

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



COLOR, COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL, MINERALES, COMPUESTOS
BIOACTIVOS Y LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE CUATRO VARIEDADES
DE *Capsicum* spp. (ajíes).

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

HUARAUYA ESPIRITU, ROSALINDA

TINGO MARÍA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Apartado Postal 156 Tingo María
E.mail; fiia@unas.edu.pe

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 011-2025

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 12 de diciembre del 2025, a horas 8:00 a.m., en la Sala de Sesiones del DACTIA-FIIA de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bach. **ROSALINDA HUARAUYA ESPIRITU**, titulada:

"COLOR, COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL, MINERALES, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE CUATRO VARIEDADES DE *Capsicum* spp. (ajíes)"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia, la sustentante, queda **APTA** para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 12 de diciembre del 2025


M.Sc. Pedro Alejandro Vejarano Jara
Presidente


Dr. Roberto Davila Trujillo
Miembro


M.Sc. Victor Elvis Condori Rondán
Miembro


Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez
Asesora


Ing. Darlym Reátegui Díaz
Asesor



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 175 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
COLOR, COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL, MINERALES, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE CUATRO VARIEDADES DE Capsicum spp. (ajíes).	HUARAUYA ESPIRITU, ROSALINDA	07 % Siete	0 % Cero

Tingo María, 10 de junio de 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA
SELVA**

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA**

(Resol. N°113-2019-CU-R-UNAS)

1. Datos Generales de Pregrado

Universidad	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Facultad	:	Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Título de tesis	:	Color, composición químico proximal, minerales, compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante de cuatro variedades de <i>capsicum</i> spp. (ajíes)".
Autor	:	HUARAUYA ESPIRITU Rosalinda
Asesores de tesis	:	Dra. ORDOÑEZ GÓMEZ, Elizabeth Ing. REATEGUI DIAZ, Darlym
Escuela profesional	:	Ingeniería en Industrias Alimentarias
Área de investigación	:	Ciencias de Alimentos
Grupo de investigación	:	QUÍMICA DE ALIMENTOS - QA
Línea de investigación	:	INGENIERIA PURA Y APLICADA
Lugar de ejecución	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva
Duración	:	Inicio : Junio 2024 Término : Diciembre 2025
Financiamiento	:	FEDU : S/0.00 Propio : S/6832,10

Tingo María -Perú- Julio de 2026

Dra. ORDOÑEZ GOMEZ, Elizabeth S.
Asesora

Ing. REATEGUI DIAZ, Darlym
Asesor

HUARAUYA ESPIRITU Rosalinda
Tesisista

DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme dado la vida, la salud y por presentarme maravillosas personas que me ayudaron en cada momento, llenándome de sabiduría, fortaleza para salir adelante y así superar cada desafío.

A mi padre:

Moisés Huarauya Palomino gracias por brindarme la oportunidad de seguir adelante en mi formación profesional. Tu apoyo incondicional, confianza y motivación han sido fundamentales para alcanzar este logro y continuar creciendo cada día.

A mi madre:

Mauricia Espiritu Maxi gracias por sus valiosos consejos, por paciencia y cariño por orientarme a seguir con mis estudios superiores, su apoyo a sido una gran motivación para continuar creciendo personal y profesionalmente.

A mis hermanos:

A mis hermanos Margarito Alva, César Huarauya, José Huarauya, Kasandra Huarauya y a mi Tío Pablo Huarauya Palomino gracias por su apoyo y consejos que me mantuvieron fuerte en los momentos más difícil y por ser mi motivación para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por la vida, salud, protección y guiarme en el camino de la vida.
- A mis padres Moisés Huarauya Palomino y Mauricio Espiritu Maxi por su cariño, paciencia y ser mi apoyo durante mi carrera profesional.
- A la biblioteca de la UNAS por la facilidad de información en el desarrollo de mi tesis.
- A mis asesores, Dra. Ordoñez Gómez, Elizabeth Susana; Ing. Reátegui Díaz, Darlym y Dr. Hidalgo Chávez Davy William, por su apoyo, disposición, comprensión, tolerancia y respaldo brindado durante la ejecución de mi trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado, M. Sc. Pedro Alejandro Vejarano Jara; Dr. Roberto Dávila Trujillo y M. Sc. Víctor Elvis Condori Rondan por ayudarme en el mejoramiento de mi tesis.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y sus docentes por sus enseñanzas y consejos brindados en mi desempeño profesional.
- A la familia Aponte – Estrella por su gran apoyo por estar presente en la familia así en la etapa universitaria.
- A la familia Menacho – Ordoñez por brindarme ese apoyo incondicional y sus consejos en cada momento a lo largo de mi carrera profesional.
- A mis hermanos Margarito Alva, César Huarauya, José Huarauya, Kasandra Huarauya y mi Tío Pablo Huarauya por ser mi motivo de cada día los quiero mucho.
- A los técnicos, Yacha Melgarejo Celedonio y Árizza Jean Carlos por su apoyo, y tiempo brindado durante la ejecución de mi tesis.
- A la ingeniera Sissy Perez Pelaez por su paciencia y los consejos recibidos durante el desarrollo de mi tesis.
- A mis amigos Elia A, Cecilia E, Sonilda M, Lourdes P, Delsy C, Laime M, Max C, Andy y Wendy T por su amistad, consejos y por su apoyo durante mi carrera profesional y la ejecución de mi tesis.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
	2.1. Antecedentes	3
	2.2. Aspectos generales de Ajíes	4
	2.2.1. Definición.....	4
	2.2.2. Origen.....	5
	2.2.3. Taxonomía.....	5
	2.2.4. Partes del ajíes	5
	2.2.5. Variedades de ajíes	6
	2.2.6. Características agro- morfológicas	8
	2.2.7. Color en los ajíes	9
	2.2.8. Marketing de ajíes	10
	2.3. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante	11
	2.3.1. Definición de compuestos bioactivos	11
	2.3.2. Metabolitos secundarios	11
	2.3.3. Clasificación de metabolitos secundarios	11
	2.3.4. Compuestos fenoles.....	12
	2.3.5. Flavonoides.....	12
	2.3.6. Vitamina C.....	14
	2.3.7. Carotenoides	14
	2.3.8. Antocianinas	15
	2.3.9. Capacidad antioxidante.....	16
	2.4. Composición químico proximal en los ajíes	18
	2.5. Minerales	18
	2.5.1. Definición	18
	2.5.2. Clasificación	19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
	3.1. Lugar de ejecución.....	22
	3.2. Materia prima	22
	3.3. Materiales, equipos, reactivos y solvente del laboratorio	23
	3.3.1. Materiales de laboratorio	23
	3.3.2. Equipos de laboratorio.....	23

3.3.3. Reactivos y solvente	24
3.4. Metodología Experimental	24
3.4.1. Evaluación de las características agro-morfológicos en las variedades de ajíes en fresco	24
3.4.2. Análisis de color en las variedades de ajíes en fresco	24
3.4.3. Proceso de deshidratado de las variedades de ajíes	25
3.4.4. Diseño del experimento	27
3.4.5. Análisis de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en las variedades de los ajíes deshidratado	28
3.4.6. Análisis estadístico de características agro-morfológicos, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en las variedades de ajíes.....	30
3.5. Estudio de consumo de ajíes en restaurantes	31
3.6. Proceso de liofilizado.....	31
3.7. Análisis de fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en los ajíes liofilizados	34
3.8. Análisis de color en las variedades de ajíes liofilizados	36
3.9. Análisis estadístico compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y el color en ajíes liofilizados	36
3.10. Determinar la composición químico proximal y minerales en la variedad oyuyo rojo	36
3.10.1. Químico proximal.....	36
3.10.2. Minerales	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Evaluación de las características agro-morfológicos en las variedades de ajíes en fresco.....	38
4.2. Evaluación del color en las variedades de ajíes en fresco.....	41
4.3. Evaluación fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en las variedades de los ajíes deshidratados	44
4.3.1. Fenoles totales	44
4.3.2. Flavonoides totales	45
4.3.3. Radical DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrilhydrazil)	46
4.3.4. Radical ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)	47
4.4. Análisis multivariado de las características agro-morfológicos, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en las variedades de los ajíes	48
4.4.1. Correlación	48

4.4.2.	Análisis de Componentes principales y HeatMAP	49
4.5.	Estudio de consumo de los ajíes en restaurantes.....	51
4.5.1.	Análisis de componentes principales.....	53
4.5.2.	Análisis de Heatmap	54
4.6.	Cuantificación de fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en los ajíes liofilizados.....	56
4.6.1.	Fenoles totales	56
4.6.2.	Flavonoides totales	57
4.6.3.	Vitamina C.....	58
4.6.4.	Carotenoides totales.....	59
4.6.5.	Antocianinas totales.....	60
4.6.6.	Radical DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrilhydrazil)	60
4.6.7.	Radical ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)	61
4.7.	Determinación del color de las variedades de ajíes liofilizados.....	62
4.8.	Análisis multivariado de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y el color en ajíes liofilizados.....	64
4.8.1.	Correlación	64
4.8.2.	Componentes principales y HeatMap	65
4.9.	Resultados de químico proximal y minerales en la variedad de ajíes.....	67
V.	CONCLUSIONES	69
VI.	PROPUESTA A FUTURO	70
VII.	REFERENCIAS.....	71
VIII.	ANEXO.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Químico proximal de la variedad de <i>Capsicum</i>	18
2. Nombre de los tratamientos de cuatro especies de ajíes	22
3. Resultados agro-morfológicos de quince variedades de ajíes en estado fresco	40
4. Resultados de color en quince variedades de ajíes.....	43
5. Resultados de compuestos bioactivos y capacidad antioxidantes	46
6. Resultados de per cápita de consumo en ajíes en los seis restaurantes	52
7. Resultados de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en muestras liofilizados....	59
8. Análisis de color en muestras liofilizados.....	63
9. Resultados de químico proximal y minerales en la variedad oyuyo rojo.....	67

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Página
1. Las partes de la variedad limo rojo	6
2. Las formas de los ajíes redondas (a), triangular (b), elongado (c) y acampanulado (d)	9
3. Gráfico de la obtención de muestras secas de los ajíes.....	26
4. Diseño experimental para caracterizar el análisis agro-morfológica, fenoles totales, flavonoides, capacidades antioxidantes (DPPH ⁺ y ABTS ^{° +}) y el consumo en restaurante.	27
5. Gráfico de la obtención de muestras liofilizados de los ajíes	32
6. Diseño experimental para caracterizar fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales, la capacidad antioxidante para inhibir los radicales libres DPPH y ABTS y color.....	33
7. Correlación de Pearson (CP).....	48
8. Gráfico del análisis de componentes principales (PCA).....	50
9. Mapa de calor (Heat Map) con conglomerados jerárquicos de componentes principales (HCPC).....	50
10. Gráfico de análisis de componentes principales de variedades de ajíes el consumo per cápita en distintos restaurantes	54
11. Mapa de calor representa las variables con conglomerados jerárquicos de componentes principales en variedades de ajíes.....	56
12. Correlación de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y color	65
13. Componentes principales (PCA), entre las seis variedades de ajíes	66
14. Mapa de calor (HeatMap) entre los componentes bioactivos y color considerando las seis variedades de ajíes	66

RESUMEN

Los ajíes tienen un consumo destacado entre las hortalizas, el objetivo fue estudiar los caracteres agro-morfológico, fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS), vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales, color y el consumo en restaurantes de variedades de ajíes *Capsicum* spp. Las especies estudiadas fueron *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. annuum*, *C. frutescens*, abarcando quince variedades; la investigación se desarrolló en tres etapas. En la primera etapa se realizó un estudio agro-morfológico, color, fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante. La mayor contribución en los caracteres agro-morfológicos resaltó el ají dulce naranja, con una correlación muy fuerte el peso entero vs pericarpio ($r = 1,00$). En los componentes principales y el mapa de calor (Heat Map) el ají oyuyo rojo tuvo mayor contribución en fenoles totales, radicales DPPH y ABTS, con una correlación entre fenoles totales vs el radical DPPH ($r=0,96$). En la segunda etapa se identificaron los ajíes más consumidos en los restaurantes, el ají charapita amarillo resaltó en el puesto ambulatorio y tacachería, mientras que el limo amarillo en cevichería y chifa. En la tercera etapa se liofilizaron las seis mejores muestras seleccionadas. El ají oyuyo rojo presentó los mayores contenidos de fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales y los radicales DPPH y ABTS, con una correlación perfecta entre antocianinas y vitamina C ($r = 1,00$), mientras que el ají charapita amarillo destacó en los parámetros de color (L, a y C*).

Palabras claves: ajies, *Capsicum* spp, Anacardiaceae, Solanaceae, Capsaicina.

ABSTRACT

Peppers are a food that stands out among other vegetables. The objective of the study was to study the agronomic-morphological characters, total phenols, total flavonoids and antioxidant capacity (DPPH and ABTS), vitamin C, carotenoids, total anthocyanins, color, and the consumption of the *Capsicum* spp varieties of peppers in restaurants. The species in study were *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. annuum*, [and] *C. frutescens*, encompassing fifteen varieties; the research was carried out in three stages. In the first stage, an agronomic-morphological, color, total phenols, total flavonoids, and antioxidant capacity study was carried out. The greatest contribution that stood out in the agronomic-morphological characters was the orange sweet pepper, with a very strong correlation [between] the whole weight and the pericarp ($r = 1.00$). For the principal components and the heat map, the red ayuyo pepper had the greatest contribution to the total phenols, DPPH and ABTS radicals, with a correlation between the total phenols and the DPPH radical ($r = 0.96$). During the second stage, the peppers that are most [frequently] consumed in restaurants were identified [where] the yellow charapita pepper stood out for ambulatory spots and tacacho restaurants, while the yellow limo [pepper stood out] for ceviche and Chinese restaurants. For the third stage, the six best samples that were selected were lyophilized. The red ayuyo pepper presented the greatest total phenol contents, total flavonoids, vitamin C, total carotenoids, total anthocyanins, and DPPH and ABTS radicals, with a perfect correlation between the anthocyanins and the vitamin C ($r = 1.00$); while the yellow charapita pepper stood out for the color parameters (L, a and C*).

Keywords: peppers, *Capsicum* spp, Anacardiaceae, Solanaceae, capsaicin

I. INTRODUCCIÓN

Los ajíes ocupan un lugar destacado entre las hortalizas a nivel global debido a su amplia aplicación en la gastronomía, la medicina y diversas industrias, los ajíes son unos frutos grande y carnoso, cuadrangular, de tamaño variables y peso; pertenecen a la familia Solanáceae y forman parte del género *Caspsicum*, que incluye cinco especies en el mundo (*C. annum* L., *Chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L. y *C. pubescens* Ruiz et Pav) y cerca de cuarenta especies silvestres (Silvar et al., 2022). En 2021 China fue el principal productor de ajíes a nivel mundial, seguida por Turquía (2,864,100 toneladas), Indonesia (2,759,805 toneladas) y México (2,701,293 toneladas). Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) divulgada en 2021, México produjo 3 millones de toneladas de ajíes, lo que equivale al 20, 2% de la producción total de vegetales del país (Alonso-Villegas et al., 2023).

La planta tuvo como origen en América del Norte y del Sur, su producción es favorecido por sus climas cálidos y secos, en el Perú según la Asociación de Exportadores (ADEX) ha informado que, entre enero y julio de 2024, las exportaciones de ajíes y pimientos (*Capsicum*) ascendieron a US\$ 162,3 millones, alcanzando a 43 países. Los frutos de ajíes se emplean como condimentos, condimentos culinarios, además de ser plantas ornamentales (Orobiyi et al., 2017). En la gastronomía peruana, los ajíes se emplean de diversas maneras: frescos, secos, en pasta o en polvo, y constituyen el fundamento de numerosas salsas y adobos que definen la gastronomía nacional. Los platos emblemáticos son el ají de gallina, la causa limeña y la ocopa no podrían realizarse sin la presencia de estos componentes fundamentales. Los ajíes más comercializados en el 2025 en el Perú son pimienta marrón, pimienta piquillo y pimienta, ajíes de la especie *annuum*. Luitel et al. (2013) mencionan el tamaño reducido con colores vivos y texturas, hace que se incrementen su demanda en el mercado tanto nacional e internacional.

Según Igbakaa et al. (2023) las variedades de ajíes son un excelente recurso de compuestos bioactivos que comprenden flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides, vitaminas C, E, A, capcaicinoides, además de tintes y fragancias naturales. Estos fitoquímicos han sido asociados con efectos bioquímicos y farmacológicos, que incluyen acciones antioxidantes y antiinflamatorias. Según Umoh et al. (2020) el consumo de ajíes contiene ciertos compuestos bioactivos ya que generan impactos positivos en la salud de las personas gracias a sus características antioxidantes, las cuales defienden a las células del daño por oxidación, ayudando a prevenir ciertas enfermedades degenerativas como el cáncer, problemas de corazón, cataratas, diabetes, Alzheimer y Parkinson. Según Zimmer et al. (2012) en los ajíes picante se

encuentran su principal componente la capsaicina es un alcaloide lipofílico y debido a su actividad analgésica se ha utilizado en la práctica clínica. Considerando un tipo de investigación aplicada con un nivel descriptivo–comparativo y correlacional.

Por lo expuesto, los ajíes en el mundo y nuestro país tienen buena producción, comercialización y consumo como compuesto bioactivo. La Amazonía es un área geográfica de mayor producción de ajíes de diferentes variedades, especies, formas y colores, pero hay poca publicación científica que permite valorar a este recurso, en tal sentido se plantea realizar el estudio considerando los siguientes objetivos:

Objetivo general

Estudiar los caracteres agro-morfológico, fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS), vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales, color y el consumo en restaurantes de variedades de ajíes *Capsicum* spp.

Objetivo específico

- ✓ Estudiar los caracteres agro-morfológico y color en quince variedades de ajíes *Capsicum* spp. en frescos.
- ✓ Determinar fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) en quince variedades de ajíes *Capsicum* spp. ajíes deshidratados.
- ✓ Estudiar el consumo en restaurantes de quince variedades de ajíes.
- ✓ Evaluar fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales, la capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) y color en seis variedades de ajíes liofilizados.
- ✓ Determinar la composición químico proximal y minerales en la variedad oyuyo rojo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Karaman et al. (2023) en su trabajo de investigación desarrollo una evaluación en 104 poblaciones de RIL (Líneas de pimiento endogámico recombinante: F6) de dos poblaciones *Capsicum annuum* y *Capsicum frutescens* (PI281420) F6, según las propiedades bioactivas se caracterizó la composición fenólica, perfil de tocoferol y capsaicinoide. En los resultados de fenólicos totales el rango estuvo entre 7,06 a 17,15mg GAE/g de peso seco; flavonoides de 1,10 a 5,46mg CE/g de peso seco y antocianinas totales de 7,9 a 516,6mg/kg de extracto de peso seco. En cuanto actividad antirradical 18,99 y 49,73% y capacidad antioxidante 6,97-16,47mgAAE/kg de peso seco; la composición de capsaicina fue 27,9-1405,9 y dihidrocapsaicina 12,3-640,4mg/100g de peso seco, en unidades de calor Scoville relevo un 95% de los pimientos que presentan una alta pungencia y en la parte de tocoferol su valor mayor fue en 1078,4µg/g de peso seco, entre sus principales fenólicos son ácido p-cumárico, ácido ferúlico, miricetina, luteolina y quercetina; por el cual mostraron diferencia significativa en los genotipos de pimiento para relevar los genotipos similares.

Lidiková et al. (2021) en su trabajo referido los contenidos de polifenoles, vitamina C y capsaicina de los pimientos en 8 variedades: Garam F1, Alma, Poseidón, Promontor, Eslovaquia, Claudius, Bhut Jolokia, Serrano y Candlelight) y la correlación con la actividad antioxidante usando el método de HPLC y el método de Folin-Ciocalteu. En cuanto a los resultados en la vitamina C fue 95,76 a 2,139 y capsaicina 44,40 a 2,224µg/g de materia seca (MS), por ello, un límite de detección de capsaicina fue 0,09 µg/g; en cuanto al polifenol total fue 4,230 y 9,939mg GAE/kg MS y en la actividad antioxidante se obtuvieron de los tres métodos DPPH⁺ (19,48-91,81µmol TE/g MS); FRAP (19,08-61,46µmol TE/g MS) y ABTS^{•+} (15,72-65,70µmol TE/g MS). En cuanto la evaluación estadística en la vitamina C y la actividad antioxidante tuvieron una correlación alta en los pimientos. Debido al contenido de compuestos bioactivos por su compuesto antioxidante en el fruto ayuda a la prevención del daño celular en el cuerpo.

Moon et al. (2023) en su investigación menciona el cultivo del pimiento (*Capsicum* spp.) es de suma importancia al nivel mundial debido a que esta especie *Capsicum* tiene altas cantidades de vitaminas, carotenoides y propiedades beneficiosas para la salud. Se evaluó 513 muestra de pimiento de dos especies *Capsicum annuum* y *Capsicum frutescens* en cuanto sus características morfológicas y contenido de fitoquímicos entre ellos están los carotenoides, β-caroteno, vitamina C, capsaicinoides y sólidos solubles totales. En los resultados hubo

variaciones de rasgos morfológicos, los fitoquímicos entre las especies y muestra del fruto; se evaluaron el color, su condición colgante y pedúnculo del fruto, los contenidos de fitoquímicos en cuanto al germoplasma presentaron un alto valor de vitamina C esto debido al color amarillo en colgante del fruto. En cuanto a los parámetros agro - morfológicos y fitoquímicos resultaron diferentes en las dos especies en el germoplasma por el cual, solo en tres grupos mostraron un análisis conglomerado entre los seis genotipos tuvieron buenos recursos genéticos en cuanto fitoquímicos benéficos para la salud siendo importante la vitamina C tuvo una correlación positiva con el diámetro, el peso y el grosor de la pared de la fruta. Por último, se mostraron las características morfológicas y fitoquímicas siendo importante para los programas de mejoramiento genético en las especies.

Khan (2019) en su trabajo evaluó la composición nutricional de treinta y cinco genotipos de *Capsicum annuum* L, se basaron en la selección de genotipos que son nutritivos como progenitores para un desarrollo de programa de hibridación; por el cual, los genotipos se clasificaron en 3 grupos: Grupo I (tipo fino), grupo II (intermedio) y grupo III (chiles cereza). Para el análisis de minerales se utilizó el método de absorción atómica para Ca, Fe, Mg, Mn, Zn y Cu, el método fotómetro de llama para K y Na y el método de espectrofotómetro para P. Para el contenido de químico proximal de humedad, proteínas, grasas, cenizas y fibra cruda se desarrolló por el método AOAC; el contenido de carbohidratos se estimó por el método de diferencias. Según los resultados en el grupo II de los macrominerales tuvieron los niveles altos Mg (287,52mg/100g), Ca (114,0mg/100g), K (286,30mg/100g); en el grupo III el P fue (29,20mg/100g), en el microminerales el Fe (109,0 mg/100g), Cu (0,21mg/100g) en el grupo III y el Na (15,90mg/100g) del grupo II; por otro lado, Mn (0,50mg/100g) y Zn (0,20mg/100g) tuvieron valores muy alto en el grupo I. La composición proximal de grasa 2,15%, cenizas (8,93%) y las proteínas (9,09%) del grupo III; la humedad (11,86%) y los carbohidratos (52,28%) teniendo valores muy alto del grupo II. La alta cantidad de minerales como el magnesio, potasio, calcio y hierro en los ajíes, es muy importante para seleccionar con fines de desarrollar un programa de mejoramiento de cultivo de las especies.

2.2. Aspectos generales de Ajíes.

2.2.1. Definición

El nombre *Capsicum* proviene de la palabra Capsicon o capsula que significa “cofre” o “caja” debido a la forma del fruto la parte que encierra a las semillas, otra propuesta griega es Kapto tiene como significado “morder” o “picar” por el contenido de la capsaicina, el fruto está compuesto de dos o más lóculos, están separados por una placenta

central, es considerada entre las hortalizas más resaltante a nivel global, por ello el fruto pertenece a la familia Solanácea contiene una humedad muy alta de 70 a 80%, su consumo es en fresco y seco (Hudáková et al., 2023).

2.2.2. Origen

Swamy (2023), su cultivo y consumo por primera vez fueron por los indígenas de pieles rojas en el año siete mil antes de la religión cristiana por el cual, también fue descubierto por Cristóbal Colón en la América tropical en 1493 que encuentra semillas de *Capsicum* y los traslada a Europa para su propagación. Los ancestros domesticaron las especies considerando tres centros como: Mesoamérica, Amazonía y Bolivia; en 1542, se amplió en México con dos variedades *Capsicum baccatum*, *Capsicum frutescens*, esta planta fue extendida en la India, para llegar al sudeste asiático, incluida Indonesia, su diseminación posiblemente fue por los animales y aves, que al consumir el fruto esparcieron las semillas en distintos lugares como el ají rojo de *Capsicum annum*. Según Tripodi et al. (2021) los ajíes son consumidos como un ingrediente importante de varios platos en distintas culturas como Asia, Latinoamérica y Mediterránea por sus propiedades organolépticas, la mayoría de la especie *Capsicum chinense* y *Capsicum pubescens* se ampliaron su cultivo en el Caribe y América del Sur por presentar buenos factores culinarios y culturales.

2.2.3. Taxonomía

Echave et al. (2020) clasifica la taxonomía de la siguiente manera:

Subreino: Traqueobionta

División: Magnoliofita

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Astéridae

Orden: Solanales

Familia: Solanáceae

Género: *Capsicum*

Especies: *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. annum*, *C. frutescens* y *C. pubescens*.

2.2.4. Partes del ajíes

Según Cervantes-Hernández et al. (2019) los ajíes presentan las siguientes partes externa e interna (Figura 1); el pedúnculo: Es una estructura de forma de una rama larga o corta del fruto y con una construcción de unión que permite sostener al fruto, el cual tiene una función de conducción de la savia a las flores; el cáliz: Es la base estructural en forma de

corona está conformado por hojas denominadas sépalos y generalmente son de color verde; las semillas: Es de forma circular o de gotas, tiene tres partes principales en embrión, los tejidos de reserva alimenticia y las cubiertas de semilla, por el cual, son de diferentes colores blancas, amarillas y negras la reproducción que se desarrollan las plantas para que se puedan multiplicarse; la placenta: Es el órgano que se producen intercambios metabólicos entre el fruto y la semilla; el pericarpio: Está conformando por tres capas, el epicarpio es la capa externa del fruto la parte de la piel, mesocarpio es la parte intermedia del fruto y endocarpio es la capa interna debido que es más dura que encierra la placenta y las semillas; glándulas de capsaicina: Es la concentración de la capsaicina que es producido por las glándulas de la placenta y la pared del fruto debido que son fuente de la pungencia; septos: Son tabiques que marcan la división de la cavidad del fruto en la parte interna de manera que son de 2 a 4 lóculos; ápice: Es la parte punta de la fruta esto va a depender de la variedad del fruto puede ser redondas o cónicas.

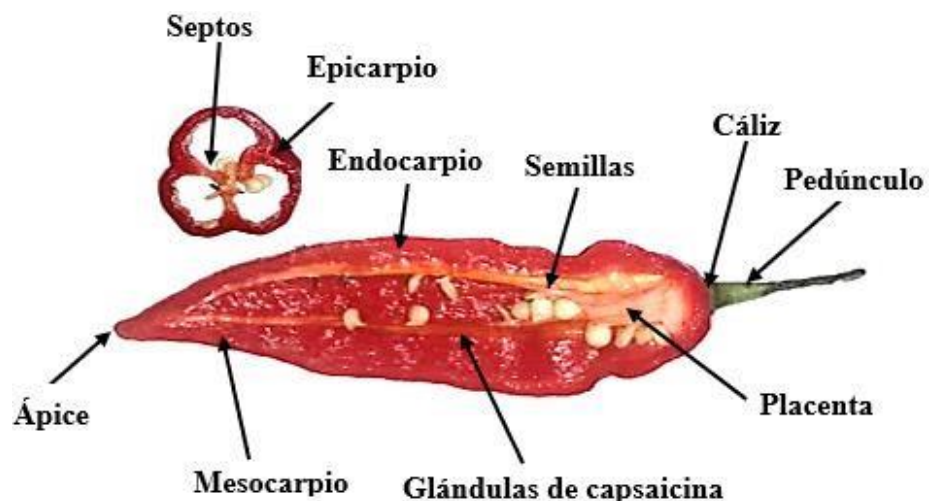


Figura 1. Las partes de la variedad limo rojo.

2.2.5. Variedades de ajíes

Li et al. (2022) el género *Capsicum* abarca 2500 especies de las cuales cuarenta especies son aceptados por la TPL (plantaciones de árboles en el paisaje), entre ellas treinta especies silvestre son originarios de América del Sur, cinco se clasifican como domesticas: *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. pubescens*.

***C. chinense*:** Su cultivo está presente en el caribe, en la región de la selva del Perú y en México es una planta perenne tiene una duración por muchos años; llega a medir entre 75 cm a 1,50 m y se caracteriza por su sabor que va desde los cítricos hasta los ahumados, su aroma delicado y afrutado ausente de todas las especies y picante, su consumo es en fresco y lo utilizan para

el proceso industrial debido a su gran demanda en el mercado nacional (Castillo - Aguilar et al., 2024); se encuentran los ajíes: Ajíes charapitas (rojo, amarillo y naranja), miscucho, pucunucho, tomatito, ajíes habanero, mochero, arnaucho y ajíes panca tienen una alta pungencia, por otro lado, son de diferentes colores como: Rojo, amarillo y naranja o café; su forma se caracteriza por ser triangular, elongado, redondas y atrompado; de manera que, las semillas son ovaladas de color amarillo que miden de 2,5 mm a 3 mm de tamaño, las flores son de color verdoso solo esta especie tiene dos o tres flores por nudo, tienen 3 a 4 lóculos en el fruto y las variedades de esta especie prefieren un clima húmedo y tropical es muy sensible al invierno.

***C. baccatum*:** El cultivo de esta especie es muy importante en América del sur, Asia y Tailandia tiene una historia muy marcada en los países de Argentina, Chile y Brasil; es una planta que llega a medir 2m de altura, se producen a una temperatura entre 20 a 25°C, es utilizada en la gastronomía, también como fines medicinales en las regiones nativas como tratamientos para ciertas enfermedades (Yang et al., 2024). Según Andrade et al. (2020), menciona que esta planta entre sus flores presenta la corola blanca con puntos amarillos, verdes o marrón en la parte basal de los pétalos. Los ajíes que lo conformen son: Oyuyos (rojo, morado y amarillo), ajíes uña de gallina, escabeche, amarillo, verde, ajíes de mono, mirasol y challuaruro por ello, son de color verde al inicial y cambian a amarillo, cuando maduran de color naranja o rojo brillante, tiene una forma de elongado y triangular llegan a medir hasta 20 cm de longitud y las semillas llegan a medir un promedio de 2,4 mm a 3 mm, tienen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes por él, contenido de compuestos bioactivos.

***C. annuum*:** Su cultivo es conocido en Asia y América; también la gran diversidad genética se encuentra en México, es una planta herbácea de tiempo corto; llega a medir de 80 a 2 cm de altura, las hojas son simples de forma elípticas a lanceoladas, su crecimiento se desarrolla en climas templado ya que su consumo es en fresco, seco, en pastas e incorporados en salsas, encurtidos o alimentos ahumados debido que es delicioso y picante (Karim et al. 2021). Los ajíes que pertenecen a esta variedad son: Ajíes dulces (verde, rojo y naranja), cerezo, pimienta, pimienta piquillo, pimienta dulce, ancho, jalapeño, paprika, marrón, guaquillo y cerezo (triangular y redondas) miden alrededor de 7cm de largo y 3cm de ancho tiene una pungencia media; son de forma redondas, cónicas, elongadas y cilíndricas tienen de 3 a 6mm de diámetro; de color amarillo y rojo cuando están maduro de superficie lisa y brillante, las semillas son amarillas de forma redondas y discoides son lisas, y las flores son de color blanco o violetas están conformadas por cinco y ocho pétalos, esta variedad está catalogada entre las 10 hortalizas

más consumidas en Brasil y en el mundo por su propiedades químicas y valor nutricional (Batiha et al., 2020).

C. *frutescens*: El cultivo está presente en el país de Nigeria y en Perú en la zona del lago Titicaca, Bolivia y Brasil, es una planta anual de poco tiempo; llega a medir 1,5m de altura y las hojas son de color verde oscuro de 8cm de largo, debido a las condiciones climáticas favorece a su crecimiento y la producción, por tener una gran demanda es considerando el fruto por el sabor, picor, aroma, alto contenido de Capsaicinoides (629,4mg/100 g) (Alamu et al., 2023). Las variedades que lo conforman son: Ajíes limo (rojo, amarillo y verde), cacho de cabra y malagüete ya que sus colores son verde o amarillo antes de madurar y naranja e rojo al madurar; por ello sus formas son elongadas y redondeadas pueden llegar a medir de largo 12 cm y de ancho 4,5cm tienen 2 a 4 lóculos, las semillas son lisas de coloración amarillenta o blanco – amarillento tiene una forma de gotas y las flores son dos o tres en el nudo son de color blanquecinas o verdoso; se caracteriza por una alta capacidad de rendimiento, una delicada fragancia de pulpa y también es de importancia etnomedicinal (Zhong et al., 2021).

C. *pubescens*: Según Palombo & García (2022), se cultiva en las regiones andinas de América de Sur su importancia radica en lo cultural y económico en los Andes centrales principalmente en Perú y Bolivia su crecimiento se da en patios y en pequeñas parcelas se puede entrar en zonas altas, templadas y frías para su desarrollo debe estar a una temperatura de 18 a 22°C; es una planta semiarbustiva que llega a medir hasta 1,60 m de altura, las hojas son de color verde oscuro, el fruto se caracteriza por sus semillas grandes de color negro y morado; las flores son de color blanco o purpura se encuentra el rocoto (huerta y selva central) y manzano el cual, el fruto tiene una alta pungencia, tiene una amplia variación de forma acampanulado y son de color (rojo y amarillo). Hernández-Amasifuen et al. (2022) en el Perú tiene una gran demanda en el mercado, se puede consumir en fresco o en polvo y lo usan en platos nacionales.

2.2.6. Características agro- morfológicas

Actualmente existe una gran diversidad de cultivo debido a la morfología de la planta, a la floración, a la composición nutricional, los colores, a la pungencia y las características cualitativas y cuantitativas por ello, la importancia en los cultivos en su mayoría requiere una temperatura intermedia para su crecimiento inicial hasta la polinización, floración y para el desarrollo del fruto ya que las plantas son sensibles a los cambios climáticos (Deng et al., 2024). Permite caracterizar los rasgos cuantitativos y cualitativos del fruto por su gran diversidad del tipo de fruto en cuanto a su partes internas y externas; desde el pedúnculo, el cáliz, el pericarpio, la placenta y la semilla; la variedad de estas especies se diferencia por la

diversidad del tamaño del fruto, el crecimiento máximo de la planta que están a un promedio de 0,5 a 2m, por la diferencia de colores que son: verde o amarilla cuando están inmaduros y rojo, morado, amarillo, anaranjado, blanca, negra o café cuando está desarrollando su madurez (Virga et al., 2020). Otra característica por considerar son la predominancia del picor como la alta o baja pungencia, el grosor de la piel y su diferencia de semilla que son lisas, ovaladas y pequeñas de color negro y amarillo están en un rango de 1,05 a 2,52 g por fruto y el número de flores presente es de 13 a 33 en la planta (González-López et al., 2021); la placenta y semilla llegan a pesar de 0,95 g a 7,35 g, el peso de fruto por planta es de 344 g a 1705,1 g y de manera que el peso del fruto sin el pedúnculo es 11,19 a 111,57 g. Libreros et al. (2013) el reporte del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del Perú caracterizó la parte agromorfológicas de las cinco especies domesticas de *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. pubescens* se caracterizó por lo general los colores son (verde, rojo, amarillo, naranjado y morado), la forma (redondas, triangular, elongado y acampanulado) (Figura 2), la longitud está de 21mm a 47 mm, el ancho es de 16,99 mm a 47,23 mm, el diámetro 10 mm a 18 mm, el espesor de pared está entre 1,72 mm a 5,18 mm y el peso fresco en promedio fue 0,4 g a 8 g la investigación de baso en las tres regiones del Perú.

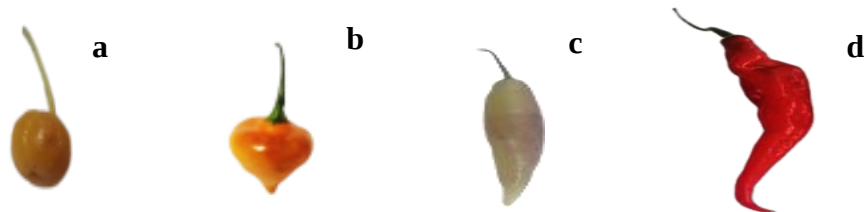


Figura 2. Las formas de los ajíes redondas (a), triangular (b), elongado (c) y acampanulado (d).

2.2.7. Color en los ajíes

Colorímetro: Es un dispositivo que utiliza tres filtros como: rojo, verde y azul por el cual, miden directamente el color de las fuentes de radiación primaria y secundaria lo que emiten luz y transmiten luz externa por ello se obtienen los valores triestímulos X, Y, Z de forma óptica en lugar de matemática (Valdés-Restrepo et al., 2023). Por lo tanto, la medición de color lo realizan con un colorímetro digital, permitiendo tener un uso y una calibración muy factible, por ello posee una fuente una iluminación estándar incorporada, debe que este equipo tiene una serie de desventajas: contar con un servicio de mantenimiento, son costosos, su área

de medición es pequeñas, no pueden utilizar para muestras pequeñas, y debe estar en contacto de la superficie el equipo (Goñi et al., 2015).

Sistema Munsell: Según Cochrane (2014) el sistema de Munsell fue el primero en reportar de manera precisa y cuantitativa la experiencia psicológica del color, Munsell al enfrentar los problemas del color, adoptó una postura agnóstica sobre su definición científica, pero creyó firmemente que las percepciones del color podían ser cuantificadas objetivamente. Según Díaz-Ramos (2020) este sistema fue ideado por Albert Munsell en 1905, debido en cuanto los ajustes a los modelos cromáticos, reportando diferentes colores de manera tridimensional debido que es parte de una progresión a base a su apariencia por ello, tiene tres atributos como matiz, valor y croma.

Sistema CIE: Debido a la importancia de un espacio de color es un método que se considera para medir el color de un producto, el cual puede ser en número de manera que, lo conforman tres espacios de color: CIE $L^*a^*b^*$, CIE L^*C^*h y CIE XYZ para hacer una expresión del color. En cuanto el CIE $L^*a^*b^*$ tiene valores numéricos una presentación de L^* la luminosidad que abarca de 0 (negro) a 100 (blanco), debido a los dos parámetros de a^* (verde a rojo) y b^* (azul a amarillo) que son componentes cromáticos que varían de -120 a +120 (Paredes et al., 2019).

2.2.8 Marketing de ajíes

Según Key et al. (2020) se ha logrado un gran avance y prueba de modelos sobre mercados, marcas, canales y comportamiento del cliente, la relevancia continua de la disciplina y la propuesta de valor académico, fundamentada en la investigación teórica y conceptual, son cruciales debido a la disrupción tecnológica y del mercado sin precedentes que enfrentan los gerentes y académicos de marketing. Según Romero – Luna et al. (2022) el fruto de *Capsicum* es una segunda hortaliza más consumida a nivel mundial, también radica en la gastronomía en su versatilidad para ser consumidos ya sea en frescos, secos, fermentados o como especia en los países latinoamericanos, consideran un ingrediente básico en su dieta diaria; según Lillywhite y Robinson (2023) en la actualidad el género *Capsicum* se cultiva en 125 países mas de dos millones de hectáreas, entre ellas se encuentra en los continentes de Asia, América, África, Oceanía y Europa, dentro de esto la mayor producción está en Asia; los países que conforman resaltan en producción son China, México, Indonesia, Turquía y España, en el caso de los EE.UU el consumo per cápita en los ajíes y las importaciones en los últimos años ha aumentado, pero la producción ha disminuido; según Martínez – Aceviz et al. (2023) en México los ajíes más utilizados para la gastronomía se encuentran en estado fresco: Jalapeño, serrano, habanero, manzano, poblano y pimiento, mientras en ajíes secos son: morita, chipotle,

ancho, guajillo y mulato son ampliamente consumidos en variedades de salsas para acompañar los platillos considerándose un recurso natural por la amplia gama de formas, tamaños, colores y sabores.

2.3. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

2.3.1. Definición de compuestos bioactivos

La palabra bioactivo proviene de dos palabras griegas: “bios” y “activus”, tiene como significado “bios” vida y “activus” dinámico. En otras terminologías puede optar el significado biológicamente activo, también es considerado una sustancia que tiene actividad biológica y puede actuar en forma directa sobre un organismo vivo, con efectos positivos o negativos dependiendo de la función de la sustancia, la cantidad o la biodisponibilidad (Guaadaoui et al., 2014). Los compuestos bioactivos consideran tres grandes grupos como: terpenoides, los polifenoles y los alcaloides, tienen un gran beneficio debido a las propiedades antioxidantes y antiinflamatorios; se encuentran en las verduras, frutas, cereales, especias, zumos de frutas, vino, chocolate y cerveza (Sorrenti et al., 2023).

2.3.2. Metabolitos secundarios

Son compuestos orgánicos derivados del metabolismo primario de las plantas, estos compuestos cumplen una función importante sirve como mecanismo de defensa, están conformados por terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides de los cuales, se ha informado más de 8000 polifenoles, 270 aminoácidos no proteicos, 32 cianógenos, 10 000 alcaloides, saponinas y esteroides (Hernández-Alvarado et al., 2017). Los metabolitos secundarios han cobrado una importancia creciente en sectores industriales como el farmacéutico, el de colorantes y el alimentario, debido a los avances en métodos confiables para su obtención. Para implementar un enfoque sostenible y económicamente viable en la producción de estos compuestos, es esencial contar con un entendimiento profundo de las vías biosintéticas y de los factores que influyen en la síntesis de metabolitos secundarios (Reshi et al., 2023).

2.3.3. Clasificación de metabolitos secundarios

Terpenoides: Están compuesto por moléculas de oxígeno que se forma mediante modificadores bioquímicas con la adición o la eliminación de grupos metilos, se pueden dividir en alcoholes, aldehídos, esterres, epóxidos, cetonas y fenoles, algunos ejemplos son: citronelal, geraniol, linalol, acetato de linalilo, piperitona, mentol y timol (Masyita et al., 2022). Según

Devi et al. (2024) menciona que los terpenoides se clasifican en cinco grandes grupos: Monoterpenoides, sesquiterpenoides, diterpenoides, triterpenoides y tetraterpenoides y están presentes en las frutas y verduras.

Compuestos fenólicos: Está compuesto por un anillo benceno con grupo hidroxilo (fenol) o ésteres, ésteres metílicos se caracteriza por la importancia de las actividades antioxidantes y tiene propiedades beneficiosas para la salud (Mahfuz et al., 2021). Según Nurzyńska -Wierdak (2023) menciona que los compuestos fenólicos están conformados por cinco subgrupos: los ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzoicos, hidroxicinámicos, tirosol y hidroxitirosol) flavonoides (Flavonoles, flavanoles, antocianinas y isofavonas), cumarinas, lignanos y estilbenos.

Compuestos alcaloides: Según Ferreira (2022) la terminología alcaloide está relacionado en cuánto sus propiedades básicas (álcalis), como las aminas primarias, secundarias o terciarias, heterociclos incluyendo amonio cuaternario considerándose parte el nitrógeno, debido a su presencia de este mineral uno o más son esencial para la realización de una biosíntesis por organismos marinos y terrestres. Según Heinrich (2021) el 20 % de los metabolitos secundarios está conformado por alcaloides que se encuentran en las plantas actuando contra los depredadores. En 2020 se incluyeron más de 27 683 alcaloides en el Diccionario de Productos Naturales (DNP) como resultados de las investigaciones recientes.

2.3.4. Compuestos fenoles

Según Khoddami et al. (2013) son compuestos que están conformado de uno o más anillos aromáticos con uno o más grupos hidroxilo, se clasifican como fenoles simples o polifenoles en función a la cantidad de unidades fenólicas en la molécula. En cuanto los compuestos fenólicos vegetales estos están presentes como fenoles simples, cumarinas y taninos. Los fenoles tienen un gran potencial como antioxidantes ayuda a la salud porque actúa contra los radicales libres de las especies reactivas de oxígeno (ROS), ayuda a prevenir el cáncer, enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares, tiene propiedades antienvjecimiento, potencial antiinflamatorio y actividad antimicrobiana (Lozada et al., 2023). Según Oledzki y Harasym (2023) esta planta se cultiva en todo el mundo, su consumo puede ser en fresco o procesados lo utilizan como especia, se incluyen muchas especies y variedades tanto como ajíes dulces y picantes son ricas en compuestos polifenólicos.

2.3.5. Flavonoides

Los flavonoides en su estructura poseen dos anillos bencénicos aromáticos conectados por el anillo pirano heterocíclico que contiene un átomo de oxígeno, se produce mediante diversas vías de síntesis como: La vía del fenilo propanoide, la vía del shikimato y la

vía de los flavonoides (Liga et al., 2023). Según Antonio et al. (2018) los flavonoides se encuentran muchos estudios debido a sus propiedades bioactivas. Las propiedades referentes a los flavonoides son protectoras contra los procesos inflamatorios, hipertensión, artritis y sida. Se ha vuelto muy atractivos en varias ramas de la industria como la alimentaria y la farmacéutica.

Los Flavonoides se clasifican en:

Flavonas: Según Al-Khayri et al. (2022) las flavonas carecen de oxigenación y poseen un doble enlace también un grupo cetona, pueden tener modificaciones como hidroxilación, metilación, glicosilación o alquilación. Están conforman por la apigenina, wogonina, luteolina, crisina, y tangeretina, se encuentra en los pimientos rojo dulce, el perejil, la manzanilla, el apio, la menta y el ginkgo biloba. Según Grijalva-Guiza et al. (2023) las plantas también contienen flavonoides únicos como el pandano está presente la tangeretina, esta flavona ayuda a reducir las concentraciones plasmáticas de colesterol, también otras plantas tienen varios flavonoides del mismo grupo, como la algarroba mongola que previene la formación de placa de ateroma.

Flavonoles: Los flavonoles tiene una estructura de grupo hidroxilo en la posición 3 del anillo C este grupo tiene diversos patrones de metilación e hidroxilación y, considerando los diferentes patrones de glicosilación. Se encuentran más abundante en las frutas y verduras como: En las manzanas, las fresas, la lechuga y otras verduras de hoja, y algunos subgrupos están presente kaempferol, quercetina, miricetina y fisetina, se considera el subgrupo más común y grande (Panche et al. 2016).

Isoflavonas: Según Xiao et al. (2017) las isoflavonas tienen una estructura similar con el 17- β -estradiol, pueden unirse a los receptores de estrógeno (RE) se encuentran dos formas ER α y ER β . Las isoflavonas pueden exhibir un comportamiento estrogénico y antiestrogénico, debido el nivel de estradiol endógeno y el tipo de (RE). Las isoflavonas son moléculas naturales se encuentran en las plantas comestibles como: El trébol rojo y la raíz de kudzu, se encuentran la genisteína, la daidzeína y la gliciteína. Según Ahmed (2021) las isoflavonas son conocidos como los fitoestrógenos, son abundantes en la soja y las plantas leguminosas, se encuentran los siguientes compuestos como: La genisteína, la genistina, la gliciteína, la biochanina A, la formononetina y la ononina.

Flavanoles: Se caracteriza por la presencia de un anillo heterocíclico saturado y un grupo hidroxilo, existe también en forma de monómero (catequinas) como también en polímero (proantocianidinas). En los flavanoles esta presenta la catequina y la epicatequina predominantes en las frutas, mientras que la epigallocatequina, la galocatequina y el galato de

epigallocatequina son hallados en las semillas de las plantas leguminosas, las uvas y en el té (Câmara et al. 2020).

Flavanonas: Según Stepniak et al. (2024) las flavanonas tiene una estructura espacial se basa en un anillo de 4- cromanona, se produce de forma natural como metabolitos producidos por las plantas. Se encuentran en las frutas como: La naranja, el limón, la uva y el pomelo, tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y cardioprotectoras.

Los ajíes son un alimento muy importante por su función nutracéutica se considera más de treinta especies, se encuentran muchos compuestos como: Los flavonoides, los carotenoides, los capsaicinoides, los aceites esenciales, las sustancias aromáticas, las vitaminas, los minerales, los compuestos fenólicos y sustancias aromáticas (Taiti et al., 2024). Según Ribes – Moya et al. (2020) los ajíes tienen un alto valor nutricional debido al contenido de compuestos bioactivos como los flavonoides están presentes en las especies domesticas como: *C. chinense*, *C. annuum* y *C. baccatum* se encuentra la quercetina, luteolina, miricetina, kaempferol y apigenina.

2.3.6. Vitamina C

Según Caritá et al. (2020) la vitamina C es conocido el ácido ascórbico (AA), es una molécula hidrófila está compuesto por seis carbonos es parecido a la glucosa. Es un micronutriente esencial para los humanos, desempeñando un papel importante como antioxidante y ayudando al funcionamiento celular del sistema inmunológico tanto innato como adaptativo, debido a la ausencia de las enzimas necesarias para su producción en el cuerpo, debe obtenerse a través de la dieta, por lo tanto, la Organización Mundial de la Salud la incluye en su lista de medicamentos esenciales, dentro de la categoría de vitaminas y minerales (See et al., 2024). Según Aprilia et al. (2021) se reporta que los ajíes son una de las fuentes más destacadas de nutrientes naturales, ricos en sustancias antioxidantes y compuestos bioactivos. Estos desempeñan un papel crucial en la protección contra los radicales libres y benefician la salud humana. Además, el ajíes son una excelente fuente de vitamina C, soluble en agua, vitamina A y soluble en grasa.

2.3.7. Carotenoides

Según Crupi et al. (2023) los carotenoides son compuestos naturales de colores vivos presentes en organismos fotosintéticos como algas, cianobacterias y plantas. Se localizan en los cloroplastos de las plantas verdes (hojas, tallos, semillas y frutos) y trabajan junto con la clorofila para captar energía de la luz en ciertas longitudes de onda. Según Maoka (2019) los carotenoides son tetraterpénicos, están formados por ocho unidades de isopreno y

una cadena de 40 carbonos, su estructura típica incluye una secuencia de enlaces dobles alternados y un grupo terminal en cada extremo de la cadena. El género *Capsicum* es uno de los aditivos alimentarios más antiguos y utilizados globalmente, gracias a su color, sabor y valor nutricional, además de capsaicina y dihidrocapsaicina, que son los compuestos responsables del picante, los ajíes también contienen diversas sustancias activas desde el punto de vista fisiológico como los carotenoides, los carotenoides dan diversos colores a las frutas de los ajíes, desde blanco hasta rojo, su concentración y composición pueden variar según la genética y el grado de maduración (Pugliese et al., 2013).

Los carotenoides se dividen en dos grandes grupos como los carotenos y xantofilas.

Carotenos: Según Gonzales - Peña et al. (2023) los carotenos están incluidos el α -caroteno, β -caroteno, γ -caroteno y el licopeno, son altamente solubles en solventes orgánicos como el hexano, cloroformo o éter e insolubles en solventes polares como el agua o etanol. Según Bufka et al. (2024) en este grupo se encuentra el licopeno están presentes en las frutas y verduras rojas, como el tomate, el pomelo rosado, la sandía y la papaya, contienen principalmente licopeno, un pigmento rojo que es lipofílico, a diferencia de otros compuestos, el licopeno no actúa como provitamina A, ya que no posee la estructura de anillo β -ionona esencial para esta función.

Xantofilas: Según Smaoui et al. (2021) las xantofilas que son un tipo de carotenoide se distribuyen en diferentes compartimentos celulares según su estructura usualmente, se asocian con membranas celulares o se unen de forma no covalente a proteínas específicas, lo que les permite participar en procesos como la fotosíntesis y proteger a las células de daño por luz. Según Pereira et al. (2021) las xantofilas, están presentes como la fucoxantina, astaxantina, luteína, zeaxantina y β -criptoxantina, son carotenoides con propiedades antioxidantes que les otorgan efectos antitumorales y antiinflamatorios, gracias a su estructura química con múltiples enlaces dobles.

2.3.8. Antocianinas

Según He y Giusti (2010) las antocianinas son compuestos polifenólicos que forman parte de una amplia familia de flavonoides, los cuales son metabolitos secundarios producidos por plantas superiores, las agliconas de las antocianinas tienen una estructura básica de carbono compuesta por tres anillos: C-6 (anillo A), C-3 (anillo C) y C-6 (anillo B). Las antocianinas son partes de los flavonoides en su estructura básica comprende un ion flavilio que no cuenta con un oxígeno cetónico, existen seis tipos de antocianinas estos dependen de su estructura: cianidina, delphinidina, pelargonidina, peonidina, petunidina y malvidina (Shi et al., 2021). Según Meng et al. (2022) dentro de las

cinco especies del género *Capsicum* el pimiento morado es más abundante en antocianinas y presenta una alta resistencia a temperaturas elevadas y a la sequía, normalmente, la mayor concentración de antocianinas se encuentra en la piel del fruto. Algunas especies de chile producen y almacenan antocianinas en sus flores, frutos y hojas, estos compuestos fenólicos son los encargados de los colores rojo, azul y morado, siendo este último el más común en las especies de *Capsicum*.

2.3.9. Capacidad antioxidante

Según Phaniendra et al. (2014) los radicales libres son un átomo o molécula que contiene uno o más electrones desapareados, lo que lo hace inestable de corta duración y altamente reactivo, puede abstraer electrones de otros compuestos para estabilizarse generando nuevos radicales en el proceso, debido a la reacción puede dañar células vivas. Según Benítez-Estrada et al. (2020) puede afectar a las moléculas biológicas como las proteínas, lípidos y los ácidos nucleicos. Esta alteración del estado redox normal incrementa el estrés oxidante. Las especies reactivas como el oxígeno y el nitrógeno pueden considerarse radicales o compuesto no radicales, la especie reactiva de oxígeno incluye tres especies químicas como: La vía de Fenton/Haber-Weiss (el radical superóxido, peróxido de hidrogeno y radical hidroxilo) mientras, del Nitrógeno la vía Beckman – Radi – Freeman (óxido nítrico, peroxinitrito y dióxido de nitrógeno) (Martemucci et al., 2022).

Antioxidante: Según Zehiroglu y Ozturk Sarikaya (2019) son grupos de compuestos tienen como función de neutralizar a los radicales libres y las especies reactivas de oxígeno (ROS) en la célula, la actividad antioxidante en alimentos y bebidas ha captado notablemente la atención de la comunidad científica. Estos antioxidantes ayudan a prevenir el daño de los radicales libres y son clave en la prevención de diversas enfermedades crónicas, como problemas cardiovasculares, envejecimiento, enfermedades cardíacas, anemia, cáncer e inflamación. Los antioxidantes se dividen en dos categorías principales: sintéticos y naturales. También se pueden clasificar como endógenos, que se producen en el organismo, y exógenos, que provienen de fuentes externas. Adicionalmente, se agrupan en enzimáticos, que actúan a través de reacciones enzimáticas, y no enzimáticos, así como en hidrosolubles y liposolubles, según su capacidad de disolverse en agua o grasas.

2.3.9.1. Capacidad antioxidante en *Capsicum*

Según Żurawik et al. (2021) muchos compuestos se encuentran en las plantas, la especie *C. annuum* los pimientos dulces y picantes están presentes las vitaminas

C y E, betacaroteno, clorofilas, polifenoles o licopeno que tienen actividad antioxidante y protege contra los efectos nocivos de radicales libres. Es importante para la salud humana y pueden prevenir la aparición de enfermedades ocasionadas con el estrés oxidativo, incluidas enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativos, cáncer también tiene una capacidad interesante para inhibir algunas enzimas clave relacionadas con la enfermedad de Alzheimer (Fратиanni et al.,2020).

2.3.9.2 Ensayos para medir la capacidad antioxidante

Según Silvestrini et al. (2023) los ensayos de capacidad antioxidante utilizan un generador de radicales térmicos, para producir un flujo constante de radicales en solución, la interacción de un antioxidantes presente o añadido compiten con el sustrato por los radicales libre, inhibiendo o ralentizando la oxidación, los ensayos son utilizados en muestras biológicas para estimar antioxidantes no enzimáticos se clasifica de manera directa o indirecta. Según Munteanu y Apetrei (2021) las pruebas referentes a la transferencia de un átomo de hidrógeno son: la prueba de capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORACP), la prueba de capacidad antioxidante de radicales hidroxilos (HORAC), la prueba del parámetro antioxidante de atrapamiento de radicales peroxilo total (TRAP) y la prueba de capacidad de captación de oxirradical total (TOSC). Las pruebas en la transferencia de un electrón incluyen la prueba de poder antioxidante reductor cúprico (CUPRAC), la prueba de poder antioxidante reductor férrico (FRAP) y la prueba de Folin–Ciocalteu. Las pruebas mixtas, implica la transferencia de un átomo de hidrógeno y un electrón, incluyen la prueba del ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS) y (2,2-di(4-terc-octilfenil)-1-picrilhidrazil) (DPPH).

El radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH): Según Gulcin y Alwasel (2023), fue descubierto por Goldschmidt y Renn en 1922, el ensayo se basa en las mediciones espectrofotométricas de la capacidad de los antioxidantes para eliminar los radicales DPPH. En cuanto a la estructura el átomo de nitrógeno en DPPH disminuye a hidrazina robando un átomo de hidrógeno de los antioxidantes, el DPPH tiene un color estable e intenso, ya que estas dos propiedades del radical se utilizan previamente, en cuanto las reacciones en la cadena de radicales utilizan como un mecanismo habitual para la peroxidación lipídica, ya que aumenta la estabilidad y la calidad de los productos al terminar las reacciones en la cadena de peroxidación, las moléculas de radicales actúan de manera directa con los radicales de peróxido y los eliminan rápidamente. Se ha utilizado con frecuencia en la química de polímeros y las evaluaciones de las capacidades antioxidantes de los productos químicos.

Radical 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS): Según Kuskoski et al. (2005) el radical ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza, tiene la ventaja de que su espectro presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm y en medio alcohólico. La extensión del radical catión (ABTS), se basa de un método espectrofotométrico actualmente tuvo una mejora en su química, cede la evaluación de antioxidantes como hidrosolubles y liposolubles, es un ensayo de decoloración tras la adición de un antioxidante mide la reducción de la absorbancia a una longitud de onda de la solución ABTS y la actividad calculada en relación de un estándar.

2.4. Composición químico proximal en los ajíes

Según Ogunlade et al. (2013) el cultivo de ajíes es relevante no solo por su importancia económica, sino también por el valor nutricional de sus frutos, que representan como humedad, proteína, fibra, carbohidratos (Tabla 1), minerales y compuestos bioactivos. La especie *Capsicum* es utilizado como materia prima en la industria alimentaria generalmente tienen un proceso en polvo seco y oleorresina esto se han hecho importante en la gastronomía peruana (Antonio et al., 2018).

Tabla 1. Químico proximal de la variedad de *Capsicum*.

Parámetros	Cantidad
Humedad (%)	84,37
Proteína (%)	2,35
Ceniza (%)	1,19
Fibra dietética soluble (%)	0,66
Fibra dietética insoluble (%)	4,36
Fibra (%)	5,02
Grasa (%)	2,65
Carbohidrato (%)	4,42
Energía (KJ/Kg)	197,00

Fuente: Ogunlade et al. (2013).

2.5. Minerales

2.5.1. Definición

Los minerales son componentes químicos inorgánicos que se conocen como elementos químicos, representan aproximadamente el 4% del peso corporal del cuerpo. Los

elementos son muy importantes para la vida y tiene una función múltiple en diversos procesos fisiológico, metabólico y bioquímico (Santos et al., 2018). Según Khayat (2017) los minerales cumplen diversas funciones en el organismo, incluyendo la participación en la formación del cuerpo y la regulación de sus funciones, particularmente en la formación de huesos, el transporte de oxígeno, la regulación del azúcar en la sangre, como agente catalizador para la actividad de las enzimas, el control de reacciones químicas, la defensa de las células contra el deterioro oxidativo y la regulación de la función del sistema inmunológico.

2.5.2. Clasificación

Según Farag et al. (2023) los minerales se clasifican en dos categorías principales en macroelementos y microelementos, los minerales que están presentes en los ajíes dentro de los macroelementos son el calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) es necesario consumir (mayor o igual a 100 mg/día), en los microelementos están el zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu) y hierro (Fe) (menor a 100 mg/día).

Macroelementos

Calcio (Ca): Algunos alimentos con la presencia de calcio, como la col rizada, el brócoli y el berro, poseen entre 100 y 150 mg de calcio por cada 100 gramos. Además de consumir alimentos con alto contenido de calcio naturalmente, también se puede consumir calcio mediante alimentos y bebidas enriquecidos con calcio o suplementos de calcio (Shkempi & Huppertz 2021).

Magnesio (Mg): Es un componente biológico fundamental que está vinculado en las células. Además, es el catión divalente más prevalente en las células vivas y desempeña múltiple función es crucial en las funciones reguladoras de las células. El Mg realiza su función mayormente mediante su vinculación a elementos orgánicos, tales como proteínas, ácidos nucleicos y nucleótidos. Posee un rol crucial en la activación de enzimas, el funcionamiento de la membrana y la transmisión de señales intracelulares. El ion también desempeña un papel importante como cofactor para numerosas enzimas. Se encarga de la creación y duplicación del ARN y el ADN, además de la liberación de enzimas y hormonas (Weyh et al., 2022). Por lo general, se consideran buenas fuentes de magnesio las semillas, legumbres, frutos secos (almendras, anacardos, nueces brasileñas y cacahuètes), panes integrales y cereales (arroz integral, mijo), ciertas frutas y el cacao (Fiorentini et al., 2021).

Potasio (K): Es un macronutriente crucial y uno de los cationes de mayor relevancia en las plantas de alto rango, representando cerca del 2–10% de la masa de la materia seca. El K juega un papel crucial en la activación de enzimas, la creación de proteínas y la fotosíntesis, además de modificar la regulación osmótica durante la expansión celular, los movimientos estomáticos y el tropismo, y el traslado de fotoasimilados de fuentes de tejidos para los drenajes (Cruz et al., 2018).

Sodio (Na): El sodio es muy importante ya que facilita que las redes de transporte sean fundamentales para la actividad neuromuscular, la función de las neuronas y la regulación de la temperatura corporal. Además, el cloruro (Cl^-), potasio (K^+) y el sodio juega un rol crucial en la regulación del pH y la presión osmótica del organismo (Nava et al., 2025). El sodio se encuentra en una serie de alimentos que forman parte de la alimentación en Estados Unidos, y se ingiere más frecuentemente en forma de sal, también conocida como cloruro de sodio. Alrededor del 70% del consumo total de sodio se deriva de la adición de sodio a los alimentos fuera de casa (como el procesamiento de alimentos de negocios, la elaboración de platos en restaurantes). El resto del 30% se origina del sodio que se encuentra naturalmente en los alimentos, agua de grifo, suplementos nutricionales y el sodio añadido durante la elaboración de alimentos en el hogar y en la mesa (Trumbo et al., 2023).

Microelementos

Zinc: El zinc forma parte de diferentes enzimas en el cuerpo humano, debido a su función catalítico, estructural o regulador siendo un elemento muy importante para la vida, el cual el intestino juega un papel importante en el control de la homeostasis del zinc, controlando su absorción y excreción (López de Romaña et al., 2010). Este oligoelemento se encuentra en diversos alimentos como en carnes rojas, hígado, pescado, camarones, ostras y cangrejos, también están presentes en cereales, leguminosas y en tubérculos, es recomendable su consumo en que varía 2,9 a 10,0 mg/día.

Manganeso: Es un micronutriente muy importante para la gran parte de organismos vivos, el cual cumple una función fundamental en la fotosíntesis para el metabolismo vegetal, siendo un componente estructural en la proteína fotosistema II, que divide el agua, almacena y transporta electrones a los centros de reacción clorofila, también ayuda a tener una buena resistencia a las plantas sobre las enfermedades radicales y foliares (Obeng et al., 2024).

Cobre: En los ajíes están presentes los minerales, vitaminas C y E, compuesto bioactivos y la capacidad antioxidante, también en los ajíes picantes son ricas en alcaloides capsaicinoides que son utilizados en el área de farmacología (Turkyilmaz Unal & Islek, 2015).

Hierro: Es un oligoelemento principal para los animales y vegetales, también cumple una función en el proceso de la fotosíntesis y la formación de clorofila y carbohidratos, siendo un micronutriente fundamental para las plantas. La deficiencia de hierro puede provocar anemia de células falciformes, talasemia y síndromes mielodisplásicos (Durukan et al., 2011). Tanto las frutas y verduras están presentes los minerales, vitaminas y fibra, el cual este mineral está presente en frutos como la uva, naranja, piña, en las verduras el pimentón, pimienta roja, pimienta negra, brócoli, remolacha, espinaca, berenjena y también están presentes en las plantas medicinales siendo importante para la salud (Bukva et al., 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de investigación en Ciencias de Alimentos (LICA), Laboratorio de química y Laboratorio de análisis de alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicado en la ciudad de Tingo María del distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado de la región Huánuco; coordenadas UTM de -9,3128624m S, -75,9962256m O con una altitud de 1200m.s.n.m, con un promedio de temperatura 20 y 25 °C.

3.2. Materia prima

Las variedades de ajíes se recolectados (Tabla 2) la cantidad por muestra fue de 1000 g), se cosecharon de la Facultad de Agronomía del vivero “El Agrónomo”, del distrito de Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado y región Huánuco; coordenadas UTM de 390547m E y 8970043m N y está situada a una altitud de 660 m.s.n.m, con una temperatura de 25 °C, la cosecha se realizó por la mañana y fueron colocados en bolsa de polietileno cada una previamente codificada.

Tabla 2. Nombre de los tratamientos de cuatro especies de ajíes.

Tratamiento	Especie	Variedades
T1	<i>Capsicum chinense</i>	Charapita Rojo
T2		Charapita Amarillo
T3		Charapita Naranja
T4		Charapita Rojo G.
T5		Charapita Amarillo P.
T6	<i>Capsicum baccatum</i>	Oyuyo Rojo
T7		Oyuyo Amarillo
T8		Oyuyo Morado
T9	<i>Capsicum annuum</i>	Dulce Verde
T10		Dulce Rojo
T11		Dulce Naranja
T12	<i>Capsicum frutescens</i>	Limo Rojo
T13		Limo Amarillo
T14		Limo Verde
T15		Ají de mono

3.3. Materiales, equipos, reactivos y solvente del laboratorio.

3.3.1. Materiales de laboratorio

Pinza metálica de forma punta, marca goot, modelo TS-11, país de Japón; Taper biofood rectangular con una dimensión (35,70 cm x 20 cm x 11cm), marca REY Plast, país China; frasco de vidrio ámbar para colocar las muestras capacidad de 100 mL, marca Hirschmann, país Alemania; cuchillo de acero inoxidable marca Sabatier, modelo Finesse, país Francia; bandeja de acero inoxidable, país Perú; papel toalla marca Elite, modelo Plus, país Perú; tabla de picar de color blanco (255cm x 35 cm x 1cm), marca Dussel, modelo PP1014, país Alemania; microtubos de una capacidad de 2 mL marca Eppendorf, modelo PP SAFELOCK; vaso precipitado de vidrio de borosilicato con una capacidad de 100 mL marca LBY país China; papel bond A4, marca Millenium; cutter de acero, marca Pretul, país España; tubo cónico para centrifuga con una capacidad de 50 mL marca Biologix, modelo 10-0502, país Alemania; tips de capacidad 10-200µL, marca Eppendorf, país Alemania; espátula cuchara, marca Carl Friedrich Usbeck, país Alemania; cubeta de poliestireno para espectrofotometría, marca Deltalab, país España; micropipetas de capacidad 10-1000 µL, modelo Witopet, país Germany; molino, marca NIMA, país Japón; tamiz A.S.T.M N° 40 de Laton/Acero inoxidable, marca Gilson, país Estados Unidos; placa Petri, marca Corning Culture Petri Dish, país EE.UU; crisol de porcelana, modelo Zen – 414, país China; Matraz Erlenmeyer marca Simax, modelo de 500 mL, país Republica Checa.

3.3.2. Equipos de laboratorio

Balanza analítica, marca OHAUS, modelo Prseries, país Estados Unidos; Vernier, marca KAMASA, modelo KM-447, país China; agitador orbital, marca RS LAB, modelo LJN004, país Estados Unidos; centrifuga, marca MPW, modelo 352R, país Polonia; ultracongelador (-20°C a - 40 °C), marca Cimmsa modelo CCF/L-530, país Perú; espectrofotómetro Uv/Vis, marca Thermoscientific, modelo Genesys 180, país Estados Unidos; estufa de aire caliente, marca Precision Scientific CO, país Estados Unidos; liofilizador, marca Buchi, modelo L-300 pro, país India; spectrophotometer marca Konica Minolta, modelo CM – 5, país Japón; Horno mufla (30 a 3000°C), marca Nabertherm, país Germany; plancha de calentamiento, marca Daihan Scientific, país Corea de Sur; espectrofotómetro de absorción atómica, marca Varían, modelo SpectrAA - 55B, país Alemania; Extractor de grasa, marca Buchi, modelo E-500, país Suiza; Digestor Kjeldahl, marca Buchi, modelo K-439, país Suiza; Analizador de fibra, marca Velp Científica, modelo Fiwe Advance, país Italia.

3.3.3. Reactivos y solvente

Agua destilada (H_2O); ácido clorhídrico (HCl) 37 % pureza, densidad 1,19 g/cm^3 , país Estados Unidos; ácido gálico monohidratado ($C_7H_6O_5$) 99% pureza, densidad 0,789 g/cm^3 , país China ; Folin Ciocalteu a 0,2 N, densidad 1,24 g/cm^3 , país Germany; carbonato de sodio (Na_2CO_3), densidad 2,532 g/cm^3 , país Reino Unido; nitrito de sodio ($NaNO_2$) 98% pureza, densidad 2,17 g/cm^3 , país Reino Unido; cloruro de aluminio ($AlCl_3$) 98% pureza, densidad 2,44 g/cm^3 , país: Reino Unido; hidróxido de sodio ($NaOH$) 99 % pureza, densidad 2,13 g/cm^3 , país España; etanol 99,5% pureza, densidad 0,79 g/cm^3 ; cloruro de potasio (KCl) 99,7 % pureza, país México; acetato de sodio ($C_2H_3NaO_2$) 99% pureza, densidad 1,53 g/cm^3 ; 2,6 – Dichloroindophenol (DCIP) 95% pureza, densidad 320 Kg/m^3 ; 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ($C_{18}H_{12}N_5O_6$) 95 % pureza; 2,2' Azino-bis (3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt, (ABTS) ($C_{18}H_{24}N_6O_6S_4$) 98% pureza; ($\pm$)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-chromane – 2-carboxylic acid (Trolox) 97 % pureza, país Alemania; Eter de petróleo (C_6H_{14}), densidad 0,666 g/cm^3 , país Argentina; (+) – Catechin hydrate ($C_{15}H_{14}O_6 \cdot xH_2O$) 98% pureza, país España; ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) 99 % pureza, densidad 1,65 g/cm^3 ; Hidróxido de potasio (KOH), 90% pureza, densidad 2,044 g/cm^3 (20 °C), país China; ácido sulfúrico (H_2SO_4) 96.5 % pureza, densidad 1,84 g/cm^3 a 20 °C, país Estados Unidos.

3.4. Metodología Experimental

3.4.1. Evaluación de las características agro-morfológicas en las variedades de ajíes en fresco

Para este análisis se siguió el protocolo por Camarena et al. (2020) se separó veinte muestras de diferente tamaño para cada tratamiento, se pesaron los frutos de uno en uno, se midió con un Vernier el largo del ají desde el cáliz al ápice y el ancho en el contorno del medio; para los cortes laterales del pericarpio se sostuvo del pedúnculo del fruto y con el cúter se cortó por los 4 extremos del fruto y en las piezas cortadas se midieron el grosor, se sacaron con una pinza las semillas que están adheridas a la placenta del fruto y se pesaron. La placenta y pedúnculo fue cortado a la altura del cáliz y se pesó de forma separada.

3.4.2. Análisis de color en las variedades de ajíes en fresco

Se siguió la metodología propuesta por Ferrando et al. (2024) se utilizó un espectrofotómetro de medición de color (konica Minolta, CM – 5, Japón) para medir las coordenadas de color, obteniendo las coordenadas de color del espacio CIEL*a*b*. En el sistema CIE $L^* a^* b^*$; L^* representa la luminosidad, que va de 0 (negro) a 100 (blanco); a^*

representa los tonos rojizos (positivo) a verdosos (negativo); b^* representa amarillo (positivo) a azul (negativo); el croma C^* y el ángulo de matiz (h° 0° = rojo, 90° = amarillo, 180° = verde y 270° = azul) se calculó mediante la ecuación 1 y 2. Para cada muestra de ajíes (Figura 3) se colocaron en una máscara de reflectancia con una abertura de 8 mm, se consideró dos factores el iluminante (D 65) y el un ángulo de observación 10° , se midieron directamente.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}, \dots\dots\dots(1)$$

$$h^\circ = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right), \dots\dots\dots(2)$$

Los resultados de las características agro - morfológicas (peso entero, pericarpio, semillas, placenta, pedúnculo y el rendimiento de la pulpa, las medidas de longitud, ancho, espesor) y el color se analizaron mediante modelo estadístico Diseño Completo al Azar (DCA) con tres repeticiones, se calculó mediante programa software R estudio versión 4.1.3.

3.4.3. Proceso de deshidratado de las variedades de ajíes

Se realizó según la metodología desarrollada por Lidiková et al. (2021) se recolectó los ajíes en horas de la mañana, con una tijera se cortó el pedúnculo y el fruto se colocó en una bolsa polietileno y se codificó según los quince tratamientos. Se lavaron con agua potable se dejó orear por 15 min aproximadamente y luego fue secado con papel toalla, se cogieron del pedúnculo para realizar los cortes laterales de los 4 extremos de los ajíes tratando que el pericarpio este limpio, se cortó en forma de cuadrados de aproximadamente 0,5 cm de lado, en caso que quedara adherido los septos estos fueron retirados, la muestra cortada se colocó en bandejas perforadas codificándolos según cada variedad, se secó en una estufa de aire caliente a temperatura de 50°C por 24 horas, luego se molió para tener muestras secas (Figura 3) y se tamizó con malla A.S.T.M N° 40 ($425 \mu\text{m}$) la muestra se colocó en un tubo cónicos y se almacenó a 4°C para su respectivo análisis.

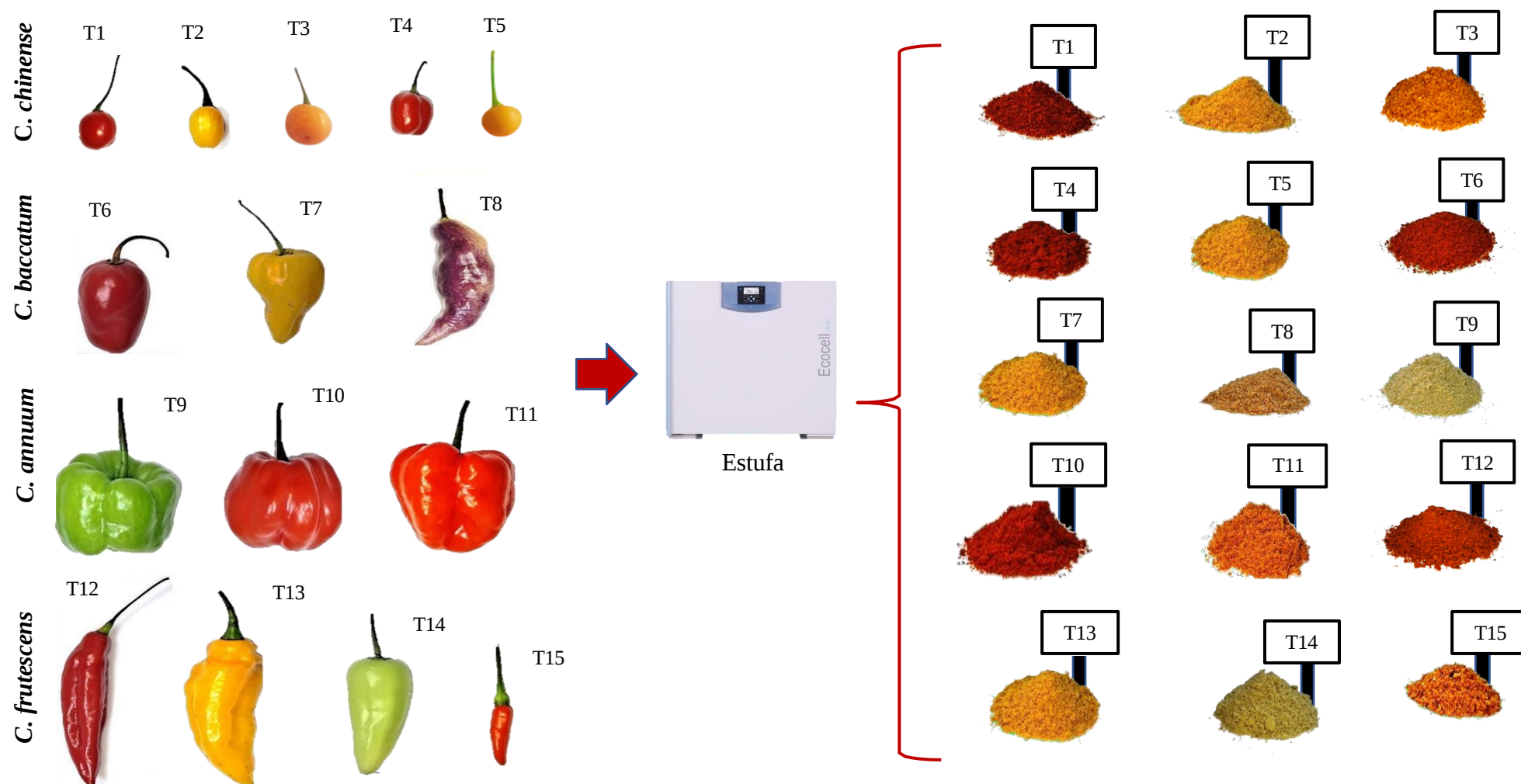


Figura 3. Gráfico de la obtención de muestras secas de los ajíes.

3.4.4. Diseño del experimento

Para el desarrollo de la investigación se consideró quince variedades de ajíes, análisis agro-morfológica (fresco), compuestos bioactivos y capacidad antioxidante (deshidratado) y el consumo en restaurantes.

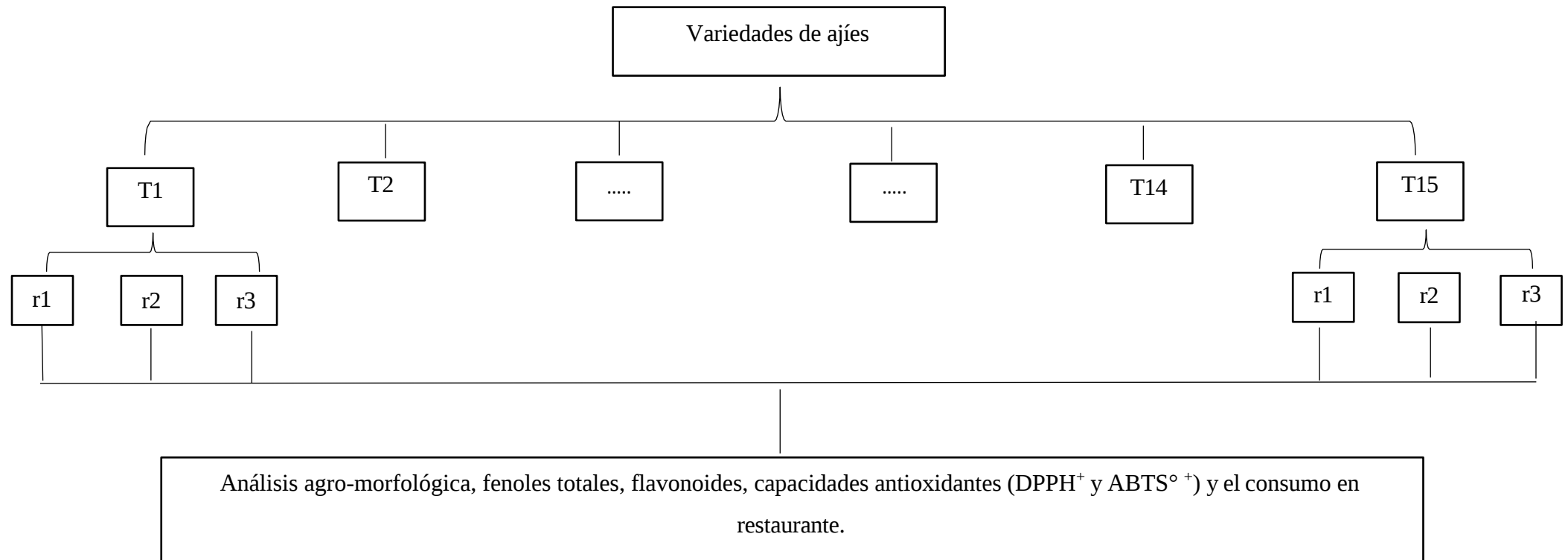


Figura 4. Diseño experimental para caracterizar el análisis agro-morfológica, fenoles totales, flavonoides, capacidades antioxidantes (DPPH⁺ y ABTS^{° +}) y el consumo en restaurante.

3.4.5. Análisis de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en las variedades de los ajíes deshidratado.

Preparación de extracto: Se utilizó la metodología Benzarti (2016) se pesó 1 g de muestra para cada tratamiento y se mezcló con 40 mL en una solución de hidroalcohólico (20 mL agua: 80 mL alcohol etílico) obteniéndose una concentración de 25 mg/mL, se acidificado con ácido clorhídrico (HCl) al 0,1%, la preparación se colocó en un tubo cónico fue tapado y se llevó a agitación por 24 horas, al cabo del tiempo se centrifugó (10 000 rpm durante 15 minutos a 4 °C) y el sobrenadante se guardó en congelación hasta su respectivo análisis.

3.4.5.1. Análisis de fenoles totales

Preparación de curva estándar: Se desarrolló mediante el método de Salamatullah et al. (2022) se preparó una solución estándar de ácido gálico a una concentración de 1 000 µg/mL a partir de esta solución se preparó cinco concentraciones de 1; 2,5; 5; 7,5 y 10 µg/mL, de cada concentración se mezcló 100 µL con 500 µL de Folin Ciocalteu a 0,2 N se dejó en reposo por 10 minutos, luego se agregó 400 µL de carbonato de sodio a 7,5 %. Se consideró un blanco para la lectura con 100 µL agua destilada (blanco), se agregó el mismo volumen de Folin Ciocalteu y carbonato de sodio. Todas las muestras se dejaron en reposo por 2 horas en la oscuridad a temperatura ambiente, donde se realizó una lectura de la absorbancia a 740 nm en un espectrofotómetro Uv/Vis, con los resultados se realizó la gráfica considerando la concentración vs absorbancia y se determinó la ecuación lineal $y = 0,099x + 0,0069$ y el coeficiente determinación $R^2 = 0,9999$ (Anexo -I).

Análisis de muestra: Se mezclaron 100 µL del extracto (25 mg/mL) con 500 µL de Fenol Folin Ciocalteu a 0,2 N se dejó por 10 minutos, al cabo del tiempo se agregó 400 µL de carbonato de sodio a 7,5 % se dejó por 2 horas en la oscuridad se efectuó la lectura de la absorbancia a 740 nm en un espectrofotómetro Uv/Vis, el resultados fue reemplazado en la ecuación y fue se expresado en g equivalente de ácido gálico/100g muestra seca (g EAG/100g ms).

3.4.5.2. Análisis de flavonoides totales

Preparación de curva estándar: Se determinó mediante el método de Borges-Martínez et al. (2021) se preparó concentraciones de estándar con catequina (1; 10; 20; 30; 40 y 50 µg/mL) a partir de una concentración de catequina de 1000 µg/mL; de cada concentración se mezclaron 100 µL con 30 µL de solución nitrito de sodio (NaNO_2) al 5% y se dejó reposar por 6 min. Se añadió 30 µL de solución de cloruro de aluminio (AlCl_3) al 10% se dejó en reposo por 5 min, se agregó 200 µL de hidróxido de sodio (NaOH) 1M y 640 µL de agua destilada. Se dejó por

30 minutos, para las mediciones de la absorbancia se consideró un blanco y para la lectura se realizó en un espectrofotómetro Uv/Vis a 490 nm, mediante el gráfico “concentración vs absorbancia” se tuvo la ecuación lineal $y = 0,0264x + 0,0276$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,9997$ (Anexo- II).

Análisis de muestra: Se mezclaron 100 μL de extracto (25 mg/mL) con 30 μL de solución nitrito de sodio (NaNO_2) 5% y se dejó reposar por 6 min. Luego se agregó 30 μL de solución cloruro de aluminio AlCl_3 al 10% se dejó reposar por 5 min, al cabo del tiempo se agregaron a la reacción 200 μL de hidróxido de sodio (NaOH) 1M con 640 μL de agua destilada. Después de 30 min después se registró la absorbancia de la mezcla a 490 nm en un espectrofotómetro Uv/Vis, los resultados de la lectura de la absorbancia se reemplazaron en la ecuación lineal y se expresaron en g equivalente de catequina (EC) por 100g muestra seca (g EC/100g ms).

3.4.5.3. El 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl ($\text{DPPH}^{\bullet}$)

Se determinó de acuerdo la metodología Palma -Orozco et al. (2021) con algunas modificaciones, a partir una solución metanólica de $\text{DPPH}^{\bullet}$ (1 mM), se preparó una solución de trabajo de $\text{DPPH}^{\bullet}$ (100 μM).

Preparación curva estándar: Se utilizó Trolox como estándar, preparándose soluciones con concentraciones de 0,03; 0,02; 0,01 y 0,005 mM. Se mezclaron 25 μL de cada concentración con 975 μL de la solución de $\text{DPPH}^{\bullet}$. Un blanco con metanol se incluyó para evitar interferencias del disolvente. Las mezclas se dejaron reaccionar durante 30 minutos, y las absorbancias se midieron a 515 nm en un espectrofotómetro Uv/Vis. Los datos se emplearon para construir la ecuación lineal $y = 30,224x - 0,0631$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,9976$ (Anexo-III).

Análisis de muestras: El procedimiento fue similar al descrito para la preparación de la curva estándar, sustituyendo el estándar por 25 μL (25 mg/mL) de extracto con 975 μL del radical $\text{DPPH}^{\bullet}$ se dejó por 30min para la reacción, al cabo del tiempo se realizó la lectura a 515 nm. El resultado de la absorbancia fue reemplazado en la ecuación lineal para calcular la capacidad antioxidante, se expresó en mili mol de equivalente Trolox por 100 gramos de muestra seca (mmol TE /100 g de muestra seca).

3.4.5.4. El 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS⁰⁺)

El análisis se llevó a cabo según la metodología descrita por Jiménez et al. (2021) con algunas modificaciones. Se preparó el radical ABTS mediante una reacción de una solución de ABTS (7 Mm) con persulfato de potasio (2,45 mM), se dejó en reposo en oscuridad a temperatura ambiente durante 16 horas. Posteriormente, se diluyó la reacción hasta obtener una absorbancia de $0,700 \pm 0,20$ como solución de trabajo.

Preparación curva estándar: Se preparó cinco concentraciones de estándar de Trolox, de 0,015; 0,010; 0,005; 0,003 y 0,001 mM de cada concentración se mezclaron 10 μ L con 990 μ L de la solución ABTS⁰⁺ la absorbancia se midió después de 20 min se utilizó un espectrofotómetro Uv/vis a 734 nm. Con los resultados obtenidos de la absorbancia se realizó una gráfica para obtener la ecuación lineal $43,118 x - 0,0175$ y el coeficiente de determinación $R^2=0,9999$ (Anexo-IV)

Análisis de muestras: Se cogió con una alícuota 10 μ L (25 mg/mL) de cada muestra de estudio y 990 μ L ABTS⁰⁺, y la lectura fue después de 20 min. Con los datos obtenidos se reemplazaron en la ecuación lineal, se calculó la capacidad antioxidante y los resultados se expresaron como mili mol de equivalente Trolox por 100 gramos de muestra seca (mmol ET/100g ms).

Análisis estadístico: Los resultados de fenoles totales, flavonoides totales, la capacidad antioxidante para inhibir los radicales libres DPPH y ABTS de las quince muestras de ajíes fueron analizados mediante modelo estadístico Diseño Completo al Azar (DCA) con tres repeticiones, procesados en un ANOVA y la presentación de diferencia estadística significativa se le aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) y se calculó mediante el software R estudio versión 4.1.3.

3.4.6. Análisis estadístico de características agro-morfológicos, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en las variedades de ajíes.

Con los resultados obtenidos de agro-morfológicos, fenoles totales, flavonoides totales, el radical DPPH y ABTS en las quince muestras de ajíes, se realizó un análisis de correlación de Pearson para evaluar la idoneidad y confiabilidad, así mismo el coeficiente de correlación determina el grado de asociación los parámetros, también se realizó el Análisis de componentes principales (PCA), el análisis de conglomerado jerárquico y el análisis de mapa de calor con conglomerados jerárquicos de componentes principales (HCPC) y se programó en el software R estudio versión 4.1.3.

3.5. Estudio de consumo de ajíes en restaurantes.

Se realizó una encuesta (Anexo-VI) a restaurantes considerando 10 establecimientos haciendo un total de 60. Los restaurantes estuvieron clasificados en seis grupos que fueron: Cevichería, chifa, menú, parrillada, puesto ambulatorio y tacachería. Las preguntas formuladas fueron: ¿Cuál es el ají de mayor demanda?; ¿Qué cantidad kg /semana de ajíes consumen?; ¿Cuál es el ají de segunda preferencia? y ¿Qué cantidad kg /semana de ajíes consumen? Para el desarrollo de la encuesta al entrevistado se le presentó la Tabla 2 las 15 muestras de ajíes considerados en el estudio.

Con los resultados obtenidos del consumo de ajíes en los seis grupos de restaurante de las quince muestras de ajíes se utilizó el programa de Excel y para la parte estadística se hizo el análisis de componentes principales (PCA), el análisis de conglomerado jerárquico, por último, análisis de mapa de calor (Heat Map) con conglomerados jerárquicos de componentes principales (HCPC) y se programó en el software R estudio versión 4.1.3.

Con los resultados de análisis de las características agro-morfológicas, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante y el consumo de ajíes en el restaurante se decidió realizar el proceso de liofilización solo con 6 muestras que fueron: ají de mono (agro-morfológico), charapita amarillo (consumo), dulce verde (agro-morfológico), limo amarillo (consumo), limo verde (consumo) y oyuyo rojo (compuesto bioactivo y capacidad antioxidante) estos ajíes fueron los más representativas de cada estudio.

3.6. Proceso de liofilizado.

Según la metodología de Aguiar et al. (2021) los seis tratamientos se realizaron cortes de los cuatros exteriores del fruto en forma de tiras, considerando los pesos para cada muestra, luego se colocaron en las bandejas del liofilizador en un ultracongelador a -39 °C por 24 horas. En cuanto al equipo se prendió el condensador para acondicionar el condensador a una temperatura de - 58 °C por 15 min, luego se colocó las tres bandejas con las muestras en el equipo a una temperatura de - 40 °C se dejó por una hora. Para iniciar el liofilizado se hizo una presión de 1,5 mbar a una temperatura de condensador a -58 °C por 24 horas. Las muestras liofilizado se envasaron en una bolsa de plástico sellado a vacío, las muestras se molieron en un molino (Figura 5) luego se colocaron en los tubos Eppendorf se almacenaron a -39°C para su respectivo análisis.

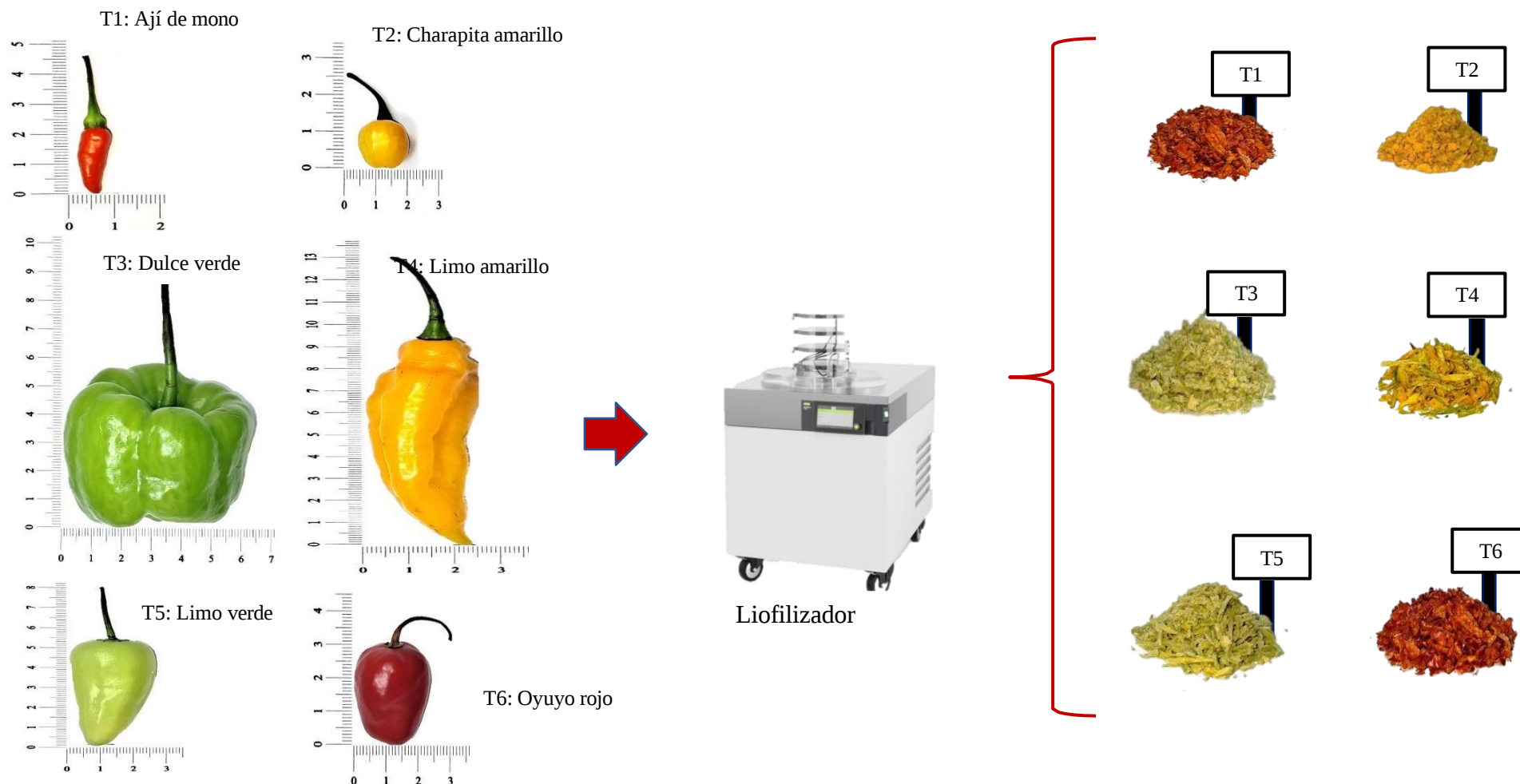


Figura 5. Gráfico de la obtención de muestras liofilizados de los ajíes.

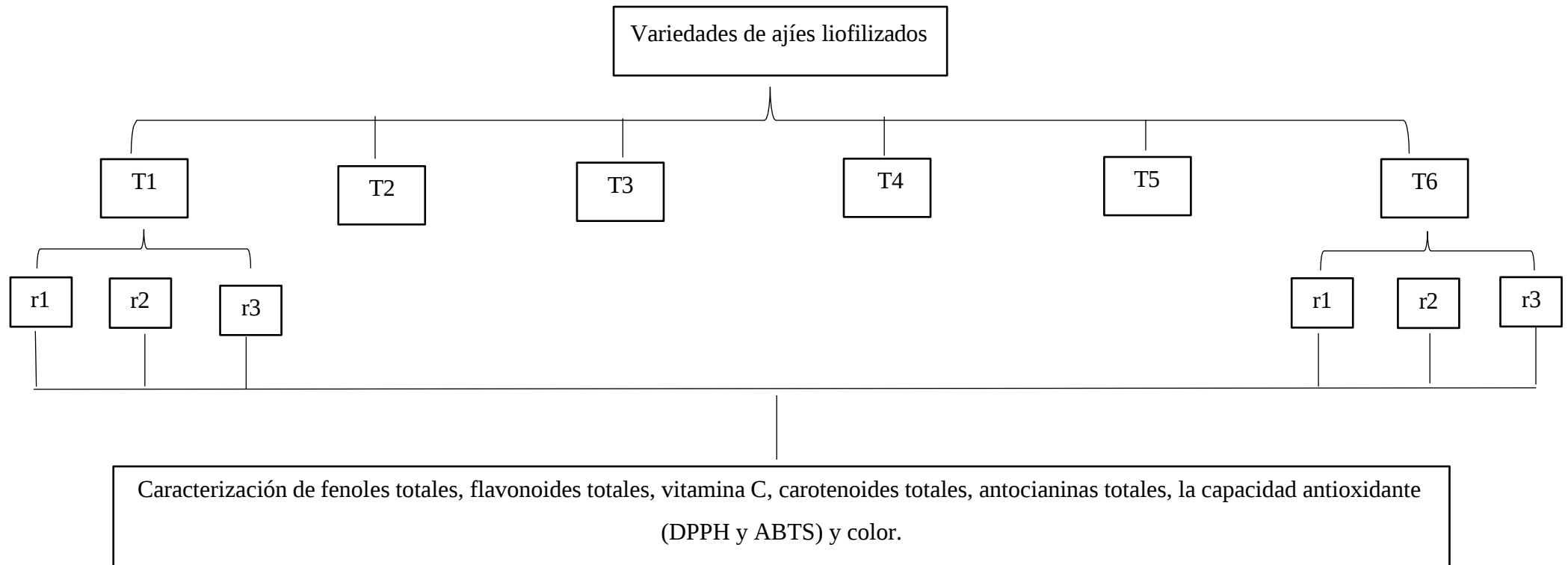


Figura 6. Diseño experimental para caracterizar fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales, la capacidad antioxidante para inhibir los radicales libres DPPH y ABTS y color.

3.7. Análisis de fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en los ajíes liofilizados.

Preparación de extracto: Se utilizó la metodología Benzarti (2016) se pesó 0,5 g de muestra para cada tratamiento y se mezcló con 40 mL en una solución de hidroalcohólico (20 mL agua: 80 mL alcohol etílico) obteniéndose una concentración de 13 mg/mL, se acidificado con ácido clorhídrico (HCl) al 0,1%, la preparación se colocó en un tubo cónico fue tapado y se llevó a agitación por 24 horas, al cabo del tiempo se centrifugó (10 000 rpm durante 15 minutos a 4 °C) y el sobrenadante se guardó en congelación hasta su respectivo análisis. Se utilizó este mismo protocolo, para el análisis de fenoles totales, flavonoides totales y la capacidad antioxidante (DPPH y ABTS).

3.7.4. Fenoles totales

Este análisis se realizó con el mismo protocolo descrito en el ITEM 3.4.4.1.

3.7.5. Flavonoides totales

Este análisis se realizó con el mismo protocolo descrito en el ITEM 3.4.4.2.

3.7.6. Vitamina C

Preparación del extracto: Se siguió la metodología de Maryam et al. (2023) se pesó 0,5 g de muestra de cada variedad de ajíes, se colocaron en un tubo de plástico cónico, se agregó 20 mL de solución ácido oxálico al 0,4 %. Después la disolución se colocó en agitación por 15 min, luego se llevó a una centrífuga a 8000rpm por 10 min a 5°C se utilizó solo el sobrenadante para el análisis.

Preparación de curva estándar: Se prepararon concentraciones de 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 y 10 a partir de una solución de 1000 ug/mL de ácido ascórbico, para cada concentración se mezclaron 100 µL con 900 µL de colorante (2,6- diclorofenolindofenol) “muestra L2”. Para el “Control L1” se mezclaron 100 µL de ácido oxálico (0,4 % p/v) con 900 µL de colorante 2,6-diclorofenolindofenol (12 mg/L) para las mediciones utilizó un blanco agua destilada se midieron la absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro Uv/Vis con los resultados de la absorbancia se utilizó la ecuación 3, se realizó una gráfico la absorbancia vs concentración, para obtuvo la ecuación lineal $y = 0,0193x + 0,0122$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,9995$ (Anexo- IV).

$$A_{515 \text{ nm}} = A_{\text{control (L1)}} - A_{\text{muestra (L2)}} \dots\dots\dots (3)$$

Análisis de la muestra: Se mezclaron 100µL ácido oxálico al 0,4 % con 900 µL de colorante (2,6- diclorofenolindofenol) denominada como “control L1” junto a un blanco agua destilada. En otra cubeta se colocó 100 µL de extracto con 900 µL de colorante 2,6- diclorofenolindofenol,

fue denominada “muestra L2” se utilizó absorbancia a 515 nm, se calculó la absorbancia con la ecuación 1 consideró tres repeticiones. Estos resultados se reemplazaron en la ecuación lineal, los resultados son expresados en gramos equivalentes de ácido ascórbico por 100g muestra seca (g EAA/100g).

3.7.7. Carotenoides totales

Preparación de extracto: Se preparó siguiendo el protocolo propuesto por Lara-Abia et al. (2023) con algunas modificaciones se pesó 0,2 g de muestra liofilizada de cada tratamiento y se mezcló con 2 mL de eter de petróleo obteniendo una concentración (50 mg/mL), se agitó por 5 minutos se adicionó 2 mL más de eter , completando un volumen total de 4 mL se dejó en agitación durante 15 minutos se procedió a colocar en el espectrofotómetro y se realizó la lectura a una longitud de onda de 495 nm y para obtener los resultados se realizó los cálculos haciendo el uso de la ecuación (4), expresado en mg carotenoides /100g.

$$\text{Carotenoides totales (mg/100g)} = \frac{A \cdot FD \cdot V}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \cdot P} \dots\dots\dots (4)$$

Donde: A= longitud de onda; FD= factor de dilución; V= volumen del extracto; P= peso de la muestra, $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ =coeficiente de extinción del β -caroteno en eter de petróleo (2 500 L/mol.cm).

3.7.8. Antocianinas totales

El contenido de antocianinas totales se determinó por el método pH diferencial descrito por Mejía et al. (2014). Se mezclaron 100 μ L de extracto con 900 μ L buffer cloruro de potasio (0,025M, pH 1) y simultáneamente se mezcló 100 μ L de extracto con 900 μ L de buffer acetato de sodio (0,4M, pH 4,5). Ambas mezclas se dejaron reposar durante 15 min, tras lo cual se midieron las absorbancias a 510 y 700 nm y utilizando agua destilada como blanco. La absorbancia final se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Absorbancia} = [(A_{510} - A_{700})_{\text{pH } 1}] - [(A_{510} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}] \dots\dots\dots (5)$$

y el CAT se calculó mediante la ecuación:

$$\text{CAT (g/100g)} = (A \times PM \times FD \times 1\,000) / (\epsilon \times 1) \dots\dots\dots (6)$$

A es la absorbancia; PM el peso molecular cianidin-3-glucósido (449,32g/mol); FD, el factor de dilución y ϵ la constante de absortividad molar (26900 L/mol.cm).

3.7.9. El 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH⁰⁺)

Este análisis se realizó con el mismo protocolo descrito en el ITEM 3.4.4.2.

3.7.10. El 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS⁰⁺))

Este análisis se realizó con el mismo protocolo descrito en el ITEM 3.4.4.2.

Análisis estadístico: Los resultados de fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, Carotenoides totales, Antocianinas totales, la capacidad antioxidante para inhibir los radicales libres DPPH y ABTS de las seis muestras fueron analizados mediante modelo estadístico Diseño Completo al Azar (DCA) con tres repeticiones, procesados en un ANOVA y la presentación de diferencia estadística significativa se le aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) y se calculó mediante el software R estudio versión 4.1.3.

3.8. Análisis de color en las variedades de ajíes liofilizados.

Se siguió el protocolo del ITEM 3.4.2, con algunas modificaciones en el caso de las muestras liofilizado en polvo se utilizó el mismo protocolo del ITEM 3.4.2, se colocaron las muestras en un crisol luego se dejó encima de una mascara de reflectancia para su respectiva lectura. Para el modelo estadístico se realizó un Diseño Completo al Azar (DCA) con tres repeticiones, se calculó mediante programa software R estudio versión 4.1.3.

3.9. Análisis estadístico compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y el color en ajíes liofilizados

Con los resultados obtenidos de fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales, el radical DPPH y ABTS en las seis variedades liofilizadas, se realizó un análisis de correlación de Pearson para evaluar la idoneidad y confiabilidad, así mismo el coeficiente de correlación determina el grado de asociación los parámetros, también se realizó el Análisis de componentes principales (PCA), el análisis de conglomerado jerárquico y el análisis de mapa de calor con conglomerados jerárquicos de componentes principales (HCPC) y se programó en el software R estudio versión 4.1.3.

3.10. Determinar la composición químico proximal y minerales en la variedad oyuyo rojo.

3.10.1. Químico proximal

Se realizó una evaluación en la variedad oyuyo rojo el químico proximal humedad (%), proteína (%), ceniza (%), fibra (%), grasa (%) y carbohidratos (%) con la metodología de AOAC (1990).

3.10.2. Minerales

Proceso de digestión: Se pesó 0,5 g de muestra luego se colocó en un matraz Erlenmeyer, se agregó 8 mL de ácido nítrico con 2 mL de ácido perclórico, se llevó en una placa calefactora a 250 °C por 3 horas, hasta que la solución tenga un color transparente, se dejó enfriar a temperatura ambiente, luego se filtró con un papel filtro y se enrazó a 25 mL con agua destilada y se dejó a temperatura ambiente para su respectivo análisis.

Lectura de los minerales: Se preparó estándares a partir de una concentración de 1000 ppm para cada grupo de minerales tanto macro y microelementos esta lectura se realizó en un Espectrofotómetro de absorción atómica con lámpara de cátodo hueco, con una longitud de onda y R^2 siendo para el Ca (422, 7; 0,9978), Mg (285,2; 0,9829), K(766,5; 0,9989), Na (589; 0,9873), Zn (213,9; 0,8511), Mn(403,1;0,9999), Cu(327,4;0,9998) y Fe(372;0,9995). Para el análisis de la muestra se realizó se utilizó la muestra digerida 25 mL, los resultados de macro y microelementos fueron expresados en mg/100g (Palma et al., 2015).

Análisis estadístico: Los resultados de químico proximal (humedad, proteína, fibra, ceniza, grasa y carbohidratos) y los minerales Ca, Mg, K, Na, Zn, Mn, Cu y Fe en la muestra de ajíes oyuyo rojo, se realizó una prueba de T de Student y con un nivel de significancia de $p \leq 0,05$ se utilizó un programa de software R estudio versión 4.1.3.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de las características agro-morfológicas en las variedades de ajíes en fresco.

Muchos estudios utilizan las características agro-morfológico establecidas por la Junta Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR) en *Capsicum*, estas características agro-morfológico contribuyen a programas de fitomejoramiento y/o clasificación (Martínez-Ispizua et al., 2022). Dentro de las cuatro especies el peso entero (Tabla 3) tuvo una amplia variación de 0,397 - 21,377 g. Referente a los ajíes de la especie (*C. Chinense*), el peso vario de 0,397 - 1,633 g, siendo el charapita rojo G, quien obtuvo el mayor peso ($p \leq 0,05$) dentro de esta especie. Bharath et al. (2013) trabajaron con 264 variedades de la especie *C. Chinense* (de ocho subgrupos geográficos: América Central, Antillas Mayores/Bahamas, Trinidad y Tobago, Antillas Menores, Escudo Guayanés, Bajo Amazonas, Zona del Alto Ama y otras regiones), y reportaron pesos entre de $3,01 \pm 2,09$ a $6,85 \pm 2,82$ g, siendo superiores a los resultados del presente trabajo.

La especie con mayores pesos fueron los ajíes dulce (*C. annuum*), variaron de 14,922 - 21,377 g, por otro lado, los ajíes limo (*C. frutescens*) el peso varió de 6,768 - 13,367 g, siendo el ají de mono, quien tuvo el menor peso ($p \leq 0,05$) entre todas las variedades ($0,424 \pm 0,088$ g). Olatunji y Afolayan (2018) trabajaron con dos variedades *C. annuum* var. Grossum y *C. frutescens* var. Baccatum de África occidental (Nigeria), reportaron pesos de $20,97 \pm 2,69$ y $1,83 \pm 0,25$ g respectivamente, estos valores fueron similares a los obtenidos en este estudio. Por último, los ajíes de la especie (*C. baccatum*) el peso entero estuvo entre 2,837 - 5,403 g. Esta amplia variación de pesos de ajíes se podría deberse a aspectos como: características agro-morfológico, tamaño, especie, factores climáticos y geográficos (Pessoa et al., 2018).

Se observo una amplia variación de la longitud (8,13-84,28 mm) y el ancho (5,92-50,91 mm) entre las especies (Tabla 3). Respecto a los ajíes dulce (*C. annuum*), se obtuvo valores de 40,25 - 47,82 mm y de 36,78 - 50,91 mm para la longitud y ancho respectivamente, en este grupo, el ají dulce naranja, presento la particularidad de ser achatado (longitud < ancho), esto puede ser atribuido a la diversidad genética que incluye diversas formas, tamaños y colores, siendo la especie *C. annuum* (cultiva en casi todo el mundo), la de mayor diversidad morfométrica (Saleh et al., 2016). Los ajíes de la especie (*C. frutescens*) presentaron valores de 50,99 - 84,28 mm y 22,76 - 28,81 mm para longitud y ancho respectivamente, siendo el ají limo rojo, la variedad con mayor longitud ($p \leq 0,05$). Nuestros resultados fueron similares a los reportados por Bedjaoui et al. (2022) quienes obtuvieron longitud de $65,4 \pm 10,2$ mm y ancho

27,0 $\pm$ 4,9 mm, estudiado en el Departamento de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Biskra en Argelia en 24 caracteres cuantitativos. Para los ajíes de la especie *C. Chinense*, la longitud varió de 8,13 - 13,00 mm y el ancho de 9,01 - 16,27 mm, destacándose la variedad charapita amarillo por tener menor longitud (8,13 $\pm$ 0,75 mm) en este sentido Soares et al.(2020) afirman que ciertas características morfológicas (como longitud y ancho) son cruciales debido a su alta correlación como su rendimiento, pero los ajíes charapitas tienen la ventaja de ser aprovechados en su integridad, de esta forma el rendimiento es menos importante para estos ajíes.

Referente al espesor y el peso pericarpio (Tabla 3), se observa una amplia variación de los cuatros especies, presentaron valores de 0,492 - 2,973 mm y 0,215 -17,759 g para el espesor y pericarpio respectivamente. Bianchi et al. (2020), trabajaron en la especie (*C. chinense*) de (Brasil y Perú), reportaron valores similares respecto al espesor 2,33 mm. En cuanto la especie (*C. frutescens*), el espesor tuvo una variación de 2,238 - 2,973 mm y el pericarpio 0,215 - 11,535 g, siendo el limo rojo, la variedad que tuvo valores mayores ($p \leq 0,05$) de espesor. La amplia variación puede atribuirse a la diversidad, debido a la evolución, domesticación, selección artificial y natural en la actividad agrícola (Pereira-Dias et al., 2019).

Tabla 3. Resultados agro-morfológicos de quince variedades de ajíes en estado fresco.

Variedades	Peso entero (g)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Pericarpio (g)	Semillas (g)	Placenta (g)	Pedúnculo (g)	Rendimiento (%)
Charapita rojo	1,482±0,214 ⁱ	11,88±1,02 ^h	16,27±0,94 ^g	1,089±0,179 ^e	1,112 ± 0,191 ^h	0,192±0,048 ^g	0,145±0,034 ^g	0,033±0,014 ^d	74,81±3,94 ^c
Charapita amarillo	0,484±0,06 ^j	8,41±0,51 ^h	10,15±0,52 ^h	1,163±0,291 ^e	0,311±0,05 ^h	0,029±0,013 ^g	0,119±0,055 ^g	0,0249±0,02 ^d	64,77±10 ^d
Charapita naranja	0,689±0,073 ^j	9,51±0,44 ^h	11,55±0,49 ^h	1,228±0,177 ^e	0,569±0,082 ^h	0,048±0,016 ^g	0,047±0,013 ^g	0,0248±0,015 ^d	82,36±5,13 ^b
Charapita rojo G	1,633±0,346 ⁱ	13,00±1,06 ^h	14,64±0,6 ^g	1,81±0,268 ^d	1,286±0,344 ^g	0,147±0,04 ^f	0,134±0,052 ^g	0,062±0,032 ^d	78,29±6,43 ^c
Charapita amarillo P	0,397±0,068 ^j	8,13±0,75 ^h	9,01±0,62 ^h	1,318±0,319 ^e	0,243±0,059 ^h	0,058±0,039 ^g	0,051±0,016 ^g	0,044±0,015 ^d	60,94±8,47 ^e
Oyuyo rojo	3,551±1,11 ^h	22,77±2,78 ^f	20,56±3,21 ^f	2,121±0,391 ^c	2,851±0,999 ^f	0,226±0,081 ^e	0,337±0,108 ^f	0,136±0,054 ^c	79,42±5,13 ^c
Oyuyo amarillo	2,837±0,552 ⁱ	24,1±2,94 ^f	19,09±1,8 ^f	1,698±0,384 ^d	2,187±0,467 ^g	0,241±0,08 ^e	0,346±0,11 ^f	0,062±0,035 ^d	77,04±4,74 ^c
Oyuyo morado	5,403±0,642 ^g	71,95±5,9 ^b	16,00±1,02 ^g	1,286±0,606 ^e	4,576±0,676 ^e	0,087±0,071 ^f	0,577±0,18 ^e	0,163±0,047 ^c	84,52±4,8 ^b
Dulce verde	18,778±4,379 ^b	40,25±8,31 ^e	43,8±3,35 ^b	2,601±0,336 ^b	16,019±4,098 ^b	0,582±0,257 ^c	1,722±0,698 ^b	0,454±0,184 ^a	84,98±4,3 ^b
Dulce rojo	14,922±2,824 ^c	47,82±7,06 ^d	36,78±4,1 ^c	2,778±0,639 ^b	12,412±2,613 ^c	0,851±0,197 ^b	1,496±0,545 ^c	0,163±0,05 ^c	83,04±4,17 ^b
Dulce naranja	21,377±4, 531 ^a	41,25±7,89 ^e	50,91±11,86 ^a	2,694±0,504 ^b	17,759±4,034 ^a	0,961±0,326 ^a	2,207±0,83 ^a	0,451±0,156 ^a	82,93±4,32 ^b
Limo rojo	9,658±2,18 ^e	84,28±17, 74 ^a	22,87±3,02 ^e	2,973±0,796 ^a	8,697±2,114 ^d	0,197±0,076 ^e	0,637±0,213 ^e	0,127±0,077 ^c	89,76±2,9 ^a
Limo amarillo	13,367±3,366 ^d	66,52±12,65 ^c	28,81±2,81 ^d	2,33±0,437 ^c	11,535±3,074 ^c	0,391±0,11 ^d	1,218±0,323 ^d	0,223±0,131 ^b	86,09±2,71 ^b
Limo verde	6,768±1,315 ^f	50,99±3,34 ^d	22,76±2,21 ^e	2,238±0,058 ^c	5,686±1,231 ^e	0,219±0,048 ^e	0,699±0,126 ^e	0,163±0,022 ^c	83,62±2,92 ^b
Ají de mono	0,424±0,088 ^j	16,84±1,98 ^g	5,92 ± 0,65 ⁱ	0,492±0,148 ^f	0,215±0,055 ^h	0,111±0,044 ^f	0,035±0,024 ^g	0,063±0,022 ^d	50,84±8,05 ^f

Los valores representan (promedio± desviación estándar), los datos del experimento (n=20) valores de la misma columna con superíndice diferentes son significativos (p≤0,05).

Los ajíes dulces de la especie (*C. annuum*) tuvieron espesor de 2,601 - 2,778 mm y el peso de pericarpio de 12,412 - 17,759 g, siendo la variedad dulce naranja, el que tuvo mayores valores ($p \leq 0,05$) de peso de pericarpio ($17,759 \pm 4,034$ g). Por otro lado, los ajíes charapitas (*C. chinense*) tuvieron espesor de 1,089 - 1,81 mm y el peso de pericarpio de 0,243 - 1,286 g. López - Medina et al. (2020), trabajaron la especie *C. chinense* jacp de la provincia de Trujillo (Libertad), reportaron pesos superiores de pericarpio de 2,096 g. Por último, la especie (*C. frutescens*) el espesor varió de 2,238 - 2,973 mm y el peso de pericarpio 0,215 - 11,535 g, siendo ají de mono quien tuvo menores valores ($p \leq 0,05$) de peso de pericarpio ($0,215 \pm 0,055$ g) entre todas las variedades. De acuerdo con Julien et al. (2021) el espesor, peso e incluso la firmeza del pericarpio pueden ser perjudicadas por la salinidad debido a la disminución de calcio en la fruta.

El peso de semillas vario de 0,029 - 0,961 y de placenta 2,207 - 0,035 g (Tabla 2). Respecto los ajíes de la especie (*C. annuum*) el peso de semilla varió de 0,582 - 0,961g y la placenta de 1,496 - 2,207 g, siendo el ají dulce naranja quien presentó mayores valores ($p \leq 0,05$) de peso de semilla ($0,961 \pm 0,326$ g) y placenta ($2,207 \pm 0,83$ g). Lahbib et al. (2013), trabajando con la misma especie procedente de Túnez, reportaron valores similares el peso de placenta de $1,1 \pm 0,9$ a $4,9 \pm 1,81$ g.

Por otro lado, los rangos de peso de semilla y placenta de los ajíes de la especie (*C. frutescens*) tuvieron rangos entre 0,111- 0,39 g y entre 0,035 - 1,218 g respectivamente, siendo el ají de mono, quien tuvo los menores valores ($p \leq 0,05$) de peso de placenta ($0,035 \pm 0,024$ g). Los ajíes de la especie (*C. baccatum*) tuvieron peso de semilla entre 0,087 - 0,241 0,08 g y peso de placenta de 0,337 - 0,577 g. Olszewska et al. (2021), reportaron pesos superiores de semilla ($2,52 \pm 0,36$ g) y la placenta ($7,35 \pm 1,39$ g) para la especie (*C. frutescens*), para la especie (*C. baccatum*), los pesos de semilla y placenta también fueron superiores ($1,05 \pm 0,18$ g y $0,95 \pm 0,21$ g). Finalmente, los ajíes de la especie (*C. chinense*), presentaron peso de semilla de 0,029 - 0,192 g y de placenta 0,047 - 0,119 g, siendo la variedad charapita amarillo, presentó menores peso de semilla ($0,029 \pm 0,013$ g).

4.2 Evaluación del color en las variedades de ajíes en fresco

Según Korkmaz et al. (2021) la amplia gama de diversidad de colores en el género *Capsicum* están relacionados con la composición de capsantina, capsorrubina, β -caroteno, zeaxantina, luteína, β -criptoxantina, violaxantina y capsoluteína de los colores rojo y amarillo. Sin embargo, para una evaluación de color el más utilizado es el sistema CIELab que abarca tres coordenadas la luminosidad (L^*) va de 0 (negro) a 100 (blanco), croma (a^*) de rojo

(positivo) a verde (negativo) y el croma (b^*) de amarillo (positivo) a azul (negativo) (Piñeiro-Di-Blasi et al., 2014). De acuerdo los resultados de la Tabla 4, con respecto a la luminosidad (L^*) se observó una diferencia ($p \leq 0,05$); se puede apreciar que son estadísticamente iguales y con mayor luminosidad las variedades de ajíes charapita amarilla, charapita amarillo P y oyuyo amarillo $L^* 66,53 \pm 2,32$, $65,93 \pm 2,76$ y $66,07 \pm 1,17$ respectivamente. Por el contrario, Rahmi et al. (2024) investigaron en 12 genotipos de ajíes en Indonesia, reportaron valores menores para las variedades de color amarillo, el limón amarillo (37,45), 7M-4Q (38,27), 4K-6P (39,17) y 4K-7K (41,93). Respecto al estudio los valores fueron superior a lo investigado, esto podría deberse que los ajíes de la zona de Tingo María tienen alta composición de carotenoides que los ajíes de Indonesia. Por otro lado, Arimboor et al. (2014) mencionan que las variaciones pueden ser influidos por factores como la luz y el calor en la estabilidad de los carotenoides.

Por otro lado, las variedades de ajíes charapita rojo $G 32,17 \pm 0,83$, limo rojo $32,26 \pm 2,62$, dulce rojo $32,53 \pm 0,51$ y oyuyo morado $34,35 \pm 0,03$ presentaron una menor luminosidad (L^*). Con respecto al color rojo la variedad ají piquín rojo (*C. annuum* L. var. *glabriusculum*) investigado en México, reportaron valores inferiores $28,51 \pm 0,88$ de (L^*) (Jiménez-Viveros y Valiente-Banuet 2023). Según Pandurangaiah et al. (2020) la disminución de luminosidad en las variedades rojas podría ser ocasionado por la mayor síntesis de licopeno, lo que hace que estas variedades se vean más oscuras en comparación con otras.

El croma (a^*) representa un color rojo (positivo) a verde (negativo). De acuerdo con los resultados de la Tabla 4 se mostró ($p \leq 0,05$) en las variedades de ajíes, cabe resaltar que la variedad charapita rojo $a^* 41,933 \pm 2,766$ y oyuyo morado $a^* 40,127 \pm 0,023$ tuvieron el mayor promedio entre las 15 muestras. Muñoz – Concha et al. (2020) reportaron valores menores de $30,5 \pm 0,18$ y $32,1 \pm 0,64$ en dos variedades de ajíes, el ají chileno negro (rojo) y el cacho de cabra (morado) estudiado en la región del Maule (Chile). Chiaiese et al. (2019) mencionan que las variaciones que ocurren durante la maduración no solo tienen implicaciones agronómicas (tamaño y color) sino que también en lo comercial.

Las variedades de ajíes el dulce verde mostraron valores de croma (a^*) inferiores $-7,193 \pm 0,379$ y el ají limo verde $-5,28 \pm 1,045$; estos valores negativos es un indicador de ausencia de color rojo y una ligera presencia de color verde. Pacheco et al. (2023) reportaron un valor negativo de $-0,74 \pm 0,12$ en la variedad (*Capsicum annuum* L. cv. *xcatik*) estudiado en la ciudad de México. Según Benito-Bautista et al. (2015) la degradación de la clorofila va a depender de la actividad de clorofilasas, esto provoca una alteración de la clorofila y la resistencia estructural que provoca un cambio de color menos verde.

El croma (b^*) representa un color amarillo (positivo) a azul (negativo). Este croma muestra diferencia ($p \leq 0,05$) (Tabla 4), las variedades de ajíes charapita amarillo $71,71 \pm 4,46$, charapita amarillo P $70,6 \pm 3,77$ y oyuyo amarillo $68,09 \pm 3,09$ tuvieron valores superiores de croma (b^*). La intensidad del color amarillo sucede porque la degradación de la xantofila que es provocada por dos enzimas: la violaxantina desepoxidasa (VDE) y la zeaxantina epoxidasa (ZEP), las cuales contribuyen a un cambio de color amarillo del fruto (Chen et al., 2021).

Las variedades de ajíes que mostraron menor croma b^* fueron ají de mono $14,29 \pm 0,03$ y charapita rojo G $16,21 \pm 2,04$. Según Paredes et al. (2019) reportaron valores superiores de $24,467 \pm 0,801$ de croma (b^*) en la variedad de pimiento marrón (*Capsicum annuum*) en un estado de madurez de color rojo investigado en la región Lambayeque. Dado que las variedades de colores rojos presentan menores valores de forma positivo entre otras variedades, este comportamiento fue explicado por Feng et al. (2024) que los frutos rojos contienen pigmentos como la capsantina, β -criptoflavina, β -caroteno, capsorrubina, zeaxantina, anteraxantina y α -caroteno estos pueden provocar una interacción y mezclarse con otros pigmentos.

Tabla 4. Resultados de color en quince variedades de ajíes.

Variedades	L*	a*	b*	C	h°
Charapita rojo	$38,04 \pm 1,42^e$	$41,933 \pm 2,766^a$	$27,21 \pm 4,01^d$	$50,02 \pm 4,46^c$	$32,853 \pm 2,254^f$
Charapita amarillo	$65,93 \pm 2,76^a$	$19,967 \pm 1,996^d$	$71,71 \pm 4,46^a$	$74,47 \pm 3,88^a$	$74,370 \pm 2,269^b$
Charapita naranja	$54,31 \pm 0,44^c$	$28,49 \pm 5,543^c$	$53,97 \pm 0,46^b$	$61,16 \pm 2,54^b$	$62,300 \pm 4,698^d$
Charapita rojo G	$32,17 \pm 0,83^f$	$32,397 \pm 1,752^c$	$16,21 \pm 2,04^f$	$36,27 \pm 1,68^d$	$26,583 \pm 3,308^g$
Charapita amarillo P	$66,53 \pm 2,32^a$	$18,34 \pm 2,875^d$	$70,6 \pm 3,77^a$	$73,00 \pm 3,00^a$	$75,362 \pm 2,849^b$
Oyuyo rojo	$33,67 \pm 1,89^f$	$35,03 \pm 2,304^b$	$18,95 \pm 2,06^e$	$39,83 \pm 2,98^d$	$28,363 \pm 1,184^g$
Oyuyo amarillo	$66,07 \pm 1,17^a$	$11,063 \pm 2,498^e$	$68,09 \pm 3,09^a$	$69,00 \pm 3,42^a$	$80,818 \pm 1,676^a$
Oyuyo morado	$34,35 \pm 0,03^f$	$40,127 \pm 0,023^a$	$26,8 \pm 0,04^d$	$48,25 \pm 0,04^c$	$33,738 \pm 0,036^f$
Dulce verde	$58,47 \pm 5,25^b$	$-7,193 \pm 0,379^g$	$31,12 \pm 3,45^d$	$31,95 \pm 3,42^e$	$-76,922 \pm 1,056^h$
Dulce rojo	$32,53 \pm 0,51^f$	$34,593 \pm 1,826^b$	$20,3 \pm 1,07^e$	$40,12 \pm 1,93^d$	$30,420 \pm 1,253^f$
Dulce naranja	$44,19 \pm 0,99^d$	$35,73 \pm 2,300^b$	$36,52 \pm 1,37^c$	$51,09 \pm 2,58^c$	$45,649 \pm 0,799^e$
Limo rojo	$32,26 \pm 2,62^f$	$31,293 \pm 2,021^c$	$18,62 \pm 2,91^e$	$36,43 \pm 3,2^d$	$30,615 \pm 2,359^f$
Limo amarillo	$52,77 \pm 4,99^c$	$8,737 \pm 1,184^e$	$52,03 \pm 3,12^b$	$52,76 \pm 3,27^c$	$80,497 \pm 0,747^a$
Limo verde	$50,37 \pm 1,61^c$	$-5,28 \pm 1,045^g$	$27,58 \pm 1,34^d$	$28,09 \pm 1,31^e$	$-79,143 \pm 2,191^h$
Ají de mono	$39,99 \pm 3,27^e$	$5,793 \pm 0,029^f$	$14,29 \pm 0,03^f$	$15,42 \pm 0,03^f$	$67,932 \pm 0,108^c$

Los valores representan (promedio $\pm$ desviación estándar), los datos del experimento ($n=3$) valores de la misma columna con superíndice diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

El croma (C^*) mide la pureza del color en términos de la distancia desde un estímulo acromático (nivel de gris) y cuando sea mayor los colores son intensos o vivos (Wilms y

Oberfeld, 2017). Los resultados de intensidad (C^*) mostró diferencia ($p \leq 0,05$) en las variedades de ajíes. Se puede apreciar un mayor C^* para el ají oyuyo amarillo $69,00 \pm 3,42$, charapita amarillo P $73,00 \pm 3,00$ y charapita amarillo $74,47 \pm 3,88$ dentro de las quince variedades; una menor intensidad (C^*) fue mostrado por el ají mono $15,42 \pm 0,03$. Este comportamiento fue reportado por Oledzki y Harasym (2023) estudiaron en dos variedades de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) con una mayor intensidad (C^*) fue para el color amarillo $89,69 \pm 0,83$ y menor fue el color rojo $65,94 \pm 1,35$ investigado en la región del sur de Mazovia (Polonia). En los frutos amarillos se acumulan de α -caroteno, β -caroteno, zeaxantina y anteraxantina (Villa-Rivera y Ochoa-Alejo 2020).

El ángulo de matiz es un atributo clave para clasificar colores, relacionado con la absorción de energía radiante en distintas longitudes de onda, y se define por un ángulo en el espacio cromático (Sandoval et al., 2018). Los resultados del ángulo de matiz (h°) en la Tabla 4 mostro una diferencia ($p \leq 0,05$) dentro de las quince variedades de ajíes. Las variedades que presentaron mayores ángulos de matiz (h°) fueron el limo amarillo $80,497 \pm 0,747$ y el oyuyo amarillo $80,818 \pm 1,676$. A diferencia de otras variedades de charapita amarillo $74,370 \pm 2,269$ y charapita amarillo P $75,362 \pm 2,849$ presentaron un ángulo de matiz menor. Choi et al. (2022) reportaron un ángulo de matiz (h°) mayor de $94,32 \pm 0,18$ en la variedad color amarillo (*Capsicum annuum* L.) estudiado en Chungju (Corea del Sur).

En el caso de las variedades con una igualdad estadística fueron el ají dulce rojo $30,420 \pm 1,253$, limo rojo $30,615 \pm 2,359$, charapita rojo $32,853 \pm 2,254$ y oyuyo morado $33,738 \pm 0,036$. A diferencia del ají charapita rojo G $26,583 \pm 3,308$ y oyuyo rojo $28,363 \pm 1,184$ tuvo un ángulo de matiz (h°) menor. Según Batista et al. (2022) reportaron un ángulo de matiz (h°) superior de 29,57 en la variedad *C. chinense* Jacq de color rojo estudiado en el Río Grande del Sur (Brasil). Zaki et al. (2013) mencionan las condiciones agrícolas y/o factores meteorológicos, especialmente la temperatura, la insolación y las precipitaciones, que podría influir en los niveles de pigmento de *Capsicum*.

4.3. Evaluación fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en las variedades de los ajíes deshidratados.

4.3.1. Fenoles totales

Olguín – Rojas et al. (2024) afirman que la parte aprovechable (pericarpio) de los ajíes, podrían ser beneficioso para la salud debido a sus demostradas propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antifúngicas y anticancerígenas. EL contenido de fenoles totales vario de 0,808 - 2,235 g EAG/100g (Tabla 5). Para las especies *C. baccatum*, *C. chinense*

y *C. annuum* tuvieron fenoles totales variando de 0,9 - 2,235g EAG/100g, 0,808 - 2,055 gEAG/100g y 0,997 – 2,179 g EAG/100g respectivamente. Dentro de la especie *C. baccatum* el ají oyuyo rojo, presento mayor contenido ($p \leq 0,05$) de fenoles totales (2,235g EAG/100g).

Mňahončáková et al. (2021), reportaron resultados similares de 1,013 -3,869 g EAG /100g, 1,136 - 3,510 g EAG/100g y 1,847 - 3,673 g EAG/100g, para las tres especies respectivamente.

Por otro lado, el contenido de fenoles totales para la especie (*C. chinense*) vario de 0,808 - 2,055 g EAG/100 g, siendo el ají charapita amarillo P, quien tuvo menores valores ($p \leq 0,05$) ($0,808 \pm 0,012$ g EAG/100 g). En el caso, de la especie (*C. annuum*), el contenido de fenoles totales vario de 0,997 - 2,179 g EAG/100g, Rodríguez-Maturino (2012), investigaron en dos variedades el *C. chinense* (Habanero) y *C. annuum* L. var. *Glabriusculum* (Chiltepin), reportaron resultados similares de 0,592 EAG g/100g y 0,485 g EAG /100g respectivamente. Así mismo, para la especie (*C. frutescens*), los fenoles totales variaron de 0,89 - 1,997 g EAG /100g, siendo el ají limo verde, quien tuvo menor cantidad ($0,89 \pm 0,008$ g EAG /100g). Según Menezes et al. (2022), la diferencia de fenoles totales puede atribuirse a muchos factores como: genética, condiciones ambientales y las condiciones de cultivo.

4.3.2. Flavonoides totales

Los flavonoides tienen efectos positivos para la salud, ya que se asocian con propiedades antitumorales, antitrombogénicas y antivirales, ya que pueden funcionar como agentes preventivos (Vera -Guzmán et al., 2017). Referente el contenido de flavonoides totales, varió de 0,181 - 0,415 g EC/100 g (Tabla 5). En el caso para la especie (*C. baccatum*), fueron de 0,247 - 0,415 g EC/100 g, siendo el oyuyo rojo, quien tuvo mayores contenidos ($0,415 \pm 0,004$ g EC/100 g) ($p \leq 0,05$), según Vázquez-Espinosa et al. (2020) la variación puede deberse a varios factores como: métodos de cultivo, provisión de minerales y las circunstancias de crecimiento.

Por otro lado, los valores de flavonoides totales, para la especie (*C. chinense*) varió de 0,181- 0,283 g EC/100 g, siendo a variedad charapita amarillo, quien tuvo menores concentraciones ($0,181 \pm 0,005$ g EC/100 g) ($p \leq 0,05$). Por lo tanto, para la especie (*C. annuum*) los flavonoides totales variaron de 0,265- 0,401 g EC/100 g, Blanco – Ríos et al. (2017), evaluaron en la especie (*C. annuum*) de Guadalupe de Guaymas (México), reportaron valores superiores de $0,426 \pm 0,023$ a $0,753 \pm 0,008$ g EC/100g. Finalmente, para la especie (*C. frutescens*) variaron de 0,235 - 0,27 g EC/100 g. Keser et al. (2018) trabajaron en la especie (*C. frutescens*) en pimiento cayena en la ciudad de Elazig (Turquía), reportaron los valores similares de $0,185 \pm 0,233$ a $0,466 \pm 0,295$ g EC/100g, de acuerdo con González-Zamora et al.

(2013) cada variedad de ajíes puede realizar el proceso de síntesis de flavonoides de manera diferente, lo que concluye en la síntesis de capsaicinoides.

Tabla 5. Resultados de compuestos bioactivos y capacidad antioxidantes.

Variedad	Fenoles totales (g EAG/100 g)	Flavonoides totales (g EC/100 g)	DPPH mmolTE/100g	ABTS mmolTE/100g
Charapita rojo	1,831±0,028 ^f	0,255±0,003 ^g	10,22±0,29 ^h	20,43±0,25 ^f
Charapita amarillo	1,28±0,023 ^h	0,181±0,005 ^j	8,04±0,08 ^j	16,82±0,26 ^h
Charapita naranja	1,99±0,016 ^d	0,266±0,005 ^f	12,34±0,12 ^f	20,49±0,31 ^f
Charapita rojo G.	2,055±0,023 ^c	0,283±0,006 ^e	15,91±0,14 ^d	30,93±0,35 ^c
Charapita Amarillo P.	0,808±0,012 ^l	0,222±0,005 ⁱ	3,28±0,03 ^m	8,66±0,11 ^m
Oyuyo rojo	2,235±0,018 ^a	0,415±0,004 ^a	18,36±0,09 ^a	33,18±0,18 ^a
Oyuyo amarillo	2,162±0,023 ^b	0,292±0,007 ^d	16,15±0,17 ^c	32,2±0,42 ^b
Oyuyo morado	0,9±0,007 ^k	0,247±0,005 ^g	4,56±0,02 ^k	10,1±0,05 ^k
Dulce verde	2,179±0,017 ^b	0,401±0,003 ^b	17,96±0,12 ^b	32,29±0,35 ^b
Dulce rojo	1,913±0,022 ^e	0,268±0,005 ^f	11,01±0,02 ^g	22,12±0,21 ^e
Dulce naranja	0,997±0,016 ^j	0,265±0,003 ^f	4,68±0,03 ^k	16,11±0,17 ⁱ
Limo rojo	1,151±0,012 ⁱ	0,34±0,006 ^c	7,93±0,11 ^j	11,68±0,15 ^j
Limo amarillo	1,58±0,015 ^g	0,218±0,006 ⁱ	9±0,06 ⁱ	18,62±0,21 ^g
Limo verde	0,89 ±0,008 ^k	0,235±0,003 ^h	3,69±0,03 ^l	9,5±0,05 ^l
Ají de mono	1,997±0,014 ^d	0,27±0,006 ^f	12,94±0,16 ^e	29,58±0,31 ^d

Los valores representan (promedio± desviación estándar), los datos del experimento (n=3) valores de la misma columna con superíndice diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

4.3.3. Radical DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrilhydrazil)

Referente a la capacidad antioxidante frente al radical DPPH, tuvo un rango de 3,28 - 18,36 mmol TE/100g (Tabla 5). Para la especie (*C. baccatum*), frente al radical DPPH tuvo una variación de 4,56 - 18,36 mmol TE/100g, siendo oyuyo rojo, quien tuvo mayor valor (18,36 ± 0,09 mmol TE/100g), desatándose alto contenido de fenoles totales y flavonoides totales entre todas las variedades ($p \leq 0,05$). Otra especie (*C. annuum*) frente el radical DPPH varió de 4,68 - 17,96 mmol TE/100g, García-Vásquez et al. (2023), investigaron en la especie (*C. annuum*) de Oaxaca (México), reportaron menores resultados de 1,38 a 3,88 mmol TE/100g y el ají jalapeño de 2,80 mmol TE/100g.

Por otro lado, para la especie (*C. chinense*) la capacidad antioxidante inhibir el radical DPPH varió de 3,28 - 15,91 mmol TE/100g, siendo la variedad charapita amarillo P, quien tuvo menor contenido ($p \leq 0,05$) ($3,28 \pm 0,03$ mmol TE/100g), según Castro-Concha et al. (2017) las propiedades antioxidantes y nutricionales varían debido a factores como: genotipo, la etapa de desarrollo y las condiciones de crecimiento. Por último, para la especie (*C. frutescens*) frente al DPPH varió de 3,69 - 12,94 mmol TE/100g, Cruz et al. (2022) afirman que la diferencia en la capacidad antioxidante puede estar relacionada con la variedad y la especie.

4.3.4. Radical ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))

Respecto a la capacidad antioxidante de inhibir el radical ABTS (Tabla 5), dentro de las cuatro especies varió de 8,66 - 33,18 mmol TE/100g. Para la especie (*C. baccatum*) la capacidad antioxidante estuvo de 10,1 - 33,18 mmol TE/100g, siendo el oyuyo rojo, quien tuvo mayores valores ($p \leq 0,05$) de capacidad antioxidante de inhibir el radical ABTS (33,18 mmol TE/100g). Así mismo para la especie (*C. annuum*) varió la capacidad antioxidante de 16,11- 32,29 mmol TE/100g, en cuanto Deepa et al. (2007), ratifica la capacidad antioxidante posiblemente se deban a la intervención factores como: clima, genética y el manejo de postcosecha.

Por otra parte, para la especie (*C. chinense*) la capacidad de inhibir el radical ABTS varió de 3,28 - 15,91 mmol TE/100g, siendo la variedad charapita amarillo P, tuvo menor contenido ($p \leq 0,05$) de capacidad antioxidante entre todas las variedades ($8,66 \pm 0,11$ mmol TE/100g) (Oney – Montalvo et al., 2020), afirma la capacidad antioxidante puede estar influenciadas por la composición fisicoquímica del suelo, debido a la disminución de nutrientes (nitrógeno y potasio) por el cual, ayude a fortalecer el crecimiento y producción de una planta. En el caso, para la especie (*C. frutescens*) la capacidad antioxidante varió de 9,5 - 29,58 mmol TE/100g, lo propuesto por Campos et al. (2013), afirma la variación de la capacidad antioxidante puede ser influenciado por la fertilización de las plantas y el cambio de temperatura.

4.4. Análisis multivariado de las características agro-morfológicas, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en las variedades de los ajíes.

4.4.1. Correlación

El peso entero vs peso de pericarpio presentó una correlación positiva muy fuerte ($r = 1,00$) (Figura 7). Nankar et al. (2020) trabajaron en pimientos de seis países balcánicos, reportaron una correlación similar el peso entero vs pericarpio ($r = 0,99$). Por otra parte, el peso entero vs la longitud tuvo una correlación positiva y moderada ($r = 0,59$), que fue superior a Parvin et al. (2024) quienes reportaron una correlación de 0,31, en genotipos procedente de Australia. El peso de placenta presentó correlación positiva muy fuerte, vs peso entero ($r = 0,99$), vs el ancho ($r = 0,98$) y vs peso de pericarpio (0,98). En cuanto la relación de las variables, las características agro-morfológica se emplean para caracterizar ciertas especies de ajíes, siendo importante estos rasgos para tener resultados estables, confiables y consistentes para facilitar la elección del genotipo para el mejoramiento de cultivos y la mejora genética (Sunday et al., 2021).

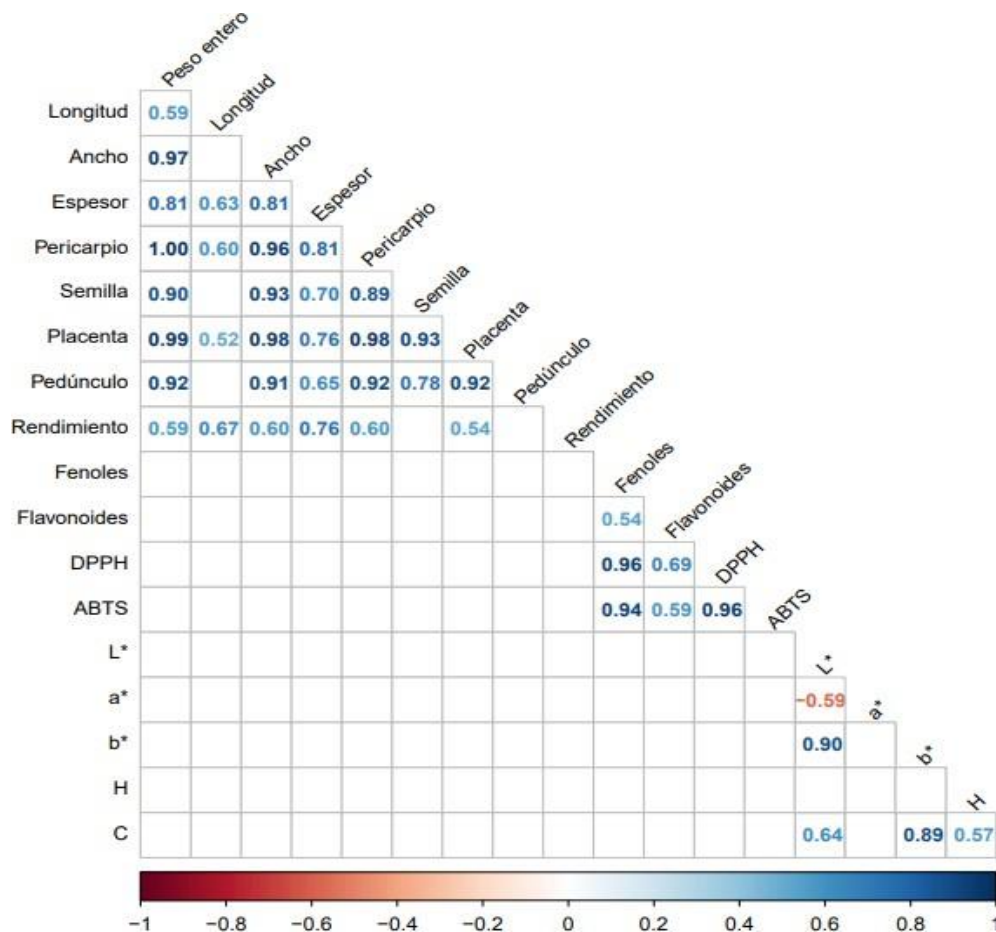


Figura 7. Correlación de Pearson (CP).

Por otro lado, el contenido de fenoles totales y el radical DPPH tuvieron correlación positiva y muy fuerte de 0,96, así mismo Leng et al. (2022) investigaron en pimientos morrones de Australia, reportando una correlación de 0,92. Finalmente, la capacidad antioxidante frente el DPPH y ABTS tuvieron correlación de 0,96 según Cortés-Estrada et al. (2020) trabajaron en pimientos marrones de la ciudad (México), también reportaron una fuerte correlación de 0,89. Sin embargo Malik et al. (2022) afirmaron que la cantidad y tipo de fitoquímicos en vegetales no siempre refleja su capacidad antioxidante total, ya que depende de la variedad, concentración de los compuestos y su interacción en la planta. La luminosidad (L^*) vs croma (b^*) tuvo una correlación positiva fuerte ($r=0,90$). González-López et al. (2021) mencionan los ajíes con altos componentes de enrojecimiento o amarillez esto podría deberse a cantidades de carotenoides, y también podría ser una buena fuente de novedosos compuestos beneficiosos para la salud.

4.4.2. Análisis de Componentes principales y HeatMAP.

El análisis de componentes principales (PCA), reduce la dimensionalidad de los datos, mejorando la interpretabilidad, minimizando la pérdida de información (Jolliffe y Cadima 2016). Los dos primeros componentes principales, explicaron el 64,5 % de variabilidad de los datos (PC1: 42,9% y PC2: 21,5 %). El PCA sugiere que el ají dulce rojo y el limo rojo, fueron caracterizados por tener valores altos de peso entero, pericarpio, placenta, semilla, pedúnculo, rendimiento, ancho, longitud y espesor, al mismo tiempo presentaron valores bajos de croma (L^* , a^* , b^* , C^*) y la tonalidad H (Figura 8), lo cual fue corroborado por el Heat Map (Figura 9) donde se observa que para las muestras mencionadas, esas características tuvieron colores más intensos de tonalidad de rojo y verde para los mayores y menores valores respectivamente, como mencionado anteriormente, estas diferencias de características agro-morfológicas se deben a las diferencias entre variedades. Adicionalmente Moreno - Pérez et al. (2011), indica que la heterogeneidad del suelo y las condiciones ambientales son factores, que alteran las características agro-morfológica.

Por otra parte, la variedad oyuyo rojo y la charapita rojo G, presentaron mayores valores de fenoles, flavonoides, el radical (DPPH y ABTS) y menores valores de L^* , b^* y C (Figuras 8 y 9). Conforme reportado por Brilhante et al. (2024) en los ajíes el contenido de compuestos bioactivos y antioxidantes no necesariamente dependen de la especie. También se observa que la variedad charapita amarillo P, fue caracterizado por mayores valores de L^* , b^* , C y H (Figuras 8 y 9).

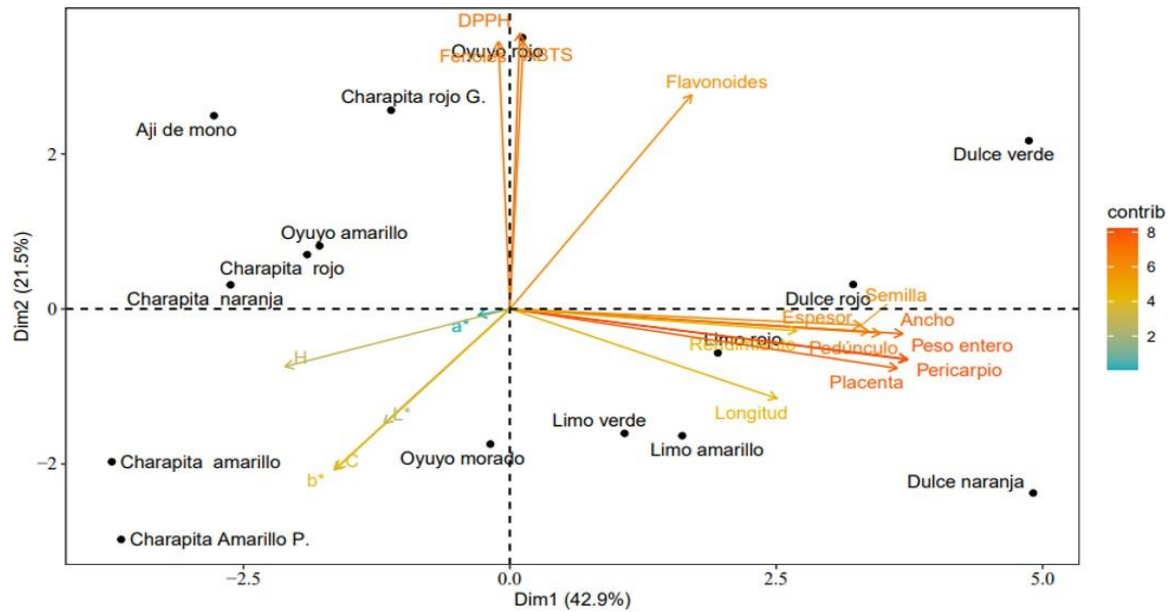


Figura 8. Gráfico del análisis de componentes principales (PCA).

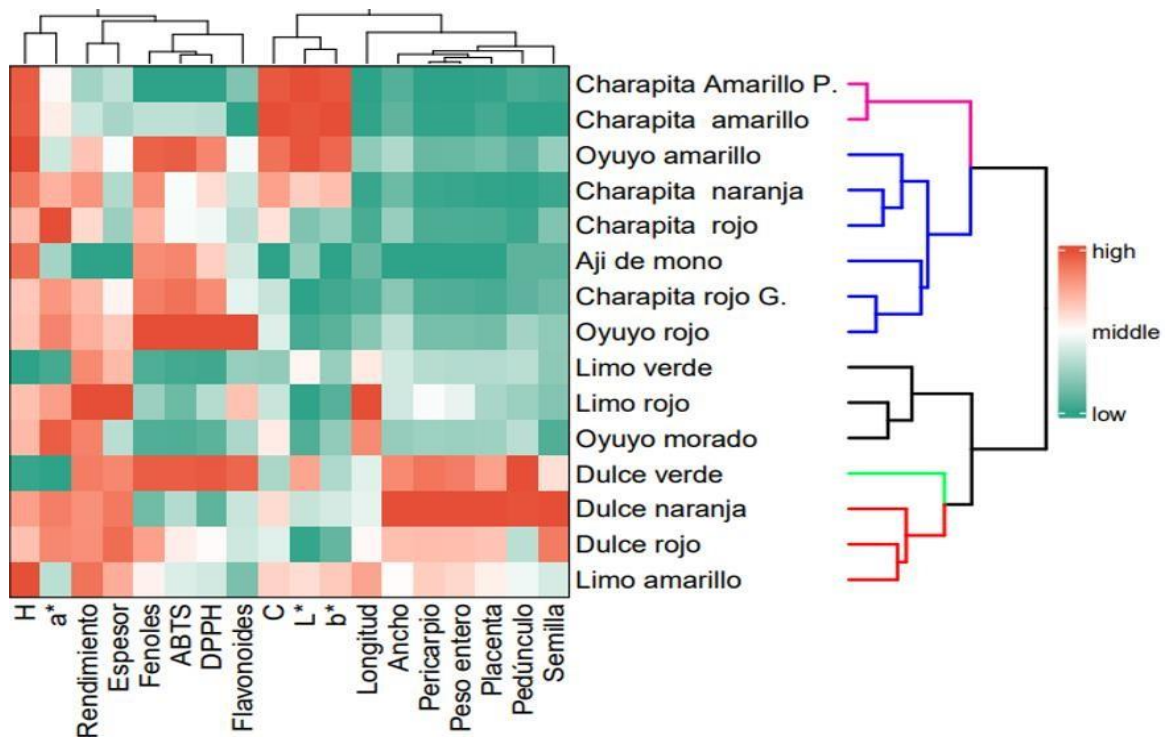


Figura 9. Mapa de calor (Heat Map) con conglomerados jerárquicos de componentes principales (HCPC).

En mapa de calor, también fue realizado un agrupamiento no jerárquico de las muestras, también llamado análisis de conglomerados es un método estadístico que agrupa individuos en clústeres homogéneos, facilitando la identificación de patrones y estructuras subyacentes en los datos (Vega – Dienstmaier y Arévalo – Flores 2014). El mapa de calor (Figura

9) fue realizado utilizando las 15 variedades (fila) y 22 características (columna). Se formaron cinco grupos, el primer grupo (de color rojo) conformado por el ají limo amarillo, dulce rojo y dulce naranja. Así mismo Ballina-Gómez et al. (2013), investigaron en 18 genotipos de *C. annuum* en 47 características, reportaron un análisis conglomerado de 3 grupos.

El segundo grupo (verde) fue formado por un único individuo que fue el ají verde, que tuvo mayor contenido fenoles, flavonoides, el radical (DPPH y ABTS). Por otro lado, el tercer grupo (negro) fue formado por los ajíes limo oyuyo morado, limo rojo y limo verde, quienes tuvieron mayor contenido rendimiento, espesor y longitud. Para el cuarto grupo (azul) conformado por las variedades de ajíes charapita naranja, charapita rojo, ají de mono, oyuyo amarillo, charapita rojo G y oyuyo rojo, se caracterizan por presentar mayor contenido de fenoles, flavonoides, el radical (DPPH y ABTS). Por último, el quinto grupo (rosado) la agrupación para los ajíes charapita amarillo y charapita amarillo P, presentaron mayor contenido de croma (L^* , b^* , C^*) y el ángulo de matiz (H). Según Osorio-Barraza et al. (2021), quienes mencionan los compuestos bioactivos, son diferentes en las especies de *Capsicum* esto puede deberse a diferentes genéticas. Mis Valdez et al. (2022), afirma que el género *Capsicum* es relevante por su contenido de metabolitos secundarios, ya que proporcionan beneficios para la salud.

4.5. Estudio de consumo de los ajíes en restaurantes.

Una dieta mediterránea el uso de especias es habitual, se estima en Europa el consumo promedio de especias es de 0,5 g por persona al día, siendo los pimientos son utilizados para dar sabor, color y acidez con otros alimentos de otro modo serían insípidos (Loizzo et al., 2015). Respecto el consumo per cápita (Tabla 6), dentro de las siete variedades tuvo una variación de consumo per cápita por restaurante. Es importante resaltar el consumo de ajíes, es alrededor de 15 g de pimiento/día, brinda resistencia a varias enfermedades, superando así la cantidad de tomates y otras verduras (Hegena y Tigistu, 2022).

Tabla 6. Resultados de per cápita de consumo en ajíes en los seis restaurantes.

Consumo per cápita (kg/restaurante)						
Variedades	Cevichería	Chifa	Menú	Parrillada	Puesto ambulatorio	Tacachería
Charapita amarillo	0,1	0	0,4	0,6	0,6	1,9
Dulce rojo	0	0,1	0,1	0,1	0	0
Dulce naranja	0,1	0	0,1	0	0,2	0,1
Limo rojo	0	0	0	0	0,1	0
Limo amarillo	0,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,2
Limo verde	0	0	0,4	0,2	0,4	0,3
Ají de mono	0,1	0	0	0	0,1	0,1

Referente el consumo per cápita por restaurante (Tabla 6), dentro la especie *C. chinense* la variedad charapita amarillo, quien tuvo valores mayores de 1,9 (kg/restaurante) respecto la tacachería, esta variedad se caracteriza por ser un ají muy aromático de forma de esférica, en Tingo María lo utilizan más en la preparación de salsa con cocona (*Solanum sessiliflorum*) y encurtidos. Alves et al. (2022) investigaron la variedad *C. chinense* Jacq (pimenta-de-cheiro) se caracteriza por ser dulce y aromático, lo consumen la población local en Brasil, la amplia variabilidad genética se encuentra en la cuenca de la Amazonía. Romero – Viacava et al. (2023) es fundamental incorporar nuevas variedades de ajíes para enriquecer la gastronomía como de México el *C. chinense*, ayuda a realzar el sabor de los platillos, la actualidad la cocina peruana está influenciada por la migración personas de distintos países Japón, África, Italia, China, etc.

Respecto, el consumo per cápita por restaurante dentro de la especie *C. annum*, la variedad dulce rojo y dulce naranja tuvieron un consumo per cápita de 0,1 y 0,2 (kg/restaurante) respectivamente, el ají dulce rojo tuvo preferencia en los restaurantes de chifa, menú y parrillada, mientras el ají dulce naranja se consume más en puesto ambulatorio, se caracteriza por presentar cierta característica como: alargadas, menor aroma, picantes o dulces, lo utilizan como sazónador, salsa y ensalada con verduras. La especie *C. annum* se caracteriza por la variabilidad de color, siendo un aspecto muy importante para el rasgo de calidad, preferencia de los consumidores y los cultivadores (Wang et al., 2023). Los ajíes destacan por su color y aroma atractivos, son reconocidos por sus propiedades químicas y nutricionales, estos frutos son valiosas fuentes de vitaminas A, B, C y E, además de contener compuestos bioactivos con efectos antioxidantes, como carotenoides y compuestos fenólicos (Giacomin et al., 2021).

Dentro de la especie *C. frutescens* el consumo per cápita, para el limo rojo fue 0,1 (kg/restaurante) son consumidos en puesto ambulatorio y para el limo amarillo 0,6 (kg/restaurante) en chifa, el limo verde 0,4 (kg/restaurante) en puestos de menú y puestos ambulatorios. Por último, el ají mono 0,1 (kg/restaurante) en cevichería, puesto ambulatorio y tacachería, estas variedades se caracterizan por presentar una pungencia alto, son de forma alargadas y en punta, lo utilizan en la preparación de comida como una especia. Cadavid et al. (2017) menciona los ajíes picantes han emergido como uno de los frutos más utilizados en la gastronomía global, debido por sus diversas características sensoriales, tales como sabor, color, pungencia y aroma.

4.5.1. Análisis de componentes principales.

Respecto PCA (Figura 10), la primera dimensión 1 (Dim1) tuvo una variabilidad de 57,9 %, se encuentran los restaurantes la cevichería, menú, parrillada, puesto ambulatorio y tacachería, siendo las variedades limo verde y charapita amarillo, presentó una menor contribución (<15) el restaurante de menú, una contribución parcial de (15 a 16) la cevichería, una contribución intermedia de (16 a 17) la tacachería, una contribución mayor (>17) en parrillada y puesto ambulatorio estos ajíes son utilizados en los restaurantes como salsa fresca, secos y especia. Los ajíes son especia conocido mundialmente, algunas culturas lo consumen en México y algunos países asiáticos, no contiene grasa ni calorías su consumo es muy gustoso (Siebert et al.,2022). Los ajíes tienen múltiples usos en la gastronomía garantiza una demanda sostenida en mercados locales y regionales, mediante procesos de transformación y conservación, se ofrece un potencial para generar valor agregado, lo que abre oportunidades para la agroindustria y los emprendedores del sector (Thakur et al.,2024). Referente la segunda dimensión 2 (Dim2) tuvo una variabilidad de 29,8% constituida por la variedad limo amarillo, con una contribución (<15) en restaurante de menú y una contribución (15 a 16) la cevichería y contribución mayor (>17) la chifa, estas variedades caracteriza por ser de forma elongado y lo utilizan para la preparación en aderezo, pasta de ajíes fresco, encurtidos y para la decoración de platos de fondo de la gastronomía peruana.

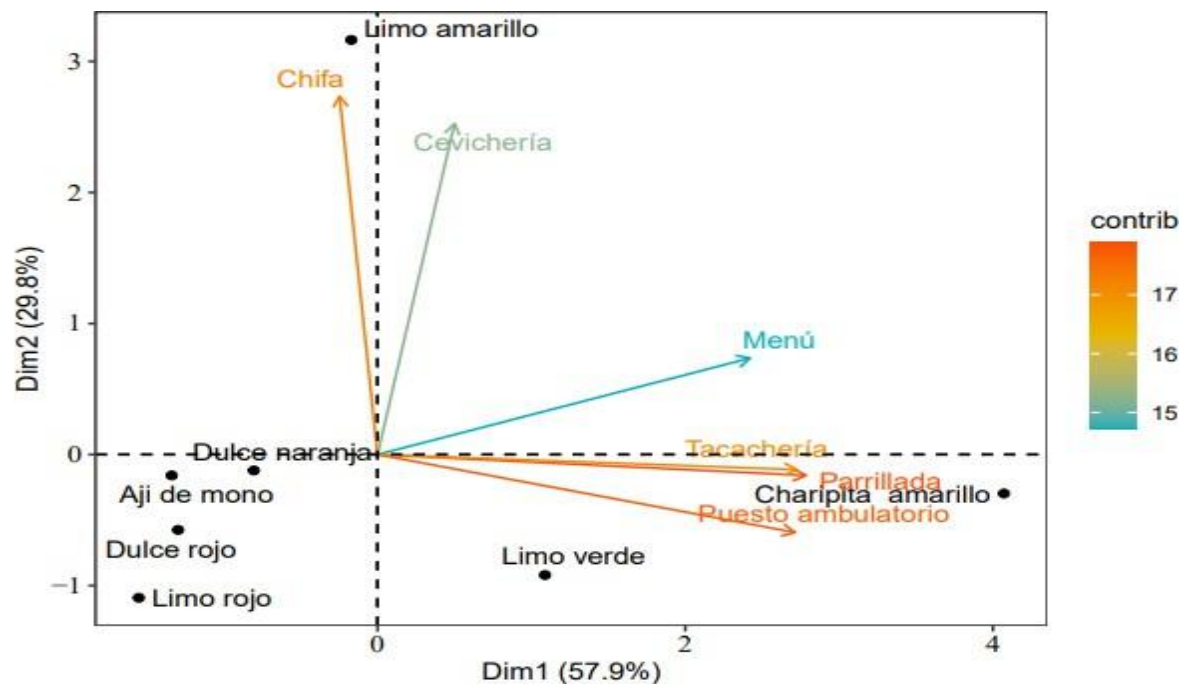


Figura 10. Gráfico de análisis de componentes principales de variedades de ajíes el consumo per cápita en distintos restaurantes.

De forma general para las siete variedades en la dimensión 1 (Dim1) y dimensión 2 (Dim2), se obtiene una variabilidad de 87,7 %, se sobre entiende el 12,3 % de la variabilidad lo conforma las otras dimensiones. Dentro del 87,7% de variabilidad con relevantes contribuciones se encuentra la variedad limo amarillo, limo verde y charapita amarillo, con mayor contribución la chifa, parrillada, puesto ambulatorio y tacachería son utilizados para distintos platos gastronómicos. Los ajíes tienen capsaicina, un alcaloide volátil, cristalino y picante, que se localiza principalmente en la placenta de los frutos, este compuesto es fundamental para el valor comercial de los ajíes (Kumar et al., 2024)

4.5.2. Análisis de Heatmap

Respecto el análisis de conglomerado no jerárquico (Figura 11), tuvo cuatro grupos. El primer grupo (verde) se conforman por el limo rojo, dulce rojo, ají de mono y dulce naranja, tuvo una preferencia intermedia en cevichería. Hegena y Tigistu (2022) los ajíes es la segunda hortaliza de mayor consumo a nivel mundial, es una especie más cultivada, destacándose por su capacidad para aportar sabor y color a los alimentos, además de ser una fuente importante de nutrientes esenciales para la salud.

Por otro lado, el segundo grupo (negro) esta conformado por el ají limo verde tuvo mayor preferencia en el restaurante de menú, en el caso del tercer grupo (azul) está el ají limo amarillo tuvo más preferencia en cevicheria y chifa, por último, el cuarto grupo (rosado)

fue el charapita amarillo tuvo mayor preferencia en restaurante de menú, puesto ambulatorio, parrillada y tacachería. Barwal (2022) menciona la demanda de hortalizas crece de manera acelerada debido al incremento poblacional, la mayor conciencia sobre su valor nutricional y el aumento del ingreso per cápita. El mapa de calor (Figura 11), la variedad charapita amarillo (*C. chinense*) tuvo una contribución alto en cinco grupos de restaurantes (cevichería, menú, puesto ambulatorio, parrillada y tacachería). Trovato et al. (2022) menciona que en tres especies estudiadas *chinense*, *annuum* y *baccatum*, encontraron un total de 269 de compuestos volátiles, en especial la *C. chinense* presentó aromas a afrutados/exóticos y se caracterizan por tener ésteres volátiles.

En la especie *C. frutescens*, están presentes el limo amarillo tuvo una contribución alto en cevichería y chifa, y una contribución intermedio alto en menú; el limo verde tuvo contribución alto en menú y una contribución intermedio alto en puesto ambulatorio; el ají de mono tuvo una contribución intermedio en cevichería; y el limo rojo presentó una contribución bajo en los seis restaurantes; en la especie *C. annuum* está presente el ají dulce naranja presentó una contribución intermedio en cevichería, mientras el dulce rojo presentó una contribución bajo en distintos tipos de restaurante en menú, puesto ambulatorio, parrillada, tacachería, cevichería y chifa, es importante resaltar cada restaurante tiene diversas formas de utilizar el fruto para distintos platos gastronómicos. Fornereto - Soldan et al. (2021) menciona en esta misma especie *C. annuum* (jalapeño) son más consumidos en México y Brasil, esta fruta generalmente son procesados como salsas, especias, sopas, bocadillos y conserva en las industrias alimentarias.

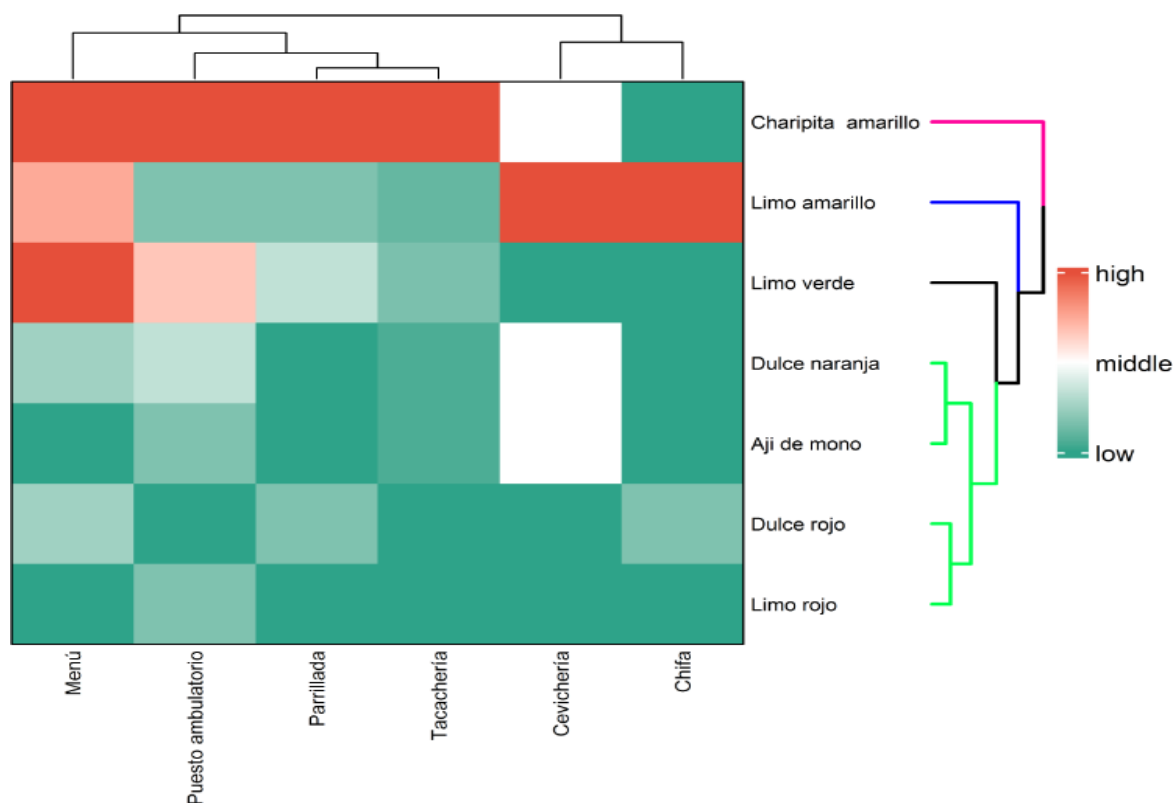


Figura 11. Mapa de calor representa las variables con conglomerados jerárquicos de componentes principales en variedades de ajíes.

4.6. Cuantificación de fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en los ajíes liofilizados

4.6.1. Fenoles totales

Los resultados de fenoles totales en las seis variedades de ají mostro diferencia ($p \leq 0,05$) (Tabla 7); en general podemos indicar que las quince muestras de ajíes deshidratados tuvieron mayor cantidad de fenoles totales que las seis muestras liofilizadas, la variedad oyuyo rojo presentó mayor contenido de fenoles totales en deshidratado $2,235 \pm 0,018$ g EAG/100 g que en liofilizado $1,92 \pm 0,01$ g EAG/100 g. Rybak et al. (2021) reportaron en la variedad pimiento rojo de Bronisze (Polonia) liofilizado un contenido de $1,634 \pm 0,111$ mg GAE/100 g. Para el caso de la variedad ají dulce verde el contenido de fenoles totales fue $1,9 \pm 0,002$ g EAG/100 g. Téllez-Pérez et al. (2013) reportaron $2,339$ g EAG/100 g en la variedad de ají poblano verde en la localidad de Querétaro (México). La diferencia entre el contenido de fenoles totales en ají deshidratado y liofilizado puede ser explicado por Bae et al. (2012) que mencionan que el reactivo de Folin-Ciocalteu reacciona con compuestos no fenólicos y azúcares, lo que podría generar una sobreestimación.

Dentro de las seis variedades el ají charapita amarillo presento menor contenido de fenoles totales $1,25 \pm 0,01$ g EAG/100g, cabe indicar esta variedad se liofilizó porque ella fue la muestra seleccionada por su aceptabilidad comercial, esta misma variedad en muestra deshidratada tuvo $1,28 \pm 0,023$ g EAG/100g el cual disminuyó a un 2,3 %. Este comportamiento puede ser explicado por Materska (2014) que menciona que el proceso de liofilización aumenta la porosidad del tejido, debido a factores externos como la humedad, temperatura, fragilidad estructural, la oxidación y la contaminación externa. Arya et al. (2024) mencionan que en un proceso de secado la integridad de la estructura celular se debilita induciendo que los compuestos migren, se descompongan o se degraden causado por enzimas degradativas, luz y oxígeno.

4.6.2. Flavonoides totales

Según los resultados de flavonoides totales en las seis variedades de ajíes liofilizados mostró diferencia ($p \leq 0,05$) (Tabla 7); cabe indicar que el contenido de flavonoides fue mayor comparado a las quince muestras deshidratadas, la variedad oyuyo rojo $0,809 \pm 0,002$ g EC /100g tuvo mayor contenido de flavonoides totales. Jang et al. (2024) reportaron en pimiento rojo (*Capsicum annuum* L.) liofilizados de Corea del Sur, en tres cultivares contenidos de Subicho $0,328 \pm 0,033$ g EC /100g, Eumseong $0,343 \pm 0,011$ g EC /100g y Dokbulwang $0,466 \pm 0,098$ g EC /100g estudiadas. El mayor contenido reportado puede deberse a lo mencionado por Coşkun et al. (2024) porque la muestra liofilizada ayuda a proteger la propiedad bioactiva, la propiedad física y mantiene el sabor. Así mismo, considera que el contenido de flavonoides está ligado a variables como la combinación de los componentes (tipo de suelo, temperatura, humedad relativa, radiación solar y precipitación), además de otros factores como la fertilidad residual y la materia orgánica, llevaron a la tendencia positiva de flavonoides (Butcher et al., 2012).

Por otro lado, la variedad charapita amarillo tuvo menor contenido de flavonoides totales $0,44 \pm 0,002$ g EC /100g dentro de las seis variedades esta misma variedad en muestras deshidratado tuvo $0,181 \pm 0,005$ g EC /100g con un aumento de 58,86 %; cabe resaltar esta variedad es seleccionada por su mayor consumo en los restaurantes de Tingo María, se caracteriza por ser un ají muy aromático con una baja pungencia. Hamed et al. (2019) mencionan que los usos culinarios directos en el caso de los ajíes son utilizados para dar color, sabor, conservar, nutraceuticos y con fines medicinales. Según Aklile et al. (2024) las variaciones pueden deberse a la genética, la ubicación geográfica, las condiciones ambientales de crecimiento y el tamaño de la muestra.

4.6.3. Vitamina C.

Echave et al. (2020) la vitamina C en la dieta se presenta en dos formas: ácido ascórbico (reducido) y ácido deshidroascórbico (oxidado), se encuentra en las cinco especies de ajíes ya que son ricas de nutrientes naturales sustancia antioxidante que contiene compuestos bioactivos y desempeñan un papel importante en la prevención de los radicales libres. De acuerdo con los resultados el contenido de vitamina C (Tabla 7), mostró diferencia ($p \leq 0,05$); la variedad oyuyo rojo liofilizado presentó mayor contenido de vitamina C de $1,51 \pm 0,02$ g AA/100g dentro de las seis variedades. En la prueba pre - experimental se evaluó en contenido de vitamina C en cinco variedades de ajíes deshidratados obteniéndose un rango entre $0,13 \pm 0,002$ g AA/100g (charapita amarillo) a $0,18 \pm 0,002$ g AA/100g (limo amarillo). Esta diferencia en el contenido de vitamina C es mencionado por Zhang et al. (2024) una disminución de vitamina C, podría atribuirse a la destrucción de la estructura celular lo que resultó en una mayor liberación de ácido ascórbico y una rápida oxidación a ácido deshidroascórbico.

Por otro lado, la variedad charapita amarillo tuvo menor contenido de vitamina C de $1,09 \pm 0,02$ g AA/100g, en la prueba pre - experimental la muestra deshidratado la variedad charapita amarillo tuvo $0,13 \pm 0,002$ g AA/100g. Moran - Arzube et al. (2022) investigaron en pimiento marrón amarillo en muestra deshidratado reportaron valores de $0,1258$ g AA/100g estudiado en Ecuador. Aguiar et al. (2021) reportaron en pimiento Murupi amarillo valores de $0,23623 \pm 0,00123$ g AA/100g en liofilizado estudiado de la región amazónica brasileña. Por otro lado, Dias et al. (2016) el proceso de extracción a altas temperaturas puede generar sustancias oxidativas, que podría ocasionar una pérdida de componentes térmicamente sensible. Sokołowska y Kowalczyk (2020) mencionan la susceptibilidad en muestras liofilizadas a la oxidación de las vitaminas también están relacionado con su porosidad, debido al tamaño de los poros depende de la velocidad y el tamaño de la congelación de los cristales en fase acuosa.

Tabla 7. Resultados de compuestos bioactivos y antioxidante en muestras liofilizados.

Variedades	Fenoles totales (gEAG/100g)	Flavonoides Totales (gEC/100g)	Vitamina C (gAA/100g)	Carotenoides totales (mgCAT/100g)	Antocianinas totales (g E Cia-3- glu/100g)	DPPH (mmol TE/100g)	ABTS (mmol TE/100g)
Ají de mono	1,75 ± 0,01 ^b	0,63 ± 0,013 ^c	1,36 ± 0,01 ^c	7,94 ± 0,04 ^c	0,168 ± 0,001 ^b	50,89 ± 0,25 ^c	94,34 ± 1,05 ^c
Charapita amarillo	1,25 ± 0,01 ^e	0,44 ± 0,002 ^f	1,09 ± 0,02 ^f	6,34 ± 0,07 ^f	0,157 ± 0,006 ^c	34,01 ± 0,06 ^f	53,99 ± 0,68 ^f
Dulce verde	1,9 ± 0,002 ^a	0,765 ± 0,007 ^b	1,44 ± 0,01 ^b	8,08 ± 0,03 ^b	0,173 ± 0,001 ^a	67,14 ± 0,08 ^b	106,87 ± 1,64 ^b
Limo amarillo	1,53 ± 0,03 ^c	0,5 ± 0,004 ^d	1,23 ± 0,03 ^d	7,54 ± 0,03 ^d	0,162 ± 0,002 ^c	49,64 ± 0,68 ^d	81,54 ± 0,88 ^d
Limo verde	1,41 ± 0,01 ^d	0,476 ± 0,003 ^e	1,16 ± 0,02 ^e	7,03 ± 0,06 ^e	0,159 ± 0,003 ^c	36,19 ± 0,37 ^e	66,48 ± 0,59 ^e
Oyuyo rojo	1,92 ± 0,01 ^a	0,809 ± 0,002 ^a	1,51 ± 0,02 ^a	9,87 ± 0,05 ^a	0,175 ± 0,002 ^a	78,69 ± 0,41 ^a	118,22 ± 0,98 ^a

Los valores representan (promedio ± desviación estándar), lo datos de experimentos (n=3) valores de la misma columna con superíndice diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

4.6.4. Carotenoides totales

Los carotenoides son componentes claves para la fotosíntesis, desempeñan un rol fundamental en la captura de luz, protección frente a la luz excesiva, fotomorfogénesis y disipación no fotoquímica (Hayano-Kanashiro et al., 2016). Según los resultados (Tabla 7) se mostró diferencia ($p \leq 0,05$); la variedad oyoyo rojo presentó mayor contenido de carotenoides $9,87 \pm 0,05$ mg CAT/100g este análisis fue analizado por un método espectrofotómetro UV/Vis. Otros autores utilizaron el método de HPLC reportaron valores superiores de $64,79 \pm 0,467$ mg CAT/100g estudiado en una variedad Cyklon de color rojo en liofilizado de la región Lublin (Krzykowski et al, 2024). Thuphairo et al. (2019) mencionan que la mayor concentración de carotenoides se encuentra en la variedad de color rojo que en otros colores. Según Padilha et al. (2015) los carotenoides presentes en fruto *Capsicum*, de color rojo son por la presencia de capsantina, que representa el 60% del carotenoide total.

Por otro lado, la variedad charapita amarillo tuvo un menor contenido de carotenoides totales $6,34 \pm 0,07$ mg CAT/100g dentro de las seis variedades. Guzman et al. (2021) investigaron en 31 muestras de *Capsicum* reportaron valores menores en Brasilia amarillo $1,308 \pm 0,128$ mg CAT/100g, peruano amarillo $0,470 \pm 0,087$ mg CAT/100g y caliente amarillo $1,239 \pm 0,120$ mg CAT/100g en liofilizado estudiado en México. Rodriguez - Uribe et al. (2011) mencionan que los ajíes de color amarillo y naranja no acumularon carotenoides durante el desarrollo del fruto, mientras que los pimientos rojos sí aumentaron la acumulación de carotenoides durante la maduración.

4.6.5. Antocianinas totales

Leong y Oey (2012) las antocianinas son sustancias químicas de origen vegetal que aportan atractivo visual a frutas y hortalizas, favoreciendo la presencia de colores rojos, azules y violetas en los tejidos de las plantas. Según los resultados se mostró diferencia ($p \leq 0,05$) (Tabla 7); la variedad oyuyo rojo $0,175 \pm 0,002$ g E Cia-3-glu /100g y dulce verde $0,173 \pm 0,001$ g E Cia-3-glu/100g presentaron mayores contenidos de antocianinas totales y además con una igualdad estadística. Choi et al. (2022) investigaron en cinco variedades de pimiento y reportaron valores de $0,06713$ g E Cia-3-glu/100g para el pimiento morado que otras variedades estudiado en Chungju (Corea del Sur). Según Cammareri et al. (2024) el aumento de antocianinas puede deberse a la exposición intensa a la luz y las bajas temperaturas impulsan la producción de antocianinas.

Respecto a las variedades de ajíes que presentaron menor contenido de antocianinas totales fueron la variedad charapita amarillo $0,157 \pm 0,006$ g E Cia-3-glu/100g, limo verde $0,159 \pm 0,003$ g E Cia-3-glu /100g y limo amarillo $0,162 \pm 0,002$ g E Cia-3-glu /100g. Zhou et al. (2022) reportaron valores con otro estándar de antocianinas $0,000357$ g E Del 3-O-glu /100g en la variedad blanco lechoso amarillo estudiado en provincia de Hainan (China). Liu et al. (2022) mencionan la pérdida de coloración purpura se ve afectado por la maduración de la fruta, sólo la fruta verde es purpura y su contenido de antocianina disminuye durante el desarrollo de la fruta. Según Meng et al. (2022) la biosíntesis en los ajíes está influenciada no solo por los genes que codifican y por factores de transcripción, sino también por diferentes reacciones químicas y por las condiciones ambientales. Ke et al. (2025) mencionan diversas enzimas y factores de transcripción regulan el mecanismo de producción y acumulación de antocianinas lo que puede ocasionar muchas variables ambientales, incluyendo la luz, el estrés hídrico y la temperatura.

4.6.6. Radical DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrilhydrazil)

Respecto los resultados de la Tabla 7 la capacidad antioxidante de inhibir el radical DPPH mostró una diferencia ($p \leq 0,05$) entre las seis variedades; en las quince muestras deshidratados, el oyuyo rojo presentó mayor capacidad de inhibir el radical DPPH $18,36 \pm 0,09$ mmolTE/100g, mientras en una muestra liofilizada esta variedad fue $78,69 \pm 0,41$ mmolTE/100g con un incremento de 76,66 %. Según Vazquez-Flores et al. (2020) investigaron en la variedad pimiento picante chiltepin (*Capsicum annuum* L. glabriusculum) en liofilizado reportaron valores de $4,433 \pm 0,177$ mmolTE/100g y $5,464 \pm 0,297$ mmolTE/100g estudiado

de dos lugares de Sonora (México). Según Salgado-Aristizabal et al. (2024) investigaron en la variedad rocoto (*Capsicum pubescens* R. & P.) en deshidratado reportaron valores de 3,4 mmol TE/100g estudiado en Manizales (Colombia). En el caso de un deshidratado podría ocasionar según lo explicado por Palma-Orozco et al. (2021) mencionan los periodos prolongados de deshidratación a altas temperaturas pueden generar y acumular melanoidinas derivadas de las reacciones de Maillard, en estas condiciones posiblemente pueda disminuir la capacidad antioxidante. Mientras que en una muestra liofilizada podría ocurrir según lo explicado por Wojdylo et al. (2020) mencionan que a bajas temperaturas podría tener una alta retención de compuestos bioactivos y su composición química en los frutos.

La variedad charapita amarillo tuvo una menor capacidad de inhibir el DPPH $34,01 \pm 0,06$ mmolTE/100g en la muestra liofilizada y en la muestra deshidratada tuvo $8,04 \pm 0,08$ mmolTE/100g. La variación encontrada en los dos procesos puede ser explicada por Lučić et al. (2023) mencionan las altas temperaturas y el proceso prolongado puede ocasionar una disminución de capacidad antioxidante debido a la lixiviación y degradación de compuestos fenólicos y otros compuestos antioxidantes. La capacidad antioxidante en las seis muestras de ajíes varió de $34,01 \pm 0,06$ a $78,69 \pm 0,41$ mmolTE/100g, este comportamiento puede deberse a lo explicado por Sadowska-Bartosz y Bartosz (2022) mencionan una reducción o el incremento del contenido de DPPH puede ser afectado por el pH, el disolvente y la presencia de iones metálicos o sales inorgánicas.

4.6.7. Radical ABTS (2,2'-azino-bisp (3-etrylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))

Respecto los resultados de la capacidad antioxidante de inhibir el radical ABTS mostró una diferencia ($p \leq 0,05$) (Tabla 7) entre las seis variedades de ajíes liofilizados el oyuyo rojo presentó mayor capacidad de inhibir el radical DPPH $118,22 \pm 0,98$ mmolTE/100g. De acuerdo el estudio es importante mencionar que la variedad oyuyo rojo tuvo mayor contribución en el contenido de fenoles totales, flavonoides, vitamina C y antocianinas, según Rumpf et al. (2023) mencionan que la presencia de grupos hidroxilo fenólicos son capaces de terminar las reacciones oxidativas en cadena y neutralizar los radicales libres. Cordoso et al (2024) mencionan a lo largo del proceso de maduración de los ajíes se producen diversos cambios bioquímicos debido a los factores bióticos y abióticos, lo que da una culminación en la síntesis y aumento de nuevos fitoquímicos en consecuencia se genera una mayor capacidad antioxidante.

La variedad charapita amarillo tuvo una menor capacidad de inhibir el ABTS $53,99 \pm 0,68$ mmolTE/100g en muestra liofilizado. Según Razola-Díaz et al. (2022) investigaron

en la variedad *Capsicum annuum* var. amarillo Kioto en liofilizado reportaron valores de $11,88 \pm 0,29$ y $10,45 \pm 0,16$ mg TE/g estudiado de dos empresas Almería (España). La capacidad antioxidante en las seis muestras de ajíes varió de $53,99 \pm 0,68$ a $118,22 \pm 0,98$ mmolTE/100g. Yap et al. (2022) mencionan la interacción en las actividades antioxidantes en muestras en polvo podría estar relacionado con la reducción, degradación oxidativa y condensación de polimerización de algunos compuestos.

4.7. Determinación del color de las variedades de ajíes liofilizados.

Según los resultados de luminosidad (L^*) se mostró una ($p \leq 0,05$) (Tabla 8) entre las seis variedades; una mayor luminosidad presentó la variedad charapita amarillo $65,74 \pm 3,37$ y limo verde $67,87 \pm 2,28$ y además tuvieron una igualdad estadística, cabe mencionar estas mismas variedades en estado fresco presentaron una luminosidad de $65,93 \pm 2,76$ y $50,37 \pm 1,61$ respectivamente. Este comportamiento fue similar a lo reportado por Kheto et al. (2021) investigaron en dos variedades de pimiento amarillo y verde reportaron valores en fresco $52,97 \pm 1,89$ y $35,76 \pm 1,46$ en los liofilizado fue $64,8 \pm 0,74$ y $69,29 \pm 0,66$ estudiado en Kundli (India). Ropelewska et al. (2023) mencionan a baja temperatura y presión reducida minimiza los cambios en un producto seco y la pérdida de compuestos termolábiles.

La variedad oyuyo rojo tuvo menor luminosidad $38,51 \pm 0,58$ dentro de las seis variedades. Jiménez et al. (2021) investigaron en la variedad pimiento rojo reportaron valores mayores de L^* $44,5 \pm 0,1$ estudiado en Antofagasta (Chile). Kręcis et al. (2024) mencionan durante el proceso de la liofilización una exposición prolongada del producto al aire caliente desencadena una reacción de Maillard y la oxidación del ácido ascórbico lo que podría provocar una disminución de la luminosidad. Según Nowak y Jakubczyk (2020) la estructura porosa de los productos liofilizados podría afectar el color, principalmente la luminosidad del material debido a dos factores la presencia de burbujas de aire y poros. La liofilización es un excelente método de deshidratación tiene benéficos mayor vida útil, textura única y en particular una buena calidad nutricional (Nwankwo et al., 2023).

El croma (a^*) representa un color rojo (positivo) a verde (negativo). Según los resultados de la Tabla 8 el croma (a^*), mostró una diferencia ($p \leq 0,05$) entre las seis variedades; con mayor croma (a^*) presentó la variedad ají de mono $36,157 \pm 0,133$. Según Maurya et al. (2018) investigaron en cinco variedades de ajíes rojos (*Capsicum annuum* var. annuum) reportaron valores menores de a^* PLR-1 $33,75 \pm 0,40$, CO-4 $31,42 \pm 0,40$, Bird's Eye $16,09 \pm 0,57$, 'SannamS4' $29,02 \pm 0,75$ y PKM-1 $28,48 \pm 1,18$ estudiado en Tamil Nadu (India). Krzykowski et al. (2024) mencionan el cambio de color en los ajíes rojos secos se debe a

principalmente a la degradación de los pigmentos carotenoides y al desarrollo de reacciones de pardeamiento.

El croma (b^*) representa un color amarillo (positivo) a azul (negativo). Según los resultados el contenido de croma (b^*) mostró una diferencia ($p \leq 0,05$) (Tabla 8) dentro de las seis variedades de ajíes liofilizados; el ají charapita amarillo presento mayor b^* tuvo $61,98 \pm 0,11$ mientras el oyuyo rojo presento un menor b^* fue $26,73 \pm 1,53$. Este comportamiento fue similar a lo investigado por Oh et al. (2024) reportaron valores de $33,07 \pm 0,15$ y $52,87 \pm 0,40$ para dos variedades de paprika de color rojo y amarillo respectivamente estudiado en Haman – Gun (Corea). Según Caballero et al. (2017) investigaron en el ají rocoto rojo reportaron valores de b^* 27,14 estudiado en Antioquia (Colombia).

Tabla 8. Análisis de color en muestras liofilizados.

Variedades	L*	a*	b*	C	h°
Ají de mono	$45,14 \pm 0,79^c$	$36,157 \pm 0,133^a$	$40,00 \pm 0,59^c$	$53,92 \pm 0,48^c$	$47,884 \pm 0,402^c$
Charapita amarillo	$65,74 \pm 3,37^a$	$18,287 \pm 0,242^c$	$61,98 \pm 0,11^a$	$64,62 \pm 0,05^a$	$73,561 \pm 0,231^b$
Dulce verde	$59,1 \pm 1,7^b$	$-4,18 \pm 0,092^f$	$35,2 \pm 0,47^d$	$35,45 \pm 0,45^e$	$-83,226 \pm 0,235^e$
Limo amarillo	$58,22 \pm 1,52^b$	$9,887 \pm 0,284^d$	$55,36 \pm 1,75^b$	$56,24 \pm 1,72^b$	$79,868 \pm 0,429^a$
Limo verde	$67,87 \pm 2,28^a$	$-2,56 \pm 0,245^e$	$35,53 \pm 0,93^d$	$35,62 \pm 0,93^e$	$-85,877 \pm 0,401^f$
Oyuyo rojo	$38,51 \pm 0,58^d$	$34,603 \pm 1,044^b$	$26,73 \pm 1,53^e$	$43,73 \pm 1,76^d$	$37,661 \pm 0,774^d$

Los valores representan (promedio $\pm$ desviación estándar), los datos del experimento (n=3) valores de la misma columna con superíndice diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

La intensidad *C nos indica la pureza del color, donde un valor de 0 es un color blanco y fuerte mientras que 100 % presenta un color puro más intenso (Ignaczak et al., 2023). Los resultados de la intensidad (*C) en la Tabla 7 mostró una diferencia ($p \leq 0,05$) entre las seis variedades de ajíes, la mayor intensidad lo presentó la variedad charapita amarillo $64,62 \pm 0,05$ y la menor correspondió a las variedades dulce verde y limo verde *C $35,45 \pm 0,45$ y $35,62 \pm 0,93$ respectivamente. Según Guiné y Barroca (2012) investigaron en Gran Bretaña, en la variedad pimiento verde en muestra liofilizado una intensidad de 23,027. Çalışkan et al. (2020) reportaron intensidad de $47,56 \pm 1,78$ en la variedad de pimiento rojo estudiado de Izmir (Turquía), el cual se mantienen dentro del rango de la presente investigación con estos resultados.

Los resultados del ángulo de matiz (h°) se mostró una ($p \leq 0,05$) (Tabla 7) dentro de las seis variedades de ajíes. El mayor ángulo de matiz (h°) lo tuvo la variedad limo amarillo $79,868 \pm 0,429$. Bridgemohan et al. (2018) reportaron valores de ángulo de matiz (h°) $44,93$ y

30,98 en dos variedades en pimiento y pimientas liofilizadas respectivamente estudiado en el centro de investigación de Waterloo de la Universidad de Trinidad y Tobago. Según Dajbych et al. (2023) mencionan la implicación de un verde - amarillo con un ángulo de tono de 90° y el color amarillo - naranja con un ángulo $< 90^\circ$. La variedad limo verde tuvo un menor ángulo de matiz (h°) de $-85,877 \pm 0,401$. Pandiselvam et al. (2023) mencionan que los pigmentos de clorofila tienen dos formas: primero con un espectro de color azul al verde con una estructura del grupo metilo ($-\text{CH}_3$) mientras el otro va de color amarillo a verde con un grupo formilo ($-\text{CHO}$).

4.8. Análisis multivariado de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y el color en ajíes liofilizados.

4.8.1. Correlación

Las antocianinas vs vitamina C presentó una correlación positiva muy fuerte ($r = 1,00$) (Figura 12). Los fenoles totales presentaron una correlación positiva muy fuerte vs antocianinas ($r = 0,99$), vs vitamina C ($r = 0,99$) y vs el radical ABTS (0,99). Según Kovács et al. (2022) reportaron una correlación positiva fuerte de fenoles totales vs antocianinas totales ($r = 0,848$) estudiado en cinco pimientos de procedencia de Budapest (Hungría). Kurucz et al. (2023) mencionan hay varios factores pueden influir en el contenido de fenoles totales la composición de luz, las condiciones de crecimiento y las variedades en los cultivos.

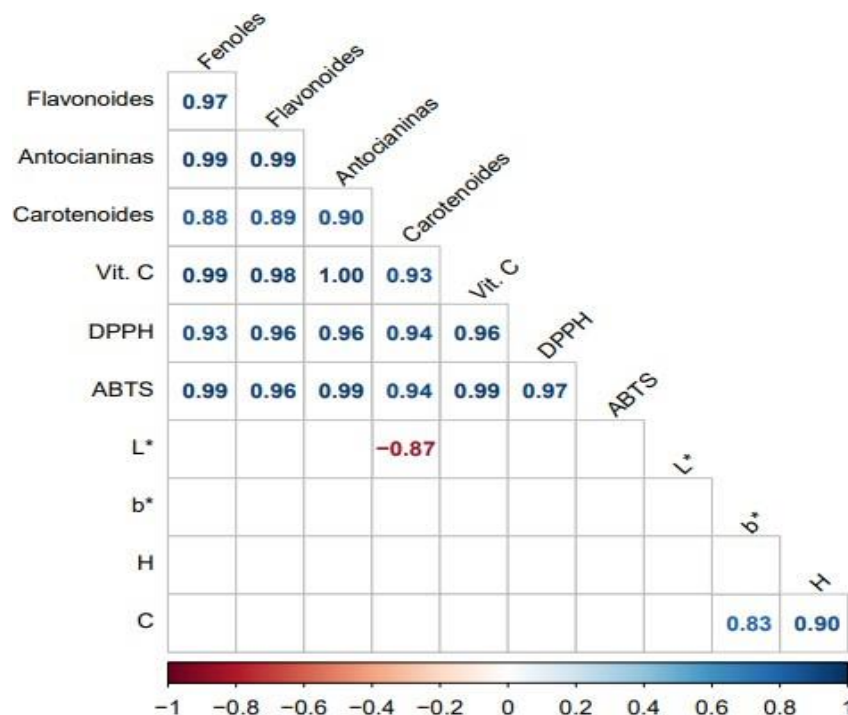


Figura 12. Correlación de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y color.

El análisis de color tuvo una correlación positiva fuerte el ángulo de matiz (H°) vs la intensidad (*C) ($r = 0,90$). Byeon et al. (2025) mencionan la degradación de la clorofila y la alteración de los carotenoides rojos y amarillos están altamente regulados por la sustitución del aminoácido triptófano (un aminoácido aromático) por la arginina durante la maduración.

4.8.2. Componentes principales y HeatMap.

Los dos primeros componentes principales, explicaron el 93,8 % de variabilidad de los datos (PC1: 70,2 % y PC2: 23,6 %). El PCA sugiere que el ají oyuyo rojo fueron caracterizados por tener valores altos en fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales y el radical (DPPH y ABTS) al mismo tiempo presentaron valores bajos de croma (L^* , a^* , b^* y C^*) y la tonalidad H (Figura 13), lo cual fue corroborado por el HeatMAP (Figura 14) esas características tuvieron colores más intensos de tonalidad de rojo y verde para los mayores y menores valores respectivamente. Mendoza-Sánchez et al. (2015) indica que la capacidad antioxidante de los ajíes rojos se debe a sus altos niveles de carotenoides, especialmente capsantina y criptoxantina, estos compuestos actúan sinérgicamente gracias a sus dobles enlaces conjugados, que les permiten capturar radicales libres, esta acción contribuye a su potente efecto antioxidante. Karim et al. (2022) mencionan que los ajíes tienen beneficios nutricionales y funcionales como los carotenoides, vitaminas y los compuestos fenólicos el cual se convierte en una verdura importante.

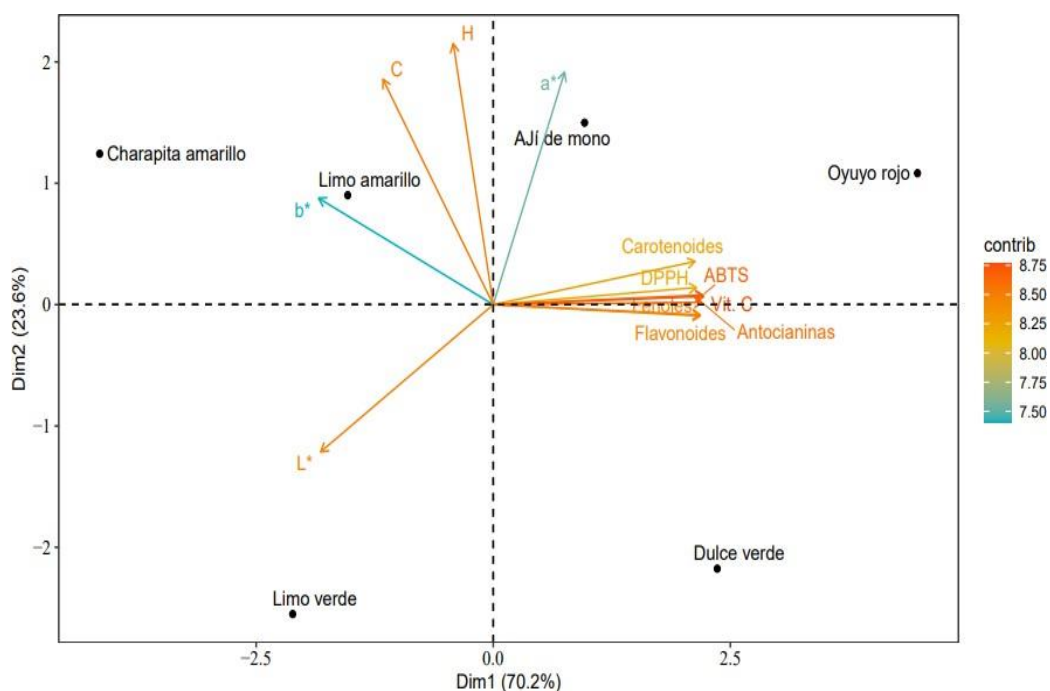


Figura 13. Componentes principales (PCA), entre las seis variedades de ajíes.

El mapa de calor (Figura 14) fue realizado utilizando las seis variedades de ajíes (fila) y 12 características (columna). Se formaron tres grupos, el primer grupo (de color rosado) conformado por el ají dulce verde, ají de mono y oyuyo rojo, el cual tuvo una mayor intensidad de color rojo en compuesto bioactivos, como fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales y el radical (DPPH y ABTS). Fratianni et al. (2020) mencionan que los ajíes dulce tienen una excelente fuente de varias moléculas antioxidantes, en particular carotenoides, ácido ascórbico y polifenoles que son investigado por sus propiedades antioxidante. Song et al. (2022) mencionan la presencia de carotenoides en los ajíes no solo son pigmentos fotosintéticos y fotoprotectores, sino también tienen nutrientes antioxidantes para la salud. Li et al. (2022) mencionan que las antocianinas forman parte de la vía de biosíntesis de los flavonoides, ya que se encuentran en la epidermis externa del fruto, el cual los componentes mayores son derivados delfinidina, cianidina y malvidina es por ello por lo que algunos frutos aparecen de colores morados o negros.

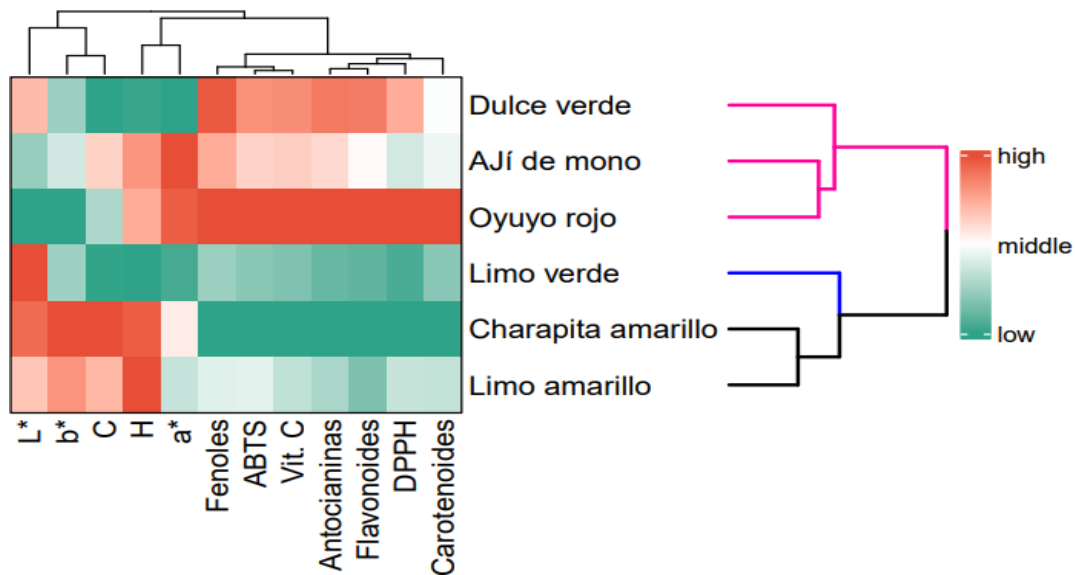


Figura 14. Mapa de calor (HeatMap) entre los componentes bioactivos y color considerando las seis variedades de ajíes.

El segundo grupo (azul) fue formado por el ají limo verde, que tuvo mayor luminosidad (L^*). Por otro lado, el tercer grupo (negro) fue formado por los ajíes charapita amarillo y limo amarillo quienes tuvieron mayor contenido en el análisis de color (b^* , L^* C^*) y el ángulo de matiz (H). Ferrando et al. (2024) mencionan la presencia de los carotenoides son responsables de los parámetros de calidad del color en los ajíes, puede variar dependiendo de

la variedad, las condiciones ambientales y la etapa de desarrollo que influyen en la biosíntesis y acumulación de estos compuestos bioactivos. kim et al. (2022) mencionan las condiciones de luz influye de gran medida en el color y la forma de la fruta, ya que la actividad fotosintética de una planta dependerá completamente de la intensidad de la luz que recibe.

4.9. Resultados de químico proximal y minerales en la variedad de ajíes.

Según los resultados mostró una ($p \leq 0,05$) (Tabla 9) con respecto al químico proximal en la variedad oyuyo rojo, estos datos fueron similares al reportado por Ananthan et al. (2014) el contenido de humedad fue 87,66 % al 90 %, proteína de 0,91 % al 1,59 %, ceniza 0,67 % al 0,82 %, fibra 0,68% a 3,02 %, grasa 0,87 % a 1,99 % y carbohidratos 1,36 % a 2,39 % estudiado en la variedad de ajíes rojos en la Nagaland (India). En cuanto el contenido de humedad tuvo 88,46 % mientras Ozgur (2011) investigó en dos variedades de ajíes verde y rojo el contenido de humedad fue $94,50 \pm 0,113$ y $92,40 \pm 0,163$ en la ciudad de Bursa (Turquía). Bhagawati & Saikia (2015) mencionan que los ajíes tienen una importancia mundial como fresco y procesado lo que hace que la humedad sea un factor crítico para la determinación de la calidad y para un buen almacenamiento.

Tabla 9. Resultados de químico proximal y minerales en la variedad oyuyo rojo.

Químico proximal (%)		Minerales (mg/100g)			
		Macroelementos		Microelementos	
Humedad	$88,46 \pm 0,550$	Calcio	$930,78 \pm 44,6$	Zinc	$2,41 \pm 0,232$
Proteína	$1,53 \pm 0,087$	Magnesio	$15,24 \pm 0,892$	Manganeso	$0,59 \pm 0,008$
Fibra	$2,03 \pm 0,136$	Potasio	$873,50 \pm 56,923$	Cobre	$0,65 \pm 0,038$
Ceniza	$0,68 \pm 0,043$	Sodio	$2,74 \pm 0,470$	Hierro	$8,37 \pm 0,669$
Grasa	$0,95 \pm 0,061$				
Carbohidratos	$6,35 \pm 0,563$				

Los valores representan (promedio $\pm$ desviación estándar), los datos del experimento (n=3) valores de la misma columna con superíndice diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

En cuanto los resultados de proteína 1,53%, fibra 2,03 % y ceniza 0,68 %, los cuales permiten mejorar los procesos de digestión en el intestino delgado del ser humano y el contenido de ceniza nos indica la presencia de macro y micronutrientes (Hernández-Salinas et al.,2021). Los resultados de carbohidratos fue $6,35 \pm 0,563$ al respecto Khan et al. (2019) mencionan que es carbohidrato tiene una importancia en el tributo de calidad comercial, nutricional, de sabor y tecnológicas tanto fresco como en procesado. La diferencia existente entre los resultados podría deberse a las variaciones por ciertos factores como las condiciones

climáticas, incluidos los tipos de suelo y las diferencias de composición con otras investigaciones (Kamal et al., 2019).

Según los resultados el contenido de minerales mostró una ($p \leq 0,05$) (Tabla 9) respecto a los macro y microelementos, el calcio tuvo mayor contenido de $930,78 \pm 44,6$ mg/100g. Faisal & Mustafa (2025) investigaron en tres variedades el cual la variedad rojo cayena tuvo 148mg/ 100g de calcio. Además, Cormick & Belizán (2019) mencionan que la ingesta de calcio tiene muchos beneficios para la salud, la reducción de los trastornos hipertensivos del embarazo, la disminución de la presión arterial y la prevención de la osteoporosis. El contenido de sodio fue $2,74 \pm 0,470$ mg/100g resultado muy parecido al reporte de Emmanuel-Ikpeme (2014) $1,66 \pm 0,01$ mg/100g en sodio en la variedad pimienta de tambor estudiado en Cross River (Nigeria). Según Schiefermeier-Mach et al. (2020) mencionan la presencia de sodio puede ayudar a regular el volumen del líquido extracelular y la presión osmótica, contribuye al potencial de membrana celular y participa en las reacciones enzimáticas. En general los microelementos están involucrados en varios roles biológicos y metabólicos en los humanos, así como en el equilibrio de fluidos y electrolitos, la formación de huesos y dientes, la transmisión de impulsos nerviosos, la síntesis de proteínas y el crecimiento y reproducción celular (Shokunbi et al., 2023).

Los resultados en los microelementos el hierro tuvo mayor contenido $8,37 \pm 0,669$ mg/100g. Según Chávez – Servia et al. (2016) estudiaron dos grupos de ajíes Piquín y solterito tuvieron 7,97 y 8,47 mg/100g respetivamente, el hierro es uno de los microelementos de gran relevancia nutricional, una deficiencia está asociada con una malnutrición de niños y mujeres embarazadas, unos requerimientos diarios están de 5 a 8 mg de Fe. Mientras el Manganeseo tuvo menor valor $0,59 \pm 0,008$ mg/100g comparado al reporte de Don et al. (2019) $1,13 \pm 0,06$ mg/100g estudiado en la variedad de ajíes rojo en la costa de Marfil. Según Tolentino et al. (2019) mencionan el consumo de manganeso a la formación de tejido conectivo, huesos, factores de coagulación sanguínea y hormonas sexuales.

V. CONCLUSIONES

- Los caracteres agro-morfológicos en las 15 variedades de ajíes fresco resaltan el ají dulce naranja en el peso entero, ancho, pericarpio, semillas, placenta, pedúnculo y el limo rojo en el rendimiento de pulpa y el mejor color fue la variedad charapita amarillo. Con una correlación muy fuerte el peso entero vs pericarpio ($r = 1,00$). En los componentes principales y el mapa de calor el ají dulce naranja tuvo más contribución en el carácter agro-morfológico.
- La mayor cantidad de fenoles totales, flavonoides totales y la capacidad de inhibir al radical DPPH y ABTS correspondió la variedad oyuyo rojo deshidratado, con una correlación entre fenoles totales vs el radical DPPH ($r=0,96$). En los componentes principales y el mapa de calor el ají oyuyo rojo (OR) tuvo una contribución mayor en fenoles totales, radicales DPPH y ABTS.
- El consumo de los ajíes charapita amarillo resaltó en los restaurantes, según una encuesta (Anexo VI) realizada en la ciudad de Tingo María; destacaron los puestos ambulatorios y las tacacherías, y la variedad limo amarillo en las cevicherías y chifas.
- La mayor cantidad de fenoles totales, flavonoides totales, vitamina C, carotenoides totales, antocianinas totales y el radical DPPH y ABTS en ajíes liofilizados correspondió a la variedad oyuyo rojo, mientras con un parámetro mayor L^*, a^*, C^* fue el charapita amarillo, una correlación mayor tuvo las antocianinas vs vitamina C ($r=1,00$), en los componentes principales y el mapa de calor el oyuyo rojo contribuyó más en compuestos bioactivos, mientras el ají charapita amarillo fue mayor en los parámetros de color L^*, a^* y C^* que otras variedades.
- En el análisis químico proximal, el componente con mayor contenido fue la humedad, con 88,46 %, en comparación con los otros compuestos. Dentro de los minerales, el calcio presentó el mayor contenido ($930,78 \pm 44,6$ mg/100 g), en comparación con los demás elementos estudiados en la variedad oyuyo rojo.

VI. PROPUESTA A FUTURO

- En el carácter agro-morfológico la variedad de los ajíes dulces naranja resaltó en el peso entero, ancho, pericarpio, semillas, placenta, pedúnculo y los ajíes limo rojo en la longitud, espesor y rendimiento sería bueno aprovechar para una industrialización, mientras la variedad charapita amarillo tuvo mayor consumo por su uso culinario en los restaurantes.
- Consumir la variedad oyuyo rojo en forma deshidratada y liofilizada, ya que presenta un mayor contenido de compuestos bioactivos (fenoles, flavonoides, vitamina C, carotenoides y antocianinas) y mayor capacidad antioxidante (DPPH y ABTS).
- Caracterizar el contenido de capsaicinoides en diferentes variedades de *Capsicum* cultivado en la UNAS, analizado mediante la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), para reconocer el grado de pungencia en unidades Scoville.
- Investigar la influencia en el proceso de secado en el perfil volátil en diferentes variedades de *Capsicum* en deshidratados, para calificar una buena calidad de atributos como aroma o sabor.
- Investigar los efectos de la temperatura y diferentes métodos de secado (congelación, vacío, convección y secado convectivo-microondas) sobre la cinética de la deshidratación, para realizar un modelamiento matemático el cual permitirá priorizar la preservación de la calidad del producto seco.
- Estudiar el contenido de compuestos fenólicos y pigmentos en los residuos (placenta, pedúnculo y semilla) en diferentes variedades de ajíes *Capsicum*, para dar un valor agregado.
- Investigar la vida útil en cuatro cultivares de ajíes *Capsicum* en deshidratado respecto los compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y color, para saber cómo es el comportamiento durante el almacenamiento.

VII. REFERENCIAS

- Ahmed, A. (2021). Flavonoids and cardiovascular risk factors: a review. *Pharmadvances*, 3(3), 523. <https://doi.org/10.36118/pharmadvances.2021.11>
- Aguiar, J. P. L., da Silva, E. P., da Silva, A. P. G., Sganzerla, W. G., Xiao, J., & Souza, F. das C. do A. (2021). Influence of freeze-drying treatment on the chemical composition of peppers (*Capsicum* L.) from the Brazilian Amazonia region. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 38, 102220. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102220>
- Aklile, A. Y., & Woldegiorgis, A. Z. (2024). Determination of Total Phenol and Flavonoids Contents in Five Red Peppers Variety along the Production Stages of Berbere in Ethiopia. *Journal of Food Technology & Nutrition Sciences*, 1–5. [https://doi.org/10.47363/jftns/2024\(6\)180](https://doi.org/10.47363/jftns/2024(6)180)
- Alamu, A. E., Ade-Omowaye, B. I. O., Akinwande, B. A., Dudu, O. E., & Obori, F. O. (2023). Pigments and colour characteristics: Influence of drying methods on Nigerian pepper (*Capsicum frutescence*). *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100760. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100760>
- Al-Khayri, J. M., Sahana, G. R., Nagella, P., Joseph, B. V., Alessa, F. M., & Al-Mssallem, M. Q. (2022). Flavonoids as Potential Anti-Inflammatory Molecules: A Review. *Molecules*, 27(9), 2901. <https://doi.org/10.3390/molecules27092901>
- Alves, S. R. M., Lopes, R., Meneses, C., Valente, M. S. F., Martins, C. C., Ramos, S. F., Oliveira, I., de Jesus Pinto Fraxe, T., Costa, L., & Lopes, M. T. G. (2022). Morpho-Agronomic Characterization, Sample Size, and Plot Size for the Evaluation of *Capsicum chinense* Genotypes. *Horticulturae*, 8(9), 785. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8090785>
- Alonso-Villegas, R., González-Amaro, R. M., Figueroa-Hernández, C. Y., & Rodríguez-Buenfil, I. M. (2023). The Genus *Capsicum*: A Review of Bioactive Properties of Its Polyphenolic and Capsaicinoid Composition. *Molecules*, 28(10), 4239. <https://doi.org/10.3390/molecules28104239>
- Antonio, A. S., Wiedemann, L. S. M., & Veiga Junior, V. F. (2018). The genus *Capsicum*: a phytochemical review of bioactive secondary metabolites. *RSC Advances*, 8(45), 25767–25784. <https://doi.org/10.1039/c8ra02067a>
- Andrade, N. J. P., Monteros-Altamirano, A., Bastidas, C. G. T., & Sørensen, M. (2020b). Morphological, Sensorial and Chemical Characterization of Chilli Peppers (*Capsicum*

- spp.) from the CATIE Genebank. *Agronomy*, 10(11), 1732. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111732>
- Ananthan, R., Subash, K., Longvah, T. (2014). Assessment of nutrient composition and capsaicinoid content of some red chilies. *International Conference on Food and Nutrition Technology*, 72(1). DOI: 10.7763/IPCBE. 2014. V72. 1
- Aprilia, Y. I., Khuriyati, N., & Sukartiko, A. C. (2021). Classification of chili powder (*Capsicum annuum* L.) antioxidant activity based on near infrared spectra. *Supplementary 2*, 5(S2), 51–56. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(s2\).008](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(s2).008)
- AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemist. Official Method of Analyst (15th Ed), Washington DC, USA
- Arya, M., Kumari, P., Kumar, G., Chauhan, A. S., & Giridhar, P. (2024). Insights into the chili phytochemicals, bioactive components, and antioxidant activity of instant premixes (green and red chilies) and their reconstitution products. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-024-00248-2>
- Arimboor, R., Natarajan, R. B., Menon, K. R., Chandrasekhar, L. P., & Moorkoth, V. (2014). Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1258–1271. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1260-7>
- Batista, C. B., Soldateli, F. J., Fehndrich, S. P., Bittencourt, M. N., Silva, L. S., & Ethur, L. Z. (2022). Maturation and determination of the harvest point of *Capsicum chinense* Jacq. ('biquinho' pepper). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 17(3), 1–8. <https://doi.org/10.5039/agraria.v17i3a161>
- Batiha, G. E.-S., Alqahtani, A., Ojo, O. A., Shaheen, H. M., Wasef, L., Elzeiny, M., Ismail, M., Shalaby, M., Murata, T., Zaragoza-Bastida, A., Rivero-Perez, N., Magdy Beshbishy, A., Kasozi, K. I., Jeandet, P., & Hetta, H. F. (2020). Biological Properties, Bioactive Constituents, and Pharmacokinetics of Some *Capsicum* spp. and Capsaicinoids. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15), 5179. <https://doi.org/10.3390/ijms21155179>
- Ballina-Gómez, H., Latournerie-Moreno, L., Ruiz-Sánchez, E., Pérez-Gutiérrez, A., & Rosado-Lugo, G. (2013). Morphological characterization of *Capsicum annuum* L. accessions from southern Mexico and their response to the Bemisia tabaci-Begomovirus complex. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(4), 329–338. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392013000400001>

- Bae, H., Jayaprakasha, G. K., Jifon, J., & Patil, B. S. (2012). Variation of antioxidant activity and the levels of bioactive compounds in lipophilic and hydrophilic extracts from hot pepper (*Capsicum* spp.) cultivars. *Food Chemistry*, 134(4), 1912–1918. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.108>
- Barwal, P. (2022). «A Study on Marketing Channels and Marketing Efficiency of Capsicum in Mid-Hills of Himachal Pradesh». *International Journal Of Agriculture Environment And Biotechnology*, 15(Special). <https://doi.org/10.30954/0974-1712.03.2022.30>
- Benzarti, S. (2016). Allelopathic and Antimicrobial Activities of Aqueous and Methanolic Extract of Two Verbena Species (*Verbena officinalis* L. and *Aloysia citrodora* L.) Leaves. *Medicinal & Aromatic Plants*, 05(06). <https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000280>
- Benito-Bautista, P., Arellanes-Juárez, N., & Pérez-Flores, M. E. (2015). Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 115. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21891>
- Benítez-Estrada, A., Villanueva-Sánchez, J., González-Rosendo, G., Alcántar-Rodríguez, V. E., Puga-Díaz, R., & Quintero-Gutiérrez, A. G. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 23. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>
- Bedjaoui, H., Boulelouah, N., Seghir Mehaoua, M., & Baississe, S. (2022). Exploring agromorphological diversity of Algerian hot pepper (*Capsicum annuum* L.) accessions using multivariate statistics. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2022.v34.i10.2939>
- Bianchi, P.A., Renata Almeida da Silva, L., André da Silva Alencar, A., Henrique Araújo Diniz Santos, P., Pimenta, S., Pombo Sudré, C., Erpen-Dalla Corte, L., Simões Azeredo Gonçalves, L., & Rodrigues, R. (2020). Biomorphological Characterization of Brazilian *Capsicum Chinense* Jacq. Germplasm. *Agronomy*, 10(3), 447. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030447>
- Borges-Martínez, E., Gallardo-Velázquez, T., Cardador-Martínez, A., Moguel-Concha, D., Osorio-Revilla, G., Ruiz-Ruiz, J. C., & Martínez, C. J. (2021). Phenolic compounds profile and antioxidant activity of pea (*Pisum sativum* L.) and black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) sprouts. *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.45920>

- Bufka, J., Vaňková, L., Sýkora, J., & Křížková, V. (2024). Exploring carotenoids: Metabolism, antioxidants, and impacts on human health. *Journal of Functional Foods*, 118, 106284. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106284>
- Bukva, M., Huremović, J., Gojak-Salimović, S., Huseinbašić, N., & Kapo, D. (2019). Iron Content in Fruits, Vegetables, Herbs and Spices Samples Marketed in Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. *Kemija u Industriji*, 68(7–8), 281–287. <https://doi.org/10.15255/kui.2019.001>
- Butcher, J. D., Crosby, K. M., Yoo, K. S., Patil, B. S., Ibrahim, A. M. H., Leskovar, D. I., & Jifon, J. L. (2012). Environmental and Genotypic Variation of Capsaicinoid and Flavonoid Concentrations in Habanero (*Capsicum chinense*) Peppers. *HortScience*, 47(5), 574–579. <https://doi.org/10.21273/hortsci.47.5.574>
- Bharath, S. M., Cilas, C., & Umaharan, P. (2013). Fruit Trait Variation in a Caribbean Germplasm Collection of Aromatic Hot Peppers (*Capsicum chinense* Jacq.). *HortScience*, 48(5), 531–538. <https://doi.org/10.21273/hortsci.48.5.531>
- Bhagawati, M., & Saikia, A. (2015). Cultivar Variation for Capsaicinoid Content in some Processed Products of Chilli. *Journal of Horticultural Sciences*, 10(2), 210–215. <https://doi.org/10.24154/jhs.v10i2.131>
- Blanco-Ríos, A. K., Medina-Juárez, L. Á., González-Aguilar, G. A., & Gámez-Meza, N. (2017). Antioxidant Activity of the Phenolic and Oily Fractions of Different Sweet Bell Peppers. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 57(2). <https://doi.org/10.29356/jmcs.v57i2.226>
- Brilhante, B. D. G., Santos, T. d. O., Cansian Júnior, J. C., Rodrigues, V. A. P., Almeida, R. d., Santos, J. O., Souza Neto, J. D., Júnior, A. C. S., Menini, L., Bento, C. d. S., & Moulin, M. M. (2024). Fruit quality and morphoagronomic characterization of a Brazilian *Capsicum* germplasm collection. *Genetics and Molecular Research*, 23(1). <https://doi.org/10.4238/gmr19197>
- Bridgemohan, P., Mohammed, M., Bridgemohan, R. S. H., & Mohammed, Z. (2018b). Hot peppers: vii. Efficacy of chemical preservatives on the quality and stability in red hot peppers (*Capsicum chinensis* L.). *Deleted Journal*, 1(2), 1-12. <https://asclepiusopen.com/clinical-journal-of-nutrition-and-dietetics/volume-1-issue-2/2.pdf>
- Byeon, S.-E., Park, H., Latt, T. T., Jeong, S., Lee, J., Lwin, H. P., & Lee, J. (2025). Seasonal fluctuation of fruit quality is differentially affected by mediating mineral nutrients and

- targeted major metabolites in greenhouse grown bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 339, 113898.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113898>
- Caballero, Birina L, Márquez, Carlos J, & Betancur, María I. (2017). Efecto de la liofilización sobre las características físico - químicas del ají rocoto (*Capsicum pubescens* R & P) con o sin semilla. *Bioagro*, 29(3), 225-234.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131633612017000300008&lng=es&tlng=es.
- Cadavid, M. V., Paternina, G. A., & Perez, E. P. (2017). Determinación de capsaicina mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC-PDA) en la especie *Capsicum frutescens*. *Bistua revista de la facultad de ciencias básicas*, 15(1).
<https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2017.2553>
- Çalışkan K, G. (2020). The effect of different drying techniques and microwave finish drying on the powder properties of the red pepper powder (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4576–4587.
<https://doi.org/10.1007/s13197-020-04496-1>
- Campos, M. R. S., Gómez, K. R., Ordoñez, Y. M., & Ancona, D. B. (2013). Polyphenols, ascorbic acid and carotenoids contents and antioxidant properties of habanero pepper fruit. *Food and Nutrition Sciences*, 04(08), 47–54.
<https://doi.org/10.4236/fns.2013.48a006>
- Camarena, J. C. A., Gonzales, N. C. J., & Portalatino, E. J. V. (2020). Análisis proximal fisicoquímico y metabólico de frutos del ecotipo *Capsicum chinense* jacq. “ají supano” para fines industriales. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40(2), 256-264. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/23133171_e4c28d9151c6d7b3667b06b51676c256
- Cammareri, M., Frary, A., Frary, A., & Grandillo, S. (2024). Genetic and biotechnological approaches to improve fruit bioactive content: A focus on eggplant and tomato anthocyanins. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(12), 6811.
<https://doi.org/10.3390/ijms25126811>
- Cardoso, R. V., da Silva, D. V. T., Santos-Sodré, S. de J. L., Pereira, P. R., Freitas, C. S., Moterle, D., Kanis, L. A., Silva, L. H. M. da, Rodrigues, A. M. da C., & Paschoalin, V. M. F. (2024). Green ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from Cumari-Do-Pará peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) employing vegetable oils as solvents. *Foods*, 13(17), 2765. <https://doi.org/10.3390/foods13172765>

- Caritá, A. C., Fonseca-Santos, B., Shultz, J. D., Michniak-Kohn, B., Chorilli, M., & Leonardi, G. R. (2020). Vitamin C: One compound, several uses. Advances for delivery, efficiency and stability. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 24, 102117. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2019.102117>
- Castillo - Aguilar, C. C., Ramírez-Luna, E., Wong-Cámara, C. G., Matos-Pech, G., Chiquini-Medina, R. A., Bautista-Parra, S. G., & Palma Cancino, D. (2024). Rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con el uso de diferentes niveles de NPK en Campeche, México. *Revista Bio Ciencias*. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1581>
- Castro-Concha, L. A., Canche - Chuc, I., & Miranda-Ham, M. de L. (2017). Determination of Antioxidants in Fruit Tissues from Three Accessions of Habanero Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Journal of the Mexican Chemical Society*, 56(1). <https://doi.org/10.29356/jmcs.v56i1.269>
- Câmara, J. S., Albuquerque, B. R., Aguiar, J., Corrêa, R. C. G., Gonçalves, J. L., Granato, D., Pereira, J. A. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Food Bioactive Compounds and Emerging Techniques for Their Extraction: Polyphenols as a Case Study. *Foods*, 10(1), 37. <https://doi.org/10.3390/foods10010037>
- Cervantes-Hernández, F., Alcalá-González, P., Martínez, O., & Ordaz-Ortiz, J. J. (2019). Placenta, Pericarp, and Seeds of Tabasco Chili Pepper Fruits Show a Contrasting Diversity of Bioactive Metabolites. *Metabolites*, 9(10), 206. <https://doi.org/10.3390/metabo9100206>
- Cochrane, S. (2014). The Munsell color system: A scientific compromise from the world of art. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 47, 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2014.03.004>
- Cortés-Estrada, C. E., Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Castañeda-Pérez, E., Meza-Márquez, O. G., López-Cortez, M. del S., & Hernández-Martínez, D. M. (2020). Prediction of total phenolics, ascorbic acid, antioxidant capacities, and total soluble solids of *Capsicum annuum* L. (bell pepper) juice by FT-MIR and multivariate analysis. *LWT*, 126, 109285. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109285>
- Cormick, G., & Belizán, J. M. (2019). Calcium Intake and Health. *Nutrients*, 11(7), 1606. <https://doi.org/10.3390/nu11071606>
- Coşkun, N., Sarıtaş, S., Jaouhari, Y., Bordiga, M., & Karav, S. (2024). The Impact of Freeze Drying on Bioactivity and Physical Properties of Food Products. <https://doi.org/10.20944/preprints202409.0950.v1>

- Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., Cruz-Rodríguez, J. C., & Heredia-García, E. (2016). Variación en contenido de minerales en frutos de variedades autóctonas de Chile (*Capsicum annuum* L.), cultivadas en invernadero. *Revista Vitae*, 23(1). <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v23n1a05>
- Chen, A., Liu, L., Liu, X., Fu, Y., Li, J., Zhao, J., & Hou, X. (2021). Exploring the differential stages of the pigment metabolism by pre-harvest bagging and post-harvest ethylene de-greening of Eureka lemon peel. *PeerJ*, 9, e11504. Portico. <https://doi.org/10.7717/peerj.11504>
- Chiaiese, P., Corrado, G., Minutolo, M., Barone, A., & Errico, A. (2019). Transcriptional Regulation of Ascorbic Acid During Fruit Ripening in Pepper (*Capsicum annuum*) Varieties with Low and High Antioxidants Content. *Plants*, 8(7), 206. <https://doi.org/10.3390/plants8070206>
- Choi, M.-H., Kim, M.-H., & Han, Y.-S. (2022). Physicochemical properties and antioxidant activity of colored peppers (*Capsicum annuum* L.). *Food Science and Biotechnology*, 32(2), 209–219. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01177-x>
- Cruz, J. G., Silveira, T., Richter, V., Wagner, J. G., Neitzke, R. S., Barbieri, R. L., & Vizzotto, M. (2022). Genetic variability of bioactive compounds in *Capsicum chinense*. *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.123721>
- Cruz, F. J. R., Prado, R. de M., Felisberto, G., Santos, Á. S., & Barreto, R. F. (2018). Potassium Nutrition in Fruits and Vegetables and Food Safety through Hydroponic System. *Potassium - Improvement of Quality in Fruits and Vegetables Through Hydroponic Nutrient Management*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71742>
- Crupi, P., Faienza, M. F., Naeem, M. Y., Corbo, F., Clodoveo, M. L., & Muraglia, M. (2023). Overview of the Potential Beneficial Effects of Carotenoids on Consumer Health and Well-Being. *Antioxidants*, 12(5), 1069. <https://doi.org/10.3390/antiox12051069>
- Dajbych, O., Kabutey, A., Mizera, Č., & Herák, D. (2023). Investigation of the Effects of Infrared and Hot Air Oven Drying Methods on Drying Behaviour and Colour Parameters of Red Delicious Apple Slices. *Processes*, 11(10), 3027. <https://doi.org/10.3390/pr11103027>
- Deepa, N., Kaur, C., George, B., Singh, B., & Kapoor, H. C. (2007). Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. *LWT - Food Science and Technology*, 40(1), 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.09.016>

- Deng, C., Zhong, Q., Shao, D., Ren, Y., Li, Q., Wen, J., & Li, J. (2024). Potential Suitable Habitats of Chili Pepper in China under Climate Change. *Plants*, 13(7), 1027. <https://doi.org/10.3390/plants13071027>
- Devi, M., Bamrah, P. K., Goyal, R., Choudhary, M., & Chopra, H. (2024). Insights on the Emerging Therapeutic Potential of Terpenoids as Anti-inflammatory Agents: A Scoping Review. *Journal of Bio-X Research*, 7. <https://doi.org/10.34133/jbioxresearch.0006>
- Dias, A. L. B., Arroio Sergio, C. S., Santos, P., Barbero, G. F., Rezende, C. A., & Martínez, J. (2016). Effect of ultrasound on the supercritical CO₂ extraction of bioactive compounds from dedo de moça pepper (*Capsicum baccatum* L. var. pendulum). *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.013>
- Díaz-Ramos, I. (2020). Los acabados arquitectónicos del claustro del Templo de Bramante en Roma. Aproximación a su estudio mediante el sistema de ordenación del color Munsell. *Ge-Conservacion*, 18(1), 69–81. <https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.772>
- Don, O. R. A., Ahi, P. A., Kabaran, F. A., & Ziao, N. (2019). Determination of the Chemical Volatile Compounds of a Chili Pepper Cultivar (<i>Capsicum annuum</i>) Grown in Eastern n Côte d'Ivoire. *Asian Journal of Applied Sciences*, 7(3). <https://doi.org/10.24203/ajas.v7i3.5870>
- Durukan, İ., Şahin, Ç. A., Şatıroğlu, N., & Bektaş, S. (2011). Determination of iron and copper in food samples by flow injection cloud point extraction flame atomic absorption spectrometry. *Microchemical Journal*, 99(1), 159–163. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2011.04.016>
- Echave, J., G. Pereira, A., Carpena, M., Ángel Prieto, M., & Simal-Gandara, J. (2020). Capsicum Seeds as a Source of Bioactive Compounds: Biological Properties, Extraction Systems, and Industrial Application. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.91785
- Emmanuel-Ikpeme, C. (2014). Comparative Evaluation of the Nutritional, Phytochemical and Microbiological Quality of Three Pepper Varieties. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(3), 74. <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20140203.15>
- Farag, M. A., Abib, B., Qin, Z., Ze, X., & Ali, S. E. (2023). Dietary macrominerals: Updated review of their role and orchestration in human nutrition throughout the life cycle with sex differences. *Current Research in Food Science*, 6, 100450. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100450>
- Faisal, A. F., & Mustafa, Y. F. (2025). Chili pepper: A delve into its nutritional values and roles in food-based therapy. *Food Chemistry Advances*, 6, 100928. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.100928>

- Feng, P., Wang, Y., Wen, J., Ren, Y., Zhong, Q., & Li, Q. (2024). Cloning and analysis of expression of genes related to carotenoid metabolism in different fruit color mutants of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Genes*, 15(3), 315.
<https://doi.org/10.3390/genes15030315>
- Ferrando, B. O., Baenas, N., & Periago, M. J. (2024). Changes in Carotenoids and Quality Parameters of Sweet Paprika (*Capsicum annuum*) After an Accelerated Heat Treatment. *Antioxidants*, 13(12), 1492. <https://doi.org/10.3390/antiox13121492>
- Ferreira, M.-J. U. (2022). Alkaloids in Future Drug Discovery. *Molecules*, 27(4), 1347. <https://doi.org/10.3390/molecules27041347>
- Fiorentini, D., Cappadone, C., Farruggia, G., & Prata, C. (2021). Magnesium: Biochemistry, Nutrition, Detection, and Social Impact of Diseases Linked to Its Deficiency. *Nutrients*, 13(4), 1136. <https://doi.org/10.3390/nu13041136>
- Fornereto - Soldan, A. C., Arvelos, S., Watanabe, É. O., & Hori, C. E. (2021). Supercritical fluid extraction of oleoresin from *Capsicum annuum* industrial waste. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126593. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126593>
- Fратиanni, A., Adiletta, G., Di Matteo, M., Panfili, G., Niro, S., Gentile, C., Farina, V., Cinquanta, L., & Corona, O. (2020). Evolution of Carotenoid Content, Antioxidant Activity and Volatiles Compounds in Dried Mango Fruits (*Mangifera indica* L.). *Foods*, 9(10), 1424. <https://doi.org/10.3390/foods9101424>
- Fратиanni, F., d’Acierno, A., Cozzolino, A., Spigno, P., Riccardi, R., Raimo, F., Pane, C., Zaccardelli, M., Tranchida Lombardo, V., Tucci, M., Grillo, S., Coppola, R., & Nazzaro, F. (2020). Biochemical Characterization of Traditional Varieties of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) of the Campania Region, Southern Italy. *Antioxidants*, 9(6), 556. <https://doi.org/10.3390/antiox9060556>
- García-Vásquez, R., Vera-Guzmán, A. M., Carrillo-Rodríguez, J. C., Pérez-Ochoa, M. L., Aquino-Bolaños, E. N., Alba-Jiménez, J. E., & Chávez-Servia, J. L. (2023). Bioactive and nutritional compounds in fruits of pepper (*Capsicum annuum* L.) landraces conserved among indigenous communities from Mexico. *AIMS Agriculture and Food*, 8(3), 832–850. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2023044>
- Giacomin, R. M., Constantino, L. V., Nogueira, A. F., Ruzza, M. B. C., Morelli, A. M., Branco, K. S., Rossetto, L. M., Zeffa, D. M., & Gonçalves, L. S. A. (2021). Post-Harvest Quality and Sensory Evaluation of Mini Sweet Peppers. *Horticulturae*, 7(9), 287. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090287>

- González-Zamora, A., Sierra-Campos, E., Luna-Ortega, J., Pérez-Morales, R., Ortiz, J., & García-Hernández, J. (2013). Characterization of Different Capsicum Varieties by Evaluation of Their Capsaicinoids Content by High Performance Liquid Chromatography, Determination of Pungency and Effect of High Temperature. *Molecules*, 18(11), 13471–13486. <https://doi.org/10.3390/molecules181113471>
- González-López, J., Rodríguez-Moar, S., & Silvar, C. (2021). Correlation Analysis of High-Throughput Fruit Phenomics and Biochemical Profiles in Native Peppers (*Capsicum* spp.) from the Primary Center of Diversification. *Agronomy*, 11(2), 262. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020262>
- González-Peña, M. A., Ortega-Regules, A. E., Anaya de Parrodi, C., & Lozada-Ramírez, J. D. (2023). Chemistry, Occurrence, Properties, Applications, and Encapsulation of Carotenoids—A Review. *Plants*, 12(2), 313. <https://doi.org/10.3390/plants12020313>
- Goñi, S. M., Mattioli, N. G., Olivera, D. F., & Salvadori, V. O. (2015). Medición del color de alimentos en el espacio CIELAB a partir de imágenes. *Universidad Nacional de La Plata*. <https://doi.org/10.35537/10915/165649>
- Guaadaoui, A., Benaicha, S., Elmajdoub, N., Bellaoui, M., & Hamal, A. (2014). What is a Bioactive Compound? A Combined Definition for a Preliminary Consensus. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(3), 174. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140303.16>
- Guiné, R. P. F., & Barroca, M. J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90(1), 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.01.003>
- Gulcin, İ., & Alwasel, S. H. (2023). DPPH Radical Scavenging Assay. *Processes*, 11(8), 2248. <https://doi.org/10.3390/pr11082248>
- Guzman, I., Vargas, K., Chacon, F., McKenzie, C., & Bosland, P. W. (2021). Health-promoting Carotenoids and Phenolics in 31 Capsicum Accessions. *HortScience*, 56(1), 36–41. <https://doi.org/10.21273/hortsci15039-20>
- Grijalva-Guiza, R. E., Grijalva-Montano, T. L., Cuautle, M., Quiroga-González, E., Hernández, L. R., Ortega Aguilar, A., & Jiménez-Garduño, A. M. (2023). Analysis of beneficial effects of flavonoids in patients with Atherosclerosis Risk on Blood Pressure or Cholesterol during Random Controlled Trials: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Scientia Pharmaceutica*, 91(4), 55. <https://doi.org/10.3390/scipharm91040055>

- Hamed, M., Kalita, D., Bartolo, M. E., & Jayanty, S. S. (2019). Capsaicinoids, Polyphenols and Antioxidant Activities of *Capsicum annuum*: Comparative Study of the Effect of Ripening Stage and Cooking Methods. *Antioxidants*, 8(9), 364. <https://doi.org/10.3390/antiox8090364>
- Hayano-Kanashiro, C., Gámez-Meza, N., & Medina-Juárez, L. Á. (2016). Wild Pepper *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*: Taxonomy, Plant Morphology, Distribution, Genetic Diversity, Genome Sequencing, and Phytochemical Compounds. *Crop Science*, 56(1), 1–11. Portico. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.11.0789>
- Hegna, B., & Tigistu, S. (2022). Push and pull factors of red pepper (*Capsicum*) market supply: Evidence from south western Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100417>
- Hernández-Alvarado, J., Zaragoza-Bastida, A., López-Rodríguez, G., Peláez-Acero, A., Olmedo-Juárez, A., & Rivero-Perez, N. (2017). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *Abanico Veterinario*, 8(1). <https://doi.org/10.21929/abavet2018.8.1.1>
- Hernández-Amasifuen, A. D., Pineda-Lázaro, A. J., & Díaz-Pillasca, H. B. (2022). In vitro anther culture of rocoto (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). *Idesia (Arica)*, 40(1), 115–121. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292022000100115>
- Hernández-Salinas, G., Arenas-Lozano, A. E., Luna-Cavazos, M., Ramírez-Rivera, E. de J., Purroy-Vásquez, R., Sotelo-Leyva, C., & Castillo-Zamudio, R. I. (2021). Composición proximal en morfotipos de chile Comapeño (*Capsicum annuum* L.) de Oaxaca y Veracruz, México, y su relación con factores climáticos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071018>
- Heinrich, M., Mah, J., & Amirkia, V. (2021). Alkaloids Used as Medicines: Structural Phytochemistry Meets Biodiversity—An Update and Forward Look. *Molecules*, 26(7), 1836. <https://doi.org/10.3390/molecules26071836>
- He, J., & Giusti, M. M. (2010). Anthocyanins: Natural Colorants with Health-Promoting Properties. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1), 163–187. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.080708.100754>
- Hudáková, T., Šuleková, M., Tauchen, J., Šemeláková, M., Várady, M., & Popelka, P. (2023). Bioactive compounds and antioxidant activities of selected types of chilli peppers. *Czech Journal of Food Sciences*, 41(3), 204–211. <https://doi.org/10.17221/45/2023-cjfs>

- Ignaczak, A., Salamon, A., Kowalska, J., Marzec, A., & Kowalska, H. (2023). Influence of Pre-Treatment and Drying Methods on the Quality of Dried Carrot Properties as Snacks. *Molecules*, 28(17), 6407. <https://doi.org/10.3390/molecules28176407>
- Igbakaa, D. N., Girgih, A. T., Ahure, D., & Ejoha, P. O. (2023). Bioactive and Sensory Properties of Sweet Italian (*Capsicum annuum*) and Habanero (*Capsicum chinense*) Pepper Commonly Consumed in Benue State of Nigeria. *Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology*, 9(3), 1–9. <https://doi.org/10.9734/ajb2t/2023/v9i3183>
- Jang, H., Choi, M., & Jang, K.-S. (2024). Comprehensive phytochemical profiles and antioxidant activity of Korean local cultivars of red chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1333035>
- Jiménez-Viveros, Y., & Valiente-Banuet, J. I. (2023). Colored Shading Nets Differentially Affect the Phytochemical Profile, Antioxidant Capacity, and Fruit Quality of Piquin Peppers (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *Horticulturae*, 9(11), 1240. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111240>
- Jiménez, D., Vardanega, R., Salinas, F., Espinosa-Álvarez, C., Bugueño-Muñoz, W., Palma, J., Meireles, M. A. A., Ruíz-Domínguez, M. C., & Cerezal-Mezquita, P. (2021). Effect of drying methods on biorefinery process to obtain capsanthin and phenolic compounds from *Capsicum annuum* L. *The Journal of Supercritical Fluids*, 174, 105241. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105241>
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Julien, H. M., Vivien, N. G., Brice, T. L., Désiré, T. V., & Emmanuel, Y. (2021). Nutrient Composition, Antioxidant Components and Ascorbic Acid Content Response of Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.) Cultivars Grown under Salt Stress. *OALib*, 08(03), 1–20. <https://doi.org/10.4236/oalib.1106830>
- Kamal, Md. M., Ali, Md. R., Rahman, Md. M., Shishir, M. R. I., Yasmin, S., & Sarker, Md. S. H. (2019). Effects of processing techniques on drying characteristics, physicochemical properties and functional compounds of green and red chilli (*Capsicum annum* L.) powder. *Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3185–3194. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03733-6>

- Karaman, K., Pinar, H., Ciftci, B., & Kaplan, M. (2023). Characterization of phenolics and tocopherol profile, capsaicinoid composition and bioactive properties of fruits in interspecies (*Capsicum annuum* X *Capsicum frutescens*) recombinant inbred pepper lines (RIL). *Food Chemistry*, 423, 136173. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136173>
- Karim, K. M. R., Rafii, M. Y., Misran, A. B., Ismail, M. F. B., Harun, A. R., Khan, M. M. H., & Chowdhury, Mst. F. N. (2021). Current and Prospective Strategies in the Varietal Improvement of Chilli (*Capsicum annuum* L.) Specially Heterosis Breeding. *Agronomy*, 11(11), 2217. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112217>
- Karim, K. M. R., Rafii, M. Y., Misran, A., Ismail, M. F., Harun, A. R., Ridzuan, R., Chowdhury, Mst. F. N., Hosen, M., Yusuff, O., & Haque, M. A. (2022). Genetic Diversity Analysis among *Capsicum annuum* Mutants Based on Morpho-Physiological and Yield Traits. *Agronomy*, 12(10), 2436. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102436>
- Keser, S., Kaygili, O., Keser, F., Tekin, S., Yilmaz, Ö., Demir, E., Kirbag, S., & Sandal, S. (2018). Phytochemical Composition, Antiradical, Antiproliferative and Antimicrobial Activities of *Capsicum frutescens* L. *Analytical Chemistry Letters*, 8(5), 642–652. <https://doi.org/10.1080/22297928.2018.1485511>
- Ke, Y., Ashraf, U., Wang, D., Hassan, W., Zou, Y., Qi, Y., Zhou, Y., & Abbas, F. (2025). Function of Anthocyanin and Chlorophyll Metabolic Pathways in the Floral Sepals Color Formation in Different Hydrangea Cultivars. *Plants*, 14(5), 742. <https://doi.org/10.3390/plants14050742>
- Key, T. M., Clark, T., Ferrell, O., Stewart, D. W., & Pitt, L. (2020). Marketing's theoretical and conceptual value proposition: opportunities to address marketing's influence. *AMS Review*, 10(3–4), 151–167. <https://doi.org/10.1007/s13162-020-00176-7>
- Kim, K. H., Shawon, M. R. A., An, J. H., Lee, H. J., Kwon, D. J., Hwang, I.-C., Bae, J. H., & Choi, K. Y. (2022). Effect of Shade Screen on Sap Flow, Chlorophyll Fluorescence, NDVI, Plant Growth and Fruit Characteristics of Cultivated Paprika in Greenhouse. *Agriculture*, 12(9), 1405. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091405>
- Korkmaz, A., Atasoy, A. F., & Hayaloglu, A. A. (2021). The effects of production methods on the color characteristics, capsaicinoid content and antioxidant capacity of pepper spices (*C. annuum* L.). *Food Chemistry*, 341, 128184. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128184>
- Kovács, Z., Bedő, J., Pápai, B., Tóth-Lencsés, A. K., Csilléry, G., Szőke, A., Bányai-Stefanovits, É., Kiss, E., & Veres, A. (2022). Ripening-Induced Changes in the

- Nutraceutical Compounds of Differently Coloured Pepper (*Capsicum annuum* L.) Breeding Lines. *Antioxidants*, 11(4), 637. <https://doi.org/10.3390/antiox11040637>
- Kumar, D., Singh, A., Kumar, A., Saini, A., Kumar, V., Kumar, S., Kumar, R., Parkash, C., Vikram, A., & Singh, J. (2024). Phytochemical and Antioxidant Profiling of Chilli (*Capsicum annuum* L.) Landraces from Hilly Regions of India. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 16(9), 11–21. <https://doi.org/10.9734/ejnfs/2024/v16i91522>
- Kurucz, E., Antal, G., Kincses, I., Sipos, M., Fári, M. G., & Holb, I. J. (2023). Effect of Light Treatment and Maturity Stage on Biomass Production and Bioactive Compounds of Two Pepper Cultivars under a Deep Water Culture Hydroponic System. *Sustainability*, 15(17), 13205. <https://doi.org/10.3390/su151713205>
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726–732. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612005000400016>
- Khan, N. (2019). Comparative analysis of mineral content and proximate composition from chilli pepper (*Capsicum annuum* L.) germplasm. *Pure and Applied Biology*, 8(2). <https://doi.org/10.19045/bspab.2019.80075>
- Khayat, S. (2017). Minerals in Pregnancy and Lactation: A Review Article. *Journal of clinical and diagnostic research*. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2017/28485.10626>
- Kheto, A., Dhua, S., Nema, P. K., & Sharanagat, V. S. (2021). Influence of drying temperature on quality attributes of bell pepper (<scp>*Capsicum annuum*</scp> L.): Drying kinetics and modeling, rehydration, color, and antioxidant analysis. *Journal of Food Process Engineering*, 44(11). Portico. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13880>
- Khoddami, A., Wilkes, M., & Roberts, T. (2013). Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. *Molecules*, 18(2), 2328–2375. <https://doi.org/10.3390/molecules18022328>
- Kręcisz, M., Stępień, B., & Pikor, K. (2024). Effect of Tomato Juice and Different Drying Methods on Selected Properties of Courgette. *Applied Sciences*, 14(16), 7105. <https://doi.org/10.3390/app14167105>
- Krzykowski, A., Rudy, S., Polak, R., Biernacka, B., Krajewska, A., Janiszewska-Turak, E., Kowalska, I., Żuchowski, J., Skalski, B., & Dzikowski, D. (2024). Drying of Red Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.): Process Kinetics, Color Changes, Carotenoid Content

- and Phenolic Profile. *Molecules*, 29(21), 5164. <https://doi.org/10.3390/molecules29215164>
- Lahbib, K. (2013). Selection of pepper parent from a collection of *Capsicum annuum* landraces based on genetic diversity. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 5(5), 68–72. <https://doi.org/10.5897/jpbcs12.015>
- Lara-Abia, S., Lobo, G., Pérez-Pascual, N., Welte-Chanes, J., & Cano, M. P. (2023). Improvement in the Stability and Bioaccessibility of Carotenoid and Carotenoid Esters from a Papaya By-Product Using O/W Emulsions. *Foods*, 12(14), 2654. <https://doi.org/10.3390/foods12142654>
- Leng, Z., Zhong, B., Wu, H., Liu, Z., Rauf, A., Bawazeer, S., & Suleria, H. A. R. (2022). Identification of Phenolic Compounds in Australian-Grown Bell Peppers by Liquid Chromatography Coupled with Electrospray Ionization-Quadrupole-Time-of-Flight-Mass Spectrometry and Estimation of Their Antioxidant Potential. *ACS Omega*, 7(5), 4563–4576. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c06532>
- Leong, S. Y., & Oey, I. (2012). Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 133(4), 1577–1587. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.052>
- Li, L., Shah, S. N. M., & Gong, Z.-H. (2015). The relationship between red fruit colour formation and key genes of capsanthin biosynthesis pathway in *Capsicum annuum*. *Biologia Plantarum*, 59(3), 507–513. <https://doi.org/10.1007/s10535-015-0529-7>
- Li, P., Zhang, X., Liu, Y., Xie, Z., Zhang, R., Zhao, K., Lv, J., Wen, J., & Deng, M. (2022). Characterization of 75 Cultivars of Four *Capsicum* Species in Terms of Fruit Morphology, Capsaicinoids, Fatty Acids, and Pigments. *Applied Sciences*, 12(12), 6292. <https://doi.org/10.3390/app12126292>
- Libreros, D., Van Zonneveld, M., Petz, M., Meckelmann, S. W., Ríos, L., Peña, K., Amaya, K., & Ramírez, M. (2013). Catálogo de ajíes (*Capsicum* spp.) peruanos promisorios conservados en el banco de semillas del INIA - Perú. *En Bioversity InternationaleBooks*. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/88/3/LibrerosCatalogos_de_ajies.pdf
- Lidiková, J., Čeryová, N., Šnirc, M., Vollmannová, A., Musilová, J., Tóthová, M., & Hegedúsová, A. (2021). Determination of bioactive components in selected varieties of pepper (*Capsicum* L.). *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1148–1163. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1955922>

- Liga, S., Paul, C., & Péter, F. (2023). Flavonoids: Overview of Biosynthesis, Biological Activity, and Current Extraction Techniques. *Plants*, 12(14), 2732. <https://doi.org/10.3390/plants12142732>
- Lillywhite, J., & Robinson, C. (2023). Understanding Chile Pepper Consumers' Preferences: A Discrete Choice Experiment. *Agriculture*, 13(9), 1792. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091792>
- Liu, Y., Schouten, R. E., Tikunov, Y., Liu, X., Visser, R. G. F., Tan, F., Bovy, A., & Marcelis, L. F. M. (2022). Blue light increases anthocyanin content and delays fruit ripening in purple pepper fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 192, 112024. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112024>
- Loizzo, M. R., Pugliese, A., Bonesi, M., Menichini, F., & Tundis, R. (2015). Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 623–631. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.042>
- López de Romaña, D., Castillo D, C., & Diazgranados, D. (2010). El zinc en la salud humana - 1. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(2). <https://doi.org/10.4067/s0717-75182010000200013>
- López - Medina, E., López - Zabaleta, A., Gil - Rivero, A. E., Mostacero - León, J., De La Cruz - Castillo, A. J., & Villena - Zapata, L. (2020). Morfometría de frutos y semillas del “ají mocho” *Capsicum chinense* Jacq. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–11. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1598
- Lozada, D. N., Pulicherla, S. R., & Holguin, F. O. (2023). Widely Targeted Metabolomics Reveals Metabolite Diversity in Jalapeño and Serrano Chile Peppers (*Capsicum annuum* L.). *Metabolites*, 13(2), 288. <https://doi.org/10.3390/metabo13020288>
- Lučić, M., Potkonjak, N., Sredović Ignjatović, I., Lević, S., Dajić-Stevanović, Z., Kolašinac, S., Belović, M., Torbica, A., Zlatanović, I., Pavlović, V., & Onjia, A. (2023). Influence of Ultrasonic and Chemical Pretreatments on Quality Attributes of Dried Pepper (*Capsicum annuum*). *Foods*, 12(13), 2468. <https://doi.org/10.3390/foods12132468>
- Luitel, B. P., Yoon, C. S., & Kang, W. H. (2013). Correlation and Path Coefficient Analysis for Fruit Yield and Quality Characters in Segregating Population of Mini-paprika (*Capsicum annuum* L.). *The Journal of Agricultural Life and Environmental Sciences*, 25(1), 1–7. http://www.papersearch.net/google_link/fulltext.asp?file_name=48301294.pdf

- Mahfuz, S., Shang, Q., & Piao, X. (2021). Phenolic compounds as natural feed additives in poultry and swine diets: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00565-3>
- Malik, A. Ah., Malik, G., Hussain, K., Narayan, S., Mufti, S., Kumar, A., Nazir, G., Masoodi, U., & Magray, M. (2022). Characterization of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity among Genetically Different Genotypes of Chilli (*Capsicum annum* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 384–393. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i2031166>
- Maoka, T. (2019). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, 74(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>
- Maryam, S., Razak, R., Baits, M., & Salim, A. F. (2023). Analysis of Vitamin C and Antioxidant Activity of *Capsicum frutescens* L. and *Capsicum annum* L. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v0i0.46082>
- Martínez-Aceviz, Y., Sobrevilla-Navarro, A. A., & Ramos-Lopez, O. (2023). Dietary Intake of Capsaicin and Its Association with Markers of Body Adiposity and Fatty Liver in a Mexican Adult Population of Tijuana. *Healthcare*, 11(22), 3001. <https://doi.org/10.3390/healthcare11223001>
- Martemucci, G., Costagliola, C., Mariano, M., D'andrea, L., Napolitano, P., & D'Alessandro, A. G. (2022). Free Radical Properties, Source and Targets, Antioxidant Consumption and Health. *Oxygen*, 2(2), 48–78. <https://doi.org/10.3390/oxygen2020006>
- Martínez-Ispizua, E., Calatayud, Á., Marsal, J. I., Mateos-Fernández, R., Díez, M. J., Soler, S., Valcárcel, J. V., & Martínez-Cuenca, M.-R. (2022). Phenotypic Divergence among Sweet Pepper Landraces Assessed by Agro-Morphological Characterization as a Biodiversity Source. *Agronomy*, 12(3), 632. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030632>
- Masyita, A., Mustika Sari, R., Dwi Astuti, A., Yasir, B., Rahma Rumata, N., Emran, T. B., Nainu, F., & Simal-Gandara, J. (2022). Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food Chemistry: X*, 13, 100217. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>
- Materska, M. (2014). Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semi-spicy pepper fruits (*Capsicum annum* L.). *Journal of Functional Foods*, 7, 269–277. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.02.002>

- Maurya, V. K., Gothandam, K. M., Ranjan, V., Shakya, A., & Pareek, S. (2018). Effect of drying methods (microwave vacuum, freeze, hot air and sun drying) on physical, chemical and nutritional attributes of five pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(9), 3492–3500. Portico. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8868>
- Meng, Y., Zhang, H., Fan, Y., & Yan, L. (2022). Anthocyanins accumulation analysis of correlated genes by metabolome and transcriptome in green and purple peppers (*Capsicum annuum*). *BMC Plant Biology*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03746-y>
- Menezes, R. de P., Bessa, M. A. de S., Siqueira, C. de P., Teixeira, S. C., Ferro, E. A. V., Martins, M. M., Cunha, L. C. S., & Martins, C. H. G. (2022). Antimicrobial, Antivirulence, and Antiparasitic Potential of *Capsicum chinense* Jacq. Extracts and Their Isolated Compound Capsaicin. *Antibiotics*, 11(9), 1154. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11091154>
- Mendoza-Sánchez, L. G., Mendoza-López, M. R., García-Barradas, O., Azuara-Nieto, E., Pascual-Pineda, L. A., & Jiménez-Fernández, M. (2015). Physicochemical and antioxidant properties of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) during storage. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XXI(3), 229–241. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.06.010>
- Mis Valdez, Y. A., Hernández Pinto, M. J., Garruña, R., Medina Dzul, K. B., & Andueza Noh, R. H. (2022). Características fenotípicas, nutricionales y nutraceuticas de frutos de chile x'catik, dulce y su híbrido f1 (*Capsicum annuum* L.). *Polibotánica*, 0(53). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.53.12>
- Moreno-Pérez, E. del C., Avendaño -Arrazate, C. H., Mora-Aguilar, R., Cadena-Iñiguez, J., Aguilar-Rincón, V. H., & Aguirre-Medina, J. F. (2011). Morphological diversity in guajillo chili accessions (*Capsicum annuum* L.) of north-central Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XVII (1), 23–30. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.17.004>
- Moran - Arzube, A. V., Veloz - Ramos, G. N., & Pasquel - Villa, L. D. (2022). Evaluation of ascorbic acid content in red and yellow bell pepper (*Capsicum annuum*) in Ecuador. *Revista Universidad de Guayaquil*, 134(1), 1–11. <https://doi.org/10.53591/rug.v134i1.1415>
- Moon, S., Ro, N., Kim, J., Ko, H.-C., Lee, S., Oh, H., Kim, B., Lee, H.-S., & Lee, G.-A. (2023). Characterization of Diverse Pepper (*Capsicum* spp.) Germplasms Based on Agro-

- Morphological Traits and Phytochemical Contents. *Agronomy*, 13(10), 2665. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102665>
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
- Muñoz-Concha, D., Quiñones, X., Hernández, J. P., & Romero, S. (2020). Chili Pepper Landrace Survival and Family Farmers in Central Chile. *Agronomy*, 10(10), 1541. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101541>
- Mňahončáková, E., Vergun, O., Grygorieva, O., Sedláčková, V. H., Ivanišová, E., Šramková, K. F., Hruárová, M., & Brindza, J. (2021). Evaluation of the antioxidant potential of *Capsicum annuum* L., *C. baccatum* L. and *C. chinense* Jacq. cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 20(2), 223-236. <https://doi.org/10.17306/j.afs.0941>
- Nankar, A. N., Todorova, V., Tringovska, I., Pasev, G., Radeva-Ivanova, V., Ivanova, V., & Kostova, D. (2020). A step towards Balkan *Capsicum annuum* L. core collection: Phenotypic and biochemical characterization of 180 accessions for agronomic, fruit quality, and virus resistance traits. *PLOS ONE*, 15(8), e0237741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237741>
- Nava, V., Aragona, F., Potortì, A. G., De Caro, S., Di Bella, B., Litrenta, F., & Fazio, F. (2025). Bioactive Element Biodistribution of Different Biological Substrates in Sheep and Goats. *Animals*, 15(12), 1686. <https://doi.org/10.3390/ani15121686>
- Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*, 9(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>
- Nwankwo, C. S., Okpomor, E. O., Dibagar, N., Wodecki, M., Zwierz, W., & Figiel, A. (2023). Recent Developments in the Hybridization of the Freeze-Drying Technique in Food Dehydration: A Review on Chemical and Sensory Qualities. *Foods*, 12(18), 3437. <https://doi.org/10.3390/foods12183437>
- Nurzyńska - Wierdak, R. (2023). Phenolic Compounds from New Natural Sources—Plant Genotype and Ontogenetic Variation. *Molecules*, 28(4), 1731. <https://doi.org/10.3390/molecules28041731>
- Obeng, S. K., Kulhánek, M., Balík, J., Černý, J., & Sedlár, O. (2024). Manganese: From Soil to Human Health—A Comprehensive Overview of Its Biological and Environmental Significance. *Nutrients*, 16(20), 3455. <https://doi.org/10.3390/nu16203455>

- Ogunlade, I., Alebiosu, A., & Osasona, A. (2013). Proximate, mineral composition, antioxidant activity, and total phenolic content of some pepper varieties. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(5). <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i5.28>
- Oh, Y.-N., Choi, H.-Y., Kim, Y.-B., Hong, S.-G., & Kim, H.-Y. (2024). Effect of Paprika Powder on the Antioxidant Capacity of Emulsion-Type Sausages. *Food Science of Animal Resources*, 44(5), 1126–1141. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2024.e53>
- Olędzki, R., & Harasym, J. (2023). Assessment of the Effects of Roasting, Contact Grilling, Microwave Processing, and Steaming on the Functional Characteristics of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Molecules*, 29(1), 77. <https://doi.org/10.3390/molecules29010077>
- Oney-Montalvo, J. E., Avilés-Betanzos, K. A., Ramírez-Rivera, E. de J., Ramírez-Sucre, M. O., & Rodríguez-Buenfil, I. M. (2020). Polyphenols Content in *Capsicum chinense* Fruits at Different Harvest Times and Their Correlation with the Antioxidant Activity. *Plants*, 9(10), 1394. <https://doi.org/10.3390/plants9101394>
- Olszewska, D., Tomaszewska-Sowa, M., Witkowska, E., & Litewka, J. (2021). Functional Characteristics and Molecular Identification of Interspecific Hybrids from Genus *Capsicum*. *Agriculture*, 11(12), 1198. <https://doi.org/10.3390/agriculture11121198>
- Olatunji, T. L., & Afolayan, A. J. (2018). Contributions to the Classification of *Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens* L. in West Africa Using Morphological Traits. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(1), 135–142. <https://doi.org/10.15835/nbha47111204>
- Olguín-Rojas, J. A., Vázquez-León, L. A., Palma, M., Fernández-Ponce, M. T., Casas, L., Fernández Barbero, G., & Rodríguez-Jimenes, G. del C. (2024). Re-Valorization of Red Habanero Chili Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) Waste by Recovery of Bioactive Compounds: Effects of Different Extraction Processes. *Agronomy*, 14(4), 660. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040660>
- Orobiyi, A., Loko, L. Y., Sanoussi, F., Agré, A. P., Korie, N., Gbaguidi, A., Adjatin, A., Agbangla, C., & Dansi, A. (2017). Agro-morphological characterization of chili pepper landraces (*Capsicum annuum* L.) cultivated in Northern Benin. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(2), 555–569. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0553-x>
- Osorio-Barraza, L. M., Manzur-Valdespino, S., Zafra-Rojas, Q. Y., Delgado-Olivares, L., Calderón-Ramos, Z. G., & Cruz Cansino, N. del S. (2021). Composición y aplicaciones clínicas de especies de chiles (*Capsicum* spp.) domesticados. *Educación y Salud Boletín*

- Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo, 10(19), 249–257. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i19.7183>
- Ozgur, M. (2011). Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red peppers. *African Journal of Agricultural Research*, 6(25). <https://doi.org/10.5897/ajar11.709>
- Pacheco, N., Herrera-Pool, E., Castañeda-Valbuena, D., Cuevas-Bernardino, J. C., Castillo-Aguilar, C. C., Andueza-Noh, R., Garruña-Hernández, R., Ramos-Díaz, A., & Ayora-Talavera, T. (2023). Phytochemical Compounds from Xcatik (*Capsicum annuum* L.) Chili Tissues Extracted by Uae: Biological Activity and Phenolic Profile. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 67(3), 200–212. <https://doi.org/10.29356/jmcs.v67i3.1970>
- Padilha, H. K. M., Pereira, E. dos S., Munhoz, P. C., Vizzotto, M., Valgas, R. A., & Barbieri, R. L. (2015). Genetic variability for synthesis of bioactive compounds in peppers (*Capsicum annuum*) from Brazil. *Food Science and Technology*, 35(3), 516–523. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6740>
- Palma-Orozco, G., Orozco-Álvarez, C., Chávez-Villeda, A. A., Mixtega-Martínez, A., & Castro-Muñoz, R. (2021). Capsaicin content in red habanero chilli (*Capsicum chinense* Jacq.) and its preservation after drying process. *Future Foods*, 4, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100070>
- Palma, M. N. N., Rocha, G. C., Filho, S. C. V., & Detmann, E. (2015). Evaluation of Acid Digestion Procedures to Estimate Mineral Contents in Materials from Animal Trials. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(11), 1624–1628. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0068>
- Palombo, N. E., & Carrizo García, C. (2022). Geographical Patterns of Genetic Variation in Locoto Chile (*Capsicum pubescens*) in the Americas Inferred by Genome-Wide Data Analysis. *Plants*, 11(21), 2911. <https://doi.org/10.3390/plants11212911>
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- Pandiselvam, R., Mitharwal, S., Rani, P., Shanker, M. A., Kumar, A., Aslam, R., Barut, Y. T., Kothakota, A., Rustagi, S., Bhati, D., Siddiqui, S. A., Siddiqui, M. W., Ramniwas, S., Aliyeva, A., & Mousavi Khaneghah, A. (2023). The influence of non-thermal technologies on color pigments of food materials: An updated review. *Current Research in Food Science*, 6, 100529. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100529>
- Pandurangaiah, S., A T, S., K S, S., D V, S., & K V, R. (2020). Carotenoid Content in Cherry Tomatoes Correlated to the Color Space Values L*, a*, b*: A Non-destructive Method

- of Estimation. *Journal of Horticultural Sciences*, 15(1), 27–34. <https://doi.org/10.24154/jhs.v15i1.779>
- Parvin, N., Masuda, M. S., Turin, M. T. S., Jui, S., Amzad, Mst. A., Khatun, Mst. A., Arifuzzaman, M., Alshamrani, R. I., & Ahmed, E. U. (2024). Characterization of pepper (*Capsicum* spp.) germplasms based on morphological and phytochemical characters in Bangladesh. *CABI Agriculture and Bioscience*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s43170-024-00268-5>
- Paredes, A., Peche, J., & León, N. (2019). Index of carotenoids of bell pepper (*Capsicum annuum*) based on color measurement, using hyperspectral and digital images. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 531–539. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.10>
- Pereira, A. G., Otero, P., Echave, J., Carreira-Casais, A., Chamorro, F., Collazo, N., Jaboui, A., Lourenço-Lopes, C., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Xanthophylls from the Sea: Algae as Source of Bioactive Carotenoids. *Marine Drugs*, 19(4), 188. <https://doi.org/10.3390/md19040188>
- Pereira-Dias, L., Vilanova, S., Fita, A., Prohens, J., & Rodríguez-Burruezo, A. (2019). Genetic diversity, population structure, and relationships in a collection of pepper (*Capsicum* spp.) landraces from the Spanish centre of diversity revealed by genotyping-by-sequencing (GBS). *Horticulture Research*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0132-8>
- Pessoa, A. M. dos, Rêgo, E. R. do, de Carvalho, M. G., Santos, C. A. P., & Rêgo, M. M. d. (2018). Research Article Genetic diversity among accessions of *Capsicum annuum* L. through morphoagronomic characters. *Genetics and Molecular Research*, 17(1). <https://doi.org/10.4238/gmr16039883>
- Piñeiro-Di-Blasi, J. I., Martínez-Torres, J., Pozo-Antonio, J. S., Iglesias-Comesaña, C., Cuesta, L., Taboada-Castro, J., Gajino-Núñez, P., & Tresaco-Vidaller, E. (2014). Development of an application for quick comparison of pigments from their colorimetric coordinates. *DYNA*, 81(184), 49. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37715>
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2014). Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30(1), 11–26. <https://doi.org/10.1007/s12291-014-0446-0>
- Mejía, M. A. P., Gallego, J. T., & Arango, V. (2014). Kalanchoe daigremontiana Raym.-Hamet. & H. and its potential use as a source of natural antioxidants and colorants. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(1), 61–68. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubplamed/cpm-2014/cpm141h.pdf>

- Pugliese, A., O'Callaghan, Y., Tundis, R., Galvin, K., Menichini, F., O'Brien, N., & Loizzo, M. R. (2013). In vitro investigation of the bioaccessibility of carotenoids from raw, frozen and boiled red chili peppers (*Capsicum annuum*). *European Journal of Nutrition*, 53(2), 501–510. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0555-1>
- Rahmi, H. A., Syukur, M., Sukma, D., & Aisyah, S. I. (2024). Diversity of quantitative, qualitative, and vitamin C content characteristics in F5 generation of *Capsicum baccatum*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(9). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250907>
- Razola-Díaz, M. del C., Gómez-Caravaca, A. M., López de Andrés, J., Voltes-Martínez, A., Zamora, A., Pérez-Molina, G. M., Castro, D. J., Marchal, J. A., & Verardo, V. (2022). Evaluation of Phenolic Compounds and Pigments Content in Yellow Bell Pepper Wastes. *Antioxidants*, 11(3), 557. <https://doi.org/10.3390/antiox11030557>
- Reshi, Z. A., Ahmad, W., Lukatkin, A. S., & Javed, S. B. (2023). From Nature to Lab: A Review of Secondary Metabolite Biosynthetic Pathways, Environmental Influences, and In Vitro Approaches. *Metabolites*, 13(8), 895. <https://doi.org/10.3390/metabo13080895>
- Ribes-Moya, A. M., Adalid, A. M., Raigón, M. D., Hellín, P., Fita, A., & Rodríguez-Burruezo, A. (2020). Variation in flavonoids in a collection of peppers (*Capsicum* sp.) under organic and conventional cultivation: effect of the genotype, ripening stage, and growing system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2208–2223. Portico. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10245>
- Rodríguez - Maturino, A. (2012). Antioxidant activity and bioactive compounds of Chiltepin (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) and Habanero (*Capsicum chinense*): A comparative study. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(9). <https://doi.org/10.5897/jmpr11.1576>
- Rodriguez-Urbe, L., Guzman, I., Rajapakse, W., Richins, R. D., & O'Connell, M. A. (2011). Carotenoid accumulation in orange-pigmented *Capsicum annuum* fruit, regulated at multiple levels. *Journal of Experimental Botany*, 63(1), 517–526. <https://doi.org/10.1093/jxb/err302>
- Romero-Viacava, M., & Tenorio-Bautista, S. M. (2023). Evaluación de diferentes sustratos en el cultivo de dos variedades de *Capsicum chinense* Jacq. “chile habanero” ají mexicano, en ambiente controlado. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(1), 33–46. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110100030>
- Romero-Luna, H. E., Colina, J., Guzmán-Rodríguez, L., Sierra-Carmona, C. G., Farías-Campomanes, Á. M., García-Pinilla, S., González-Tijera, M. M., Malagón-Alvira, K.

- O., & Peredo-Lovillo, A. (2022). *Capsicum* fruits as functional ingredients with antimicrobial activity: an emphasis on mechanisms of action. *Journal of Food Science and Technology*, 60(11), 2725–2735. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05578-y>
- Ropelewska, E., Kruczyńska, D. E., Rady, A. M., Rutkowski, K. P., Konopacka, D., Celejewska, K., & Mieszczakowska-Frać, M. (2023). Evaluating the Classification of Freeze-Dried Slices and Cubes of Red-Fleshed Apple Genotypes Using Image Textures, Color Parameters, and Machine Learning. *Agriculture*, 13(3), 562. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030562>
- Rumpf, J., Burger, R., & Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, 123470. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123470>
- Rybak, K., Wiktor, A., Witrowa-Rajchert, D., Parniakov, O., & Nowacka, M. (2021). The Quality of Red Bell Pepper Subjected to Freeze-Drying Preceded by Traditional and Novel Pretreatment. *Foods*, 10(2), 226. <https://doi.org/10.3390/foods10020226>
- Sadowska-Bartos, I., & Bartosz, G. (2022). Evaluation of The Antioxidant Capacity of Food Products: Methods, Applications and Limitations. *Processes*, 10(10), 2031. <https://doi.org/10.3390/pr10102031>
- Saleh, K.B., W. Kasili, R., Mamati, E. G., Araia, W., & Nyende, A. B. (2016). Classification of Local Pepper Collections (<i>Capsicum spp.</i>) from Eritrea Using Morphological Traits. *American Journal of Plant Sciences*, 07(03), 590–600. <https://doi.org/10.4236/ajps.2016.73052>
- Salamatullah, M. A., Hayat, K., Mabood Husain, F., Asif Ahmed, M., Arzoo, S., Musaad Althbiti, M., Alzahrani, A., Al-Zaied, B. A. M., Kahlil Alyahya, H., Albader, N., Nafidi, H.-A., & Bourhia, M. (2022). Effects of Different Solvents Extractions on Total Polyphenol Content, HPLC Analysis, Antioxidant Capacity, and Antimicrobial Properties of Peppers (Red, Yellow, and Green (*Capsicum annum* L.)). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2022/7372101>
- Salgado-Aristizabal, N., Galvis-Nieto, J. D., Narvaez-Perez, J. M., Jurado-Erazo, D. K., Rodriguez, L. J., & Orrego, C. E. (2024). Evaluation of a Sustainable Production of Encapsulated Chili Pepper Powder (*Capsicum pubescens*) through Convective and Vacuum Drying. *Processes*, 12(10), 2154. <https://doi.org/10.3390/pr12102154>

- Santos, S., Vinderola, G., Santos, L., & Araujo, E. (2018). Biodisponibilidad de minerales que lados y no que lados: una revisión sistemática. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(4), 381–392. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000500381>
- Sandoval, E. M., Rosas, M. E. M., Sandoval, J. R. M., Velasco, M. M. M., & Ávila, H. C. D. (2018). Color Analysis and Image Processing Applied in Agriculture. InTech. doi: 10.5772/intechopen.71935
- Schiefermeier-Mach, N., Egg, S., Erler, J., Hasenegger, V., Rust, P., König, J., & Purtscher, A. E. (2020). Electrolyte Intake and Major Food Sources of Sodium, Potassium, Calcium and Magnesium among a Population in Western Austria. *Nutrients*, 12(7), 1956. <https://doi.org/10.3390/nu12071956>
- See, X. Z., Yeo, W. S., & Saptoro, A. (2024). A comprehensive review and recent advances of vitamin C: Overview, functions, sources, applications, market survey and processes. *Chemical Engineering Research and Design*, 206, 108–129. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2024.04.048>
- Siebert, E., Lee, S.-Y., & Prescott, M. P. (2022). Chili pepper preference development and its impact on dietary intake: A narrative review. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1039207>
- Silvestrini, A., Meucci, E., Ricerca, B. M., & Mancini, A. (2023). Total Antioxidant Capacity: Biochemical Aspects and Clinical Significance. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(13), 10978. <https://doi.org/10.3390/ijms241310978>
- Silvar, C., Rocha, F., & Barata, A. M. (2022). Tracing Back the History of Pepper (*Capsicum annuum*) in the Iberian Peninsula from a Phenomics Point of View. *Plants*, 11(22), 3075. <https://doi.org/10.3390/plants11223075>
- Soares, R. S., Ribeiro, C. S. da C., Ragassi, C. F., de Carvalho, S. I. C., Maldonade, I. R., Filho, J. G. da S., Braz, L. T., & Reifschneider, F. J. B. (2020). New Brazilian lines of Habanero pepper (*Capsicum chinense*): Morpho-agronomic and biochemical characterization in different environments. *Scientia Horticulturae*, 261, 108941. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108941>
- Sokołowska, D., & Kowalczyk, Z. (2020). Initial Treatment, Sublimation Drying and Storage Time of Sweet Pepper Crisps. Physico-Chemical Quality – Part I. *Agricultural Engineering*, 24(1), 57–68. <https://doi.org/10.1515/agriceng-2020-0006>
- Song, S., Song, S.-Y., Nian, P., Lv, D., Jing, Y., Lu, S., Wang, Q., & Zhou, F. (2022). Transcriptomic Analysis Suggests a Coordinated Regulation of Carotenoid Metabolism

- in Ripening Chili Pepper (*Capsicum annuum* var. *conoides*) Fruits. *Antioxidants*, 11(11), 2245. <https://doi.org/10.3390/antiox11112245>
- Sunday, O. A., Omobolaji, O. D., Chiamaka, A. C., & Oluwatobiloba, O. A. (2021). Morphological Characterization on accessions of Pepper (*Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens* L.) cultivated in Nigeria. *Feddes Repertorium*, 132(4), 346–363. Portico. <https://doi.org/10.1002/fedr.202000020>
- Shi, N., Chen, X., & Chen, T. (2021). Anthocyanins in Colorectal Cancer Prevention Review. *Antioxidants*, 10(10), 1600. <https://doi.org/10.3390/antiox10101600>
- Shkembi, B., & Huppertz, T. (2021). Calcium Absorption from Food Products: Food Matrix Effects. *Nutrients*, 14(1), 180. <https://doi.org/10.3390/nu14010180>
- Shokunbi, O. S., Adepoju, O. T., Ramaite, I. D. I., Shokunbi, O. S., Mojapelo, P. E. L., & Akinyele, I. O. (2023). Potassium, sodium, calcium and magnesium levels of commonly consumed foods and estimates of dietary intakes of selected Nigerian adults. *Heliyon*, 9(3), e13729. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13729>
- Sorrenti, V., Burò, I., Consoli, V., & Vanella, L. (2023). Recent Advances in Health Benefits of Bioactive Compounds from Food Wastes and By-Products: Biochemical Aspects. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms24032019>
- Smaoui, S., Barkallah, M., Ben Hlima, H., Fendri, I., Mousavi Khaneghah, A., Michaud, P., & Abdelkafi, S. (2021). Microalgae Xanthophylls: From Biosynthesis Pathway and Production Techniques to Encapsulation Development. *Foods*, 10(11), 2835. <https://doi.org/10.3390/foods10112835>
- Stepniak, A., Biernacka, M., Malecka, M., & Palecz, B. (2024). Host-Guest Complexes of Flavanone and 4'-Chloroflavanone with Naturals and Modified Cyclodextrin: A Calorimetric and Spectroscopy Investigations. *Molecules*, 29(13), 3123. <https://doi.org/10.3390/molecules29133123>
- Swamy, K.R.M. (2023). Origin, distribution, taxonomy, botanical description, genetic diversity and breeding of *capsicum* (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Development Research*, 13, (03), 61956-61977
- Taiti, C., Comparini, D., Moscovini, L., Violino, S., Costa, C., & Mancuso, S. (2024). Influence of the Drying Process on the Volatile Profile of Different *Capsicum* Species. *Plants*, 13(8), 1131. <https://doi.org/10.3390/plants13081131>
- Téllez-Pérez, C., Cardador-Martínez, A., Mounir, S., Montejano-Gaitán, J. G., Sobolik, V., & Allaf, K. (2013). Effect of Instant Controlled Pressure Drop Process Coupled to Drying

- and Freezing on Antioxidant Activity of Green “Poblano” Pepper. *Food and Nutrition Sciences*, 04(03), 321–334. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.43043>
- Tolentino, M. E., Camasca, P., & Peláez, P. P. (2019). Macro and microelements, lead, cadmium, functional compounds, antioxidant capacity in fresh, dry cocoa beans and cocoa paste. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 521–530. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.09>
- Turkyilmaz Unal, b., & Islek, C. (2015). Copper Toxicity in *Capsicum annuum*: Superoxide Dismutase and Catalase Activities, Phenolic and Protein Amounts of in-vitro-Grown Plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(6), 2441–2445. <https://doi.org/10.15244/pjoes/59035>
- Thuphairo, K., Sornchan, P., & Suttisansanee, U. (2019). Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Inhibition of Key Enzymes Relevant to Alzheimer’s Disease from Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) Extracts. *Preventive Nutrition and Food Science*, 24(3), 327–337. <https://doi.org/10.3746/pnf.2019.24.3.327>
- Thakur, P., Mehta, P., Lal, P., Chaudhary, R., Pani, S. K., Singh, A. G., Devi, C., Verma, K., & Sharma, P. (2024). Agricultural Produce Supply Chain Network of *Capsicum*: Empirical Evidence from India. *Economies*, 12(1), 24. <https://doi.org/10.3390/economies12010024>
- Tripodi, P., Rabanus-Wallace, M. T., Barchi, L., Kale, S., Esposito, S., Acquadro, A., Schafleitner, R., van Zonneveld, M., Prohens, J., Diez, M. J., Börner, A., Salinier, J., Caromel, B., Bovy, A., Boyaci, F., Pasev, G., Brandt, R., Himmelbach, A., Portis, E., Stein, N. (2021). Global range expansion history of pepper (*Capsicum* spp.) revealed by over 10,000 genebank accessions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(34). <https://doi.org/10.1073/pnas.2104315118>
- Trovato, E., Vento, F., Creti, D., Dugo, P., & Mondello, L. (2022). Elucidation of Analytical–Compositional Fingerprinting of Three Different Species of Chili Pepper by Using Headspace Solid-Phase Microextraction Coupled with Gas Chromatography–Mass Spectrometry Analysis, and Sensory Profile Evaluation. *Molecules*, 27(7), 2355. <https://doi.org/10.3390/molecules27072355>
- Trumbo, P. R., Kirkpatrick, K. M., Roberts, J., Smith, P., & Zecca, P. (2023). Perspective: Challenges and Strategies to Reduce the Sodium Content of Foods by the Food Service Industry. *Advances in Nutrition*, 14(4), 592–598. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.04.013>

- Umoh, O. T., Uyoh, V. E., Ette, A. P., Eyibio, E. E., Oghenekevwe, A. O., Osaro-Odin, E. P., & Ikotidem, S. A. (2020). Phytochemical and Antioxidant Evaluation of Varieties of Pepper Fruits in Akpan Andem Market in Uyo Akwa Ibom State, Nigeria. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 85–93. <https://doi.org/10.9734/ejnfs/2020/v12i230196>
- Valdés - Restrepo, M., Delgado Ospina, J., Londoño - Hernández, L., & Rodríguez Restrepo, R. A. (2023). Color: measurement systems and their importance in the food industry. *Temas Agrarios*, 28(1), 69–81. <https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3200>
- Vazquez-Flores, A. A., Góngora-Pérez, O., Olivas-Orduña, I., Muñoz-Bernal, Ó. A., Osuna-Avila, P., Rodrigo-García, J., de la Rosa, L. A., & Alvarez-Parilla, E. (2020). Pytochemical profile and antioxidant activity of chiltepin chili (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*), Sonora, Mexico. *Journal of Food Bioactives*, 57–65. <https://doi.org/10.31665/jfb.2020.11237>
- Vázquez-Espinosa, M., Fayos, O., V. González-de-Peredo, A., Espada-Bellido, E., Ferreiro-González, M., Palma, M., Garcés-Claver, A., & F. Barbero, G. (2020). Changes in Capsiate Content in Four Chili Pepper Genotypes (*Capsicum* spp.) at Different Ripening Stages. *Agronomy*, 10(9), 1337. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091337>
- Vega-Dienstmaier, J. M., & Arévalo-Flores, J. M. (2014). Clasificación mediante análisis de conglomerados: un método relevante para la psiquiatría. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, 77(1), 31. <https://doi.org/10.20453/rnp.v77i1.1161>
- Vera-Guzmán, A. M., Aquino-Bolaños, E. N., Heredia-García, E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Hernández-Delgado, S., & Chávez-Servia, J. L. (2017). Flavonoid and Capsaicinoid Contents and Consumption of Mexican Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.) Landraces. *Flavonoids - From Biosynthesis to Human Health*. <https://doi.org/10.5772/68076>
- Virga, G., Licata, M., Consentino, B. B., Tuttolomondo, T., Sabatino, L., Leto, C., & La Bella, S. (2020). Agro-Morphological Characterization of Sicilian Chili Pepper Accessions for Ornamental Purposes. *Plants*, 9(10), 1400. <https://doi.org/10.3390/plants9101400>
- Villa-Rivera, M. G., & Ochoa-Alejo, N. (2020). Chili Pepper Carotenoids: Nutraceutical Properties and Mechanisms of Action. *Molecules*, 25(23), 5573. <https://doi.org/10.3390/molecules25235573>
- Wang, L., Zhong, Y., Liu, J., Ma, R., Miao, Y., Chen, W., Zheng, J., Pang, X., & Wan, H. (2023). Pigment Biosynthesis and Molecular Genetics of Fruit Color in Pepper. *Plants*, Wilkes, M., & Roberts, T. (2013). Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. *Molecules*, 18(2), 2328–2375. <https://doi.org/10.3390/molecules18022328>

- Wilms, L., & Oberfeld, D. (2017). Color and emotion: effects of hue, saturation, and brightness. *Psychological Research*, 82(5), 896–914. <https://doi.org/10.1007/s00426-017-0880-8>
- Weyh, C., Krüger, K., Peeling, P., & Castell, L. (2022). The Role of Minerals in the Optimal Functioning of the Immune System. *Nutrients*, 14(3), 644. <https://doi.org/10.3390/nu14030644>
- Wojdyło, A., Lech, K., & Nowicka, P. (2020). Effects of Different Drying Methods on the Retention of Bioactive Compounds, On-Line Antioxidant Capacity and Color of the Novel Snack from Red-Fleshed Apples. *Molecules*, 25(23), 5521. <https://doi.org/10.3390/molecules25235521>
- Xiao, Y., Zhang, S., Tong, H., & Shi, S. (2017). Comprehensive evaluation of the role of soy and isoflavone supplementation in humans and animals over the past two decades. *Phytotherapy Research*, 32(3), 384–394. Portico. <https://doi.org/10.1002/ptr.5966>
- Yang, Y., Cai, Q., Luo, L., Sun, Z., & Li, L. (2024). Genome-Wide Analysis of C-Repeat Binding Factor Gene Family in *Capsicum baccatum* and Functional Exploration in Low-Temperature Response. *Plants*, 13(4), 549. <https://doi.org/10.3390/plants13040549>
- Yap, E. S. P., Uthairatanakij, A., Laohakunjit, N., & Jitareerat, P. (2022). Influence of hot air drying on capsaicinoids, phenolics, flavonoids and antioxidant activities of ‘Super Hot’ chilies. *PeerJ*, 10, e13423. Portico. <https://doi.org/10.7717/peerj.13423>
- Zaki, N., Hakmaoui, A., Ouattmane, A., & Fernandez-Trujillo, J. P. (2013). Quality characteristics of Moroccan sweet paprika (*Capsicum annuum* L.) at different sampling times. *Food Science and Technology*, 33(3), 577–585. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612013005000072>
- Zehiroglu, C., & Ozturk Sarikaya, S. B. (2019). The importance of antioxidants and place in today’s scientific and technological studies. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 4757–4774. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03952-x>
- Zimmer, A. R., Leonardi, B., Miron, D., Schapoval, E., Oliveira, J. R. de, & Gosmann, G. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: From traditional use to scientific approach. *Journal of Ethnopharmacology*, 139(1), 228–233. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.11.005>
- Żurawik, A., Jadczyk, D., Panayotov, N., & Żurawik, P. (2021). Antioxidant properties of pepper (*Capsicum annuum* L.) depending on its cultivar and fruit colouration. *Plant, Soil and Environment*, 67(11), 653–659. <https://doi.org/10.17221/333/2021-pse>
- Zhang, R., Lv, J., Li, P., Mo, Y., Zhou, H., Wu, R., Li, M., Cheng, H., Zhang, H., Wen, J., Gui, M., & Deng, M. (2024). Analysis of changes in nutritional compounds of dried yellow

- chili after different processing treatments. *Scientific Reports*, 14(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-72464-2>
- Zhou, Y., Mumtaz, M. A., Zhang, Y., Yang, Z., Hao, Y., Shu, H., Zhu, J., Bao, W., Cheng, S., Zhu, G., & Wang, Z. (2022). Response of anthocyanin biosynthesis to light by strand-specific transcriptome and miRNA analysis in *Capsicum annuum*. *BMC Plant Biology*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03423-6>
- Zhong, Y., Cheng, Y., Ruan, M., Ye, Q., Wang, R., Yao, Z., Zhou, G., Liu, J., Yu, J., & Wan, H. (2021). High-Throughput SSR Marker Development and the Analysis of Genetic Diversity in *Capsicum frutescens*. *Horticulturae*, 7(7), 187. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7070187>

VIII. ANEXO

Anexo I. Resultados de las absorbancias para la curva estándar de ácido gálico del análisis de fenoles totales.

Concentración (µg EAG/ mL)	Absorbancia
1	0,110
2,5	0,254
5	0,495
7,5	0,749
10	1,000

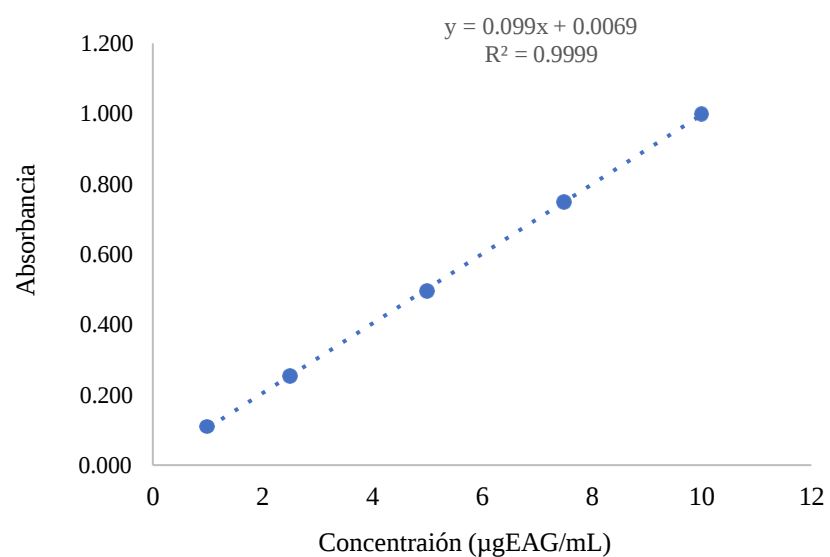


Figura 3. Curva de calibración con ácido gálico para el análisis de fenoles totales.

Anexo II. Lectura de absorbancias en las concentraciones de trabajo para la curva estándar de flavonoides totales.

Concentración (µg EC/mL)	Absorbancia
1	0,042
2,5	0,084
5	0,169
7,5	0,233
10	0,292
15	0,421
20	0,555
25	0,700
30	0,820
35	0,945
40	1,085
45	1,211
50	1,340

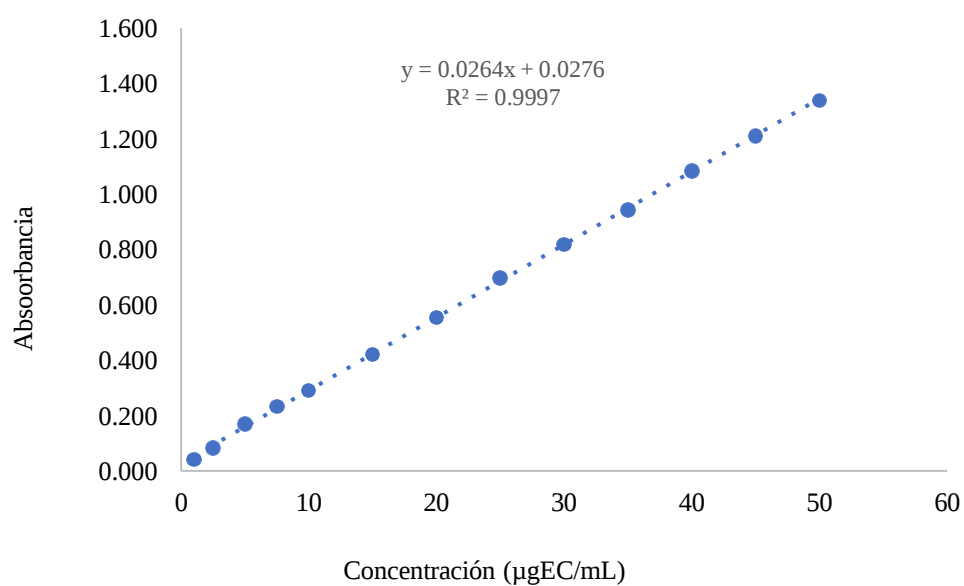
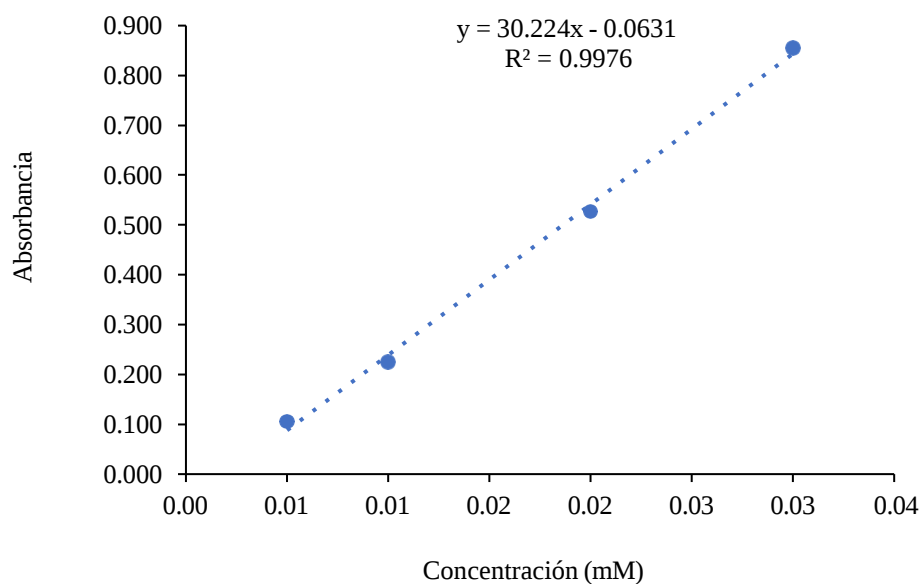


Figura 3. Curva de calibración con catequina para el análisis de flavonoides totales.

Anexo - III. Lectura de absorbancias en las concentraciones de trabajo para la curva estándar del radical libre DPPH.

Concentración (mM)	Absorbancia residual	Absorbancia inhibida
0,03	0,095	0,855
0,02	0,423	0,527
0,01	0,725	0,225
0,01	0,845	0,105

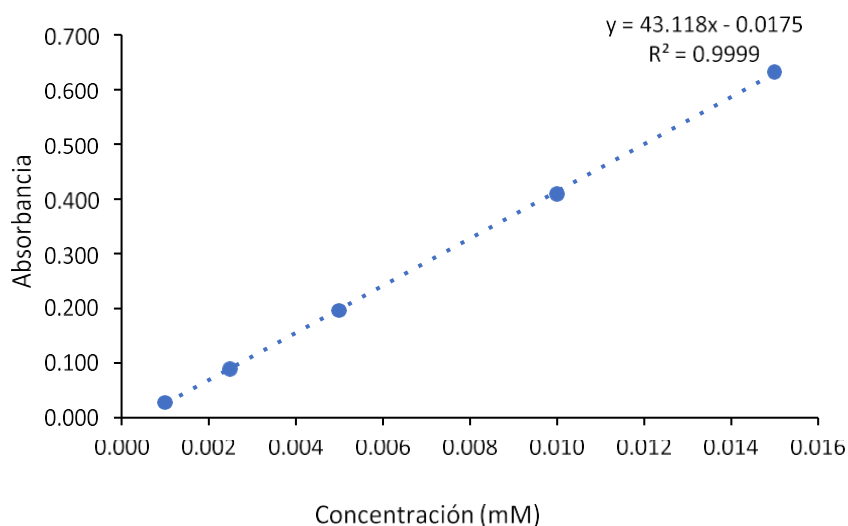
Dato de control: 0,950



Anexo-IV. Lectura de absorbancias en las concentraciones de trabajo para la curva estándar del radical libre ABTS.

Concentración (mM)	Absorbancia residual	Absorbancia inhibida
0,015	0,120	0,632
0,010	0,342	0,410
0,005	0,555	0,197
0,003	0,662	0,090
0,001	0,724	0,028

Dato del control: 0,796



Anexo-V. Lectura de absorbancias en las concentraciones de trabajo para la curva estándar de vitamina C.

Concentración (µg AA/mL)	Absorbancia reducida
1	0,031
2	0,052
3	0,069
4	0,090
5	0,109
6	0,126
7	0,148
8	0,169
9	0,186
10	0,204

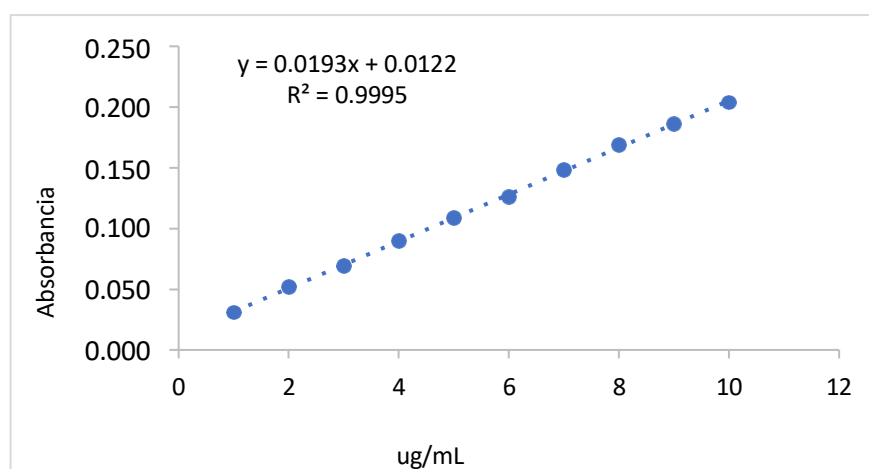


Figura 3. Curva de calibración con ácido ascórbico para el análisis de vitamina C.

Anexo-VI. Encuesta del consumo de ajíes en los restaurantes en Tingo María.

Tipo de restaurante		Cevichería			
Nombre del restaurante		¿Cuál es el ají de mayor demanda?	¿Qué cantidad kg /semana de ajíes consumen?	¿Cuál es el ají de segunda preferencia?	¿Qué cantidad (kg) /semana de ajíes consumen?
Tipo de restaurante		Chifa			
Nombre del restaurante		¿Cuál es el ají de mayor demanda?	¿Qué cantidad kg /semana de ajíes consumen?	¿Cuál es el ají de segunda preferencia?	¿Qué cantidad (kg) /semana de ajíes consumen?
Tipo de restaurante		Menú			
Nombre del restaurante		¿Cuál es el ají de mayor demanda?	¿Qué cantidad kg /semana de ajíes consumen?	¿Cuál es el ají de segunda preferencia?	¿Qué cantidad (kg) /semana de ajíes consumen?
Tipo de restaurante		Parrillada			
Nombre del restaurante		¿Cuál es el ají de mayor demanda?	¿Qué cantidad kg /semana de ajíes consumen?	¿Cuál es el ají de segunda preferencia?	¿Qué cantidad (kg) /semana de ajíes consumen?
Tipo de restaurante		Puesto ambulatorio			
Nombre del restaurante		¿Cuál es el ají de mayor demanda?	¿Qué cantidad kg /semana de ajíes consumen?	¿Cuál es el ají de segunda preferencia?	¿Qué cantidad (kg) /semana de ajíes consumen?
Tipo de restaurante		Tacachería			
Nombre del restaurante		¿Cuál es el ají de mayor demanda?	¿Qué cantidad kg /semana de ajíes consumen?	¿Cuál es el ají de segunda preferencia?	¿Qué cantidad (kg) /semana de ajíes consumen?