la metodología propuesta por Villanueva et al. (2010).

En la tabla 19, se muestran los resultados de la actividad antioxidante para los frutos silvestres, así el Condorpausan ($324.97 \pm 2.55 \mu\text{g/mL}$) y el Cheqche ($32.20 \pm 1.66 \mu\text{g/mL}$) tiene la mayor y menor capacidad de reducir el radical DPPH respectivamente.

La actividad antioxidante del Condorpausan superan ampliamente a los frutos como: mora ($82.6 \pm 1.8 \text{ mg/L}$), uva ($105.9 \pm 0.4 \mu\text{g/mL}$), guayaba ($100.7 \pm 2.2 \mu\text{g/mL}$) fresa ($132.8 \pm 0.3 \mu\text{g/mL}$), piña ($41.1 \pm 0.8 \mu\text{g/mL}$) y maracuyá ($46.66 \pm 1.6 \mu\text{g/mL}$) [18], tumbo serrano (*Passiflora tripartita*) (285.33 mg/L), guinda (36.78 mg/L), noni (*Morinda citrifolia*) (23.89 mg/L), yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (15.66 mg/L), carambola (*Averrhoa carambola*)

(5.59 mg/L), tomate de árbol (*Solanum betaceum*) (6.85 mg/L), aguaymanto (6.29 mg/L) y tumbo costeño (*Passiflora mollisima*) (0.35 mg/L) (Muñoz-Jáuregui et al., 2007).

Así la importancia de conocer la actividad antioxidante permite tener la alternativa de reemplazar antioxidantes sintéticos, puesto que reducen el estrés oxidativo en las células por su capacidad de reaccionar con radicales libres y son ampliamente usados para tratar diferentes enfermedades que atacan a la salud humana (Repo, 2008), es por ello que los antioxidantes naturales presentes en las frutas silvestres son una importante fuente de compuestos con propiedades fitoquímicas que representan una potencial alternativa para ser usados en la industria farmacéutica y de alimentos, esto se refleja en los altos contenidos de flavonoides y antocianinas que presentan, que actúan como antioxidantes.

Frutos silvestres	$\mu\text{g/mL}$		
	\bar{x}		s
Condorpausan	324.97 ^a	±	2.55
Huancachu	107.00 ^b	±	0.00
Frambuesa silvestre	102.59 ^c	±	0.09
Alaybilí	71.00 ^d	±	0.00
Capachu	55.24 ^e	±	1.61
Machamacha	43.03 ^f	±	1.90
Cheqche	32.20 ^g	±	1.66

Donde: \bar{x} es la media; s es la desviación estándar, Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test LSD, con $\alpha = 5\%$.

Tabla 19. Actividad Antioxidante.

En las Figuras 24 y 25 se muestra una comparación de los frutos silvestres estudiados, tomándose en consideración los compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidante. Es conocido que el índice de madurez tiene una estrecha relación con un alto contenido de polifenoles y una elevada capacidad antioxidante, por otro lado, un menor índice de madurez ocasiona una disminución en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en cada especie.

El género *Rubus*, presenta una amplia distribución en el reino vegetal, sus frutos pigmentados contienen compuestos bioactivos que previenen diversas enfermedades degenerativas; varios genotipos de *Rubus* en estado de madurez de consumo, han sido reportados por tener esas cualidades. Además, se ha realizado la identificación taxonómica de varios especímenes, entre los que destaca la zarzamora (*Rubus adenotrichus Schldt*) (Rubio et al., 2019; He et al., 2020). En estas especies, también, se han realizado conteos

de sus cromosomas, lo cual sirve para su conservación y valoración genética (Rodríguez et al., 2018). En el presente estudio no se ha desarrollado dicho conteo, pero es el siguiente reto para investigaciones futuras en especímenes altoandinos. Por otro lado, se conoce que las plantas del género *Hesperomeles*, se encuentran en ecosistemas de gran altitud, lo cual favorece la presencia de una importante capacidad antioxidante (Hair et al., 2021). Los frutos silvestres estudiados en la presente investigación, se desarrollan por encima de los 3600 msnm, lo cual corroboraría dicha afirmación.

El contenido alto de agua en frutos, disminuye su vida en almacenamiento y su contenido de azúcares, en el caso de las especies estudiadas, se observan contenidos menores de humedad, lo cual es una ventaja frente a otros frutos comunes (Rubio et al., 2019). La dulzura es bastante valorada en la elaboración de diferentes productos y tiene estrecha relación con valores altos de sólidos solubles totales (Lončarević et al., 2018; Petkovsek et al., 2020), como es el caso de los datos en frutos silvestres altoandinos.

Conforme maduran los frutos se da el proceso de cambio de los ácidos orgánicos en azúcares, el ácido málico y cítrico son los que se encuentran en mayor cantidad y en el caso de azúcares la glucosa y fructuosa. El sabor se ve afectado por el contenido de sacáridos y ácidos orgánicos (Petkovsek et al., 2016). Los índices de madurez estuvieron dentro de los rangos reportados por diversos autores, valores cercanos a 10 hacen referencia a sabores agradables, los frutos silvestres estudiados presentan valores mayores a este estándar (Vergara et al., 2016; Rubio et al., 2019).

En lo referente al color se sabe que, a medida que avanza la madurez el valor de L disminuye, por lo que se observa una tendencia al oscurecimiento, la no presencia de valores negativos indica un alejamiento del color verde en la estructura de las frutas, la aparición de pigmentos es evidente durante la maduración (Vergara et al., 2016). Se observaron diferencias marcadas entre los frutos silvestres estudiados en cuanto al color.

Se conoce que la presencia de compuestos fenólicos está influenciada por diferentes variables, entre las que destacan, las condiciones climáticas, el tipo de cultivo, la especie de fruto silvestre y su etapa fenólica. Su aislamiento está condicionado por el tipo de solvente que se utiliza (Valencia y Guevara, 2013). Los ácidos fenólicos predominantes en las especies *Rubus* son el ácido gálico y ácido 3,4-dihidroxibenzoico (Schulz et al., 2019). Las especies estudiadas en el presente trabajo, son candidatas perfectas para su revaloración y mejoramiento genético, debido a sus altos niveles en polifenoles y capacidad antioxidante.

Johnson y Mejía (2012), mencionan que existe una correlación positiva entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, lo que indicaría que el contenido de polifenoles y los índices de madurez en los frutos estudiados, inciden directamente en su actividad antioxidante, Por otro lado, Chirinos et al., (2013) demostraron que la actividad antioxidante tiene estrecha relación con la metodología utilizada para su

determinación.

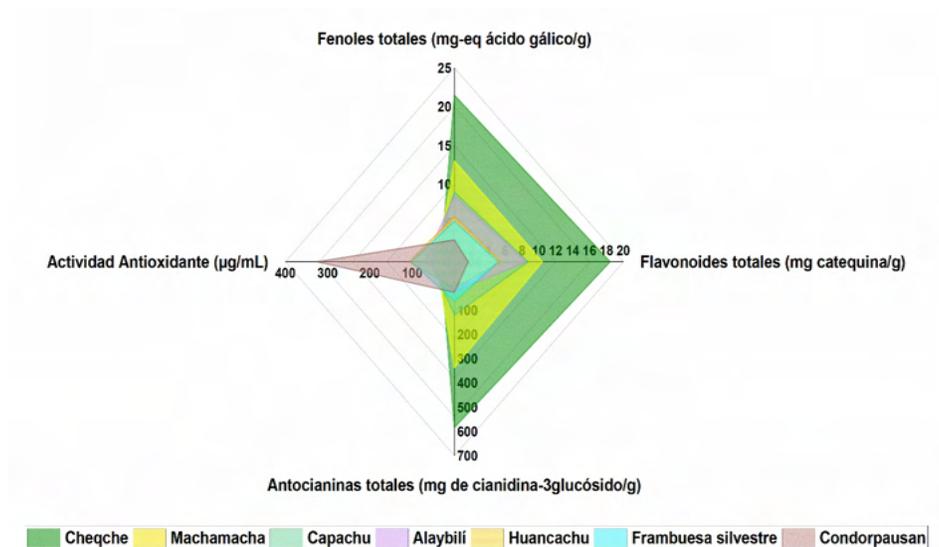


Figura 24. Comparación de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de frutos silvestres altoandinos.

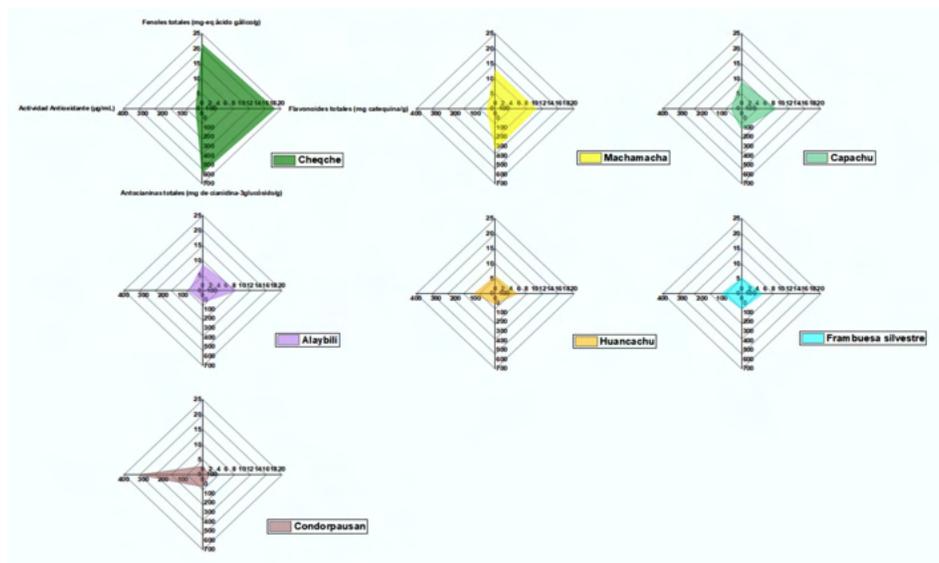


Figura 25. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante individual de frutos silvestres altoandinos.

CONCLUSIONES

Se determinaron los valores de compuestos fenólicos totales en los frutos silvestres, los cuales variaron entre 2.82 ± 0.06 y 21.47 ± 0.11 mg equivalentes de ácido gálico/g, que corresponden al Condorpausan y Cheqche respectivamente.

Se determinó el contenido de flavonoides en los frutos silvestres estudiados, los que oscilan entre 1.63 ± 0.04 y 18.42 ± 0.12 mg equivalentes de catequina/ g, que corresponden al Condorpausan y Cheqche respectivamente.

Se cuantificaron las antocianinas en los frutos silvestres, los cuales presentaron valores entre 7.02 ± 0.76 y 583.51 ± 18.04 mg equivalentes de cianidina-3-glucósido/g, que corresponden al Huancachu y Cheqche respectivamente.

Se cuantificó la capacidad antioxidante en frutos silvestres andinos, las muestras analizadas presentaron valores entre 32.20 ± 1.66 y 324.97 ± 2.55 $\mu\text{g/mL}$, que corresponden al Cheqche y Condorpausan respectivamente.

Los frutos silvestres estudiados presentan altos contenidos de fenoles totales, flavonoides y antocianinas como cianidina-3-glucósido, especialmente el Condorpausan, por otra parte, las antocianidinas encontradas fueron: delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina, malvidina y pelargonidina al ser comparadas como un patrón de uva, lo que hace que la actividad antioxidante sea alta, superando ampliamente a los frutos convencionales y silvestres de diferentes zonas.

RECOMENDACIONES

Determinar la capacidad antioxidante, por otros métodos validados, empleando otros radicales libres como el ABTS, FRAP para luego compararlos.

Realizar pruebas para la formulación de productos derivados, a partir de los frutos silvestres.

Determinar la capacidad antioxidante y los compuestos bioactivos, en productos elaborados a partir de los frutos silvestres.

Realizar un análisis de resonancia magnética y/o uno de espectrometría de masas, para identificar con mayor precisión a las antocianidinas y compuestos fenólicos presentes en los frutos silvestres.

REFERENCIAS

- Agudo, L. (2010). Técnicas para la determinación de compuestos antioxidantes en alimentos. — ISSN: 1989-9041, autodidacta.
- Aguilera, et al., (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. Universidad Juárez del Estado de Durango. México.
- Ali, B. H., Wabel, N.A. and Blunden, G. (2005). Phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of *Hibiscus sabdariffa* L. *Phytotherapy Research*. 19(5),369-375. <https://doi/10.1002/ptr.1628>
- Álvarez, et al., (2011). Los alimentos funcionales, una oportunidad para una mejor salud. Libro 1ra edición. Madrid- España.
- Álvarez, et al., (2021). Novel approaches in anthocyanin research - Plant fortification and bioavailability issues. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.049>
- Andarwulan, et al., (2021). Antioxidants Such as Flavonoids and Carotenoids in the Diet of Bogor, Indonesia Residents. *Antioxidants*, 10(4), 587. 10.3390/antiox10040587
- Arakawa, T., Tokunaga, M., Kita, Y., Niikura, T., Baker, R. W., Reimer, J. M., & Leschziner, A. E. (2021). Structure Analysis of Proteins and Peptides by Difference Circular Dichroism Spectroscopy. *The Protein Journal*, 1-9. 10.1007/s10930-021-10024-7
- Arias, et al., (2021). *Daucus carota* DcPSY2 and DcLCYB1 as Tools for Carotenoid Metabolic Engineering to Improve the Nutritional Value of Fruits. *Frontiers in Plant Science*. 12, 1210. 10.3389/fpls.2021.677553
- Armenteros, et al., (2012). Empleo de antioxidantes naturales en productos cárnicos. *Eurocarne*. 207(1), 63– 73.
- Astrid, G. G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Ciencia Tecnología y Alimentos Revisión, *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-3.
- Astuti, et al., (2021). Antiaging and Antioxidant Bioactivities of Asteraceae Plant Fractions on the Cellular Functions of the Yeast *Schizosaccharomyces pombe*. *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*, 2021, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2021/2119634>
- Ávila, et al., (2021). Phenolic compounds and biological rhythms: Who takes the lead?. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 77-85. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.050>
- Babor, et al., (1956). Química general moderna. 5ta ed. Manuel Marín y Cía, Barcelona, España. 902.
- Barreca, et al., (2021). Food flavonols: Nutraceuticals with complex health benefits and functionalities. *Trends in Food Science & Technology*, 117, 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.030>.
- Bashmil, Y. M., Ali, A., Bk, A., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. (2021). Screening and Characterization of Phenolic Compounds from Australian Grown Bananas and Their Antioxidant Capacity. *Antioxidants*, 10(10), 1521. <https://doi.org/10.3390/antiox10101521>

Bautista, et al., (2021). Mexican Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) as Source of Bioactive Compounds: A Review. *Molecules*, 26(17), 5156. <https://doi.org/10.3390/molecules26175156>

Bennett, et al., (2021). Untargeted metabolomics of purple and orange-fleshed sweet potatoes reveals a large structural diversity of anthocyanins and flavonoids. *Scientific Reports*, 11, 16408. <https://www.nature.com/articles/s41598-021-95901-y>

Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>

Block, G., Patterson, B., and Subar, A. (1992). Fruit, vegetables, and cancer prevention: A review of the epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer*, 18(1), 1-29. <https://doi.org/10.1080/01635589209514201>

Bobinaitė, R., Viškelis, P., y Venskutonis, P. R. (2012). Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. *Food chemistry*, 132(3), 1495–1501. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.137>

Brand, et al., (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol*, 20(1), 25-30.

Burin, et al., (2010). Color, contenido fenólico y Biocompuestos.

Busche, M., Acatay, C., Martens, S., Weisshaar, B., & Stracke, R. (2021). Functional characterisation of banana (*Musa* spp.) 2-oxoglutarate-dependent dioxygenases involved in flavonoid biosynthesis. *Frontiers in Plant Science*, 1693. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.701780>

Cappellini, et al., (2021). Anthocyanins: From Mechanisms of Regulation in Plants to Health Benefits in Foods. *Frontiers in Plant Science*, 12, 35-44. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.748049>

Cárdenas, et al., (2015). Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. Universidad de Córdoba. Revista de la Facultad de Ingeniería "Ingenium". 17 (1).

Cerón, et al., (2012). Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. *Vector*, 5(1), 17-26.

Chapman, et al., (2020). LDL subclass lipidomics in atherogenic dyslipidemia: effect of statin therapy on bioactive lipids and dense LDL[S]. *Journal of Lipid Research*, 6(6), 911-932. <https://doi.org/10.1194/jlr.P119000543>

Cheyrier, V. (2005). Determinación de polifenoles con métodos convencionales y supercríticos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). *Departamento de Ciencias Químicas*. <https://researchgate.net/publication/257409196>

Chirinos, R., Pedreschi, R., Rogez, H., Larondelle, Y., y Campos, D. (2013). Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, 47, 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.025>

- Cho, et al., (2018). Avances recientes en estudios sobre el potencial terapéutico de los carotenoides dietéticos en enfermedades neurodegenerativas. *Medicina oxidativa y longevidad celular*, 4120458. <https://doi.org/10.1155/2018/4120458>
- Christ, V., Graca, C. S., Kupski, L., Badiale, E., & De Souza, L. A. (2019). Cytotoxicity, antifungal and anti mycotoxins effects of phenolic compounds from fermented rice bran and *Spirullina* sp. *Process Biochemistry*, 190-196. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.02.007>
- Codina, I., Rodero, L., & Almajano, M. P. (2021). Brewing By-Products as a Source of Natural Antioxidants for Food Preservation. *Antioxidants*, 10(10), 1512. <https://doi.org/10.3390/antiox10101512>
- Contreras, et al., (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047-2053. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>
- Corrales, et al., (2015). Características nutricionales y antioxidantes de uchuva colombiana (*Physalis peruviana* L.) en tres estadios de su maduración. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(4).
- Cox-Georgian, et al., (2019). Therapeutic and Medicinal Uses of Terpenes. *Medicinal Plants*, 333–359. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-31269-5_15
- Criado, et al., (2009). Vitaminas y antioxidantes servicios de Medicina Interna y Urgencias. Actualizaciones el médico. Departamento de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Crosby, L., Davis, B., Joshi, S., Jardine, M., Paul, J., Neola, M., & Barnard, N. D. (2021). Ketogenic Diets and Chronic Disease: Weighing the Benefits Against the Risks. *Frontiers in Nutrition*, 8,403. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.702802>
- Cuevas-Rodríguez, E. O., Dia, V. P., Yousef, G. G., García-Saucedo, P. A., López-Medina, J., Paredes-López, O., Gonzalez de Mejia, E., y Lila, M. A. (2010). Inhibition of pro-inflammatory responses and antioxidant capacity of Mexican blackberry (*Rubus* spp.) extracts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(17), 9542–9548. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf102590p>
- Danh, et al., (2021). Evaluation of fatty acids, phenolics and bioactivities of spent coffee grounds prepared from Vietnamese coffee. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1548-1558. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1977657>
- Debbarma, et al., (2021). Bioactive Compound and Nanotechnology: A Novel Delivery Perspective for Diabetic Retinopathy. *Current Bioactive Compounds*, 17(8). 10.2174/1573407216999201224145751
- Del Prado, et al., (2021). Therapeutic Applications of Terpenes on Inflammatory Diseases. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 2114.
- Duan, J., Song, Y., Zhang, X., & Wang, C. (2021). Effect of ω -3 polyunsaturated fatty acids-derived bioactive lipids on metabolic disorders. *Frontiers in Physiology*, 12.
- Eastman, et al., (2018). Isoprenoid. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/isoprenoid>

Elvira, et al., (2019). Nutritional Importance of Carotenoids and Their Effect on Liver Health: A Review Reprinted from. *Journal Antioxidants*, 53-75. <https://doi.org/10.3390/antiox8070229>

Ezzedine, K., Latreille, J., Kesse-Guyot, E., Galan, P., Hercberg, S., Guinot, C. and Malvy, D. (2010). Incidence of skin cancers during 5-year follow-up after stopping antioxidant vitamins and mineral supplementation. *European Journal of Cancer*, 46(18), 3316-3322. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2010.06.008>

Fратиани, F., Cozzolino, A., De Feo, V., Coppola, R., Ombra, MN., Nazzaro, F., Polyphenols, Antioxidant, Antibacterial, and Biofilm Inhibitory Activities of Peel and Pulp of *Citrus medica* L., *Citrus bergamia*, and *Citrus medica* cv. Salò Cultivated in Southern Italy. *Molecules*, 24(24), 4577. <https://doi.org/10.3390/molecules24244577>

Fu, et al., (2014). Bioavailability of tocotrienols: evidence in human studies. *Nutrition & metabolism*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-11-5>

Garzón, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica colombiana*, 13, 27–36.

Giusti, et al. (2001). Characterization and measurement with UVvisible spectroscopy”, Current protocols in food analytical chemistry, *John Wiley & Sons*, Inc.

Gómez, M. (2010). Desarrollo y evaluación de estrategias analíticas para la caracterización de compuestos bioactivos en alimentos funcionales. Tesis de doctoral. Facultad de Ciencias química analítica. Universidad de granada. Granada.

González, et al., (2021). Flavonoids: From Biosynthesis and Metabolism to Health Benefits. *Frontiers in Plant Science*, 12, 2145.

Graveley, B. (2000). Sorting out the complexity of SR protein functions. *RNA*, 6(9), 1197-1211. <https://doi.org/10.1017/S1355838200000960>

Guan, H., Zhang, W., Sun-Waterhouse, D., Jiang, Y., Li, F., Waterhouse, G. I. N., & Li, D. (2021). Phenolic-protein interactions in foods and post ingestion: Switches empowering health outcomes. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 71-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.033>

Guerra, M., & Ortega, G. (2006). Separación, caracterización estructural y cuantificación de antocianinas mediante métodos químicos-físicos. Parte I. *Instituto Cubano de Investigación de la Caña de Azúcar*, 40(2), 35-44.

Hair, et al., (2021). Anthocyanins, Microbiome and Health Benefits in Aging. *Molecules*, 26(3), 537. [10.3390/molecules26030537](https://doi.org/10.3390/molecules26030537)

He, Y., Jin, S., Ma, Z., Zhao, J., Yang, Q., Zhang, Q., Zhao, Y., y Yao, B. (2020). The antioxidant compounds isolated from the fruits of chinese wild raspberry *Rubus Chingii* Hu. *Natural product research*, 34(6), 872–875. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1504046>

- Hill, et al., (2000). Química para el nuevo milenio. 8va ed. Prentice Hall Hispanoamericana, Naucalpan de Juárez, México. 651.
- Hiura, et al., (2021). Diversification of terpenoid emissions proposes a geographic structure based on climate and pathogen composition in Japanese cedar. *Scientific Reports*, 11, 8307. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87810-x>
- Hu, et al., (2021). Flavonoid Levels and Antioxidant Capacity of Mulberry Leaves: Effects of Growth Period and Drying Methods. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1449. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.684974>
- Ivanova, I., Stefova, M., and Chinnici, F. (2010). Determination of the polyphenol contents in Macedonian grapes and wines by standardized spectrophotometric methods. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75(1), 45–59. <https://doi.org/10.2298/JSC1001045I>
- Jiang, et al., (2016). Extracción y análisis de terpenos / terpenoides. *Protocolos actuales en biología vegetal*, 1, 345–358. <https://doi.org/10.1002/cppb.20024>
- Jideani, et al., (2021). Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 41-67. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1866597>
- Jing, et al., (2021). Recent updates on the chemistry, bioactivities, mode of action, and industrial applications of plant essential oils. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 78-89. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.070>
- Johnson, M. H., y Gonzalez de Mejia, E. (2012). Comparison of chemical composition and antioxidant capacity of commercially available blueberry and blackberry wines in Illinois. *Journal of food science*, 77(1), 141–148. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02505.x>
- Ju, et al., (2014). Bioavailability of tocotrienols: evidence in human studies. *Nutrition & Metabolism*, 11(5). <https://doi.org/10.1186/1743-7075-11-5>
- Kamiloglu, S., Tomas, M., Ozdal, T., & Capanoglu, E. (2021). Effect of food matrix on the content and bioavailability of flavonoids. *Trends in Food Science & Technology*, 117, 15-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.030>
- Khan, et al., (2021). Dietary Flavonoids: Cardioprotective Potential with Antioxidant Effects and Their Pharmacokinetic, Toxicological and Therapeutic Concerns. *Molecules*, 26(13), 4021. <https://doi.org/10.3390/molecules26134021>
- Kong, J., M., Chia, L., Goh, N., Chia, T., and Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923-933. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00438-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00438-2)
- Kurnia, N., Liliyasi, Adawiyah, D. R., & Supriyanti, F. M. T. (2021, March). Determination of carbohydrates content in red dragon fruit for food chemistry laboratory. *In AIP Conference Proceedings* (Vol. 2330, No. 1, p. 020032). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0043135>

- Kuskoski, et al., (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(4), 726-732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- Lachowicz, S., Kapusta, I., Stinco, C. M., Meléndez, A. J., Bieniek, A., Ochmian, I., & Gil, Z. (2021). Distribution of Polyphenolic and Isoprenoid Compounds and Biological Activity Differences between in the Fruit Skin+ Pulp, Seeds, and Leaves of New Biotypes of *Elaeagnus multiflora* Thunb. *Antioxidants*, 10(6), 849.
- Laimer, M., & Maghuly, F. (2010). Awareness and knowledge of allergens: A need and a challenge to assure a safe and healthy consumption of small fruits. *Journal of Berry Research*, 1(2), 61-71.
- Lei, et al., (2021). Extraction, Identification, and Health Benefits of Anthocyanins in Blackcurrants (*Ribes nigrum* L.). *Applied Sciences*, 11(4), 1863. <https://doi.org/10.3390/app11041863>
- Lema, C. (2009). Plantas y frutos silvestres comestibles. C.c Archivo de Asociación Nacional para la Defensa, Recuperación y Estudio terapéutico de la raza Asnal (A.N.D.R.E.A)- España.
- Li, et al., (2021). Purification of Anthocyanins Derived from Black Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by a Simulated Moving Bed. *Journal of Chemistry*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5580756>
- Lieu, et al., (2020). Amino acids in cancer. *Revista Médica Herediana*, 52, 15–30. <https://www.nature.com/articles/s12276-020-0375-3>
- Lima, F. O., & Bezerra, A. S. (2012). Flavonoides e radicais livres. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*.
- Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, X., Kong, M., Li, L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, H., Qin, W., Wu, H., Chen, S. (2016). Una descripción general de los compuestos fenólicos vegetales y sus Importancia en la nutrición humana y el manejo de la diabetes tipo 2. *Moléculas*, 21(10), 1374. <https://doi.org/10.3390/molecules21101374>
- Litton, MM., y Beavers, AW., (2021). Relación entre el estado de seguridad alimentaria y la ingesta de frutas y verduras durante la pandemia de COVID-19. *Nutrientes*, 13 (3), 712. <https://doi.org/10.3390/nu13030712>
- Lončarević, I., Pajin, B., Fišteš, A., Šaponjac, V., Petrovic, J., Jovanović, P., Vulić, J.J., y Zarić, D. (2018). Enrichment of white chocolate with blackberry juice encapsulate: Impact on physical properties, sensory characteristics and polyphenol content. *Lwt - Food Science and Technology*, 92, 458-464. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.002>
- Ludwig, DS., Hu, FB., Tappy, L. y Brand-Miller, J. (2018). Carbohidratos dietéticos: papel de la calidad y la cantidad en las enfermedades crónicas. *BMJ (Clinical research ed.)*, 361, 2340. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2340>
- Luo, et al., (2021). Accumulation of Carotenoids and Expression of Carotenoid Biosynthesis Genes in Fruit Flesh During Fruit Development in Two *Cucurbita maxima* Inbred Lines. *Horticultural Plant Journal*, 7(6), 529-538. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.07.006>

Magalhães, L. M., Barreiros, L., Reis, S., & Segundo, M. A. (2014). Kinetic matching approach applied to ABTS assay for high-throughput determination of total antioxidant capacity of food products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(2), 187-194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.01.003>

Man, et al., (2020). Chemical study and medical application of saponins as anti-cancer agents. *Fitoterapia*, 81(7), 703-714. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2010.06.004>

Manach, et al., (2009). The complex between dietary phytoche human health deciphered by metabolimmics. *Mol. Nutr. food res*, 53, 1303-1315.

Marhuenda, J., Alemán, M. D., Gironés-Vilaplana, A., Caravaca, G., Figueroa, F., Mulero, J. and Zafrill, P. (2016). Phenolic Composition, Antioxidant Activity, and In Vitro Availability of Four Different Berries. *Journal of Chemistry*, 14, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2016/5194901>

Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassova, M. (2005). Total phenolics and total flavonoid in bulgarian fruits and vegetables. *Jornal of Chemical Technology and Metallurgy*, 40 (255-260).

Martínez, et al., (2011). Antocianinas y actividad antirradicales libres de *Rubus adenotrichus* Schlttdl (zarzamora). *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 3-7.

Martinez, I., Periago, M. J. & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(1), 5-18

Martos, et al., (1997). . Laboratorio de Fotoquímica, Flavonoid Composition of Tunisian Honeys and Propolis; Department of Food Science and Technology, CEBAS (CSIC), *J. Agric. Food Chem.*

Mattioli, R., Francioso, A., Mosca, L., Silva, P. (2020). Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*, 25(17), 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>

Mayer, A. M. B., Trenchard, L., & Rayns, F. (2021). Historical changes in the mineral content of fruit and vegetables in the UK from 1940 to 2019: a concern for human nutrition and agriculture. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 1-13. [10.1080/09637486.2021.1981831](https://doi.org/10.1080/09637486.2021.1981831)

McGrattan, A. M., Stephan, B. C., Shannon, O. M., Mazidi, M., Gilchrist, M., Smallwood, M., ... & Siervo, M. (2021). Independent and interactive associations of dietary nitrate and salt intake with blood pressure and cognitive function: a cross-sectional analysis in the InCHIANTI study. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 1-12. [10.1080/09637486.2021.1993157](https://doi.org/10.1080/09637486.2021.1993157)

Meenakshi, S., Gnanambigal, D. M., Tamil, S., Arumugan, M., & Balasubramanian, T. (2009). Total flavanoid and in vitro antioxidant activity of two seaweeds of Rameshwaram coast. *Global Journal of Pharmacology*, 3 (59-62).

Mejía-Giraldo, J. C., Henao-Zuluaga, K., Gallardo, C., Atehortúa, L., y Puertas-Mejía, M. A. (2016). Novel In Vitro Antioxidant and Photoprotection Capacity of Plants from High Altitude Ecosystems of Colombia. *Photochemistry and photobiology*, 92(1), 150–157. <https://doi.org/10.1111/php.12543>

Melano, et al., (2021). Effects of Basic Amino Acids and Their Derivatives on SARS-CoV-2 and Influenza-A Virus Infection. *Viruses*, 13(7), 1301. <https://doi.org/10.3390/v13071301>

Mohammad, et al., (2021). Anthocyanins: Chemical Properties and Health Benefits: A Review. *Current Nutrition & Food Science*, 17(7), 662 - 672. 10.2174/1573401317999210101150652

Mosquera, et al., (2021). Terpenes and Terpenoids: Building Blocks to Produce Biopolymers. *Sustainable Chemistry*, 2(3), 467-492. <https://doi.org/10.3390/suschem2030026>

Muñoz, et al., (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista Sociedad Química del Perú*, 73(3), 142-149.

Narayana, K. R., Reddy, M. S., Chaluvadi, M. R., & Krishna, D. R. (2001). Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian Journal of Pharmacology*, 2-16.

Navarro, J., Reglero, G., & Martin, D. (2020). Chemical Characterization and Bioaccessibility of Bioactive Compounds from Saponin-Rich Extracts and Their Acid-Hydrolysates Obtained from Fenugreek and Quinoa. *Foods*, 9(9), 1159. De <https://doi.org/10.3390/foods9091159>

Nowicka, B., Trela-Makowej, A., Latowski, D., Strzalka, K., & Szymańska, R. (2021). Antioxidant and Signaling Role of Plastid-Derived Isoprenoid Quinones and Chromanols. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6), 2950.

Ockermann, et al., (2021). A Review of the Properties of Anthocyanins and Their Influence on Factors Affecting Cardiometabolic and Cognitive Health. *Nutrients*, 13(8), 2831. <https://doi.org/10.3390/nu13082831>

Paredes-López, O., Cervantes-Ceja, M. L., Vigna-Pérez, M., y Hernández-Pérez, T. (2010). Berries: improving human health and healthy aging, and promoting quality life--a review. *Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 65(3), 299–308. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11130-010-0177-1>

Pasko P, Barton H, Zagrodzki P, Gorinstein S, Fołta M, Zachwieja Z. (2009). *Food Chemistry*, 115, 994–998.

Patil, V. M., & Masand, N. (2019). Anticancer Potential of Flavonoids: Chemistry Biological Activities, and Future Perspectives. *Studies in Natural Products Chemistry*, 401-430. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64179-3.00012-8>

Peñarrieta, J. M., Tejada, L., Mollinedo, P., Vila, J.L., Bravo, J. A. (2014). Compuestos fenolicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68-81.

Perez, G. (2003). Los flavonoides: Antioxidantes o prooxidantes. *Revista Cubana Investigación Biomédica*, 22(1), 48-57.

Petkovsek Mikulic, M., Koron, D. and Rusjan, D. (2020), The impact of food processing on the phenolic content in products made from juneberry (*Amelanchier lamarckii*) fruits. *Journal of Food Science*, 85, 386-393. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15030>

Petkovsek Mikulic, M., Stampar, F., Veberic, R. and Sircelj, H. (2016), Wild Prunus Fruit Species as a Rich Source of Bioactive Compounds. *Journal of Food Science*, 81, 1928-1937. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13398>

Puzanowska, H. (2009). Biological function of some elements and their compounds. *Rev. Selenium organic compounds*, 159 (9), 249.

Qu, et al., (2021). Isolation, identification, and quantification of triterpene saponins in the fresh fruits of Panax notoginseng. *Natural Product Research*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1938038>

Rabanal y Medina. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39, 808. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>

Rai, et al., (2021). Plant-Derived Saponins: A Review of Their Surfactant Properties and Applications. *Sci*, 3(4), 44. <https://doi.org/10.3390/sci3040044>

Ratnam, D. V., Ankola, D. D., Bhardwaj, V., Sahana, D. K. and Ravi-Kumar, M. N. V. (2006). Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: a pharmaceutical perspective. *Journal of Controlled Release*, 113(3), 189-207. [10.1016/j.jconrel.2006.04.015](https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2006.04.015)

Reátegui, et al., (2014). Actividad antioxidante In vitro, determinación de polifenoles totales de raíz de *Physalis angulata* L. (bolsa mullaca) Iquitos – 2013. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de la Amazonia peruana. Iquitos-Perú.

Repo, R., & Encina, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 108-124.

Robbers, et al., (1996). Pharmacognosy and Pharmacobiotechnology. Cap. 8 Phenylpropanoids. William & Wilkins.

Rodrigo, et al., (2021). Effect of fruit shading and cold storage on tocopherol biosynthesis and its involvement in the susceptibility of Star Ruby grapefruit to chilling injury. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 3, 100037. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2021.100037>

Rodriguez, et al., (2018). *Panthera onca* (Carnivora, Felidae) in the late Pleistocene-early Holocene of northern Argentina. *Neues Jahrbuch Fur Geologie und Palaontologie*, 289(2), 177 – 187. [10.1127/njgpa/2018/0758](https://doi.org/10.1127/njgpa/2018/0758)

Ronald, P. (2005). Standardized methods for the determination of Antioxidant Capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Rev. Agric. food chem*, 53, 4290-4302.

Rubio Ochoa, Eréndira, Pérez Sánchez, Rosa, Ávila Val, Teresa C., Gómez Leyva, Juan Florencio, y García Saucedo, Pedro Antonio. (2019). Propiedades fisicoquímicas de frutos silvestres de *Rubus* con potencial nutracéutico y alimenticio. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(23), 291-301. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2028>

Rupasinghe, H. (2020). Special Issue “Flavonoids and Their Disease Prevention and Treatment Potential”: Recent Advances and Future Perspectives. *Molecules*, 25(20), 4746. <https://doi.org/10.3390/molecules25204746>

Saleh, et al., (2021). Fruit By-Product Processing and Bioactive Compounds. *Journal of Food Quality*, 2021, 1- 9. <https://doi.org/10.1155/2021/5513358>

Santacruz, A. C., (2011). Análisis químico de antocianinas en frutos silvestres colombianos. Tesis de maestría. Universidad nacional de Colombia, facultad de ciencias. Bogotá- Colombia.

Satari, A., Ghasemi, S., Habtemariam, S., Asgharian, S., & Lorigooini, Z. (2021). Rutin: A Flavonoid as an Effective Sensitizer for Anticancer Therapy; Insights into Multifaceted Mechanisms and Applicability for Combination Therapy. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021.

Sattar, N. y Forouhi, N. (2021). More Evidence for 5-a-Day for Fruit and Vegetables and a Greater Need for Translating Dietary Research Evidence to Practice. *Circulation*, 143(17), 1655–1658.

Scalzo, J., Politi, A., Pellegrini, N., Mezzetti, B. and Battino, M. (2005). Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, 21(2), 207-213. [10.1016/j.nut.2004.03.025](https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.03.025)

Schulz, M., Seraglio, S., Della Betta, F., Nehring, P., Valesse, A. C., Dagher, H., Gonzaga, L. V., Costa, A., y Fett, R. (2019). Blackberry (*Rubus ulmifolius* Schott): Chemical composition, phenolic compounds and antioxidant capacity in two edible stages. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 122, 627–634. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.034>

Serna, et al., (2021). Latest Insights on Novel Deep Eutectic Solvents (DES) for Sustainable Extraction of Phenolic Compounds from Natural Sources. *Molecules*, 26(16), 5037. <https://doi.org/10.3390/molecules26165037>

Shotorbani, et al., (2013). Antioxidant activities of two sweet pepper *Capsicum annuum* L. varieties phenolic extracts and the effects of thermal treatment. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 3(1), 25-34. [10.22038/AJP.2012.8](https://doi.org/10.22038/AJP.2012.8)

Simonetti, G., Brasili, E., Pasqua, G.. (2020). Actividad antifúngica de compuestos fenólicos y polifenólicos de diferentes matrices de *Vitis vinifera* L. contra patógenos humanos. *Moléculas*, 25(16), 3748.

Slavin, J., & Carlson, J. (2014). Carbohydrates. *Advances in Nutrition an International Review Journal*, 5(6), 760-761. <https://doi.org/10.3945/an.114.006163>

Steinmetz, K., and Potter, J. D. (1991). Vegetables, fruit, and cancer. I. Epidemiology. *Cancer Causes Control*, 2(5), 325–357.

Stewart, B., and Wild, C. (2014). World Cancer Report 2014. Lyon, France: © IARC Publication. ISBN: 978-92-832-0432-9.

Strack, D., and Wray, V. (1989). Anthocyanis. In: Dey, P. M.; Jeffrey, B. H. (Eds.). *Methods in plant biochemistry*. Academic Press, London. ISBN: 978-0-12-461011-8.

Sunny, S., & Jayaraj, P. B. (2021). Protein–Protein Docking: Past, Present, and Future. *The Protein Journal*, 1-26. <https://doi.org/10.1007/s10930-021-10031-8>

Suzuki, et al., (1992). The Japanese journal of clinical hematology, 33(6), 741–744.

Szewczyk, K., Chojnacka, A., & Górnicka, M. (2021). Tocopherols and Tocotrienols—Bioactive Dietary Compounds; What Is Certain, What Is Doubt?. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(12), 6222. <https://doi.org/10.3390/ijms22126222>

Tan, BL., y Norhaizan, ME. (2019). Carotenoides: ¿Qué tan efectivos son para prevenir enfermedades relacionadas con la edad? *Moléculas*, 24(9), 1801. <https://doi.org/10.3390/molecules24091801>

Tetali, SD. (2019). Terpenes and isoprenoids: a wealth of compounds for global use. *Planta* 249, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-3056-x>

Tirado, et al., (2021). Phenolic compounds of mango (*Mangifera indica*) by-products: Antioxidant and antimicrobial potential, use in disease prevention and food industry, methods of extraction and microencapsulation. *Scientia Agropecuaria*, 12(2). 283-293. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.0>

Toh, D. W. K., Loh, W. W., Sutanto, C. N., Yao, Y., & Kim, J. E. (2021). Skin carotenoid status and plasma carotenoids: biomarkers of dietary carotenoids, fruits and vegetables for middle-aged and older Singaporean adults. *British Journal of Nutrition*, 1-10.

Tuenter, E., Creylman, J., Verheyen, G., Pieters, L., & Van Miert, S. (2020). Development of a classification model for the antigenotoxic activity of flavonoids. *Bioorganic Chemistry*, 98, 103705. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2020.103705>

Valencia Sullca, Cristina E., y Guevara Pérez, Américo. (2013). Variación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(2), 116-125.

Van, et al., (2014). TAM receptors, Gas6, and protein S: roles in inflammation and hemostasis. *Blood*, 123(16), 2460–2469. <https://doi.org/10.1182/blood-2013-09-528752>

Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., and Oomah, B. D. (1998). Antioxidant activity and total Phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113-4117. <https://doi.org/10.1021/jf9801973>

Vergara, Manuel Fernando, Vargas, Jessica, y Acuña, John Fabio. (2016). Physicochemical characteristics of blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) fruits from four production zones of Cundinamarca, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 34(3), 336-345. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n3.62755>

Vieira et al., (2021). Bioactive Compounds from Kefir and Their Potential Benefits on Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021, 1-34. <https://doi.org/10.1155/2021/9081738>

Villanueva, et al., (2010). *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 30, 151-160.

Wang, et al., (2021). Recent advances in the biosynthesis of isoprenoids in engineered *Saccharomyces cerevisiae*. *Advances in applied microbiology*, 114, 1–35. <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2020.11.001>

Wang, S. Y., y Lin, H. S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(2), 140–146. <https://doi.org/10.1021/jf9908345>

Wang, S., Melnuk, J. P., Tsao, R., and Marcone, M.F. (2011). How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. *Food Research international*, 44(1), 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.028>

Wojdylo et al., (2021). Fruit tree leaves as valuable new source of tocopherol and tocotrienol compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.11481>

Xu , et al., (2021) Application of Amino Acids in the Structural Modification of Natural Products: A Review. *Frontiers in Chemistry*, 9, 650569. <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.650569>

Xueying, et al., (2021). Spectral Characteristic, Storage Stability and Antioxidant Properties of Anthocyanin Extracts from Flowers of Butterfly Pea (*Clitoria Ternatea* L.). *Molecules*, 26(22), 7000. <https://doi.org/10.3390/molecules26227000>

Yang, J., Chen, J., Hao, Y., & Liu, Y. (2021). Identification of the DPPH radical scavenging reaction adducts of ferulic acid and sinapic acid and their structure-antioxidant activity relationship. *LWT*, 146, 111411. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111411>

Yoshimura, T., Harashima, M., Kurogi, K., Suiko, M., Liu, M.-C., & Sakakibara, Y. (2016). A novel procedure for the assessment of the antioxidant capacity of food components. *Analytical Biochemistry*, 507, 7-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ab.2016.05.002>

Zapata, K., Cortes, F. B. & Rojano, B. A. (2013) Polifenoles y actividad antioxidante del fruto de guayaba agria (*Psidium araca*). *Información Tecnológica*. 24(5), 103-112.

Zhicong, et al., (2021). Identification of phenolic compounds in Australian grown dragon fruits by LC-ESI-QTOF-MS/MS and determination of their antioxidant potential. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(6), 103151. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103151>

Zhou, D. D., Luo, M., Shang, A., Mao, Q. Q., Li, B. Y., Gan, R. Y., & Li, H. B. (2021). Antioxidant Food Components for the Prevention and Treatment of Cardiovascular Diseases: Effects, Mechanisms, and Clinical Studies. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6627355>

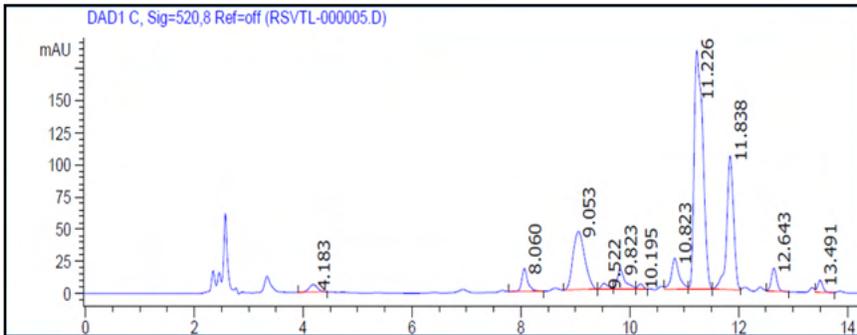
Zitha, E. Z. M., Magalhães, D. S., do Lago, R. C., Carvalho, E. E. N., Pasqual, M., & Boas, E. V. D. B. V. (2022). Changes in the bioactive compounds and antioxidant activity in red-fleshed dragon fruit during its development. *Scientia Horticulturae*, 291, 110611. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110611>

Zulueta, A., Esteve, M. J., & Frígola, A. (2009). ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. *Food Chemistry*, 114(1), 310-316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.033>

ANEXOS

a. Identificación de antocianidinas en el fruto silvestre Condorpausan por cromatografía líquida

En el caso del fruto silvestre Condorpausan se encontró un total de 11 picos, como se muestra en el cromatograma, se observan también los resultados del espectro ultravioleta a 520 nanómetros para antocianidinas, los cuales se muestran a continuación.



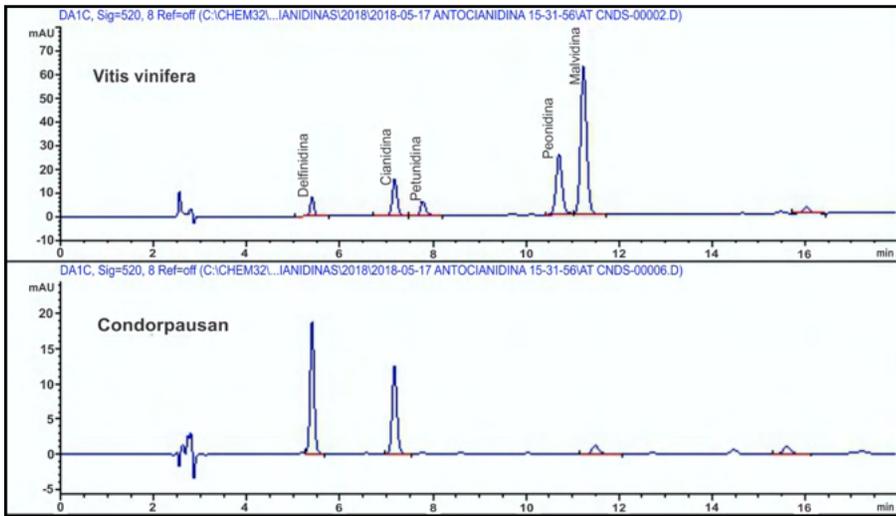
Perfil cromatográfico del fruto silvestre Condorpausan.

Para identificar las antocianidinas presentes, se realizó la comparación de los picos identificados en el cromatograma del fruto silvestre de Condorpausan, con los patrones obtenidos de frutos conocidos como es el caso de la uva y la fresa, corridos bajo las mismas condiciones de operación.

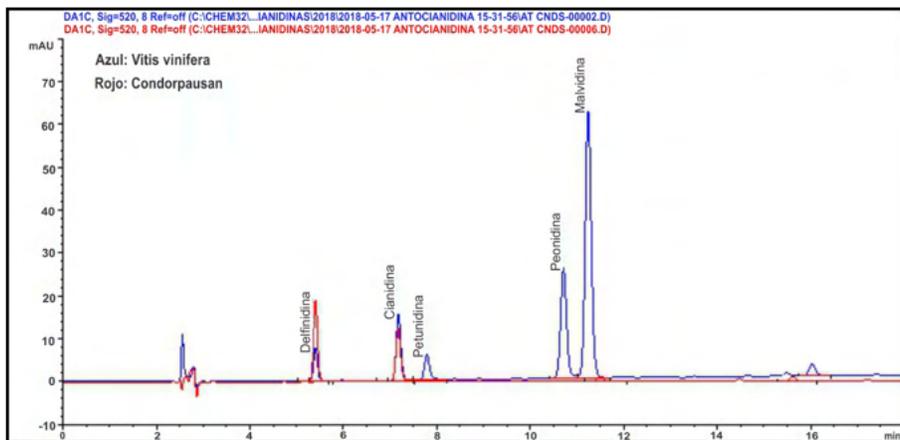
Signal 1: DAD1 C, Sig=520,8 Ref=off

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [mAU*s]	Height [mAU]	Area %
1	4.183	BB	0.1693	66.93883	6.03978	1.4726
2	8.060	VB	0.1166	143.22310	18.03781	3.1509
3	9.053	VB	0.2407	689.78882	45.55243	15.1753
4	9.522	BV	0.1335	42.66199	4.62949	0.9386
5	9.823	VV	0.1467	154.92978	15.22906	3.4084
6	10.195	VB	0.1015	26.99973	4.17335	0.5940
7	10.823	VV	0.1454	245.62448	24.40261	5.4037
8	11.226	VB	0.1510	2057.60522	186.08931	45.2671
9	11.838	BV	0.1349	922.63007	104.58153	20.2978
10	12.643	VB	0.1082	128.92769	18.29089	2.8364
11	13.491	VV	0.1041	66.14554	9.63584	1.4552
Totals :				4545.47524	436.66210	

Resultados del espectro UV a 520 nm para antocianinas del Condorpausan.



Comparación de picos del Condorpausan y de la uva

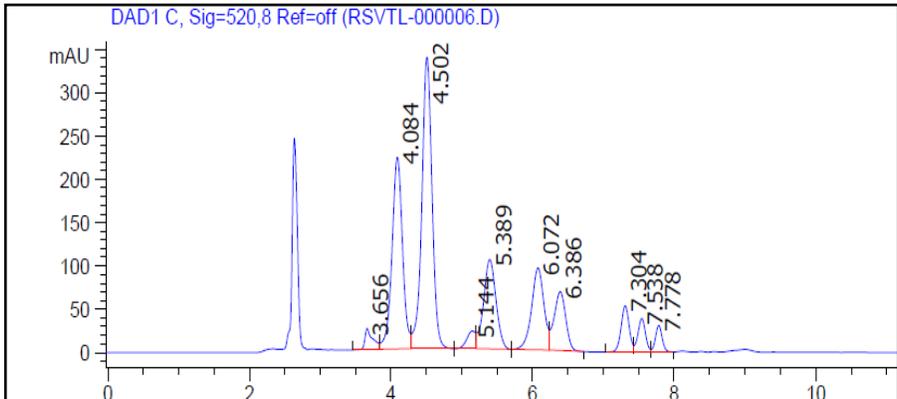


Identificación de las antocianidinas presentes en el fruto Condorpausan

Se logró identificar las antocianidinas delphinidina y cianidina presentes en el fruto silvestre Condorpausan, lo que se puede observar en el cromatograma con los respectivos picos identificados, así como la identificación propia de las antocianidinas.

b. Identificación de antocianidinas en el fruto silvestre Machamacha por cromatografía líquida

En el caso del fruto silvestre Machamacha se encontró un total de 10 picos, como se muestra en el cromatograma, se observan también los resultados del espectro ultravioleta a 520 nanómetros para antocianidinas, los cuales se muestran a continuación.



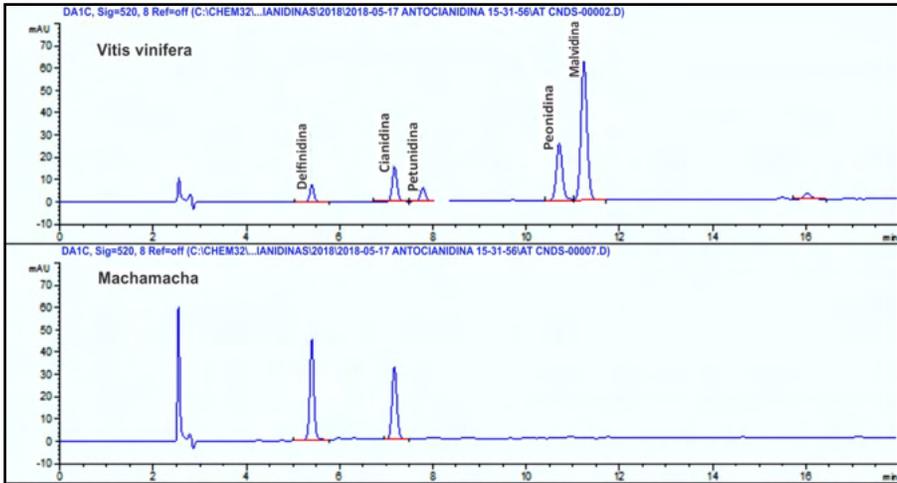
Perfil cromatográfico del fruto silvestre Machamacha

Para identificar las antocianidinas presentes, se realizó la comparación de los picos identificados en el cromatograma del fruto silvestre de Machamacha, con los patrones obtenidos de frutos conocidos como es el caso de la uva y la fresa, corridos bajo las mismas condiciones de operación.

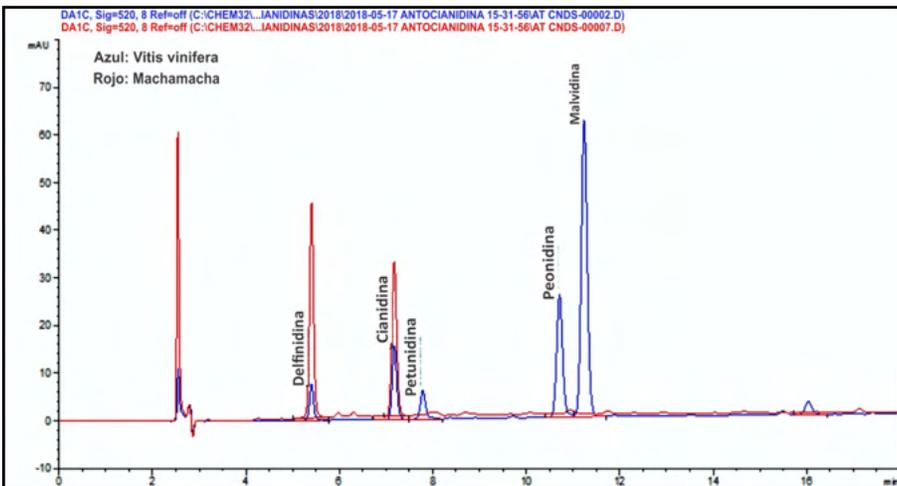
Signal 1: DAD1 C, Sig=520,8 Ref=off

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [mAU*s]	Height [mAU]	Area %
1	3.656	BV	0.1062	189.78008	24.53502	1.8635
2	4.084	VV	0.1574	2310.14209	222.05301	22.6842
3	4.502	VB	0.1530	3383.90430	337.31955	33.2278
4	5.144	BV	0.1357	184.45654	20.74644	1.8112
5	5.389	VB	0.1863	1262.80042	103.53316	12.3999
6	6.072	BV	0.1826	1159.97205	94.91663	11.3902
7	6.386	VB	0.1753	781.65588	68.39663	7.6754
8	7.304	BV	0.1227	423.47675	53.26812	4.1583
9	7.538	VV	0.1145	286.84921	38.68354	2.8167
10	7.778	VB	0.1004	200.90738	30.67758	1.9728
Totals :				1.01839e4	994.12970	

Resultados del espectro UV a 520 nm para antocianinas de la Machamacha.



Comparación de picos de Machamacha y la uva.



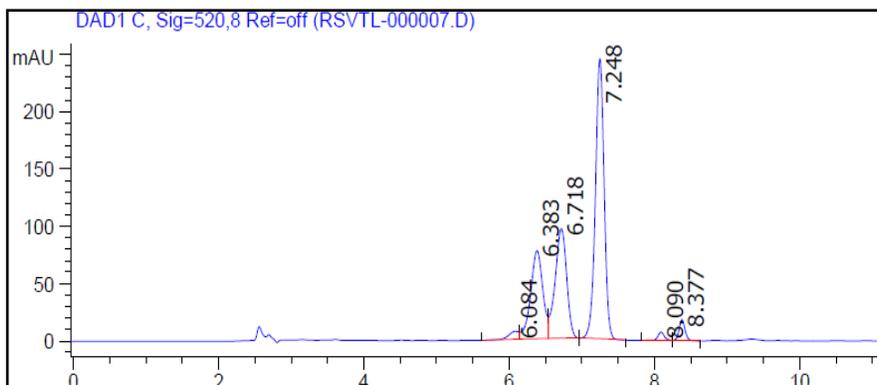
Identificación de las antocianidinas presentes en el fruto Machamacha

Se logró identificar las antocianidinas delphinidina y cianidina presentes en el fruto silvestre Machamacha, lo que se puede observar en el cromatograma con los respectivos picos identificados, así como la identificación propia de las antocianidinas.

c. Identificación de antocianidinas en el fruto silvestre Frambuesa silvestre por cromatografía líquida

En el caso del fruto Frambuesa silvestre se encontró un total de 6 picos, como se muestra en el cromatograma, se observan también los resultados del espectro ultravioleta

a 520 nanómetros para antocianidinas, los cuales se muestran a continuación.

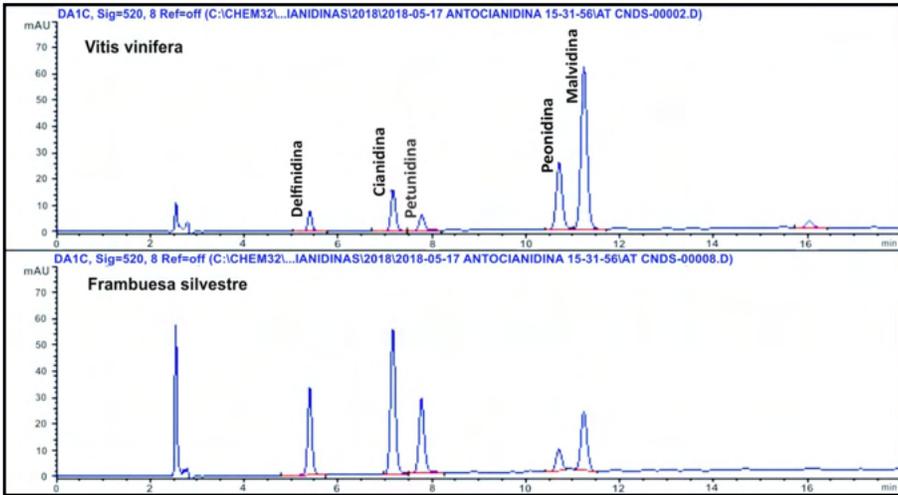


Perfil cromatográfico del fruto Frambuesa silvestre.

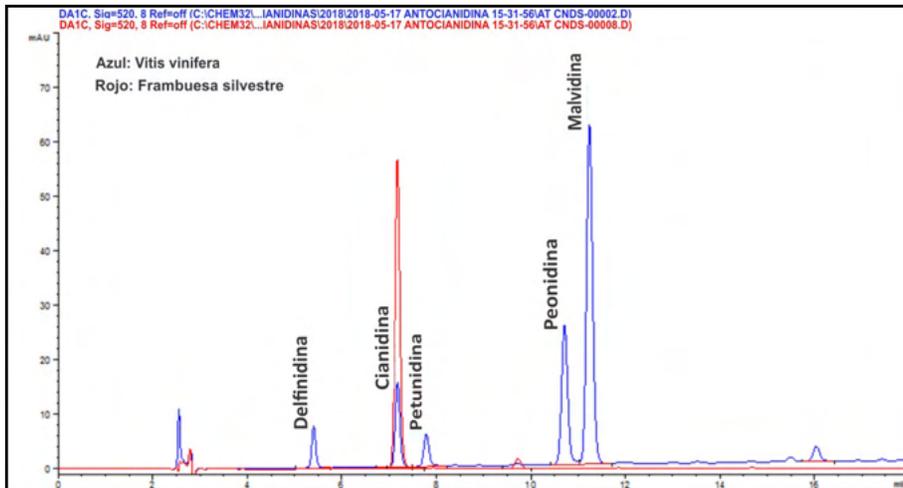
Para identificar las antocianidinas presentes, se realizó la comparación de los picos identificados en el cromatograma del fruto Frambuesa silvestre, con los patrones obtenidos de frutos conocidos como es el caso de la uva y la fresa, corridos bajo las mismas condiciones de operación.

Signal 1: DAD1 C, Sig=520,8 Ref=off						
Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [mAU*s]	Height [mAU]	Area %
1	6.084	BV	0.1543	76.52592	7.30309	1.8056
2	6.383	VV	0.1767	903.98016	77.17818	21.3294
3	6.718	VB	0.1714	1062.59656	95.81501	25.0720
4	7.248	BB	0.1291	2038.58691	244.83122	48.1005
5	8.090	BV	0.0985	49.03566	7.47533	1.1570
6	8.377	VB	0.0878	107.45809	18.49670	2.5355
Totals :				4238.18331	451.09952	

Resultado del espectro UV a 520 nm para antocianinas de la frambuesa silvestre.



Comparación de picos de la Frambuesa silvestre y de la uva.



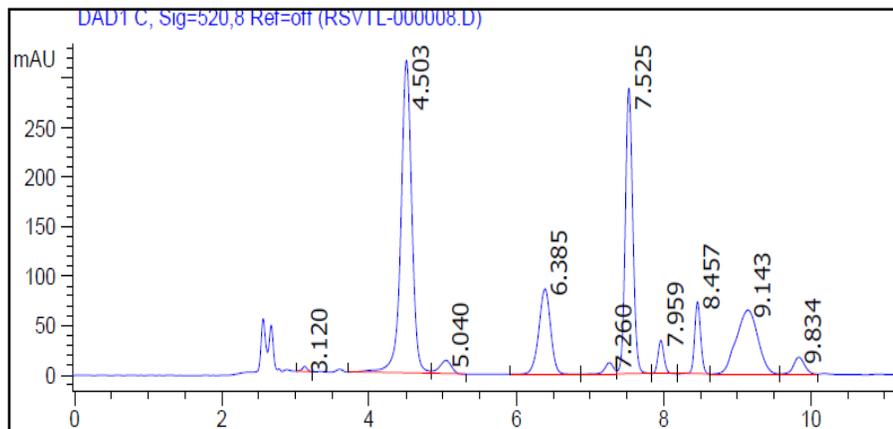
Identificación de las antocianidinas presentes en el fruto Frambuesa silvestre.

Se logró identificar las antocianidinas cianidina y pelargonidina presentes en el fruto Frambuesa silvestre, lo que se puede observar en el cromatograma con los respectivos picos identificados, así como la identificación propia de las antocianidinas.

d. Identificación de antocianidinas en el fruto silvestre Huancachu por cromatografía líquida

En el caso del fruto silvestre Huancachu se encontró un total de 10 picos, como se

muestra en el cromatograma, se observan también los resultados del espectro ultravioleta a 520 nanómetros para antocianidinas del Huancachu, los cuales se muestran a continuación.

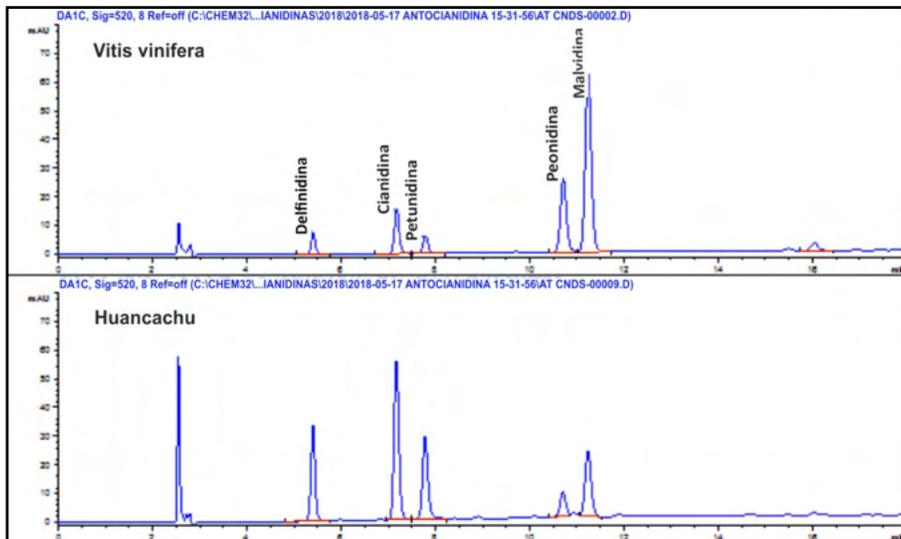


Perfil cromatográfico del fruto silvestre Huancachu.

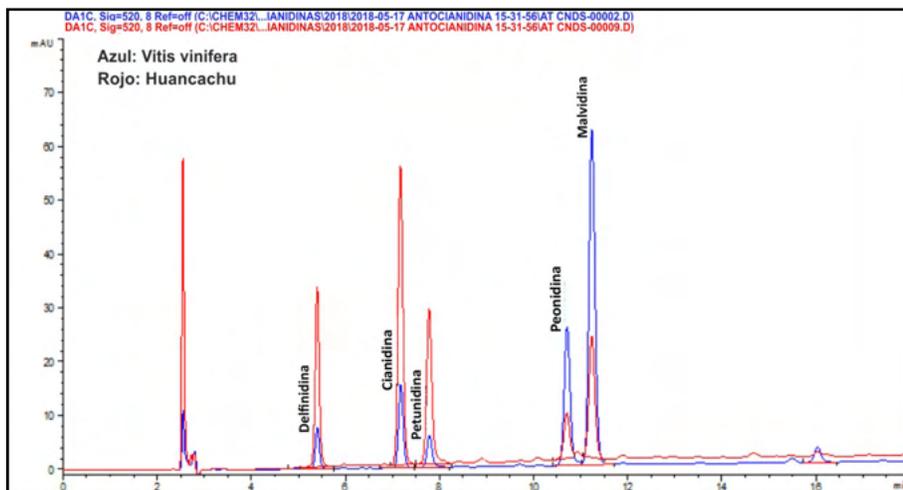
Para identificar las antocianidinas presentes, se realizó la comparación de los picos identificados en el cromatograma del fruto silvestre de Huancachu, con los patrones obtenidos de frutos conocidos como es el caso de la uva y la fresa, corridos bajo las mismas condiciones de operación.

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [mAU*s]	Height [mAU]	Area %
1	3.120	BB	0.0709	23.96049	5.09051	0.2760
2	4.503	BV	0.1569	3277.12256	316.21988	37.7509
3	5.040	VB	0.1748	158.72902	13.74267	1.8285
4	6.385	BB	0.1698	959.04565	86.21273	11.0477
5	7.260	BV	0.1241	94.38264	11.46382	1.0872
6	7.525	VV	0.1105	2042.40161	288.91196	23.5275
7	7.959	VB	0.0866	193.10847	33.81661	2.2245
8	8.457	BB	0.0888	417.57086	72.92397	4.8102
9	9.143	BV	0.3135	1329.17468	64.74837	15.3115
10	9.834	VV	0.1625	185.42142	17.37851	2.1360
Totals :				8680.91741	910.50903	

Resultados del espectro UV a 520 nm para antocianinas del Huancachu.



Comparación de picos del Huancachu y de la uva.

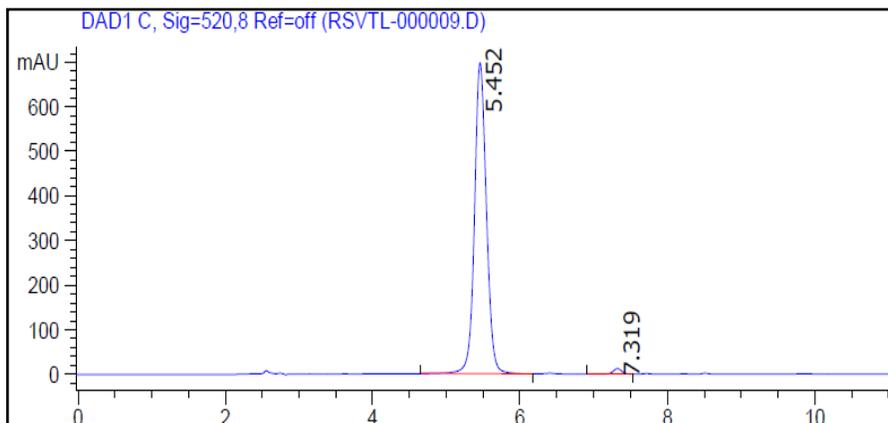


Identificación de las antocianidinas presentes en el fruto Huancachu.

Se logró identificar las antocianidinas delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina presentes en el fruto silvestre Huancachu, lo que se puede observar en el cromatograma con los respectivos picos identificados, así como la identificación propia de las antocianidinas.

e. Identificación de antocianidinas en el fruto silvestre Capachu por cromatografía líquida

En el caso del fruto silvestre Capachu se encontró un total de 2 picos, como se muestra en el cromatograma, se observan también los resultados del espectro ultravioleta a 520 nanómetros para antocianidinas, los cuales se muestran a continuación.

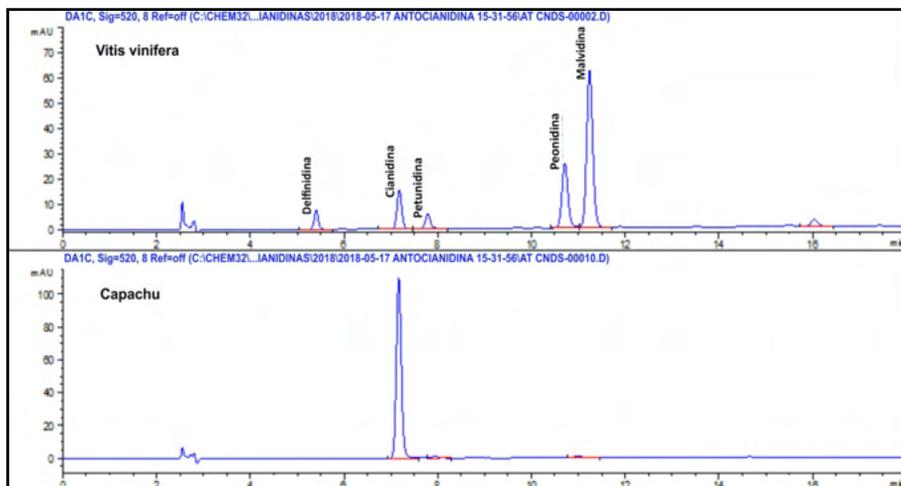


Perfil cromatográfico del fruto silvestre Capachu.

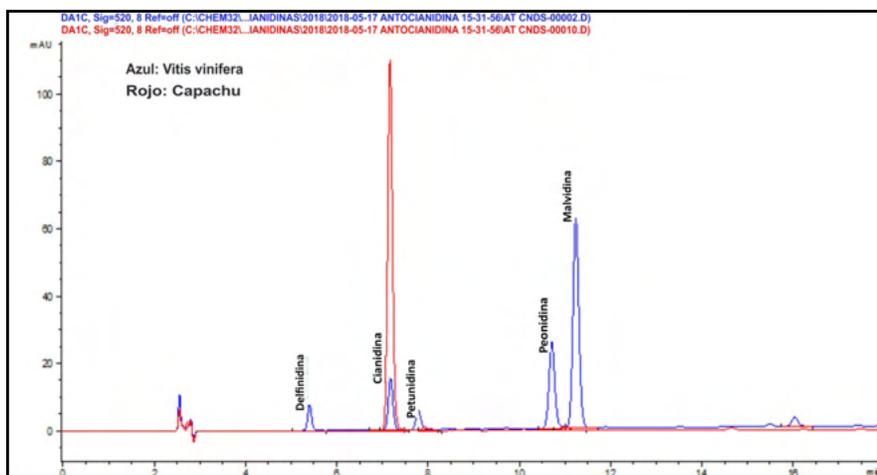
Para identificar las antocianidinas presentes, se realizó la comparación de los picos identificados en el cromatograma del fruto silvestre de Capachu, con los patrones obtenidos de frutos conocidos como es el caso de la uva y la fresa, corridos bajo las mismas condiciones de operación.

Signal 1: DAD1 C, Sig=520,8 Ref=off						
Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [mAU*s]	Height [mAU]	Area %
1	5.452	BB	0.1715	7878.93164	698.78528	98.7535
2	7.319	BB	0.1234	99.44782	12.41553	1.2465
Totals :				7978.37946	711.20081	

Resultados del espectro UV a 520 nm para antocianidinas del Capachu.



Comparación de picos del Capachu y de la uva



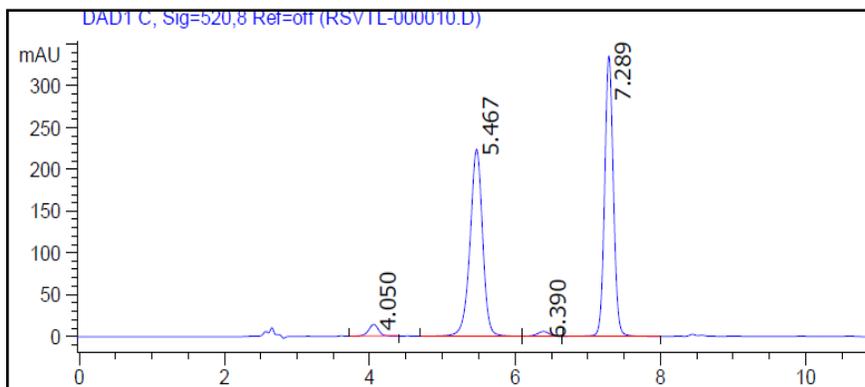
Identificación de las antocianidinas presentes en el fruto Capachu.

Se logró identificar la antocianidina cianidina presente en el fruto silvestre Capachu, lo que se puede observar en el cromatograma con los respectivos picos identificados, así como la identificación propia de las antocianidinas.

f. Identificación de antocianidinas en el fruto silvestre Alaybilí por cromatografía líquida

En el caso del fruto silvestre Alaybilí se encontró un total de 4 picos, como se muestra en el cromatograma, se observan también los resultados del espectro ultravioleta

a 520 nanómetros para antocianidinas, los cuales se muestran a continuación.



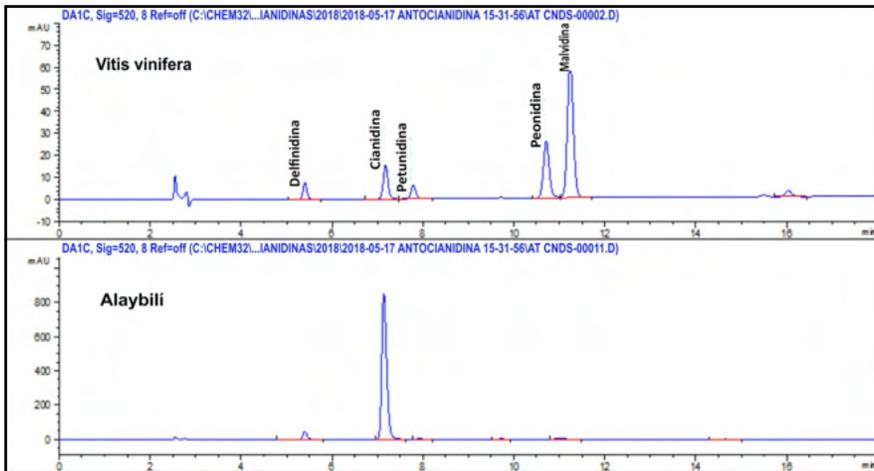
Perfil cromatográfico del fruto silvestre Alaybilí.

Para identificar las antocianidinas presentes, se realizó la comparación de los picos identificados en el cromatograma del fruto silvestre de Alaybilí, con los patrones obtenidos de frutos conocidos como es el caso de la uva y la fresa, corridos bajo las mismas condiciones de operación.

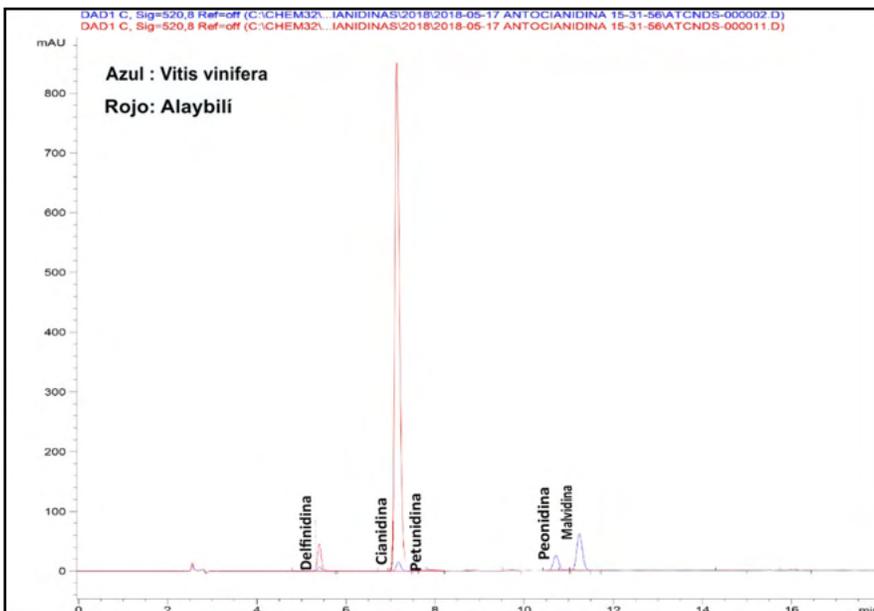
```
Signal 1: DAD1 C, Sig=520,8 Ref=off
```

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [mAU*s]	Height [mAU]	Area %
1	4.050	BB	0.1486	136.05022	14.09443	2.3795
2	5.467	BB	0.1830	2705.71558	223.93030	47.3217
3	6.390	BB	0.1769	65.56072	5.75441	1.1466
4	7.289	BB	0.1295	2810.37549	336.33054	49.1522
Totals :				5717.70200	580.10967	

Resultados del espectro UV a 520 nm para antocianinas del Alaybilí.



Comparación de picos del Alaybili y de la uva.

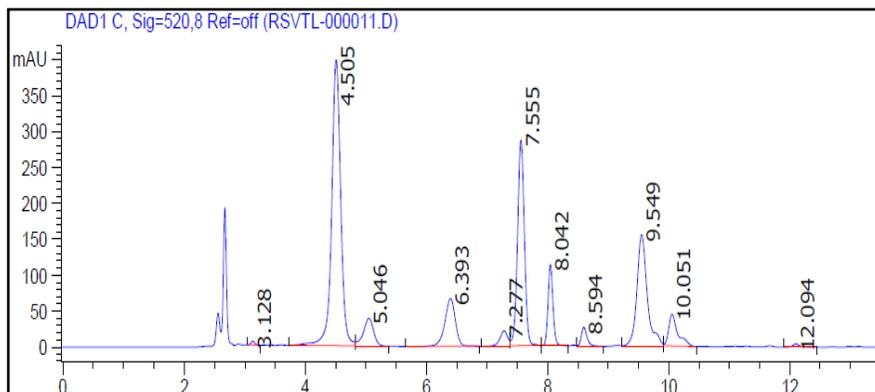


Identificación de las antocianidinas presentes en el fruto Alaybili.

Se logró identificar las antocianidinas delphinidina, cianidina, petunidina, pelargonidina y malvidina presentes en el fruto silvestre Alaybili lo que se puede observar en el cromatograma con los respectivos picos identificados, así como la identificación propia de las antocianidinas.

g. Identificación de antocianidinas en el fruto silvestre Cheqche por cromatografía líquida

En el caso del fruto silvestre Cheqche se encontró un total de 11 picos, como se muestra en el cromatograma, se observan también los resultados del espectro ultravioleta a 520 nanómetros para antocianidinas, los cuales se muestran a continuación.

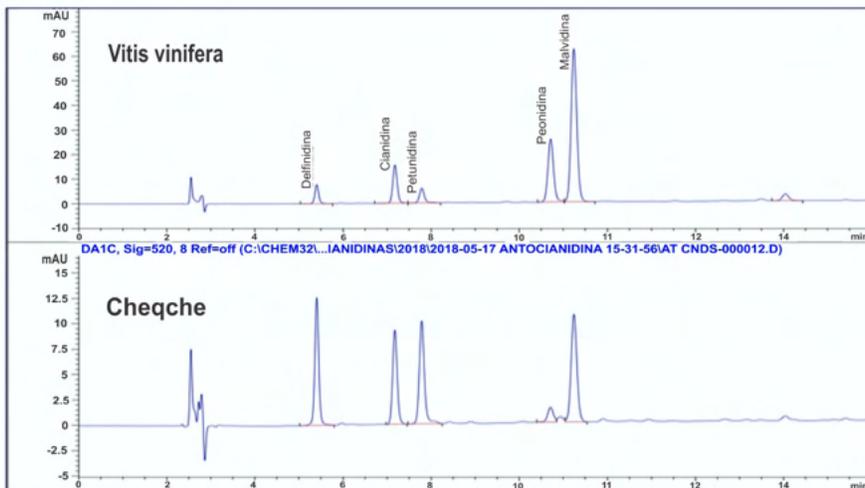


Perfil cromatográfico del fruto silvestre Cheqche.

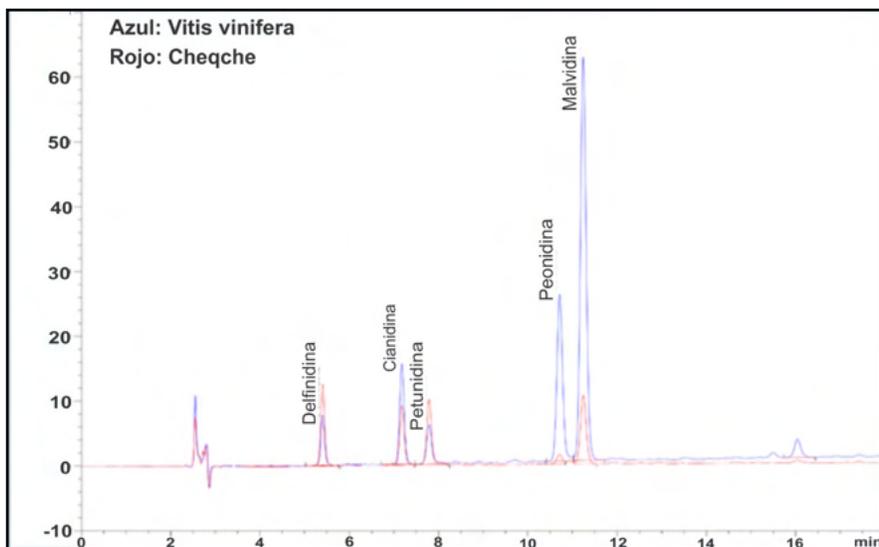
Para identificar las antocianidinas presentes, se realizó la comparación de los picos identificados en el cromatograma del fruto silvestre de Cheqche, con los patrones obtenidos de frutos conocidos como es el caso de la uva y la fresa, corridos bajo las mismas condiciones de operación.

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [mAU*s]	Height [mAU]	Area %
1	3.128	BB	0.0691	24.36981	5.56724	0.2204
2	4.505	BV	0.1551	4139.23682	398.61810	37.4361
3	5.046	VB	0.1789	456.82022	38.92617	4.1316
4	6.393	BB	0.1826	806.93549	66.94217	7.2981
5	7.277	BV	0.1339	191.55679	21.50659	1.7325
6	7.555	VB	0.1190	2239.59473	287.18558	20.2554
7	8.042	BB	0.0884	645.13940	113.38662	5.8348
8	8.594	VB	0.0974	169.41373	26.20825	1.5322
9	9.549	VV	0.1778	1868.19324	155.86272	16.8963
10	10.051	VB	0.1547	484.09097	45.29221	4.3782
11	12.094	BB	0.1088	31.45180	4.32730	0.2845
Totals :				1.10568e4	1163.82294	

Resultados del espectro UV a 520 nm para antocianinas del Cheqche.



Comparación de picos del Cheqche y de la uva.



Identificación de las antocianinas presentes en el fruto Cheqche.

Se logró identificar las antocianinas delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina presentes en el fruto silvestre Cheqche lo que se puede observar en el cromatograma con los respectivos picos identificados, así como la identificación propia de las antocianinas.

SOBRE LOS AUTORES

CARLOS A. LIGARDA-SAMANEZ - Docente investigador RENACYT, Ingeniero en Industrias Alimentarias (UNSCH), Maestro en Ciencias (UNALM), Ingeniero Civil (UCV) y Dr. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (UAC); actualmente es docente Asociado Ordinario en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (UNAJMA), responsable del Laboratorio de Investigación de Nanotecnología en Alimentos (LINA) y Coordinador del Grupo de Investigación en Nutraceuticos y Biopolímeros (GINBIO).

DAVID CHOQUE-QUISPE - Docente investigador RENACYT, Ingeniero Químico (UNSAAC), Maestro en Ciencias (UNSAAC), Ingeniero Ambiental (UAP) y Dr. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (UAC); actualmente es docente Asociado Ordinario en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (UNAJMA), responsable del Laboratorio de Investigación de Control y Análisis de Aguas (LICAA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceuticos y Biopolímeros (GINBIO).

HENRY PALOMINO-RINCÓN - Ingeniero en Industrias Alimentarias (UNSCH), Magister de la (UJCM), actualmente es docente Auxiliar Ordinario en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (UNAJMA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceuticos y Biopolímeros (GINBIO).

FREDY TAIPE-PARDO - Ingeniero en Industrias Alimentarias (UNSCH), Magister de la (UNSAAC), actualmente es docente Asociado Ordinario en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (UNAJMA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceuticos y Biopolímeros (GINBIO).

BETSY S. RAMOS-PACHECO - Docente investigadora RENACYT, Ingeniera Agroindustrial (UNAMBA), Maestría en Ciencias (UNSCH); actualmente es docente en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (UNAJMA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceuticos y Biopolímeros (GINBIO).

MARY L. HUAMÁN-CARRIÓN - Ingeniera de Sistemas e informática (UTEA), Maestría en Ciencias (UNSCH), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceuticos y Biopolímeros (GINBIO).

ELIBET MOSCOSO-MOSCOSO - Ingeniera Agroindustrial (UNAJMA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceuticos y Biopolímeros (GINBIO).

MIRIAN E. OBREGÓN-YUPANQUI - Ingeniera Agroindustrial (UNAJMA), miembro del Grupo de Investigación en Nutraceuticos y Biopolímeros (GINBIO).

AYDEE M. SOLANO-REYNOSO - Docente investigadora RENACYT, Bióloga de la UNSCH especialidad en Microbiología, Maestría en la UAP, Dra. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (UAC); miembro del Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO).

YUDITH CHOQUE-QUISPE - Docente investigadora RENACYT, Ingeniera Agrónoma (UNSAAC), Ingeniera Ambiental (UAP), Maestría en Ciencias en la UNSAAC, Dra. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (UAC); miembro del Grupo de Investigación en Nutraceúticos y Biopolímeros (GINBIO).

FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS

compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS

compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

