

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y
FENOLES TOTALES DEL *Capsicum Spp.* “Ajíes” CULTIVADOS EN
EL NORTE DEL PERÚ.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

KATHERIN PAMELA MENDOZA ROLDAN

HUACHO – PERÚ

2022

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES DEL *Capsicum Spp.* "Ajíes" CULTIVADOS EN EL NORTE DEL PERÚ.

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.viajesdelperu.com Fuente de Internet	2%
2	www.inforegion.pe Fuente de Internet	1%
3	issuu.com Fuente de Internet	1%
4	www.metarevistas.org Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad de la Amazonia Trabajo del estudiante	<1%
6	Yu Xiao, Lu Huang, Yulian Chen, Shanshan Zhang, Xin Rui, Mingsheng Dong. "Comparative study of the effects of fermented and non-fermented chickpea flour addition on quality and antioxidant properties of wheat bread", CyTA - Journal of Food, 2016 Publicación	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y
FENOLES TOTALES DEL *Capsicum Spp.* “Ajíes” CULTIVADOS EN
EL NORTE DEL PERÚ.**

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador



Dr. Danton Jorge Miranda Cabrera
PRESIDENTE



Dra. Sarela Carmela Alfaro Cruz
SECRETARIO



Univ. Nac. José Faustino Sánchez Carrión
FAC. DE ING. AGRARIA, IND. ALIMENTARIA Y AMBIENTAL
E.A.P. DE INGENIERIA INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Ing. en Industrias Alimentarias
Felix Bustamante Bustamante

Dr. Felix Bustamante Bustamante
VOCAL



Mg. Edwin A. Macavilca Ticlayauri
ASESOR

HUACHO – PERÚ

2022



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

ACTA DE SUSTENTACIÓN N°104-2022-FIAIAyA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

En la ciudad de Huacho, el día 05 de diciembre del 2022, siendo las. ^{2.15 p.m.} en la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador integrado por:

Presidente	Dr. DANTON JORGE MIRANDA CABRERA	DNI N°07046189
Secretario	Dra. SARELA CARMELA ALFARO CRUZ	DNI N°08488439
Vocal	Mg. FELIX BUSTAMANTE BUSTAMANTE	DNI N°44229029
Asesor	Mg. EDWIN ANTONIO MACAVILCA TICLAYAURI	DNI N°23015970

Para evaluar la sustentación de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES DEL *Capsicum Spp.* "Ajíes" CULTIVADOS EN EL NORTE DEL PERÚ

La postulante al Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias doña: KATHERIN PAMELA MENDOZA ROLDAN, identificada con DNI N°77154031, procedió a la sustentación de Tesis, autorizada mediante Resolución de N°0753-2022-FIAIAyA, de fecha 05/12/2022 de conformidad con las disposiciones vigentes, la postulante SI absolvió las interrogantes que le formularon los miembros del Jurado.

Concluida la sustentación de Tesis, se procedió a la votación correspondiente resultando la candidata APROBADA por UNANIMIDAD con la nota de:

CALIFICACIÓN		EQUIVALENCIA	CONDICIÓN
NÚMERO	LETRAS		
16	DIECISEIS	BUENO	APROBADA

Siendo las 13.10 p.m del día 05 de diciembre del 2022 se dio por concluido el ACTO DE SUSTENTACIÓN de Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias inscrito en el folio N°323 del Libro de Actas



Dr. DANTON JORGE MIRANDA CABRERA
Presidente



Dra. SARELA CARMELA ALFARO CRUZ
Secretario



Mg. FELIX BUSTAMANTE BUSTAMANTE
Vocal



Mg. EDWIN ANTONIO MACAVILCA TICLAYAURI
Asesor

DEDICATORIA

A Dios que con su gran bendición me permite seguir con mi plan de vida.

A mi hijo Carlos Baruc que todo el esfuerzo que hago es por él y para él.

A mi familia Roldan, en especial a mi mamita Teresa y mi papito Juan (†), que con sus consejos, apoyo y amor incondicional me motivaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, sobre todo al proyecto de Investigación Modalidad FOCAM “FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS”, por el apoyo en el uso de sus equipos y reactivos lo cual me facilitaron para la ejecución de la presente tesis.

Al Ing. Edwin Macavilca por el apoyo y asesoramiento brindado para la culminación de este trabajo de investigación.

Al Dr. Luis Condezo Hoyos por la donación de las muestras de ajíes traídos desde el norte del Perú.

Y a todo aquel que me acompañó y motivó en el transcurso de este trabajo de investigación; familia, jurado, compañeros y amigos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción de la realidad problemática	13
1.2 Formulación del problema	13
1.2.1 Problema general	13
1.2.2 Problemas específicos	13
1.3 Objetivos de la investigación	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación de la Investigación	14
1.5 Delimitación del estudio	14
1.6 Viabilidad del estudio	14
2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Antecedentes de la Investigación	15
2.1.1 Antecedentes Internacionales	15
2.1.2 Antecedentes Nacionales	17
2.2 Bases teóricas	19
2.2.1 <i>Capsicum Spp.</i>	19
2.2.2 Antioxidantes	34
2.2.3 Compuestos fenólicos	36
2.2.4 Capacidad antioxidante	36
2.3 Definiciones conceptuales	37
2.4 Formulación de la Hipótesis	37
2.4.1 Hipótesis General	37
2.4.2 Hipótesis Específicas	37
3 CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	39
3.1 Diseño Metodológico	39

3.1.1	Tipo de la investigación	39
3.1.2	Nivel de investigación.....	39
3.1.3	Diseño	39
3.1.4	Enfoque	39
3.2	Población y muestra.....	40
3.3	Operacionalización de variables e indicadores.....	41
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
3.4.1	Técnicas a emplear	41
3.4.2	Descripción de los instrumentos.....	45
3.5	Técnicas para el procesamiento de la información.....	47
4	CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	48
4.1	Características de las muestras	48
4.2	Capacidad antioxidante de las muestras evaluadas	50
4.2.1	Método directo DPPH – Quencher	50
4.2.2	Método DPPH - Extractable	51
4.2.2	Método ABTS+	52
4.2.3	Método FRAP.....	53
4.3	Contenido de polifenoles totales de las muestras evaluadas	54
4.4	Contenido de Carotenoides	55
4.5	Correlación de polifenoles, capacidad antioxidante, carotenoides y color	56
5	CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	59
5.1	Discusión.....	59
5.1.1	De las características de las muestras	59
5.1.2	De la evaluación de la capacidad antioxidante.....	59
5.1.3	Del contenido de polifenoles	61
5.1.4	Del contenido de Carotenoides.....	62
5.1.5	De la correlación de polifenoles, capacidad antioxidante, carotenoides y color	62
6	CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
6.1	Conclusiones.....	64
6.2	Recomendaciones	64
	REFERENCIAS	66
	ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación taxonómica del Capsicum</i>	20
Tabla 2 <i>Composición química y valor nutritivo de pimiento y ají por 100 g de producto comestible</i>	23
Tabla 3 <i>Variedades producidas de Capsicum en el Perú por presentación</i>	24
Tabla 4 <i>Producción nacional de Capsicum (Miles de toneladas)</i>	24
Tabla 5 <i>Ajés nativos de mayor utilización en el Perú</i>	28
Tabla 6 <i>Contenido de compuestos fenólicos totales en diversos frutos de Capsicum, según su EM</i>	31
Tabla 7 <i>Contenido de compuestos fenólicos totales en diversos frutos de Capsicum</i>	32
Tabla 8 <i>Clasificación de los antioxidantes, según su origen.</i>	35
Tabla 9 <i>Operacionalización de las variables e indicadores del estudio</i>	41
Tabla 10 <i>Codificación de las muestras evaluadas</i>	48
Tabla 11 <i>Resultados de la evaluación de los colores de los ajés</i>	49
Tabla 12 <i>Resultados del Método DPPH – QUENCHER para la capacidad antioxidante</i> ..	50
Tabla 13 <i>Resultados del Método DPPH-EXTRACTABLE para la capacidad antioxidante.</i>	51
Tabla 14 <i>Resultados del Método ABTS+ para la capacidad antioxidante.</i>	52
Tabla 15 <i>Resultados del Método FRAP para la capacidad antioxidante.</i>	53
Tabla 16 <i>Resultados de Polifenoles totales para las muestras de ajés.</i>	54
Tabla 17 <i>Resultado del contenido de carotenoides totales.</i>	55
Tabla 18 <i>Matriz de correlación de Pearson para las evaluaciones en los ajés</i>	56

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Anatomía del ají	21
<i>Figura 2.</i> Producción nacional de ajíes por regiones.....	25
<i>Figura 3.</i> Producción nacional de rocoto por regiones.....	25
<i>Figura 4.</i> Variedades de ajíes nativos del Perú	29
<i>Figura 5.</i> Esquema del proceso experimental de la investigación	40
<i>Figura 6.</i> Diagrama de flujo de la obtención de los ajíes molidos refinadamente	42
<i>Figura 7.</i> Dendrograma de similaridad de los ajíes en base a la capacidad antioxidante, polifenoles, carotenoides y color.	57
<i>Figura 8.</i> Diagrama biplot de las evaluaciones en ajíes liofilizado según el método de componentes principales	58

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES DEL *Capsicum Spp.* “Ajíes” CULTIVADOS EN EL NORTE DEL PERÚ

Katherin Pamela Mendoza Roldan, Edwin Antonio Macavilca Ticlayauri

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales del *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú. **Metodología:** Se emplearon ajíes molidos refinados previamente liofilizados de 5 variedades (ají amarillo, pimentón morrón, limo rojo, limo verde y ají pprika) en diferentes grados de madurez, en los cuales se evaluó la capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH, ABTS+ y FRAP; el contenido de polifenoles totales, mediante el ensayo de Folin Ciocalteu y para la determinación de carotenoides mediante la metodología de Lichtenthaler, la relación entre la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles se estableció mediante el coeficiente de correlación de Pearson, con el análisis de conglomerados se agrup los ajíes por similitud según su capacidad antioxidante y mediante el análisis de componentes principales (PCA) se agruparon los ajíes por el color y la capacidad antioxidante. **Resultados:** El método directo DPPH – Quencher varió en el rango de 644.71 a 681.87 uMol DPPH/g muestra (Limo rojo, grado de madurez 5 a pimentón morrón, grado de madurez 5), DPPH – Extractable de 32.51 a 34.16 uMol DPPH/g muestra (Limo verde, grado de madurez 3 a pimentón morrón, grado de madurez 5), ABTS+ de 11.52 a 62.30 uMol Equivalente Trolox/g muestra (Limo rojo a aj pprika, grado de madurez 2) y FRAP de 11.44 a 28.82 (Pimentón morrón, grado de madurez 5 a limo rojo, grado de madurez 5), el contenido de polifenoles totales varió de 6.31 a 11.52 mg EAG/g de muestra (Ají amarillo, grado de madurez 5 a aj pprika, grado de madurez 1), carotenoides de 267.70 a 1616.43 ug/g muestra liofilizada (Aj pprika, grado de madurez 1 a aj amarillo, grado de madurez 5). Existe una correlación inversa entre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. **Conclusión:** Los ajíes cultivados en el Norte del Perú presentan capacidad antioxidante y fenoles totales.

Palabras claves: Ajíes, capacidad antioxidante, polifenoles, carotenoides.

EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT CAPACITY AND TOTAL PHENOLS OF *Capsicum Spp.* "Chili peppers" CULTIVATED IN THE NORTH OF PERU

Katherin Pamela Mendoza Roldan, Edwin Antonio Macavilca Ticlayauri

ABSTRACT

Objective: To evaluate the antioxidant capacity and the content of total phenols of *Capsicum Spp.* "Chili peppers" cultivated in the north of Peru. **Methodology:** Refined ground chili peppers previously freeze-dried of 5 varieties (yellow chili, bell pepper, red slime, green slime and paprika pepper) were used in different degrees of maturity, in which the antioxidant capacity was evaluated using the DPPH, ABTS + and FRAP methods; the content of total polyphenols, by means of the Folin Ciocalteu test and for the determination of carotenoids by the Lichtenthaler methodology, the relationship between the antioxidant capacity and the content of polyphenols was established by the Pearson correlation coefficient, with the analysis of clusters. The chili peppers were grouped by similarity according to their antioxidant capacity and by means of the principal component analysis (PCA) the peppers were grouped by color and antioxidant capacity. **Results:** The direct DPPH - Quencher method ranged from 644.71 to 681.87 $\mu\text{Mol DPPH} / \text{g sample}$ (Red slime, maturity grade 5 to bell pepper, maturity grade 5), DPPH - Extractable from 32.51 to 34.16 $\mu\text{Mol DPPH} / \text{g sample}$ (Green slime, degree of maturity 3 to bell pepper, degree of maturity 5), ABTS + from 11.52 to 62.30 $\mu\text{Mol Trolox equivalent} / \text{g sample}$ (Red slime to paprika, degree of maturity 2) and FRAP from 11.44 to 28.82 (Bell pepper, degree of maturity 5 to red silt, degree of maturity 5), the content of total polyphenols varied from 6.31 to 11.52 $\text{mg EAG} / \text{g of sample}$ (Yellow pepper, degree of maturity 5 to paprika pepper, degree of maturity 1), carotenoids from 267.70 to 1616.43 $\mu\text{g} / \text{g lyophilized sample}$ (Paprika pepper, degree of maturity 1 to yellow pepper, maturity degree 5). There is an inverse correlation between polyphenol content and antioxidant capacity. **Conclusion:** Chili peppers grown in the North of Peru have antioxidant capacity and total phenols.

Key words: Chili peppers, antioxidant capacity, polyphenols, carotenoids.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe la necesidad de consumir alimentos que sean beneficiosos para la salud (alimentos funcionales), evitando así contraer enfermedades que en su mayoría se originan por un mal hábito alimenticio.

El género *Capsicum* es originario del Alto Perú, tiene incluido al Lago Titicaca, cuya extensión pertenece al país de Bolivia, dicha amplitud tiene recorrido hasta llegar a conquistar todo América, cuya expansión fue rápida en los continentes de Europa y Asia, razón por la cual se denominan en esos lugares: ají, uchú, chile o pimento. Ahora este alimento se puede catalogar como un alimento funcional ya que son una fuente rica de antioxidantes, flavonoides, carotenoides, capsaicinoides, entre otros, aportando beneficios a la salud de los consumidores.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales del *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú, con el fin de conocer que variedad contiene mayor capacidad antioxidante a través de los métodos ABTS+, DPPH y FRAP, los cuales van a permitir establecer la reducción de cada reactivo ante las muestras de los ajíes molidos que se encuentran refinados en cada variedad y compararlos. Asimismo, se tiene que determinar el contenido de polifenoles con el proceso de *Folin - Ciocalteau* y, el contenido que se alberga dentro de los carotenoides con el uso método Lichtenthaler. Finalmente, se determinó la correlación entre la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales con el coeficiente de correlación de Pearson

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Desde la antigüedad el ají *Capsicum Spp*, se presenta como un fruto nativo que tuvo los orígenes en los andes peruanos y en las selvas de Bolivia, el mismo se presenta como parte del consumo de fruto fresco o condimento.

En la actualidad existen más de 1000 variedades de ajíes, lo cual es un producto ganano poco a poco dentro del ámbito gastronómico del Perú y, de talla mundial. Dicho ello, el producto también se emplea como regulador del sistema circulatorio y prevención de afectaciones respiratorias múltiples. Por otro lado, en el ámbito industrial, se utiliza para extraer oleorresinas.

Los colores vivos destacan por los altos niveles de antioxidante, las cuales pueden ser vitaminas o minerales que cumplen un efecto protector en las células del cuerpo y, en el sistema de defensas, puesto que hay agentes externos que producen desde una gripe hasta un cáncer. Por tal razón la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que la tasa de mortalidad se ha determinado por varios tipos de cáncer, lo cual es menor en países a nivel cultural que son consumidores de picante en comparación con otros países que tienen una ingesta diferente. Sin embargo, no existen estudios de identificación ni cuantificación que identifiquen los que posean mayor capacidad antioxidante tampoco se ha identificado los de mayor cantidad de compuestos fenólicos.

En este trabajo de investigación nos centraremos en identificar la capacidad antioxidante y sus compuestos fenólicos en los diferentes ajíes a analizarse en el que observaremos cuál de todas estas muestras contiene mayor capacidad antioxidante y compuestos fenólicos y su relación que existe entre ambos.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales del *Capsicum Spp*. “Ajíes” cultivados en el norte del Perú?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuál es la capacidad antioxidante del *Capsicum Spp*. “Ajíes” cultivados en el norte del Perú?

¿Cuál es el contenido de fenoles totales del *Capsicum Spp*. “Ajíes” cultivados en el norte del Perú?

¿Cuál es la correlación entre la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales del *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales del *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú.

1.3.2 Objetivos específicos

Cuantificar la capacidad antioxidante del *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú.

Cuantificar el contenido de fenoles totales del *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú.

Comparar la correlación de la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales del *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú.

1.4 Justificación de la Investigación

Este estudio de investigación permitirá una mejor información sobre el beneficio que trae consigo el consumo de estas variedades de ajíes ya que son fuente rica de antioxidantes, flavonoides, carotenoides, capsaicinoides, etc. Los ajíes por su elevado contenido de vitaminas C y E, junto con los carotenos, se convierten en un alimento con un alto poder antioxidante y, por tanto, deben formar parte de una dieta saludable con el fin de prevenir enfermedades degenerativas, cardiovasculares, reumáticas y el envejecimiento.

1.5 Delimitación del estudio

El estudio se delimitó en evaluar la capacidad antioxidante y fenoles totales del *Capsicum Spp.* “Ajíes” provenientes del norte de Perú, dichas evaluaciones se realizaron en el laboratorio de Procesos e Ingeniería de Alimentos, de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias (FIAIAyA) de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho.

1.6 Viabilidad del estudio

Esta investigación es viable, ya que se cuenta con un laboratorio de investigación implementado con equipos e instrumentos tecnológicos necesarios para llevar a cabo la determinación de capacidad antioxidante.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Granados, Paola, & León (2019), en su investigación titulada “Actividad antioxidante y contenido fenólico del extracto etanólico de *Capsicum annuum L.*” realizada en Colombia, se detalla que el objetivo fue determinar la actividad antioxidante y el contenido fenólico del extracto etanólico del fruto de la especie *Capsicum annuum L.* proveniente del departamento Norte de Santander, Colombia. En la metodología experimental el extracto etanólico se produjo mediante la técnica de maceración. La actividad antioxidante fue determinada por los métodos DPPH• y ABTS+ y el contenido de fenoles totales por el ensayo de Folin-Ciocalteu. Los resultados obtenidos mostraron que el extracto etanólico de pimentón (*Capsicum annuum L.*) arrojó un valor de IC50 de 343.00 ± 0.25 µg/mL mediante el método DPPH y 174.61 ± 0.10 µg/mL mediante ABTS+, cuyos valores mencionados están directamente relacionados con el contenido en fenoles. En conclusión, el *Capsicum annuum L.* (pimentón) cuenta con un alto contenido fenólico, lo que hace que sea una fuente para el desarrollo de agentes antioxidantes naturales con potencial aplicación en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica.

Barboza (2017), en su tesis titulada “Pimientos del género *Capsicum*: Componentes químicos y potencial antioxidante”. Esta investigación presenta la composición nutricional de los tres pimientos *Capsicum* más consumidos en Brasil: ají (*C. frutescens*), pimiento dulce (*C. chinense*) y pimiento de niña (*C. baccatum*); la composición de ácidos grasos determinada por cromatografía de gases (CG) mediante transesterificación indirecta; el uso de química verde obteniendo extractos con solventes de baja toxicidad, evaluación del potencial antioxidante mediante la determinación del contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu; evaluación de la eficacia antioxidante mediante los métodos ABTS, FRAP y DPPH. La cuantificación del contenido fenólico total varió de 19.95 ± 0.25 a 38.98 ± 0.46 mg de extracto EAG.g⁻¹, con un valor más expresivo para el extracto etanol/agua (8:2) del pimiento *C. frutescens*. La evaluación de la capacidad antioxidante por los métodos DPPH y ABTS, mostró que el agua fue el solvente más efectivo en la extracción de antioxidantes, y el valor de CE50 en los extractos acuosos de los tres pimientos osciló entre 57.49 ± 0.51 a 110.66 ± 0.58 y de 34.28 ± 0.51 a 138.63 ± 0.33 µg/mL de extracto respectivamente. El mejor resultado en estos análisis se obtuvo para el pimiento *C. frutescens*. Por el método FRAP, los extractos con mayor capacidad antioxidante se

obtuvieron con la mezcla de etanol/agua (80:20) para los tres pimientos, con *C. frutescens* y *C. baccatum* no difirieron estadísticamente y exhibieron los mejores resultados 175.48 ± 0.77 y 175.70 ± 0.38 μM de extracto Trolox. g^{-1} respectivamente.

Caballero, Marquéz, & Alberto (2017), en su investigación sobre “Efecto de la Liofilización sobre las propiedades funcionales del ají rocoto (*Capsicum pubescens*)”, afirma que el ají rocoto por ser un alimento funcional de corta vida útil, debe buscarse alternativas que lo preserven, y entre métodos de conservación tenemos a la liofilización. En esta investigación, se utilizó ají rocoto, colectado en San Cristóbal-Medellín, Antioquia (Colombia) y se estudió la capacidad antioxidante, por el método FRAP, fenoles totales, carotenoides, contenido de ácido ascórbico y capsaicina, tanto en la materia prima fresca como liofilizada. Para ello se hizo un arreglo de parcelas divididas, con el factor de la programación de la velocidad de calentamiento entre 0.02 y 0.05°C/ min, durante la sublimación, asignado a la parcela principal y al factor categórico de semilla en la subparcela, con una aleatorización completamente al azar (DCA), con tres repeticiones. Se registró que el ají rocoto fresco con semilla incluida, tiene valores de 1.18 mg equivalentes de ácido ascórbico/g b.s., como capacidad antioxidante por FRAP; 5.37mg, EAG/g b.s., para el contenido de fenoles totales; 4.74mg/g b.s. de carotenoides; 1.88mg/g b.s. de ácido ascórbico y 1.57mg/g b.s. de capsaicina. De esta forma se llegó a la conclusión de que los tratamientos liofilizados con y sin semillas, aumentó la capacidad antioxidante y fenoles totales con respecto al producto en fresco.

Dubey, Singh, Upadhyay, Pandey, & Prakash (2015), en la investigación de “Veinticinco genotipos de ají de la región noreste de India”, reportó la variación de la capsaicina de 0.27% (CHF-CA-1) a 3.03% (CHF-CA-21), contenido de oleorresina de 2.49% (CHF-CA-5) a 9.26% (CHFCA-18) con ácido ascórbico alto a moderado. Los compuestos fenólicos totales variaron de 5.1 (CHF-CA-8) a 26.8 (CHFCA-23) mg GAE/g y los carotenoides totales de 0.09 (CHF-CA-16) a 7.72 (CHF-CA-17) mg/g de peso seco. En cuanto a la evaluación de la capacidad antioxidante mediante el método DPPH se mostró una CI50 baja que oscila de 0.021 a 0.041 mg/mg, baja EC50 de 0.92 a 1.78 mg/mg DPPH, también altos valores de potencial antirradical (56.17-109.52) en los genotipos CHF-CA-6, CHF-CA-7, CHF-CA-17, CHF-CA-21, CHF-CA-22 y CHF-CA-23. El poder reductor varió de 0.92 a 4.10 ASE (equivalente a ácido ascórbico)/ml. La composición fenólica mostró presencia de ácido gálico con otro ácido hidroxicinámico.

Mendoza (2013), en su tesis titulada “Propiedades fisicoquímicas y antioxidantes del chile jalapeño (*Capsicum annuum* var. *annuum*) fresco y seco”, reportó el contenido de polifenoles

totales de Chile durante 30 días. En el día 0 su valor fue de 123.41 ± 2.31 mg de ácido gálico/100 g b.s., en el día 20 su valor llegó hasta 348.33 ± 42.46 mg de ácido gálico/100 g b.s. y es ahí donde presentó el mayor contenido, en el día 25 disminuyó a 121.01 ± 0.46 mg de ácido gálico/100 g b.s. (la menor concentración) y en el último día de almacenamiento el contenido de polifenoles fue 308.33 ± 42.08 mg de ácido gálico/100 g b.s., aumentando más del 50 % su concentración con respecto al día 0; lo que comprueba que la madurez es uno de los factores principales que determinan el contenido de compuestos fenólicos.

Hervert, Sáyo, & Goñi (2010), en la investigación titulada “Compuestos bioactivos de cuatro variedades de pimiento picante (*Capsicum annuum* L.), capacidad antioxidante y bioaccesibilidad intestinal”, reportó que estos contienen una amplia gama de fitoquímicos con conocidas propiedades antioxidantes. Determinaron el carotenoide individual y el contenido fenólico también como las propiedades antioxidantes y se estimó el grado de bioaccesibilidad intestinal de los carotenoides con importancia en la salud humana, el β -caroteno, la β -criptoxantina y la zeaxantina, utilizando un método in vitro modelo gastrointestinal. Los pimientos secos calientes en la etapa madura tenían un alto contenido de compuestos bioactivos que mostraron propiedades antioxidantes significativas (26-80 μ mol equivalentes de trolox/g m. s.), tales como polifenoles (> 2000 mg/100 g m. s.) y carotenoides (95-437 mg/100 g de materia seca), que fueron parcialmente bioaccesibles. La cantidad liberada de la matriz de alimentos por la acción de las enzimas digestivas eran aproximadamente 75% para polifenoles totales, hasta 49% para ambos β -caroteno y zeaxantina, y hasta 41% para β -cryptoxanthin. Estos resultados sugieren que del 50 al 80% de estos los carotenoides podrían llegar al colon para fermentar potencialmente o podrían no estar disponibles.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Gonzales (2019), en su tesis titulada “Carotenoides y clorofila en cinco grados de madurez del ají cerezo triangular (*Capsicum annuum*), utilizando imágenes hiperespectrales”, tuvo como objetivo evaluar el contenido de carotenoides y clorofila en cinco grados de madurez (desde el color verde hasta el rojo entero) a través del método espectrofotométrico y su contenido fue correlacionado con los datos espectrales. Durante el proceso de maduración el contenido de carotenoides en ajíes cerezos rojos aumenta de 43.608 mg/g a 145.45 mg/g y el contenido de clorofila en ají cerezo verde disminuye de 229.33 mg/g a 0mg/g; de la misma manera reporta que no existe diferencia significativa entre los parámetros de pH, °Brix y acidez titulable al avanzar la maduración. Con respecto al índice espectral (CRI2) presentó una correlación positiva de 0.851 ($p < 0.05$) ante el contenido de carotenoides y una

correlación negativa de - 0.5639 ($p < 0.05$) ante el contenido de clorofila, estos métodos permitirían evaluar muestras intactas de ajíes cerezos triangulares en diferentes etapas de maduración.

Paredes, & Peche (2019), en su tesis titulada “Influencia del estado de madurez en el índice de carotenoides del pimiento morrón (*Capsicum annuum*), utilizando visión artificial” se propuso “determinar la cantidad de carotenoides que posee los pimientos morrones en cinco estados de madurez adquiridas en el distrito de Jayanca de la región Lambayeque”. Estas muestras fueron utilizadas en la adquisición de imágenes y digitalizadas mediante el software SpectrononPro y una cámara hiperespectral Pika L donde se extrae los datos espectrales de las muestras para la determinación del índice de carotenoide. Para los parámetros de calidad como clorofila total y carotenoides totales, se utiliza por espectrofotometría adaptado a un lector de placa multipocillos Synergy HT Multi-Mode Microplate Reader (Biotek, Rochester, VT, USA). Así como sus componentes fisicoquímicos (sólidos solubles totales, pH, acidez titulable e índice de madurez). Finalmente se correlacionó el CRI2 con los componentes fisicoquímicos y los parámetros de calidad de los cinco grados de madurez del pimiento morrón (*Capsicum annuum*) y se evaluó estadísticamente las muestras, mediante un análisis de varianza utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 24. Los resultados indicaron que el contenido de clorofila decrece (169.98 $\mu\text{g/g}$ en pimiento 100% verde hasta 0.00 mg/g en pimiento 100% rojo) conforme avanza la maduración, todo lo contrario ocurre con la cantidad de carotenoides (76.98 $\mu\text{g/g}$ en pimiento 100% verde hasta 197.55 mg/g en pimiento 100% rojo); así mismo, el Índice de Reflectancia de Carotenoides (CRI2) determinado mediante la imagen hiperespectral en pimiento 100% verde presentaba un CRI2 de 11 mientras que en pimiento 100% rojo un CRI2 de 41 estos resultados se correlacionaron con las variables de calidad, y la influencia del estado de madurez con el Índice de Carotenoides mediante un análisis de varianza y con una significancia al 95%. Se concluyó que el estado de madurez influye de manera significativa en el índice de carotenoides.

Villar (2019), en su tesis titulada “Capsaicinoides, compuestos fenólicos, actividad antioxidante in vitro y color de 100 accesiones de *Capsicum Spp.*” reportó los contenidos de compuestos fenólicos de cuatro especies en donde deduce que este contenido fue menor en *Capsicum annuum* y *Capsicum baccatum* porque los resultados oscilan desde 0.65 hasta 1.28 g de compuestos fenólicos totales/100 g m.s., mayor en *Capsicum frutescens* (1.16 hasta 1.55 g de compuestos fenólicos totales/100 g m.s.) y en la especie *Capsicum* abarca desde 0.7 hasta 2.24 g de compuestos fenólicos totales/100 g. m.s. Asimismo reportó que la actividad anti radical fue menor en *Capsicum baccatum* (34.6 hasta 81.9 μmol de Trolox equivalente/g.

m.s.), mayor para *Capsicum frutescens* (91.4 hasta 149.1 μmol de Trolox equivalente/g m.s.) y para *Capsicum chinense* presentó una máxima dispersión (27.7 hasta 173.2 μmol de Trolox equivalente/g m.s.). Muchos factores pueden influir en estas diferencias, como el mismo método de ensayo, las condiciones de cultivo, entre otros. La actividad antioxidante parece también estar condicionado por la especie.

Rojas, Patel, Ruiz, Calderón, Asencios, Quispe, & Marcelo (2016), en la publicación “Ajíes Nativos Peruanos Caracterización agro-morfológica, químico-nutricional y sensorial”, dan a conocer las características ya mencionadas en el título de 50 accesiones de ajíes nativos provenientes de la colección del Instituto Nacional de Innovación Agraria de ajíes cultivados en Chincha (Ica), Villa Rica (Pasco) y Pucallpa (Ucayali) a través de los análisis de carotenoides, polifenoles totales y ABTS (método espectrofotométrico) y color extractable (método colorimétrico). Esta publicación nos indica que el ají Limo Rojo (*Capsicum baccatum*) es de color de fruto maduro rojo oscuro y contiene 338.4 mg β caroteno/100 g de ají fresco (carotenoides totales), 0.2 mg EAG/100 g de ají fresco (fenoles totales) y 1.1 mmol Trolox/100 g de ají fresco (ABTS), a diferencia del ají amarillo (*Capsicum baccatum*) que es de color amarillo naranja y que contiene 113.3 mg β caroteno/100 g de ají fresco (carotenoides totales), 0.1 mg EAG/100 g de ají fresco (fenoles totales) y 1.2 mmol Trolox/100 g de ají fresco (ABTS).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Capsicum Spp.*

Llamado ají o pimiento, el género denominado *Capsicum* es cultivado desde épocas de la llegada de Cristóbal Colón, específicamente en Bolivia y Perú. Asimismo, Berrios, Arredondo, & Holwerd (2007) hacen referencia que es un género de plantas angiosperma, dicotiledonas nativo de las regiones de tipo tropical y subtropical en América, la misma pertenece a la familia de la solanáceas. Por ello, se encuentra comprendido en 40 especies aceptadas de un total de 200 casi inscritas.

Al respecto, se atribuyen nombres comunes como frutos inmaduros, también maduro o secados en las especies del género, según su tamaño, color o forma para su procedencia.

2.2.1.1 Taxonomía

Las diferentes formas del pimiento, chile o ají son empleadas por el ser humano, estas pertenecen al género *Capsicum*.

De acuerdo con Nuez, Gil, & Costa (2003) mencionan que el nombre científico que deriva del griego *Kapso* (picar), según refieren otros *Kapsakes* (Cápsula) lo que hace extenso su género en la familia de las solanáceas.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del Capsicum

Capsicum	
Reino	Plantae
División	Spermatophyla
Línea XIV	Angiospermae
Clase A	Dicotyledones
Rama 2	Malvales – Tubiflorae
Orden XXI	Solanales (personatae)
Familia	Solanaceae
Género	Capsicum

Fuente: Nuez et al., 2003.

Este género consta de 5 especies domesticadas: *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. pubescens* y *C. frutescens*. López (2003).

2.2.1.2 Morfología

• Hoja

Nuez, et al. (2003) señalan que poseen hojas lanceoladas de tipo simple, tienen su formación por el peciolo, largo que va uniendo una hoja con el tallo y la parte expandida con la lámina foliar o limbo. Asimismo, posee un borde entero o a penas en la base.

• Flor

Nuez, et al. (2003), mencionan que son flores con órganos reproductores de las plantas, siendo así el pimiento hermafrodita, puesto que es la misma flor que produce gametos masculinos y femeninos. En la forma domesticada de *C. Annuum*, donde las flores se muestran solitarias o aisladas en cada nudo.

Por otro lado, existen poblaciones en que las flores aparecen de forma producida en pares o racimos con mayor número. Las flores tienen unión al tallo por medio de pedúnculo o pedicelo de aproximadamente 10 a 20 milímetros de longitud, asimismo, con 5 a 8 costillas. En tal sentido, junto a que cada flor se encuentra situada un eje o receptáculo y apéndices foliares que conforman las partes florales, siendo el cáliz con 5 a 8 sépalos, la corola con 5

a 8 pétalos y el androceo con 5 a 8 estambres y el gineceo con 2 a 4 carpelos (Nuez, *et al.*, 2003).

- **Semilla**

Tiene como característica una forma aplastada de tipo hemidiscooidal, considerando el lado más recto que presenta el hilo, cuya cicatriz se encuentra ubicada en la zona del funículo al madurar y luego cuando logra separarse de la semilla de la placenta. Asimismo, tiene una superficie casi lisa, la cual posee aspecto pubescente. Por ello, la mayoría de las semillas se encuentran alojadas en la región de la placenta central (corazón). Además, todas las especies son cultivadas de *Capsicum* presentan semillas de color amarillo y, un peso, tamaño que se encuentran relacionados por el tamaño del fruto (Nuez, *et al.*, 2003).

- **Fruto**

El fruto se desarrolla a partir del gineceo de la flor y, con ello de forma concreta con el ovario fecundado. Por otro lado, otras estructuras florales como el pedúnculo, receptáculo y cáliz están presente en el fruto maduro (Nuez, *et al.*, 2003).

2.2.1.3 Estructura anatómica

El fruto de ají a nivel botánico se define como baya, esta se trata de una estructura de tipo, llena de aire con forma de cápsula, de manera verosímil con este peculiar nombre científico *Capsicum* (Griego Kapsakes, Cápsula) (Nuez, *et al.*, 2003).

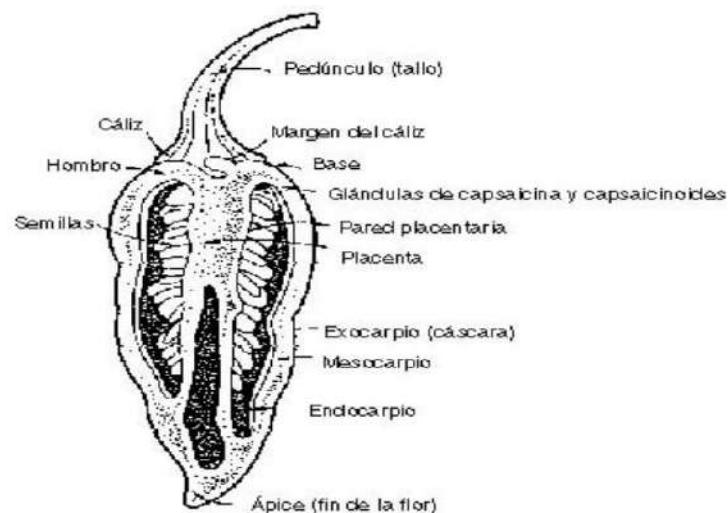


Figura 1. Anatomía del ají

Fuente: Nuez *et al.*, 2003

2.2.1.4 Composición química y valor nutritivo

El contenido nutrimental del ají es alto en comparación con otras hortalizas de amplio consumo, por ejemplo, se podrían mencionar como principales aportes nutricionales a las vitaminas A, C, B₁, B₂ y P.

Somos (1994), menciona que los componentes se dividen bajo la determinación del valor nutrimental del pimiento en dos grupos: el primero engloba a aquellos valores biológicos fijos como el sabor específico, color y otro uso asociado como condimento. A este grupo pertenece las vitaminas, la capsaicina, pigmentos y compuestos volátiles. En el segundo grupo se encuentra enmarcado los azúcares, la fibra, las proteínas, minerales y ciertos ácidos orgánicos.

El contenido más elevado es el de la vitamina A, que comúnmente se encuentra en forma de provitamina como α -caroteno, β -caroteno (el más importante ya que se encuentra en mayor proporción y porque a partir de ahí se obtienen dos moléculas de vitamina A) y criptoxantina, que en el hígado de los seres humanos pasan a transformarse en vitamina A. Nuez (2003), estima que con 3 a 4 g de ají color rojo satisface la cantidad de vitamina A que un adulto necesita.

Con respecto a su contenido de vitamina C, va a depender del cultivo, plantación, riego, estado de madurez, entre otros factores agronómicos (Cano, 2002).

En tanto a los carbohidratos presentes en el ají, es la glucosa en un 90 hasta 98% quien lo determina y el resto es sacarosa. La pectina se encuentra presente en 3 a 7%. En el ají se encuentran aceites volátiles, lípidos, aminoácidos, proteínas (de alto valor biológico), ácidos orgánicos y sustancias minerales (Nuez, 2003).

En la tabla 2 se muestra la composición química y el valor nutricional del ají.

Tabla 2

Composición química y valor nutritivo de pimiento y ají por 100 g de producto comestible

Composición	Pimiento	Ají
Materia seca (%)	8.0	34.6
Agua (%)	82-92	70
Energía (kcal)	26	116
Proteína (g)	1.3	6.3
Grasa (g)	0.7-0.8	0.7-0.8
Carbohidratos (g)	8.8-12.4	8.8-12.4
Fibra (g)	1.4	15
Calcio (mg)	12	86
Hierro (mg)	0.9	3.6
Carotenos (mg)	1.8	6.6
Tiamina (mg)	0.07	0.37
Riboflavina (mg)	0.08	0.51
Niacina (mg)	0.8	2.5
Vitamina C (mg)	103	96
Valor nutritivo medio (ANV)	6.61	27.92
ANV por cada 100 g de materia seca	82.6	80.7

Nota: Tomado de El cultivo de pimientos, dulces y ajés (Nuez, 2003)

2.2.1.5 Producción

El Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri) indicó en setiembre del 2019 que el Perú está entre los mayores productores y exportadores del mundo de frutos del género *Capsicum*, después de China e India.

De las diferentes variedades de *Capsicum* que se producen en el Perú, principalmente se comercializan en conservas y seco, y en menor volumen se comercializan en otras presentaciones como molido, salmuera y salsa. En la tabla 3 se muestran los ajés utilizados para esos fines.

Tabla 3

Variedades producidas de Capsicum en el Perú por presentación

Presentación	Incluyen
Conserva	Piquillo, morrón, jalapeño, rojo, dulce, amarillo, panca, habanero, mirasol, banana, otros.
Seco	Jalapeño, piquillo, rocoto, panca, mirasol, guindilla, dulce, rosado.
Molido	Morrón, guajillo, ají panca, amarillo, rocoto, jalapeño, cayena, tabasco, cherry chipotle, tomatillo.
Pasta	Piquillo, tabasco, habanero, amarillo, rocoto, jalapeño, mirasol, cayena, criollo, morrón.
Polvo	Páprika, jalapeños, panca, guajillo, chipotle, amarillo, rocoto, piquillo, dulce, morrón, habanero.
Resina	Páprika.
Congelado	Morrón, jalapeño, amarillo, rocoto, habanero, panca.
Salmuera	Jalapeño, rocoto, amarillo, dulce, morrón, cayena, cherry, habanero, cerezo.
Salsa	Jalapeño, piquillo, amarillo, rocoto, panca, tabasco, cayena, criollo, charapita, chipotle.

Nota. Tomado de "Desarrollo Agroexportador del Perú", por Promperú, p. 94 (<http://media.peru.info/promperu/Desarrolloagro2016.pdf>).

Según el Censo Agropecuario del 2012 (CENAGRO 2012), de un total de 10 245 unidades productivas o familias que producen ajíes, pimientos y rocotos: 8 942 familias que representa el 87.28% de las Unidades Productivas de la cadena, se dedicaban a la producción de ajíes, pimientos y rocotos, conduciendo un total de 8 528 hectáreas que representa el 59.38% del total del área de la producción de Capsicum. Estas cifras demuestran que la mayoría de productores de ajíes tiene propiedades menores a 1 hectárea (pequeños productores).

La producción nacional de ajíes, pimientos y rocotos cerró en el año 2018 con 201 940 toneladas y ha venido evolucionado favorablemente en los últimos años.

En la tabla 4 se muestra la producción nacional de Capsicum desde el año 2014 hasta el año 2018.

Tabla 4

Producción nacional de Capsicum (Miles de toneladas)

	2014	2015	2016	2017	2018
Ajíes	42.97	38.3	38.93	41.66	49.72
Páprika	34.47	21.38	31.09	24.21	26.23
Pimiento Piquillo	24.65	12.42	11.91	23.52	34.45
Otros pimientos	43.39	47.88	53.14	49.19	50
Rocoto	16.87	20.49	27.09	38.92	41.54
Total Capsicum	162.35	140.47	162.15	177.5	201.94

Fuente: MINAGRI/DGESEP (2019)

Con respecto a la producción por regiones, la región Lima encabeza la producción de ají, con el 33% de la producción, seguido de Tacna (23%) destacando la producción de ají amarillo.

En la siguiente Figura 2 se muestra la producción nacional de ajíes por regiones.



Figura 2. Producción nacional de ajíes por regiones.

Fuente: MINAGRI/DGESEP (2019).

La producción de rocoto se concentra en la región Pasco (83%) destacando la provincia de Oxapampa como la principal zona de producción, como se muestra en la Figura 3.

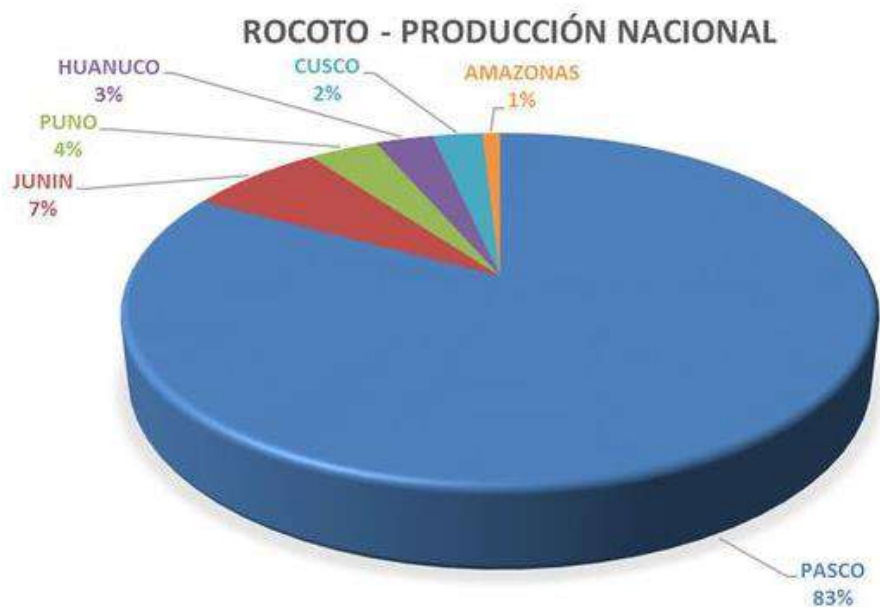


Figura 3. Producción nacional de rocoto por regiones.

Fuente: MINAGRI/DGESEP (2019).

2.2.1.6 Variedades en el Perú

En el Perú existe alrededor de 350 variedades de ajíes con distintos grados de pungencia, que hace referencia a la sensación de picor que se percibe en el paladar humano, dicho grado se mide en la escala de *Scolville* (Jäger, Jiménez, & Amaya, 2013). Asimismo, estos son cultivados en los 24 departamentos del país, donde se encuentran variedades de ajíes que provienen de las distintas regiones del Perú (a partir de los 1 500 msnm) para todos los gustos desde los menos picantes hasta los más picantes, más ahumados, suave, guisos o para distintos acompañamientos. Existen muchas variedades del género *Capsicum*, a continuación, las más comunes:

- **Pimiento morrón (*Capsicum annuum*)**

Es uno de los clásicos en nuestros mercados, en nuestras mesas, es un pimiento carnoso, dulce en mayor o menor medida, según el grado de madurez que se puede apreciar por el color, el pimiento morrón pertenece a la familia de las *Solanaceae* (Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo [PROMPERÚ], 2016).

- **Páprika (*Capsicum annuum*)**

Comúnmente se denomina como pimiento o ají dulce. Es una baya semi-cartilaginosa, al principio son verdes y conforme a su estado de maduración se vuelve rojo, brillante, carnoso y llegan a medir hasta 25 cm de largo. Rico en vitamina C, se comen crudos, cocidos o en guisos, industrialmente usado como colorante natural para alimentos y cosméticos (Chavesta, 2015).

- **Ají amarillo (*Capsicum baccatum var. pendulum*)**

Es conocido como el rey de los ajíes, dicho adjetivo se califica por su color amarillo que realmente es anaranjado y mide aproximadamente 10 centímetros de largo, se encuentra en la mayoría de los platos bandera del Perú, tras ofrecer una gran variedad y mistura en el realce de su sabor. Asimismo, estas versiones pueden encontrarse frito y molido, aunque también en láminas finas para un agradable lomo saltado. Por otro lado, el ají mirasol sería de la misma variedad, pero deshidratado, puesto al secado del sol, lo que le otorga un sabor más concentrado y menos picante (Sociedad Peruana de Gastronomía [APEGA], 2009).

- **Ají limo (*Capsicum chinense Jacquin*)**

Es otro de los ajíes característicos del Perú, pequeño, tiene el atributo de presentar distintas formas (alargada o redondeada) y colores: rojo, blanco, verde, amarillo o morado. Desprende mucho olor y es más picante que el ají amarillo. Utilizado en salsas picantes, como condimento y en platos como el ceviche y tiradito. (García, 2011).

- **Ají panca (*Capsicum chinense*)**

Este se consume en su mayoría seco, se encuentra fácilmente en polvo para los aderezos de las pizzas o pastas, su sabor es intenso lo cual hace ideal para sazonar algunos guisos. Cuando está maduro tiene una coloración marrón o rojo oscuro y una pungencia leve (Bosland, & Votava, 2000; DeWitt, & Bosland, 2009; Mejía, 2013).

- **Rocoto (*Capsicum pubescens*)**

Tiene apariencia de un pimiento más pequeño, contiene un principio activo llamado capsaicina, que brinda beneficios saludables. A diferencia con el resto de ajíes, este posee sus semillas de color negro. Mayormente producido en valles andinos, sembrado todo el año en clima templado entre 18 a 20 °C (Ministerio de Agricultura del Perú [MINAG], 2012).

- **Ají charapita (*Capsicum frutescens*)**

Considerado uno de los ajíes más picantes del Perú, representativo de la región Selva donde lo utilizan para la preparación de platos típicos de la zona, asimismo, ha sido el primer ají de la Selva en tener envíos al extranjero contando con una gran aceptación. (García, 2011).

- **Ají ayuello (*Capsicum baccatum*)**

Es un *Capsicum* primo del ají amarillo, se distingue por el preparado de los juanes, en su mayoría es original de las regiones de San Martín y Ucayali (APEGA, 2009).

- **Ají paca (*Capsicum baccatum*)**

Es un tipo de ají amarillo que tiene por característica una longitud hasta de 25 cm, se hace referencia al paca por su peculiar forma, es característico del sur del Perú y se cultiva en Arequipa, Moquegua y Tacna. (APEGA, 2019).

- **Ají mocho (*Capsicum chinense*)**

Es característico del departamento de La Libertad. Al mismo tiempo, es llamado así porque proviene del distrito de Moche (provincia de Trujillo), tiene un aspecto amarillo intenso y de aroma cítrico (PROMPERÚ, 2016).

- **Pipí de mono (*Capsicum microcarpum*)**

Es un ají que tiene un tamaño diminuto alcanza entre los 1 a 2 cm de largo, hasta el momento se ha caracterizado por ser el más picante, es de origen amazónico. (PROMPERÚ, 2016).

- **Ají arnauco (*Capsicum chinense*)**

Este pequeño ají que tiene forma como un trompo o ligeramente alargado, es un ají representativo del Norte Chico de Lima (Barranca, Huacho, Supe, Casma). Probablemente sea un pariente cercano del ají limo. Usado en el ceviche (APEGA, 2019).

En la tabla 5 se lista las especies y variedades de ajíes nativos más utilizados en el Perú y las regiones donde se cultivan.

Tabla 5

Ajíes nativos de mayor utilización en el Perú

Especie (Nombre científico)	Variedad (Nombre común)	Regiones donde se encuentra
	Cerezo	Costa norte (Lambayeque)
<i>Capsicum annuum L.</i>	Pipí de mono (pincho o pinguita de mono)	Costa y Amazonía
	Cacho de cabra (uña de gavilán, cuerno de venado, uña de pava)	Costa norte (Lambayeque)
	Verde (largo)	Costa norte (Tumbes y Piura)
<i>Capsicum baccatum L.</i>	Pacae	Costa -producción intensiva- (Arequipa, Moquegua, Tacna)
	Ayuyo (ayucello)	Amazonía, mayormente Ucayali y San Martín
	Challuaruro (chaiguaruro)	Amazonía
<i>Capsicum baccatum L. var. pendulum</i> (Willd.) Eshbaugh	Escabeche (ají amarillo fresco, ají mirasol seco)	Costa -producción intensiva- (principalmente de Lambayeque a Tacna)
	Limos (paringo, miscucho, bola, picante, entre otros)	Costa norte
	Mochero	Costa norte (La Libertad)
	Arnaucho	Costa norte (Norte chico)
<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	Panca (especial, negro, rojo, colorado)	Costa - producción intensiva- principalmente central y sur
	Charapitas (charapones)	Amazonía
	Dulce	Amazonía (con mayor frecuencia en tierras bajas)
	Pucunucho	Amazonía
<i>Capsicum frutescens L.</i>	Malagueta (a veces también lo llaman pipí de mono)	Amazonía
	Rocoto	Andes bajos y de altitud media
<i>Capsicum pubescens</i> Ruiz, & Pav.	Rocoto de huerta	Andes -quebradas y huertas abrigadas, principalmente entre la sierra sur
	Rocoto	Andes - selva central de altura

Fuente: Jäger, et al., 2013.

En la Figura 4 se muestra las variedades de ajíes nativos más utilizados en el Perú.



Figura 4. Variedades de ajíes nativos del Perú

Nota. (a) Ají cerezo, (b) Ají pipí de mono, (c) Ayuyo, (d) Challuaruro, (e) Ají amarillo, (f) Ají mirasol, (g) Ají dulce, (h) Ají panca, (i) Ají malagueta, (j) Rocoto. (Jäger, *et al.*, 2013).

2.2.1.7 Compuestos fenólicos en Capsicum

De acuerdo con Cichewicz, & Thorpe (1996) sostienen que se ha demostrado que los capsaicinoides no son compuestos únicos con característica de actividad microbiana de *Capsicum*. Asimismo, Cushnie, & Lamb (2011) refieren que se han demostrado diversos tipos de compuestos fenólicos tales como polifenoles, flavonoides y carotenoides, dicha acción presenta acción microbiana que actúan en sinergia con los antibióticos e inactiva la virulencia bacteriana. Para agregar, Domingo, & López (2013) mencionan que estos compuestos afectan de manera considerable a la membrana citoplasmática y el metabolismo, ocasionando un retraso e inhibiendo que se prolifere la microbiana.

Para determinar los compuestos fenólicos de manera total, se realiza mediante el método espectrofotométrico de Folin - Ciocalteu. Para ello, la muestra de oleorresina es tratada con concentraciones que son variables de agua destilada y carbonato de sodio. Asimismo, el reactivo Folin - Ciocalteu, al reaccionar con la muestra se forma un complejo azul absorbente cuya acción es medida por espectrofotometría luego de la incubación bajo oscuridad y temperatura ambiente.

Para añadir, Cerón-Carrillo *et al.* (2014) sostienen que el ácido gálico, tiene función estándar, el cual es procesado como muestra de la oleorresina, luego es expresado en miligramos como equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto.

En la tabla 6 se puede observar la cantidad de compuestos fenólicos totales en una diversidad de frutos de *Capsicum*.

Tabla 6

Contenido de compuestos fenólicos totales en diversos frutos de *Capsicum*, según su EM

Especie de <i>Capsicum</i>	Contenido de compuestos fenólicos totales	Solvente – método de detección	Fuente
Poblano (<i>C. annuum</i> var. <i>Annum</i>)	EM 1: 1.11 mg EAG/g	Methanol -Folin-Ciocalteu	Cerón-Carrillo et al., 2014
	EM 2: 1.08 mg EAG/g		
	EM 3: 1.09 mg EAG/g		
Serrano (<i>C. annuum</i> L. <i>Acuminatum</i>)	EM 1: 1.66 mg EAG/g	Methanol -Folin-Ciocalteu	Cerón-Carrillo et al., 2014
	EM 2: 1.97 mg EAG/g		
	EM 3: 2.43 mg EAG/g		
Habanero (<i>C. chinense</i>)	EM 1: 2.94 mg EAG/g	Methanol -Folin-Ciocalteu	Cerón-Carrillo et al., 2014
	EM 2: 2.77 mg EAG/g		
	EM 3: 2.12 mg EAG/g		
Pimiento malagueta (<i>C. frutescens</i>)	4.9 mg EAG/g	Hexano-Folin-Ciocalteu	Nascimento et al. 2014
Pimiento malagueta (<i>C. frutescens</i>)	110.6 mg EAG/g	Acetonitrile-Folin-Ciocalteu	Nascimento et al. 2014

EM: Estado de maduración. EAG: Equivalentes de ácido gálico

Para lograr identificar y cuantificar los compuestos fenólicos específicos se utilizan la cromatografía líquida de resolución alta (HPLC). Asimismo, dichas proporciones difieren de manera amplia, según la variedad.

En la tabla 7 se mencionan los compuestos fenólicos en frutos de *Capsicum*.

Tabla 7

Contenido de compuestos fenólicos totales en diversos frutos de Capsicum

Compuesto fenólico	Cantidad (mg/g)
Ácido cafeico	0.064 – 0.545
Ácido cinámico	0.04
Ácido clorogénico	0.799
Ácido ferúlico	0.072
Ácido Protocatecuico	0.343 – 0.519
Ácido rosmarínico	0.060 – 4.019
Ácido sinápico	0.25
Ácido siríngico	0.045
Ácido vainillínico	0.146
Miricetina	3.315
Naringenina	0.022 – 0.044
Quercetina	0.041

Fuente: Pavlovic *et al.* (2012)

2.2.1.8 Capacidad antioxidante en Capsicum

Kuskoski *et al.* (2005) mencionan que existen algunos métodos con los que se evalúa la actividad antioxidante, siendo una de las más recurridas la evaluación “*in vitro*”, que tiene capacidad antioxidante total, considerando que se genera un compuesto, mezcla o alimento. Por tal razón, se determina que la actividad antioxidante frente a los radicales cromógenos, exponen una pérdida de color proporcional con la concentración. Sin embargo, dichas determinaciones poseen la capacidad antioxidante realizadas de forma “*in vitro*” por lo cual se desarrolla a situaciones complejas.

Además, hace referencia que la capacidad antioxidante únicamente no se encuentra dados por la suma de capacidades de antioxidantes respecto a cada uno de sus componentes, sino que dependen del microambiente en el cual se encuentra compuesta. Para agregar, sostienen que estos compuestos tienen la capacidad de interactuar entre sí, pudiendo inducirse como efectos de tipo sinérgicos.

De acuerdo con Nuez *et al.* (2003) sostienen que los ajíes destacan por su extensa variabilidad en cuanto al tamaño, forma y color de frutos. Dicha variabilidad, se relacionan

con su contenido de antioxidantes como es la vitamina C. Los fenoles, son de característica especial, aquí se tienen a los ácidos fenólicos y flavonoides, los cuales son compuestos secundarios. Al respecto, todo ello puede neutralizar radicales libres y con ello modular la actividad que es provocada con las enzimas.

Además, Howard *et al.* (2000) refieren que todo ello puede fortalecer el sistema inmunológico, mediante la regulación y expresión genética, influyendo así con la proliferación celular y apoptosis. Para añadir, el ácido ascórbico, el mismo que es denominado como Vitamina C, es considerado como uno de los compuestos más importantes en prevenir enfermedades cardiovasculares, cataratas, cáncer, entre otras.

Estos ajíes podrían ser empelados de manera fácil, para orientarse a productos compuestos por antioxidantes mediante una dieta apropiada, aunque este varíe según la variedad del pimiento (Perla *et al.* 2016). En este trabajo se ha cuantificado la capacidad antioxidante y fenoles totales, así como la correlación existente entre ellos.

Los ajíes también contienen carotenoides. Diversos estudios informan que los carotenoides son antioxidantes. Al respecto, Martínez (2003) hace referencia que los carotenoides, son una clase de pigmentos con cuarenta átomos que derivan del carbono biosintético, lo mismo que se originan por solventes apolares en su mayoría.

Vilaplana (2007) refiere que el carotenoide más representativo es la beta caroteno, porque se convierte en el intestino en dos moléculas de vitamina A. Asimismo, esta capacidad es exclusiva de algunos carotenos y no poseen cierta relación directa con su potencial antioxidante.

Mínguez (2010) sostiene que el carotenoide inhibe el proceso de auto-oxidación lipídica, puesto que su presencia se encuentra en las membranas celulares, evitando así los procesos negativos consecuentes. Además, reacciona con otros radicales de variada naturaleza, tal es el ejemplo de los que se forman en el metabolismo compuestos de xenobióticos.

2.2.1.9 Beneficios de los *Capsicum*

Según algunas investigaciones, comer ají disminuye el apetito y regularmente tiene cierto efecto en el dolor y varias enfermedades debido a la capsaicina, que ha demostrado ser un compuesto con propiedades analgésicas y antiinflamatorio por ser una sustancia que previene enfermedades por excelencia. Una de las importantes propiedades fisiológicas de la capsaicina es su efecto selectivo sobre la zona periférica del sistema nervioso, especialmente sobre las neuronas aferentes primarias. La capsaicina reduce la transmisión del impulso nervioso del dolor, por tanto, la convierte en un instrumento muy versátil en el uso terapéutico como analgésico tópico para el tratamiento de ciertos dolores como artritis

reumatoide, neuralgia post-herpética, neuropatías diabéticas y osteoartritis, entre otras (Fernandez, 2007).

Asimismo, el consumo de ajíes aporta, en cualquiera de sus variedades, una amplia diversidad de nutrientes. Además, investigadores peruanos han apuntado al potencial del rocoto en la prevención de úlcera y cáncer de estómago.

Asimismo, Kurita *et al.* (2002), sostienen que pueden emplearse para distintos alcances, como es la pérdida de peso o defensa antimicrobiana. Se tiene en cuenta que antiguamente las civilizaciones lo utilizaban como analgésico. Además, Ramachandran, & Srivastava (2017) tiene como propiedad suprimir el crecimiento de tumores pancreáticos mediante la regulación negativa de glucólisis y respiración mitocondrial.

2.2.1.10 Usos

Abugara (1990) sostiene que la utilización del ají es variada, ello está presente en la mayoría de cocinas del mundo, todos degustan su valor agregado en su arte culinario, esperando ser condimento o acompañamiento. Asimismo, los platos de tipo picante se usan cuando los ajíes se encuentran fresco. Por ello, los usos de los frutos naturales o procesados del *Capsicum annuum* son variados, ya sea que se encuentren crudos, cocidos. Además, existe una gran variedad de gama industrial en su proceso para la alimentación humana.

En el mercado actual su consumo natural como fruta fresca es menor en comparación con otras verduras que, principalmente se usan en pequeñas cantidades, como parte de salsas. Asimismo, sus frutas frescas, se emplean en gran cantidad como encurtidos. Por ello, la mayoría considera al *Capsicum* como un ingrediente necesario e importante en las ensaladas, así como en función a su aceptación se usa como planta ornamental.

2.2.2 Antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos o sustancias que tienen como acción principal generar un retardo en el organismo para inhibir la oxidación de sustratos susceptibles a los EROs.

Dicha oxidación es inducida por medio de las moléculas biológicas, membranas y tejidos, la cual es inducida por oxígeno en su estado activo, mediada por radicales libres, siendo la causa del aumento de incidencia en enfermedades degenerativas.

Asimismo, el metabolismo oxidativo, presenta un proceso biológico normal, tiene la función de generar radicales libres oxigenados, lo cual incluye el radical superóxido (O_2^\ominus), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el radical óxido nítrico (NO^\ominus) y el oxígeno singulete (O_2). Además, la radiación cósmica y la radiación electromagnética de baja longitud de onda pueden dividir el agua en el organismo para generar el radical hidroxilo, OH^\cdot .

Además, considerando cierta parte de los superóxidos son producidos por reacciones químicas, en las que muchas moléculas del cuerpo interactúan directamente con el oxígeno, para producir superóxido. También, se cuentan con superóxido que produce, deliberadamente, por células como fagocitos activados dando origen a grandes cantidades de superóxido, teniendo en cuenta que los mecanismos de defensa, del organismo, frente a las agresiones de diversa índole, tales como en las inflamaciones crónicas pueden afectar los mecanismos normales de protección.

Para agregar, se tiene en cuenta que casi aproximadamente el 1 al 3 % de oxígeno que respiramos sirve para producir superóxido, lo cual puede producir más de dos kilos al año, considerados en personas con infecciones crónicas pueden aumentar (Lima, 2008).

La clasificación de los antioxidantes según su origen se presenta en la tabla 8.

Tabla 8

Clasificación de los antioxidantes, según su origen.

Origen	Acción
1. Exógenos	
Vitamina E	Neutraliza el oxígeno singlete Captura radicales libres hidroxilo Captura O ₂
Vitamina C	Neutraliza peróxidos Neutraliza el oxígeno singlete Captura radicales libres hidroxilo Captura O ₂ Regenera la forma oxidada de la vitamina E
Betacarotenos	Neutraliza el oxígeno singlete Flavonoides, licopenos
2. Endógenos	
Enzimáticos	Cofactor
Superóxido dismutasa (SOD)	Cobre, Sodio, Manganeseo
Catalasa (CAT)	Hierro
Glutación peroxidasa (GPx)	Selenio
3. No enzimáticos	
Glutación	Barreras fisiológicas que enfrenta el oxígeno a su paso desde el aire hasta las células
Coenzima Q	Transportadores de metales
Ácido Tioctico	(transferrina y ceruloplasmina)

Fuente: Venereo Gutiérrez, Justo R. (2002).

2.2.3 Compuestos fenólicos

Las plantas vasculares sintetizan una gran cantidad de moléculas orgánicas, como consecuencia de su metabolismo secundario.

Robbins (2003) sostiene que los fenoles son metabolitos de tipo secundarios que se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Se encuentran localizados en distintas partes de las plantas y su concentración es variable a lo largo de ciclo de vida vegetativo. Todos los compuestos interactúan en diversas funciones, una de ellas es la asimilación de nutrientes, la síntesis protéica, actividad enzimática, entre otras.

De acuerdo con Kahkönen (2001) sostiene que los fenoles tienen asociación con características sensoriales como el sabor, astringencia y dureza, todo ello asocia características nutritivas y antioxidantes por ser alimentos de origen vegetal, todos estos atributos son respuesta de la reactividad del grupo de fenol.

Para agregar, Duthie (2003) sostiene que los compuestos fenólicos, tienen una fuerte capacidad antioxidante que se relaciona con su capacidad para atrapar los radicales libres y romper las reacciones en cadena de los radicales libres. El consumo de compuestos fenólicos, tiene asociación correlacional de disminuir el riesgo en las enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer.

2.2.3.1 Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos

Proteggente (2002) menciona que, con el paso de los años, se ha evidenciado algunos beneficios atribuidos al compuesto de fenoles, se sostienen innumerables estudios donde sugieren que se debe mejorar el consumo de frutas y verduras para reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer, puesto que estos elementos poseen antioxidante lo cual ayuda a prevenir a la oxidación lipídica, la mutación del ADN y el daño del tejido.

2.2.4 Capacidad antioxidante

Fernández et. al. (2004) refiere que los antioxidantes son moléculas que ayudan a disminuir, retardar la oxidación de otras moléculas y sustratos. Los antioxidantes actúan de acuerdo a la reacción redox que otorga un electrón o un átomo de hidrógeno, de esta manera cumple su función para hacer una reparación de daño oxidativo. Por otro lado, se considera asociar la actividad biológica de los compuestos polifenólicos por la capacidad de captar los radicales libres que se asocian con normalidad a la capacidad antioxidante.

Repo, & Encina (2008) mencionan que la capacidad se debe a los diferentes compuestos que se encuentran en composición como los fenólicos, carotenos, antocianinas, ácido ascórbico, entre otros.

Para agregar, Sellapan, Akoh, & Krewer (2005) sostienen que diversos compuestos cromógenos (ABTS, DPPH, DMPD, DMPO y FRAP) son empleados como métodos para determinar la capacidad de compuestos fenólicos que contienen los frutos para captar los radicales libres y operar en contra de los efectos perjudiciales que causa el proceso de oxidación.

2.3 Definiciones conceptuales

Ají: Es el fruto (baya) de diversas especies de plantas del género *Capsicum*, de la familia de las solanáceas.

Antioxidantes: Moléculas que previenen la oxidación o el daño celular generado por unas sustancias tóxicas llamadas radicales libres, los cuales circulan por todo el cuerpo y dañan el ADN o la estructura genética de las células, las inflaman y deterioran.

Compuestos fenólicos: Son metabolitos secundarios producidos por los vegetales cuya estructura química se encuentra con presencia de anillos aromáticos (Cano, Alcaraz, & Acosta, 2002).

Fenoles totales. La preservación del contenido fenólico tiene un gran impacto en la calidad debido a que la contribución de los fenoles no sólo afecta las reacciones de pardeamiento enzimático, sino también influye sobre el valor nutricional del producto. (Kevers et al., 2007)

Polifenoles: Los polifenoles son un grupo importante de fitoquímicos encontradas en plantas caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula.

Capacidad antioxidante: Capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, de tal manera que un antioxidante actúa, principalmente, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres. Disminuye la presencia de las especies reactivas de oxígeno antes de reaccionar con diversos sustratos (lípidos, proteínas, ADN).

2.4 Formulación de la Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

El *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú presentan capacidad antioxidante y están relacionadas con el contenido de fenoles totales.

2.4.2 Hipótesis Específicas

El *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú presentan capacidad antioxidante.

El *Capsicum Spp.* “*Ajíes*” cultivados en el norte del Perú presentan fenoles totales que son cuantificables.

La capacidad antioxidante de *Capsicum Spp.* “*Ajíes*” cultivados en el norte del Perú presentan diferencias significativas y están correlacionadas con el contenido de fenoles totales.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño Metodológico

3.1.1 Tipo de la investigación

El trabajo de investigación es de tipo cuantitativo porque se trabajó bajo una realidad observable y medible, registrando y analizando las variables mediante estadísticas.

3.1.2 Nivel de investigación

Esta investigación es de nivel explicativo y correlacional, ya que se pretende explicar la capacidad antioxidante y fenoles totales del *Capsicum Spp.* “Ajíes” cultivados en el norte del Perú y el grado de relación existente entre su capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales.

3.1.3 Diseño

La investigación corresponde al diseño experimental, porque se arribó desde la ruta del método científico para contrastar las hipótesis y teorías, recogiendo la información precisa de las variables a estudiar, con el fin de evaluar la capacidad antioxidante de las muestras de ajíes y fenoles totales y también, el grado de asociación entre estas dos determinaciones.

3.1.4 Enfoque

El estudio se realizó con el fin de obtener información acerca de la capacidad antioxidante y fenoles totales presentes en el *Capsicum Spp.* “Ajíes”, utilizando los medios pertinentes para llegar ha dicho fin, obteniendo resultados que aporten a la disertación de temas de enfoque investigativo cuantitativo.

En la figura 5 se muestra el esquema del proceso experimental.

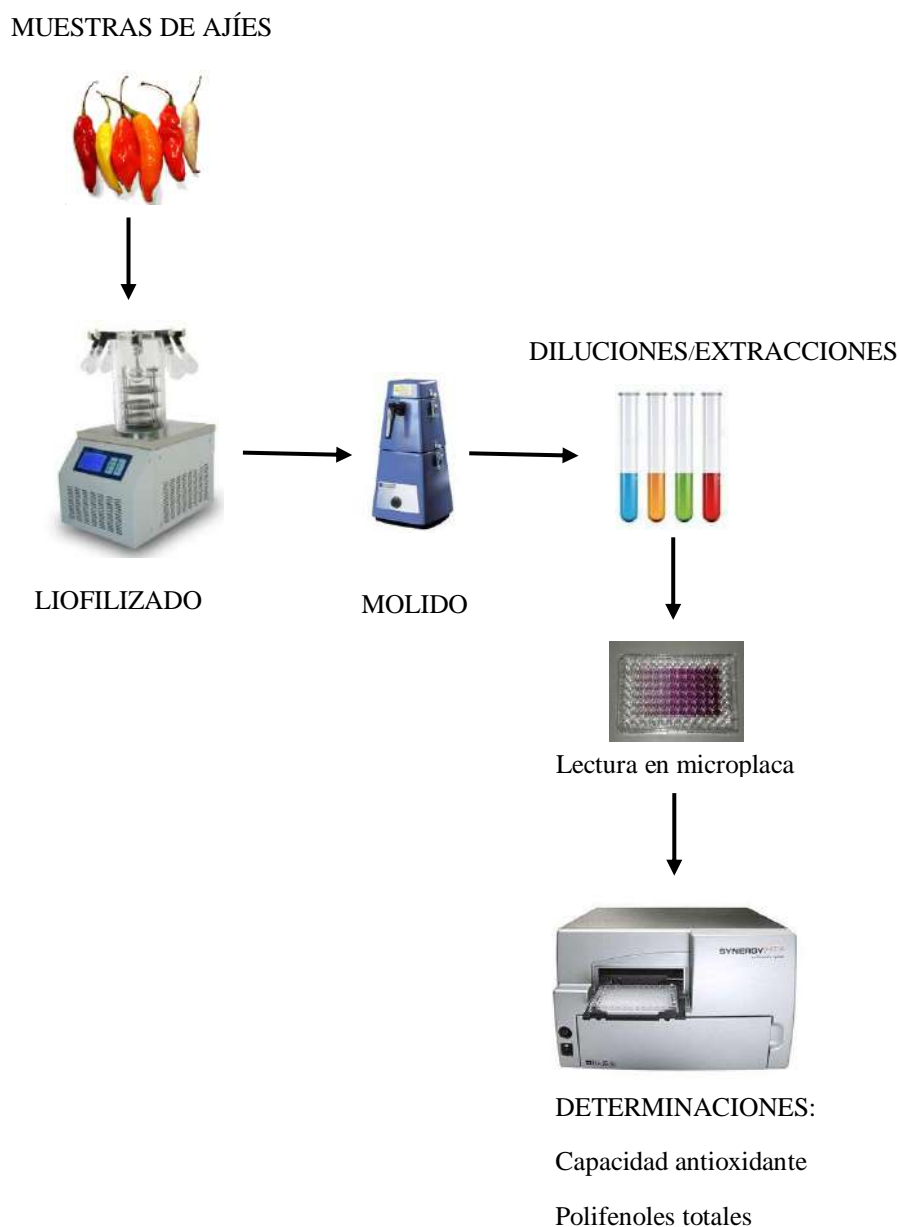


Figura 5. Esquema del proceso experimental de la investigación

3.2 Población y muestra

La población está conformada por ajíes cultivados en el norte del Perú.

Las muestras son los ajíes molidos refinados previamente liofilizados de 4 variedades (Ají amarillo, pimentón morrón, ají limo y ají paprika) en diferentes grados de madurez, las mismas que son cultivadas en el norte del Peru.

3.3 Operacionalización de variables e indicadores

En la tabla 9, se presentan las siguientes variables operacionales en este trabajo de investigación.

Tabla 9

Operacionalización de las variables e indicadores del estudio

Variabes	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de medición	Unidad de medida
<u>Independiente:</u> Muestras de ajíes	Propiedades físicas	Índice de madurez	Colorímetro	
		DPPH	Lector microplacas	uMol inhibido DPPH/g
<u>Dependientes:</u> Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos	Capacidad anti radical	ABTS+	Lector microplacas	uMol Equivalente Trolox/g
		FRAP	Lector microplacas	uMol EAG/g
	Contenido de polifenoles	Folin-Ciocalteu	Lector microplacas	mg EAG/g
	Contenido de carotenoides	Espectrofotometría	Lector microplacas	ug/g

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas a emplear

3.4.1.1 Tratamiento de la muestra

En la figura 6, se muestra el diagrama de flujo de la obtención de las muestras de ajíes molidos refinadamente para sus análisis posteriores.

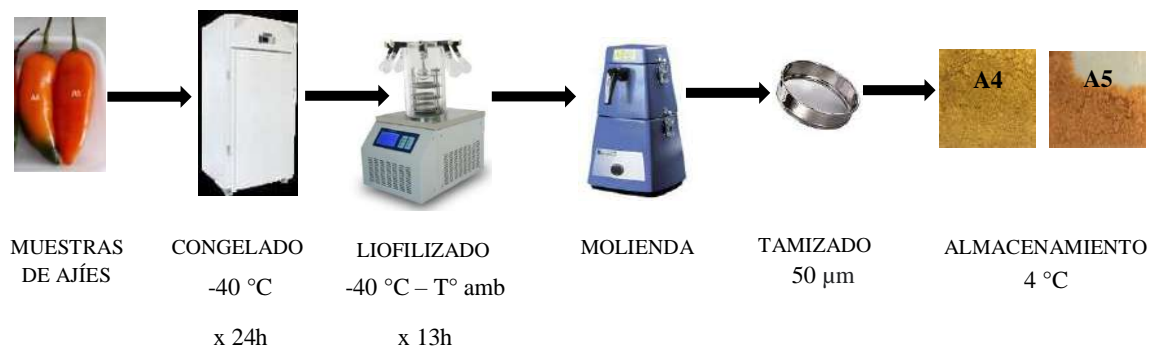


Figura 6. Diagrama de flujo de la obtención de los ajíes molidos refinadamente

3.4.1.2 Determinación del color

Para determinar el color de las muestras de ajíes se usó el colorimétrico CR-400 (Konica Minolta Inc., Japón), calibrándolo previo a su uso con una placa blanca estándar con un iluminante C y un observador 2°. La medición del color se realizó por triplicado, colocando las muestras en un disco de vidrio óptico de 40 mm de diámetro para medir los parámetros de color CIEL*a*b* según lo descrito por (Mathias-Rettig, & Ah-Hen, 2014) para lo cual se usó el software OnColor QC (CyberChrome, Inc, USA).

3.4.1.3 Determinación de la capacidad antioxidante

Método directo DPPH Quencher

El método QUENCHER (QUick, Easy, New, CHEap y Reproducible) es un ensayo directo, es decir no requiere de extracción con solventes. Se basa en la reacción sólido-líquido, permitiendo la cuantificación de antioxidantes solubles y/o insolubles en la evaluación de capacidad antioxidante total de las muestras. Para la capacidad antioxidante por este método se siguió lo propuesto por Condezo-Hoyos, Abderrahim, Arriba, & González (2015), donde concretamente se pesó 1 mg de ají liofilizado molido y se mezcló con 1 mL de DPPH (120 µM), luego a 200 rpm por 10 minutos a temperatura ambiente se agitó en el agitador orbital bajo condiciones de oscuridad (muestras cubiertas con papel de aluminio). Luego las muestras se centrifugaron (HERMLE, Z216 MK, Labortechnik GmbH, Wehingen, Alemania) a 10 000g durante 10 minutos a temperatura ambiente y se transfirieron los sobrenadantes (200 µL) a cada pocillo de la microplaca de 96 pocillos. La absorbancia se midió a 520 nm empleando para ello un lector de microplacas Synergy HTX Multi-Modal (Biotek, Rochester, VT, USA). La

capacidad antioxidante total se calculó como índice de capacidad de secuestro (SCI) y se expresó en $\mu\text{Mol DPPH inhibido/g}$ de ají liofilizado molido. Ver el protocolo en anexo I.

Método de Extracción

Para las mediciones de la capacidad antioxidante por los métodos tradicionales es necesario una previa extracción, en lo cual las todas muestras de ajíes (0.05 g) son tratadas primero con ácido (HCl)-metanol/agua (50:50, v/v, pH 2.0), se agitó en un vortex a temperatura ambiente durante 10 minutos en condiciones de oscuridad (cubriendo las muestras con papel de aluminio), luego este extracto fue centrifugado a 10000 g durante 10 minutos a 4°C. Se realizó una segunda extracción luego de separar el sobrenadante, donde se usó acetona/agua (70:30, v/v) y se procedió con los mismos pasos de la primera extracción. Por último, se mezclaron ambos sobrenadantes en la misma proporción y se almacenaron a -40°C en un ultracongelador ULUF (Arctiko, Lammefjordsvej, Dinamarca) hasta llevar a cabo el análisis.

Método DPPH Extractable

Este método tradicional fue descrito por Brand-William et al (1995) y aunque tiene muchas modificaciones, la descrita por Abderrahim *et al.*, (2015) destaca. Donde resumidamente, las muestras previamente extraídas son diluidas (10 μL muestra) y el blanco control son colocados en cada pocillo de la micro placa por triplicado y se mezclaron con 200 μL de DPPH (60 $\mu\text{mol L}^{-1}$ disuelto en metanol 1: 1/10 mmol L^{-1} Tris-HCl buffer pH 7,5), después de 10 minutos de incubación a temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 520 nm con un lector de microplacas. La capacidad antioxidante extraíble se calculó como índice de capacidad de secuestro (SCI) y se expresó en $\mu\text{Mol DPPH inhibido/g}$ ají liofilizado molido. Ver el protocolo en anexo II.

Método ABTS +

Se preparó la curva estándar Trolox con las siguientes concentraciones seriadas: 1000; 750; 500; 375; 250; 125 y 62.5 μM diluidas en buffer fosfato 5mM en diferentes micros tubos de 2ml rotulados respectivamente. Una vez preparado el radical ABTS preparamos la solución de trabajo ABTS*; ABTS radical y buffer fosfato 5mM (proteger de la luz). Las muestras extractables frescas y liofilizadas de los ajíes fueron diluidas (1:5) con buffer fosfato también rotuladas respectivamente. Se inyectaron en las primeras celdas la curva estándar Trolox y

los controles de buffer fosfato con un volumen de 10 μL , luego se agregaron las muestras diluidas respectivamente 10 μL en las celdas restantes con el fin de reaccionar con la solución de trabajo ABTS+ 100 μL (3 recipientes por muestra). Se leyó a una absorbancia 734 nm en el espectrofotómetro, la medición del análisis fue determinado por triplicado. (Re *et al.*, 1999). Los resultados fueron expresados TEAC (actividad antioxidante equivalente a trolox) $\mu\text{Mol ET/g}$. Ver protocolo del anexo III.

Método FRAP

El ensayo FRAP fue desarrollado originalmente por Benzie, & Strain (1996) para medir el poder reductor en muestras de plasma, sin embargo, también se ha adaptado y utilizado para el ensayo de antioxidantes en productos botánicos, Según la metodología sugerida por Gomero (2014) y modificada para un nivel micrométodo la marcha es empleando las muestras previamente extraídas que son diluidas y se usa 20 μL y son colocados en cada pocillo de la microplaca por triplicado y se mezclan con 150 μL de FRAP previamente preparado (10 mL de Buffer Acetato (300 mMol, pH – 3.6), 1 mL de solución TPTZ (complejo férrico-2,4,6-tripiridil-s-triazina, 10mMol en HCl 40 mMol) y 1 mL de solución de FeCl_3 (20mMol)), después de 8 a 10 minutos de incubación a temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 593 nm con un lector de microplacas. La capacidad antioxidante extraíble FRAP se calculó en referencia a equivalente de ácido gálico y se expresó en $\mu\text{Mol EAG/g}$ de ají liofilizado molido. Para la obtención de la curva de calibración se prepararon soluciones seriadas de ácido gálico patrón de 0, 25, 50, 75, 100 a 125 μMol . Ver el protocolo en anexo IV.

Determinación de polifenoles totales

El análisis se realizó conforme a la reacción colorimétrica de Folin-Ciocalteu. (Singleton, & Rossi, 1965) pero siguiendo la metodología sugerida por Magalhães *et al.* (2010). Este método se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible a ser evaluada mediante espectrofotometría a 760 nm, empleando una microplaca de 96 pocillos y lectora multimodal, los resultados en forma triplicada serán expresados en mg de EAG/g muestra, ver el protocolo en anexo V.

Determinación de Carotenoides

El contenido de carotenoides totales en las muestras liofilizadas fueron determinadas según la metodología de Lichtenthaler (1987) explicadas por Lichtenthaler, & Buschmann (2001) empleando metanol puro como solvente para la extracción, donde los carotenoides totales se pueden determinar después de haber restado la concentración de clorofila A y B, utilizando longitudes de onda 665.2 y 652.4 nm, respectivamente, y los correspondientes coeficientes de absorción a los que los carotenoides no absorben, la extracción se realizó pesando 0.0100g de muestra liofilizada, se agregó 1 mL de metanol puro y se puso en agitación a 1400 rpm por 15 minutos a temperatura ambiente, luego se centrifugó a 10 000 g x 2 minutos a 4°C, se recupera el sobrenadante en microtubos y se almacena a -20°C hasta su cuantificación. La determinación de los carotenoides totales fue por espectrofotometría adaptado a un lector de placa multipocillos con la cual se obtuvieron las absorbancias a 470, 652.4 y 665.2 nm, los cálculos fueron empleando las siguientes ecuaciones:

$$C_a = 16.72 * A_{665.2} - 9.16 * A_{652.4}$$

$$C_b = 34.09 * A_{652.4} - 15.28 * A_{665.2}$$

$$C_T = 1000 * \left(\frac{A_{470} - 1.63 * C_a - 104.96 * C_b}{221} \right)$$

Dónde: C_a y C_b son los contenidos de clorofila a y b, C_T es el contenido de carotenoides totales en mg/mL. A es la absorbancia sub indicada con la respectiva longitud de onda en nm, los valores de los contenidos fueron previamente ajustados para un paso óptico obtenido por el lector de microplaca en cada pocillo, dado que las ecuaciones anteriores según Lichtenthaler, & Buschmann (2001) fueron obtenidas para un paso óptico de 1 cm. El procedimiento se detalla en el anexo VI.

3.4.2 Descripción de los instrumentos

Materia prima

- 10 Muestras de ajíes.

Equipos y materiales

- Placa petri circular para colorímetro (40 mm de diámetro)

- Colorímetro manual, CR-400, marca Konica Minolta Inc., Japón
- Bolsas herméticas de cierre zip
- Microtubos de 2.0 mL (tipo Eppendorf)
- Vaso Beaker de 5, 10, 25, 50 y 100 mL
- Microplacas de 96 pocillos.
- Piscetas
- Micropipetas Transferpette electrónicas de 5 a 50 uL, 10 a 100 uL y de 100 a 1 000 uL, marca Brand, GmbH, Alemania.
- Tips
- Papel aluminio
- Balanza semi-micro analítica, precisión de 0.01 mg, marca Radwag. USA.
- Centrífuga universal (MPW-251 Med. Instruments)
- Microcentrifuga Refrigerada, Marca Hermle, Labor Technik GmbH, Wehingen, Alemania.
- Refrigeradora
- Potenciómetro Portátil
- Espectrofotómetro
- Agitador orbital (Shaker) TOS-4030FD, Marca MRC, Laboratory Equipment, Israel.
- Ultra congelador ULUF (Arctiko, Lammefjordsvej, Dinamarca)
- Liofilizador BIOBASE
- Molino pulverizador, marca IKA, M20, Alemania
- Lector de microplaca: Sinergy HTX Multimodal (Biotek, Rochester, VT, USA).

Reactivos

- Reactivo de Folin-Ciocalteu
- Ácido Gálico
- Hidróxido de Sodio
- Buffer Acetato
- Buffer Tris-HCl
- Buffer Fosfato 5 mM
- Etanol

- Metanol 80%
- Acetona
- Ácido Hidroclorhídrico, marca Merck, España
- Agua ultra pura
- Stock radical ABTS*
- Solución de trabajo ABTS*
- Acetato Buffer
- TPTZ
- FeCl₃
- Reactivo DPPH
- Tris base
- Ácido gálico
- Solución de trabajo FRAP
- Solución estándar de Trolox

3.5 Técnicas para el procesamiento de la información

Para el proceso de análisis de datos:

- Se utilizará el análisis estadístico ANVA y prueba de Scott Knott ($p < 0.05$), utilizando el promedio \pm desviación estándar de todas las muestras analizadas por triplicado, para todos estos análisis de datos se empleó el programa R-Project y Microsoft Excel, Xlstat, también se hizo uso del Software del equipo lector de microplaca multimodal, GEN 5 (Biotek, Versión 2. Rochester, VT, USA).
- Para indicar el coeficiente de correlación que existe entre la capacidad antioxidante y los compuestos polifenólicos se usó el coeficiente de Pearson.
- Para encontrar la relación de todas las evaluaciones realizadas se realizó el Análisis de Componentes Principales (PCA) y análisis de conglomerados (Cluster) que es un método estadístico multivariado que agrupa la correlación de las varianzas de cada variable en componentes identificables (De la Ossa, Hernández, & Hernández, 2016).

Para la presentación de resultados:

- Se utilizará tablas y diagramas de resultados por análisis


CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Características de las muestras

En la tabla 10 se aprecia los nombres comunes de las 10 muestras de ajíes traídos del norte del Perú, el código que se usó para cada una de ellas y su respectiva figura de las muestras liofilizadas y molidas refinadamente.

Tabla 10











Codificación de las muestras evaluadas

NOMBRE COMÚN DE LA MUESTRA	CÓDIGO	FIGURA
Ají amarillo, grado de madurez 4.	A4	
Ají amarillo, grado de madurez 5.	A5	
Pimentón morrón, grado de madurez 3.	P3	
Pimentón morrón, grado de madurez 5.	P5	
Limo rojo.	L9	
Limo verde, grado de madurez 3.	L13	
Limo rojo, grado de madurez 5.	L15	
Ají paprika, grado de madurez 1.	PK1	
Ají paprika, grado de madurez 2.	PK2	
Ají paprika, grado de madurez 4.	PK4	

Los resultados del método triestímulo con el colorímetro CR-400 se puede apreciar en la tabla 11 que muestra las coordenadas CIEL*a*b*, el índice de color (IC) y el espacio RGB en donde se observa las diferentes tonalidades de las muestras de ajíes.

Tabla 11

Resultados de la evaluación de los colores de los ajíes

Muestra	Parámetros de color						Color RGB
	L*	a*	b*	C*	IC	DE*	
A4	73.41±0.62	8.92±0.27	56.79±0.22	57.48±0.20	2.14±0.06	58.12	
A5	67.19±0.80	22.78±0.88	44.35±1.32	49.86±1.39	7.64±0.13	54.49	
P3	68.53±0.72	21.03±0.22	36.34±0.46	41.99±0.49	8.44±0.09	47.22	
P5	65.33±0.45	33.08±0.13	33.26±1.11	46.92±0.80	15.24±0.52	53.67	
L9	66.37±0.50	19.48±0.88	29.25±0.93	35.15±1.23	10.03±0.27	43.25	
L13	63.92±0.76	13.74±0.78	28.32±1.56	31.48±1.73	7.59±0.20	42.11	
L15	61.05±2.52	23.02±1.34	28.78±2.17	36.86±2.49	13.14±0.77	48.29	
PK1	58.80±0.98	-6.59±0.29	17.23±0.68	18.45±0.74	-6.50±0.14	39.07	
PK2	64.40±0.28	14.15±0.58	31.22±1.74	34.28±1.81	7.04±0.12	43.67	
PK4	63.44±1.18	21.52±0.62	35.36±1.78	41.40±1.82	9.60±0.10	49.82	

4.2 Capacidad antioxidante de las muestras evaluadas

Para la determinación de la capacidad antioxidante de las muestras de ajíes se empleó los siguientes métodos: DPPH (Directo Quencher y extractable), ABTS+ y FRAP.

4.2.1 Método directo DPPH – Quencher

En la tabla 12 se muestran los resultados de la capacidad antioxidante de las 10 muestras de ajíes mediante el método DPPH Quencher donde se observa que las muestras L9 y L15 (651.42 uMol DPPH/g muestra y 644.71 uMol DPPH/g muestra) son las que presentan menor cantidad en promedio de DPPH-Quencher, siendo las muestras A4 y P5 (679.91 uMol DPPH/g muestra y 681.87 uMol DPPH/g muestra) las que presentan mayor cantidad de DPPH-Quencher.

Tabla 12

Resultados del Método DPPH – QUENCHER para la capacidad antioxidante

Muestra	uMol DPPH inhibido/g muestra			Promedio
	R1	R2	R3	
A4	733.89	631.54	674.30	679.91 ± 51.41 ^a
A5	704.18	606.48	724.95	678.54 ± 63.26 ^a
P3	699.61	638.83	654.63	664.36 ± 31.54 ^a
P5	721.90	657.78	665.95	681.87 ± 34.90 ^a
L9	669.19	643.20	641.87	651.42 ± 15.41 ^a
L13	705.56	659.99	654.06	673.20 ± 28.18 ^a
L15	666.37	615.51	652.27	644.71 ± 26.26 ^a
PK1	699.61	662.15	635.35	665.70 ± 32.28 ^a
PK2	699.45	672.35	656.99	676.27 ± 21.50 ^a
PK4	691.42	671.71	661.18	674.77 ± 15.35 ^a

Nota. Los valores son presentados como promedio ± desviación estándar de n=3 muestras, las letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística (ANVA y prueba de Scott Knott, p<0.05).

4.2.2 Método DPPH - Extractable

En la tabla 13 se muestran los resultados de la capacidad antioxidante de las 10 muestras de ajíes mediante el método DPPH Extractable donde se observa que las muestras L13 y PK1 (32.51 uMol DPPH/g muestra y 32.79 uMol DPPH/g muestra) son las que presentan menor cantidad en promedio de DPPH Extractable, siendo las muestras A4 y P5 (34.21 uMol DPPH/g muestra y 34.16 uMol DPPH/g muestra) las que presentan mayor cantidad de DPPH Extractable.

Tabla 13

Resultados del Método DPPH-EXTRACTABLE para la capacidad antioxidante.

Muestra	uMol DPPH/g muestra			Promedio
	R1	R2	R3	
A4	35.96	33.70	32.98	34.21 ± 1.56 ^a
A5	35.39	34.01	33.05	34.15 ± 1.18 ^a
P3	34.25	33.63	32.38	33.42 ± 0.95 ^a
P5	35.82	34.22	32.45	34.16 ± 1.69 ^a
L9	34.48	33.50	31.58	33.19 ± 1.47 ^a
L13	33.78	33.20	30.56	32.51 ± 1.71 ^a
L15	35.18	33.42	32.18	33.59 ± 1.51 ^a
PK1	34.48	33.36	30.53	32.79 ± 2.04 ^a
PK2	35.39	33.18	32.32	33.63 ± 1.59 ^a
PK4	35.18	34.04	32.51	33.91 ± 1.34 ^a

Nota. Los valores son presentados como promedio ± desviación estándar de n=3 muestras, las letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística (ANVA y prueba de Scott Knott, p<0.05).

4.2.2 Método ABTS+

En la tabla 14 se aprecia que la muestra L9, A4, A5 (11.52 uMol Equivalente Trolox/g muestra, 15.08 uMol Equivalente Trolox/g muestra y 16.13 uMol Equivalente Trolox/g muestra respectivamente) contienen el menor promedio en la capacidad antioxidante por el método ABTS+, mientras que las muestras PK2 (62.30 uMol Equivalente Trolox/g muestra) contiene el mayor promedio

Tabla 14

Resultados del Método ABTS+ para la capacidad antioxidante.

Muestra	uMol Equivalente Trolox/g muestra			Promedio
	R1	R2	R3	
A4	16.27	15.11	13.84	15.08 ± 1.22 ^e
A5	14.82	16.35	17.21	16.13 ± 1.21 ^e
P3	37.52	34.12	41.03	37.56 ± 3.45 ^c
P5	24.65	24.01	24.01	24.22 ± 0.37 ^d
L9	11.41	11.16	12.01	11.52 ± 0.44 ^e
L13	41.60	35.87	36.79	38.09 ± 3.08 ^c
L15	28.82	30.67	27.72	29.07 ± 1.49 ^d
PK1	29.38	28.11	24.44	27.31 ± 2.57 ^d
PK2	57.13	66.05	63.72	62.30 ± 4.63 ^a
PK4	58.96	52.28	50.34	53.86 ± 4.52 ^b

Nota. Los valores son presentados como promedio ± desviación estándar de n=3 muestras, las letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística (ANVA y prueba de Scott Knott, p<0.05).

4.2.3 Método FRAP

En la tabla 15 se observa los resultados de la capacidad antioxidante promedio en las muestras de los ajés mediante este método, donde cabe decir que estos promedios entre las variedades son estadísticamente diferentes.

Las muestras P5 (11.44 uMol EAG/g muestra) contiene poco poder antirradical, mientras que las muestras PK4 y L15 (27.88 uMol EAG/g muestra y 28.82 uMol EAG/g muestra) destacan por tener mayor poder antirradical.

Tabla 15

Resultados del Método FRAP para la capacidad antioxidante.

Muestra	uMol EAG/g muestra			Promedio
	R1	R2	R3	
A4	17.48	15.28	16.16	16.31 ± 1.11 ^d
A5	13.64	13.09	13.24	13.32 ± 0.29 ^f
P3	17.40	15.51	17.49	16.80 ± 1.12 ^d
P5	12.00	10.98	11.34	11.44 ± 0.52 ^g
L9	19.44	17.16	17.90	18.17 ± 1.16 ^c
L13	20.51	18.58	20.92	20.00 ± 1.25 ^b
L15	29.23	29.79	27.44	28.82 ± 1.23 ^a
PK1	15.24	15.41	15.14	15.26 ± 0.14 ^e
PK2	13.87	13.31	13.54	13.57 ± 0.28 ^f
PK4	28.04	29.47	26.12	27.88 ± 1.69 ^a

Nota. Los valores son presentados como promedio ± desviación estándar de n=3 muestras, las letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística (ANVA y prueba de Scott Knott, p<0.05).

4.3 Contenido de polifenoles totales de las muestras evaluadas

Para la cuantificación de los polifenoles totales se utilizó el ensayo de Folin-Ciocalteu en dichas muestras.

En la tabla 16 se puede observar que las muestras A5, A4 y PK2 (6.31 mg. EAG/g muestra, 7.23 mg. EAG/g muestra y 7.62 mg. EAG/g muestra) son las que presentan menor cantidad en promedio de polifenoles totales, siendo las muestras L9, L15 y PK1 (11.06 mg. EAG/g muestra, 11.08 mg. EAG/g muestra y 11.52 mg. EAG/g muestra) las que presentan mayor cantidad de polifenoles totales.

Tabla 16

Resultados de Polifenoles totales para las muestras de ajíes.

Muestra	mg EAG/g muestra			Promedio
	R1	R2	R3	
A4	7.11	7.65	6.93	7.23 ± 0.37 ^d
A5	6.04	6.92	5.98	6.31 ± 0.53 ^d
P3	9.71	9.18	10.29	9.73 ± 0.55 ^b
P5	8.19	8.39	9.41	8.66 ± 0.66 ^c
L9	10.28	11.58	11.32	11.06 ± 0.69 ^a
L13	10.11	8.68	9.97	9.59 ± 0.79 ^b
L15	10.58	12.29	10.38	11.08 ± 1.05 ^a
PK1	11.33	12.15	11.09	11.52 ± 0.55 ^a
PK2	6.95	7.83	8.08	7.62 ± 0.59 ^d
PK4	8.50	9.50	9.09	9.03 ± 0.50 ^c

Nota. Los valores son presentados como promedio ± desviación estándar de n=3 muestras, las letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística (ANVA y prueba de Scott Knott, p<0.05).

4.4 Contenido de Carotenoides

En la tabla 17, se aprecia los resultados del contenido de carotenoides totales para la muestra de ajíes liofilizados donde podemos observar que la muestra PK1 (267.70 ug/g muestra liofilizada) es el que presenta menor promedio de carotenoides totales, mientras que las muestras A5 y P5 (1616.43 y 1555.25 ug/g muestra liofilizada) son las que presentan mayor promedio en contenido de carotenoides totales.

Tabla 17

Resultado del contenido de carotenoides totales.

Muestra	ug/g muestra liofilizada				Promedio
	R1	R2	R3	R4	
A4	695.01	638.55	603.60	620.10	639.31 ± 39.78 ^c
A5	1704.03	1704.95	1471.03	1585.70	1616.43 ± 111.94 ^a
P3	878.87	867.67	863.93	855.45	866.48 ± 9.72 ^b
P5	1615.58	1618.10	1501.77	1485.55	1555.25 ± 71.43 ^a
L9	331.36	368.88	376.12	389.60	366.49 ± 24.94 ^e
L13	358.08	351.97	352.87	352.07	353.75 ± 2.91 ^e
L15	690.23	654.41	777.01	735.97	714.41 ± 53.44 ^c
PK1	272.49	270.51	266.38	261.42	267.70 ± 4.90 ^f
PK2	554.24	557.47	568.48	543.10	555.82 ± 10.44 ^d
PK4	726.41	709.28	679.25	674.43	697.34 ± 24.76 ^c

Nota. Los valores son presentados como promedio ± desviación estándar de n=4 muestras, las letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística (ANVA y prueba de Scott Knott, p<0.05).

4.5 Correlación de polifenoles, capacidad antioxidante, carotenoides y color

Para poder establecer las relaciones existentes entre todas las mediciones realizadas para determinar la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales de los ajíes evaluados, se utilizó la correlación de Pearson como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18

Matriz de correlación de Pearson para las evaluaciones en los ajíes

Variables	Polifenoles Totales	FRAP	DPPH - Ext	DPPH - Quencher	ABTS+	Carotenoides	L*	a*	b*	C*	DE*
Polifenoles	1										
FRAP	0.429	1									
DPPH - EXT	-0.686*	-0.134	1								
DPPH- Quencher	-0.783**	-0.549	0.416	1							
ABTS	-0.066	0.247	-0.128	0.190	1						
Carotenoides	-0.588	-0.354	0.724*	0.427	-0.235	1					
L*	-0.619	-0.333	0.521	0.383	-0.337	0.282	1				
a*	-0.260	0.101	0.527	0.029	-0.014	0.692*	0.228	1			
b*	-0.770*	-0.146	0.731*	0.467	-0.270	0.422	0.899**	0.256	1		
C*	-0.730*	-0.132	0.844*	0.433	-0.297	0.637*	0.835**	0.545	0.939**	1	
DE*	-0.691*	-0.097	0.899**	0.449	-0.339	0.700*	0.684*	0.487	0.878**	0.957**	1

Valores con * es significativo, ** es altamente significativo a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$

Estos resultados muestran los valores de correlación que existen entre las mediciones para la determinación de capacidad antioxidante, polifenoles, carotenoides y color en ajíes, a un nivel de significancia al 0.05. Se puede apreciar que hay una correlación altamente significativa entre los parámetros DE* y DPPH-Extractable, b*, C* (0.899, 0.878 y 0.957), C* y b* y L* (0.939 y 0.835) y b* y L* (0.899).

La similitud de las muestras se grafica mediante un árbol llamado dendrograma. El método que se utilizará será el aglomerativo ya que agrupa a las muestras en pares para después ir uniendo los clústers en base a la similitud que existe entre ellos hasta formar un solo grupo que contenga la totalidad de los mismos como se muestra en la figura 7. Este dendrograma muestra 4 grupos de similaridad de los ajíes en base a su capacidad antioxidante, polifenoles, carotenoides y color (Grupo 1=2, Grupo 2=3, Grupo 3=1 y Grupo 4=4).

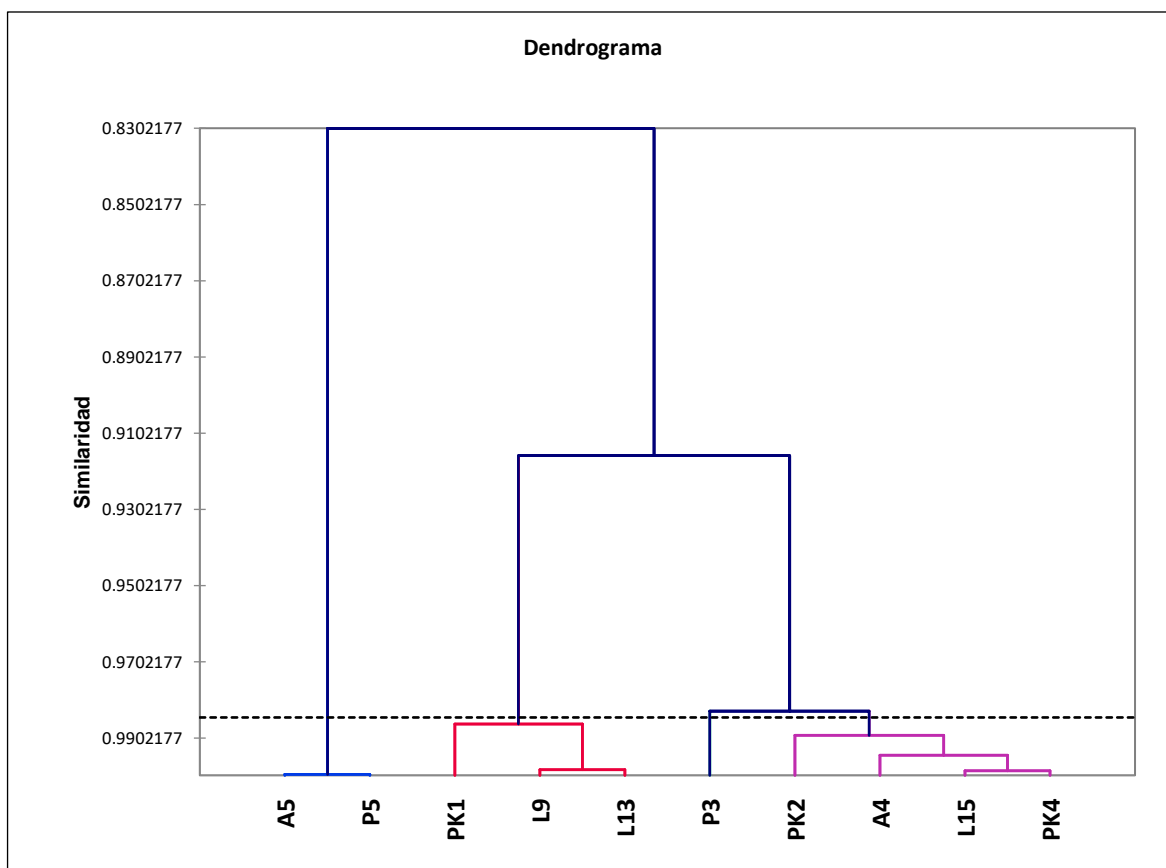


Figura 7. Dendrograma de similaridad de los ajíes en base a la capacidad antioxidante, polifenoles, carotenoides y color.

En la figura 8 se muestra el Análisis de Componentes Principales (PCA) realizado sobre los métodos de capacidad antioxidante, polifenoles, carotenoides y color de las muestras de ajíes, donde muestra que el primer componente F1 que representa el 55.27% separa hacia la derecha a todos los métodos excepto al método FRAP, Polifenoles y ABTS, en cuanto a las variedades de las muestras de ajíes este componente F1 estaría agrupando a las variedades PK4 (Ají paprika, grado de madurez 4), P3 (Pimentón morrón, grado de madurez 3), P5 (Pimentón morrón, grado de madurez 5), A5 (Ají amarillo, grado de madurez 5) y A4 (Ají amarillo, grado de madurez 4); y a la izquierda a las variedades PK2 (Ají paprika, grado de madurez 2), L15 (Limo rojo, grado de madurez 5), L9 (Limo rojo), L13 (Limo verde, grado de madurez 3) y PK1 (Ají paprika, grado de madurez 1), este componente explicaría que variedades tienen mayor y menor valor en las mediciones realizadas.

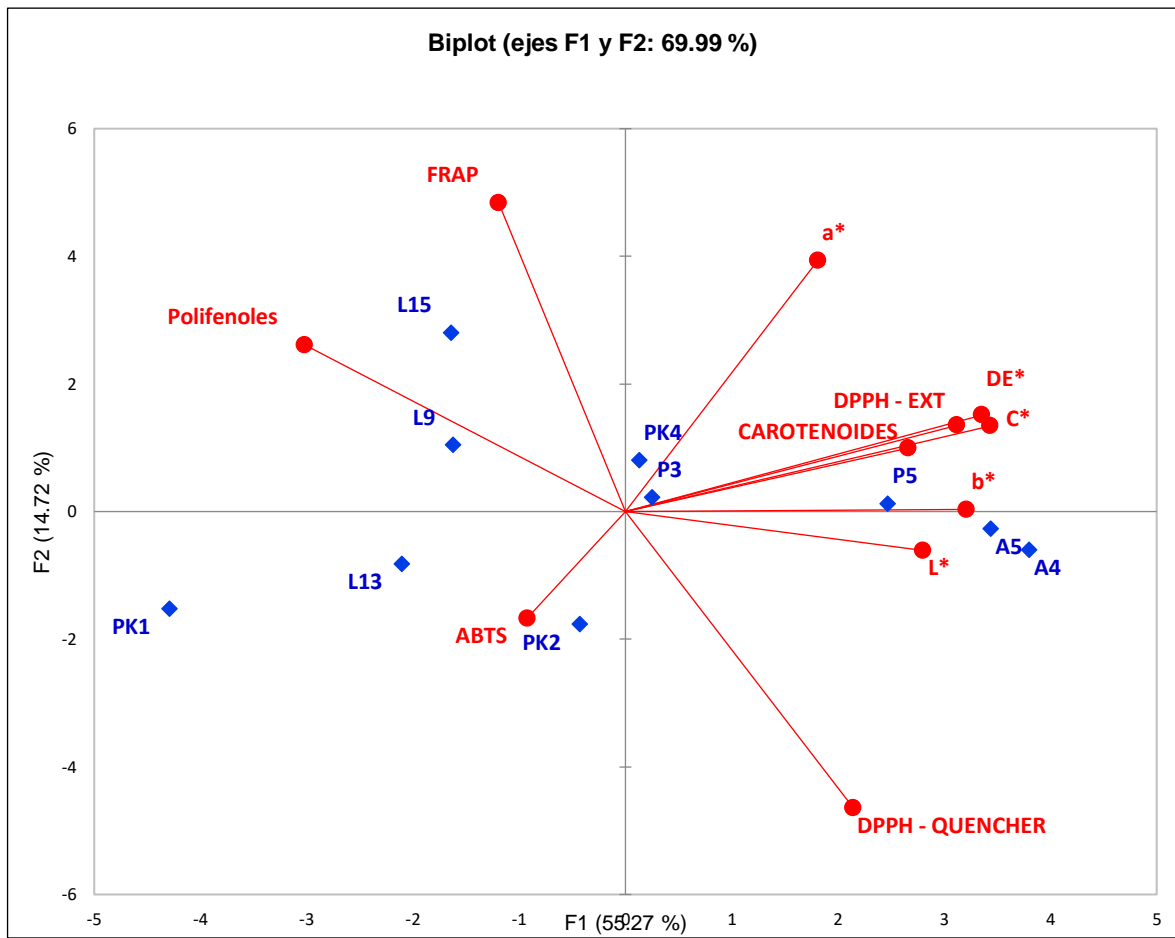


Figura 8. Diagrama biplot de las evaluaciones en ajíes liofilizado según el método de componentes principales

En tanto al segundo componente F2 que representa el 14.72% agrupa en la parte superior los métodos Polifenoles, FRAP, DPPH Extractable, Carotenoides y los parámetros de color (a^* , b^* , C^* y DE^*), a la vez desplaza en un grupo inferior a los métodos ABTS+ y DPPH – Quencher. Con respecto a las variedades de ajíes agrupa positivamente a L15 (Limo rojo, grado de madurez 5), L9 (Limo rojo), PK4 (Ají paprika, grado de madurez 4), P3 (Pimentón morrón, grado de madurez 3) y P5 (Pimentón morrón, grado de madurez 5); y en la parte inferior agrupa a las variedades A5 (Ají amarillo, grado de madurez 5), A4 (Ají amarillo, grado de madurez 4); L13 (Limo verde, grado de madurez 3), PK1 (Ají paprika, grado de madurez 1) y PK2 (Ají paprika, grado de madurez 2).

Este análisis se realizó con el fin de observar la variabilidad de las combinaciones lineales de las muestras y los análisis.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1 Discusión

5.1.1 De las características de las muestras

En los resultados de la Tabla 10 con respecto al color, las muestras en estudio presentan valores de luminancia (*L) que van de 58.80 a 73.41 lo que es consistente en coloraciones claras, al respecto Paredes, & Peche (2019), reportaron valores de 34.800 en el color verde (a1: Pimiento morrón 100% verde) y 35.933 en el color rojo (a5: Pimiento morrón 100% rojo) lo que indica la tendencia en la piel del fruto hacia colores claros a medida que avanza la maduración.

El parámetro colorimétrico de a* (rojo-púrpura a verde) varió de -6.59 hasta 33.08, el valor negativo en la muestra PK1 (ají pprika, grado de madurez 1) indica que tiende al color verde y la muestra P5 (pimentón morrón, grado de madurez 5) se caracteriza por tener el valor más alto del parámetro a* (33.08), en cuanto a los valores de b* correspondiente al parámetro colorimétrico de amarillo a azul dio resultado un rango de 17.23 a 56.79 lo que indica una mayor tendencia al color amarillo. Estos valores de a* y b* coinciden en parte con lo reportado por Paredes, & Peche, quienes reportaron valores de -24.267 en el color verde (a1) a 44.833 en el color rojo (a5), mientras con el parámetro b* reportaron de 24.467 (a5) a 35.867 (a1) a, indicando una coloración naranja.

El parámetro colorimétrico calculado como índice de color (IC) varió de -6.502 a 15.24 siendo el único valor negativo en la muestra PK1 que según Vignoni, Césari, Forte, & Mirábile (2006) este valor pertenece a los colores que van del verde profundo al verde amarillento. Mientras que las demás muestras A4, A5, P3, P5, L9, L13, L15, PK2 y PK4 tienen mayor IC que va desde 2.14 a 15.24 que indica que está dentro del rango que representa a los colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso, al respecto Villar (2019), reportó valores de 3.30 (limo) a 29.25 (aj dulce amarillo), ambos Capsicum chinense, los cuales están dentro del rango de los colores que van desde el amarillo intenso al rojo profundo.

5.1.2 De la evaluación de la capacidad antioxidante

Capacidad antioxidante por método DPPH

Con respecto a la capacidad de secuestro de radicales libres por el reactivo DPPH se encontr que las muestras entre si no difieren significativamente ($p > 0.05$) en ambas metodologías (extractable y quencher directo), cuando se empleó las extracciones se obtuvo un promedio de 33.56 ± 1.39 uMol DPPH/g muestra ($67.11 \pm 2.65\%$ de

capacidad de inhibición) estos valores coinciden con lo reportado por Arslan, & Ozcan (2011), donde en pimientos deshidratados secos dieron un rango de 67.02 – 76.14% de inhibición. Cuando se emplea el método directo sin extracción Quencher se obtienen un promedio de 669.08 ± 31.55 uMol DPPH/g muestra, lo que indicaría 19.94 veces más que cuando se mide con el extractable, esto debido a que en esta metodología no depende de la extracción y las partes solubles e insolubles de los ajíes en polvo están expuestas directamente con el reactivo DPPH (Condezo-Hoyos *et al.*, 2015).

Capacidad antioxidante por método ABTS+

De acuerdo a la tabla 13, el valor de TEAC en las muestras dieron un rango de 11.52 a 62.30 uMol TEAC/g muestra (muestras L9 y PK2 respectivamente) estos valores son algo superior a lo reportado por Meckelmann *et al.*, (2015) que reportaron valores que van 19 a 36 uMol TEAC/g muestra de 23 ajíes peruanos, pero menor a lo reportado por Souza-Sora *et al.*, (2015) que reporta de 17.17 a 97.40 μ mol TE/g en 6 variedades de ajíes en Brasil, también por lo reportado por Villar (2019) que obtuvo rango de 91.4 hasta 149.1 μ mol de Trolox equivalente/g m.s. en 4 muestras de *Capsicum frutescens*, En 14 muestras de *Capsicum annuum* reportó que la actividad fue desde 31.69 hasta 99.43 μ mol Trolox equivalente/g m.s, en 21 muestras de *Capsicum baccatum* fue desde 34.60 hasta 81.90 μ mol Trolox equivalente/g m.s., y en 61 muestras de *Capsicum chinense* la actividad reportada fue desde 27.70 hasta 173.20 μ mol Trolox equivalente/g m.s. Las muestras evaluadas en esta investigación pueden estar dentro de estos rangos reportados, pero no logran superar a pesar de ser el mismo método de determinación, al respecto Mackelmann *et al.*, (2015) manifiesta que no se debe confiar en la comparación entre diferentes estudios, ya que los pequeños cambios en el procedimiento de ensayo tienen una fuerte influencia en los resultados finales.

Capacidad antioxidante por método FRAP

La tabla 14 muestra los resultados de la capacidad antioxidante de los ajíes medidos por el método FRAP, este método diferencia de los ensayos DPPH y ABTS-+, se basa en la reducción de un análogo de la ferroína, el complejo Fe^{3+} de la tripiridiltriiazina $Fe(TPTZ)^{3+}$, al complejo Fe^{2+} de color intenso azul $Fe(TPTZ)^{2+}$ por antioxidantes en medio ácido (Souza-Sora et a., 2015), en este ensayo se obtuvo un rango de 11.44 hasta 28.82 uMol EAG/g muestra (ajíes P5 y L15 respectivamente),

no siendo posible comparar ya que en esta ocasión el ensayo se realizó con el patrón de ácido gálico y otros trabajos lo realizan con trolox o ácido ascórbico.

5.1.3 Del contenido de polifenoles

De acuerdo a los resultados expuestos en la tabla 15, los resultados del contenido de polifenoles totales en las muestras varió de 6.31 a 11.52 mg EAG/g muestra siendo la muestra PK1 la que tiene mayor promedio (11.52 mg EAG/g muestra), pero no hay diferencia significativa con las muestras L15 y L9 (11.08 y 11.06 mg EAG/g muestra), estos valores son bajos al comparar con lo reportado por García *et al.* (2018) donde la muestra del ají gallinazo fue de 60.04 mg GAE/g PS y para la muestra de ají rocoto fue de 39.15 mg GAE/g PS, existiendo una gran diferencia en el contenido de fenoles totales. Asimismo, están por debajo de lo reportado por López-Muñoz *et al.*, (2019) donde indica valores para el ají jalapeño, con 46.76 mg. g⁻¹, mientras que para el pimiento morrón 44.76 mg. g⁻¹ y habanero 43.63 mg. g⁻¹; mientras que el serrano tuvo el menor contenido (30.22 mg. g⁻¹).

Villar (2019), data que los valores de los compuestos fenólicos parecen estar condicionado por la especie, es así que describe al *Capsicum frutescens* como los ajíes con los mayores contenidos que van desde 1.16 hasta 1.55 g de compuestos fenólicos totales/100g m.s. En *Capsicum annuum*. los contenidos cuantificados van desde 0.79 hasta 1.6 g de compuestos fenólicos totales/100g m.s. En *Capsicum baccatum* los contenidos cuantificados van desde 0.65 hasta 1.28g de compuestos fenólicos totales/100g m.s y en el caso del *Capsicum chinense* los contenidos fenólicos van desde 0.7 hasta 2.24g de compuestos fenólicos totales/100g m.s. En la investigación de Barboza (2017), la cuantificación del contenido fenólico total vario de 19.95 ± 0.25 a 38.98 ± 0.46 mg de extracto EAG.g⁻¹, con un valor más expresivo para el extracto etanol/ agua (8:2) del pimiento *C. frutescens*.

Caballero *et al.* (2017) registro que el ají rocoto fresco con semilla incluida tiene 5.37mg EAG/g b.s., este valor es menor con respecto a esta investigación, pero pasa todo lo contrario con lo reportado por Villavicencio (2016) menciona que el contenido de polifenoles totales fue mayor en el rocoto amarillo que en rocoto rojo (58.6 vs 46.1mg EAG/100g de muestra fresca).

Rojas et al (2016) , en su publicación dan a conocer que el ají Limo rojo (*Capsicum chinense*) contiene 0.2 mg EAG/100g de ají fresco, valor por debajo al resultado expuesto en la tabla 15, donde el ají Limo rojo (L9) contiene 11.06 ± 0.69 mg EAG/g de muestra y en su grado de madurez 5 (L5) contiene 11.08 ± 1.05 mg EAG /g de muestra , por otro lado el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) contiene 0.1mg EAG/100g de ají fresco, valor también por debajo de

mis resultados donde el ají amarillo grado de madurez 4 (A4) contiene 7.23 ± 0.37 mg EAG/g de muestra y en el grado de madurez 5 (A5) contiene 6.31 ± 0.53 mg EAG/g de muestra.

Dubey *et al.* (2015) reportó la variación de los compuestos fenólicos totales de 5.1 (CHFCA-8) a 26.8 (CHFCA-23) mg EAG/g, en donde demuestra que mis datos están dentro de esa variación.

5.1.4 Del contenido de Carotenoides

Los carotenoides son los responsables de la coloración amarilla, naranja y rojo de las flores, frutas y vegetales (Delgado-Vargas, & Paredes-López, 2003). En los resultados de la tabla 16 se observa que la muestra A5 y P5 (1616.43 ± 111.94 y 1555.25 ± 71.43 ug/g muestra liofilizada) son los que presentan mayor promedio mientras que la muestra PK1 (267.70 ± 4.9 ug/g de muestra liofilizada) presenta menor promedio de carotenoides totales.

Estos valores son inferiores a lo mostrado por (Caballero *et al.*, 2017) donde reportan 4.74 ± 0.02 mg/g de carotenoides en ají rocoto fresco con semilla e inferiores también a lo reportado por (Dubey, *et al.*, 2015) donde el contenido más alto de carotenoides totales resultó ser 7.72 mg/g en peso seco correspondiente al U. morok (*Capsicum chinense*) y el contenido más bajo de carotenoides totales fue de 0.09 mg/g en peso seco de pájaro de chile (*Capsicum Annuum*), lo cual fue interior al resultado de esta investigación.

Los pimientos picantes en estado maduro tienen un alto contenido de compuestos bioactivos, en carotenoides según (Hervert *et al.*, 2010) varía en el rango de 95 - 437 mg/100g de m.s.

En su investigación (Gonzales, 2019), durante el proceso de maduración en ajíes cerezos rojos presentan un incremento de carotenoides de 43.608 mg/g – 145.45 mg/g y disminuye el contenido de clorofila de 229.33 mg/g – 0 mg/g en ají cerezo verde, lo mismo pasa con lo reportable por (Paredes, & Peche, 2019), conforme avanza la maduración desde 76.98 mg/g en pimiento 100% verde hasta 197.55 mg/g en pimiento 100% rojo, la clorofila disminuye desde 169.98 mg/g en pimiento 100% verde hasta 0.00 mg/g en pimiento 100% rojo.

Según (Fennema, 2000) son varios los factores que afectan el contenido de carotenoides en las plantas, entre ellos están los factores genéticos, el estado de madurez, su procesamiento y almacenamiento del vegetal; factores ambientales como la luz solar, condiciones de cultivo y enfermedades de los vegetales.

5.1.5 De la correlación de polifenoles, capacidad antioxidante, carotenoides y color

De acuerdo a los resultados de la tabla 17, figuras 7 y 8, se puede indicar que hay una correlación negativa significativa entre los parámetros colorimétricos b^* , C^* y DE^* con el contenido de polifenoles totales, estos mismos parámetros colorimétricos presentan una

correlación positiva altamente significativa con la capacidad antioxidante extractable DPPH, el contenido de carotenoides totales solo se correlaciona con la capacidad antioxidante evaluado según el método DPPH-Extractable, el contenido de polifenoles solo influye de modo negativo con la capacidad antioxidante por ambos métodos de DPPH, los métodos de capacidad antioxidante ABTS y FRAP no muestran alguna correlación con los parámetros colorimétricos ni con los compuestos antioxidantes.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Se evaluó la capacidad antioxidante en las muestras de Capsicum a través de los métodos DPPH, ABTS⁺ y FRAP y los fenoles totales mediante el ensayo del reactivo Folin – Ciocalteu.
- Los ajíes procedentes del norte del Perú evaluados presentan capacidad antioxidante o poder antirradical mediante los métodos DPPH extractable (32.51 a 34.21 uMol DPPH/g ms), método directo DPPH-Quencher (644.71 a 681.87 uMol DPPH/g muestra), método ABTS⁺ (11.52 a 62.30 uMol ET/g muestra) y método FRAP (11.44 a 28.82 uMol EAG/g ms).
- Los 10 ajíes evaluados presentan polifenoles totales que varían desde 6.31 a 11.52 mg EAG/g de muestra, contenido obtenido mediante el ensayo del reactivo Folin – Ciocalteu.
- Se pudo encontrar que el método DPPH-Extractable presenta una correlación altamente significativa con los parámetros colorimétricos DE*, C*, b* y con el contenido de carotenoides totales (0.899, 0.844, 0.731 y 0.724 respectivamente). El contenido de polifenoles totales presenta correlación inversa con el ensayo DPPH-Quencher y con los parámetros de color b*, C* y DE* con valores de correlación de -0.783, -0.770, -0.730 y -0.691.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda el consumo de ajíes por ser fuente de carotenoides, polifenoles y por presentar actividad antioxidante.
- Se recomienda no dejar de lado a otras sustancias contenidas en los ajíes como por ejemplo la capsaicina, quien es la responsable de afectar las células nerviosas de la piel que están asociadas con el dolor por lo que su consumo puede volver a nuestra piel insensible ante el dolor, flavonoides, vitamina C y otros compuestos bioactivos propios de los ajíes y corregionarlos con la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles.
- Se recomienda emplear el método directo DPPH-Quencher para determinar la capacidad antioxidante en producto deshidratados y pulverizados como el caso de ajíes deshidratados por liofilización, por traer ventaja en menor tiempo, menos efluentes y mayor facilidad que el método tradicional.

- Se recomienda que las muestras liofilizadas y posteriormente molidas refinadamente se protejan de la humedad ya que son muestras higroscópicas, por lo que debemos guardarlas en material impermeable a la humedad para su uso posterior en el pesado de las muestras para los métodos a utilizar.
- Se recomienda comparar el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de los ajíes cuya extracción es mediante el uso de tecnología verde como ultrasonido, microondas, fluidos supercríticos, enzimáticos y otros.

REFERENCIAS

- A., Alcaraz, O., & Acosta, M. (2002). *On-line antioxidant activity determination: comparison of hydrophilic and lipophilic antioxidant activity using the ABTS*+ assay*. Redox Report.
- Abderrahim, F., Huanatico, E., Segura, R., Arribas, S., Gonzalez, M. C., & Condezo-Hoyos, L. (2015). Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd.*) from Peruvian Altiplano. *Food Chemistry*, 183, 83 - 90.
[doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.029](http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.029)
- Abugara, J. F. (1990.). Evaluación de tres fungicidas como protectores de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil), chile pimiento (*Capsicum annuum* L.) y Arveja china (*Pisum stivum* L.) para el control de hongos del suelo. Tesis de ingeniería agrícola.
- Arslan, D., & Özcan, M.M. (2011). Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioproducts Processing*, 89 (4), 504-513.
- Barboza De Silva, V. M. (2017). Pimientas del género *Capsicum*: Constituyentes químicos y potencial antioxidantante. In *Tesis Post Grado*. Universidad Federal de Paraíba.
- Berrios, M. E., Arredondo, C. y Holwerd, H. T. . (2007). *Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de especialidad Pimiento*.
- Bosland P, Votava E. 2000. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. Crop Production Science in Horticulture 12. CABI Publishing. Reino Unido
- Brand Williams W.; Cuvelier M. E., Berset C. (1995). *Use of free radical method to evaluate antioxidant activity*.
- Caballero-Gutiérrez, B. L., Márquez-Cardozo, C. J., & Alberto Rojano, B. (2017). Efecto de la Liofilización sobre las propiedades funcionales del ají rocoto (*Capsicum pubescens*). *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 111–119.

- Cano, T. (2002). "Obtención y caracterización de capsaicina, ingrediente activo de productos fitofarmacéuticos y agroindustriales de tres especies de capsicum (*Capsicum chinense*, *Capsicum annuum* L.V. *Capsicum annuumm*) cultivados en Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Cerón-Carrillo T, M.-P. R.-L. (2014). Actividad antimicrobiana de extractos de diferentes especies de chile (*Capsicum*). *Rev Ib Ci*, 213-221.
- Chavesta, E. (2015). Estudio de viabilidad comercial para la exportación de ají pprika seco (*capsicum annuum*) orgánico de la región Lambayeque al mercado de usa en el año 2015 (tesis pregrado). Recuperado de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3849/Chavesta%20C%20ornejo.pdf?sequence=6>
- Cichewicz RH, & Thorpe PA. (1996). The antimicrobial properties of chilli peppers (*Capsicum* species) and their uses in Mayan medicine. *J. Ethnopharmacol*, 61 - 70.
- Comisión de promoción del Perú para la exportación y el turismo, PROMPERÚ. (2016), *Desenvolvimiento Agroexportador del Perú* (pp. 94). Lima, Perú. Recuperado de <http://media.peru.info/promperu/Desenvolvimientoagro2016.pdf>
- Condezo-Hoyos L. A., Abderrahim F., Arriba S. M. (2015). A novel, micro, rapid and direct as say to assess total antioxidant capacity of solid foods. *Talanta*138 (2015)108-116. Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2015.01.043>
- Cushnie TPT, & Lamb AJ. (2011). Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids. *Int. J. Antimicrob. Agents*, 99 - 107.
- De la Ossa, G., Hernández, T., & Hernández, R. (2016). Análisis multivariado del Top of Mind en la industria de bebidas estimulantes naturales en Colombia. *Agronoma Colombiana*, 34(1 Supl.), S23-S26. [doi:10.15446/agron.colomb.v34n1supl.57987](https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.57987)
- DeWitt D, Bosland P. 2009. *The Complete Chile Pepper Book: A Gardener's Guide of Choosing, Growing, Preserving and Cooking*. Londres: Timber Press.
- Domingo D., & López-Brea M. (2013). Plantas con acción antimicrobiana. . *Rev Esp. Quimioterap*, 385 - 393.

- Dubey, R. K., Singh, V., Upadhyay, G., Pandey, A. K., & Prakash, D. (2015). Assessment of phytochemical composition and antioxidant potential in some indigenous chilli genotypes from North East India. *Food Chemistry*, 188, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.088>
- Duthie GG, G. P. (2003). *Plant polyphenols are they the new magic bullet?* Proc Nutr Soc.
- García, A. (2011). Estudio de mercado de variedades sub-utilizadas de ajíes nativos (*Capsicum* spp) en el Perú dentro del marco del proyecto internacional financiado por la cooperación alemana (tesis de maestría). Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/315244>
- Fernández, G. (2007). Extracción, análisis, estabilidad y síntesis de capsaicinoides (tesis doctoral). Universidad de Cádiz. España.
- Gestión (2019). *Perú posee más de 350 variedades de ajíes, rocotos y pimientos registradas, según Minagri*. Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/peru-posee-mas-de-350-variedades-de-ajies-rocotos-y-pimientos-registradas-segun-minargi-noticia>
- Gomero, O. N. (2014). Evaluación de la actividad antielastasa y antioxidante del fruto de diferentes variedades de uva (*Vitis vinifera*). Informe de Investigación. Universidad Nacional del Callao. Vice Rectorado de Investigación, Lima, Perú.
- Gonzales Simpértigue, E. (2019). *Carotenoides y clorofila en cinco grados de madurez del ají cerezo triangular (Capsicum annum), utilizando imágenes hiperespectrales*. Universidad Nacional de Jaén.
- Granados Conde, C., Paola Pajaro, N., & León Méndez, G. (2019). Actividad antioxidante y contenido fenólico del extracto etanólico de *Capsicum annum* L. *Revista Cubana de Farmacia.*, 52(2), 1–12. <http://www.revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/78/225>
- Hervert-Hernández, D., Sáyago-Ayerdi, S. G., & Goñi, I. (2010). Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annum* L.), antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6), 3399–3406. <https://doi.org/10.1021/jf904220w>

- Howard, L. R. (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of select pepper cultivars (capsicum spp.) as influenced by maturity. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 1713 - 1720.
- Jäger, M., Jiménez, A., & Amaya, K. (2013). Las cadenas de valor de los ajíes nativos de Perú. Bioversity International. Recuperado de https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/Las_cadenas_de_valor_de_los_aj%C3%ADes_nativos_de_Peru_1730.pdf
- Kahkönen, M. (2001). *Berry fenolics and their antioxidant activity*. *Agric. Food Chem.* Vol. 49.
- Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J. O., Dommès, J., & incemai L., J. (2007). Evolution of ntioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetablrd. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 596-603.
- Kurita, S., Kitagawa, E., Kim, C.-H., Momose, Y., & Iwahashi, H. (2002). Studies on the Antimicrobial Mechanisms of Capsaicin Using Yeast DNA Microarray. *Bioscience Biotechnology, and Biochemistry*, 532 - 536.
- Kuskoki, M. E.-F. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de futos. . *Ciencia Tecnología Alimentaria*, 726 - 732.
- Lima, H. L. (2008). *Estrés oxidativo y antioxidantes: actualidades sobre los antioxidantes en los alimentos*. Cuba: Universidad de la Habana.
- López R., G. O. (2003). *Chili: La especia del Nuevo Mundo*. Mexico: Ciencias.
- Magalhães, L. M., Santos, F., Segundo, M. A., Reis, S., & Lima, J. L. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta*, 83(2), 441 - 447. [doi:10.1016/j.talanta.2010.09.042](https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.09.042)
- Martínez A. (2003). Carotenoides. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Setiembre 2003.
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 39-48. [doi:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07](https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07)

- Mendoza, L (2013). *Propiedades fisicoquímicas y antioxidantes del chile jalapeño (Capsicum annuum var. annuum) fresco y seco* (tesis de maestría). Universidad Veracruzana, Veracruz
- MINAG. 2012. Ministerio de Agricultura instala moderno secador solar en Ucayali para procesar productos orgánicos. Recuperado de <http://minag.gob.pe/portal/asociatividad/7399-productosorganicos ucayali>.
- Mínguez M; Gálvez A; Hornero D. (2010) Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples “colorantes” naturales. Departamento de Biotecnología de Alimentos. Instituto de la Grasa (CSIC). Sevilla.
- Nuez, F.; Gil Ortega, R.; Costa, J. (2003). *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. 1era Edición, Ediciones Mundi-Prensa, España.
- Paredes Oblitas, A. C., & Peche Benites, J. Y. (2019). *Influencia del estado de madurez en el índice de carotenoides del pimiento morrón (Capsicum annuum), utilizando visión artificial*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Pavlovic R, Mladenovic J, Radavanovic B, Acamovic-Dokovic G, Zdravkovic J, Zdravkovic M. 2012. Phenolic compounds and biological activity of *Capsicum annuum* L. *African Journal of Biotechnology* 11(45): 10446-10450.
- Perla, V. N. (2016). Vitamin C and reducing sugars in the world collection of *capsicum baccatum* L. genotypes. *Food Chemistry*, 189 - 198.
- Proteggente, A. (2002). *The oxidants activity of a regulary consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitam C compostion*.
- Ramachandran, S., & Srivastava, S. (2017). Abstract 4422: Capsaicin suppresses pancreatic tumor growth by inhibiting tumor cell metabolism. *Cancer Research*, 4422 - 4422.
- Repo, R., & Encina, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Obtenido de Revista de la Sociedad Química del Perú: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810634X2008000200004&script=sci_artte

- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26, 1231-1237. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Robbins, R. (2003). Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Agric. Food. Chem. Vol 51*.
- Rojas, R., Patel, K., Ruiz, C., Calderón, R., Asencios, E., Quispe, F., & Marcelo, M. (2016). *Ajíes Nativos Peruanos Caracterización Agro-Morfológica, Químico-Nutricional y Sensorial*. 1–139.
- Sellapan S., C. Akoh C., G. Krewer. . (2005). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-Grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural Food Chemistry*.
- Singleton V, & Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. Recuperado de <https://www.ajeonline.org/content/16/3/144.short>
- Sociedad Peruana de Gastronomía (APEGA), Programa de Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y el Instituto de Investigaciones en Hotelería de la Universidad San Martín de Porres (USMP). (2009). *Ajíes peruanos. Sazón para el mundo*. Lima: Editora El Comercio. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/ajiesdelPeru.pdf>
- Somos, A. (1994). *The paprika*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Souza, A. V., Vieira, M. R., & Putti, F. F. (2018). Correlações entre compostos fenólicos e atividade antioxidante em casca e polpa de variedades de uva de mesa. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21. doi:<https://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.10317>
- Venereo Gutiérrez, Justo R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Rev. Cubana de medicina militar* 2002;31(2):126-33.
- Vignoni, L. A., Césari, R. M., Forte, M., & Mirábile, M. L. (2006). Determinación de Índice de Color en Ajo Picado. *Información tecnológica*, 17(6), 63-67. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000600011>
- Vilaplana M. (2007). Antioxidantes presentes en los alimentos. *Revista Digital del Ámbito*

Farmacéutico – Nutrición – Vol. 26 Núm. 10.

Villar Estrada, J. E. (2019). *Capsaicinoides, compuestos fenólicos, actividad antioxidante In vitro y color de 100 accesiones de Capsicum spp.* Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

ANEXOS

Anexo I

PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODO DIRECTO DPPH QUENCHER



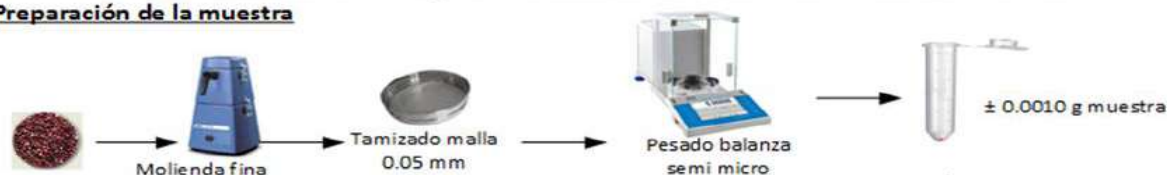
UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN
-HUACHO-

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOCAM:

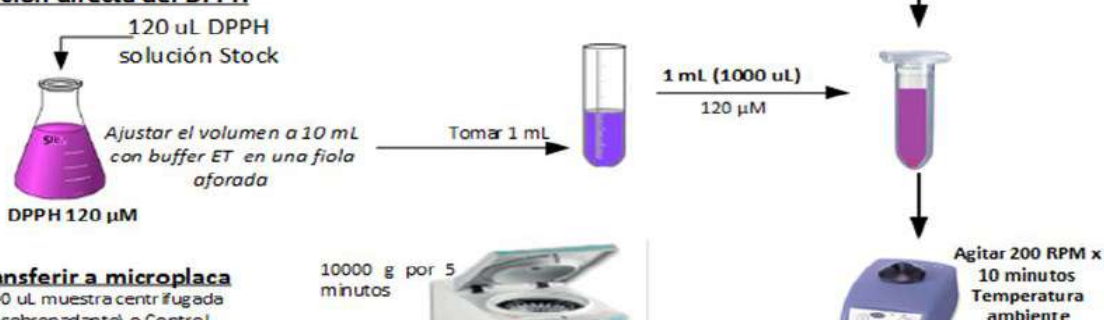
FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Protocolo Capacidad Antioxidante DPPH-QUENCHER

Preparación de la muestra



Adición directa del DPPH



Transferir a microplaca

200 uL muestra centrifugada (sobrenadante) o Control (DPPH 120 uM)



Leer la absorbancia (A) a 520 nm



Cálculos:

$$\frac{\mu\text{Mol}}{\text{g}} = \frac{\text{FI} \times \text{Concentración DPPH} \times \text{Volumen DPPH}}{\text{Peso Muestra}}$$

FI= Fracción de inhibición

$$\text{FI} = \frac{\text{Acontrol} - \text{Amuestra}}{\text{Acontrol}}$$

Preparación de reactivos

Buffer Tris-HCl (10 mM pH = 7.5):

W g Tris base = 0.0303 g ---- disolver en 20 mL de agua --- ajustar el pH a 7.5 con HCl ---
ajustar el volumen a 25 mL en una fiola



DPPH stock 10 mM: 0.0039 g ---- disolver en etanol ---
ajustar el volumen a 1 mL en una fiola

Referencia

Condezo-Hoyos L. A., Abderrahim F., Arriba S. M., González M.C. (2015). A novel, micro, rapid and direct assay to assess total antioxidant capacity of solid foods. *Talanta* 138 (2015)108–116. Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2015.01.043>

Anexo II

PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODO DPPH EXTRACTABLE

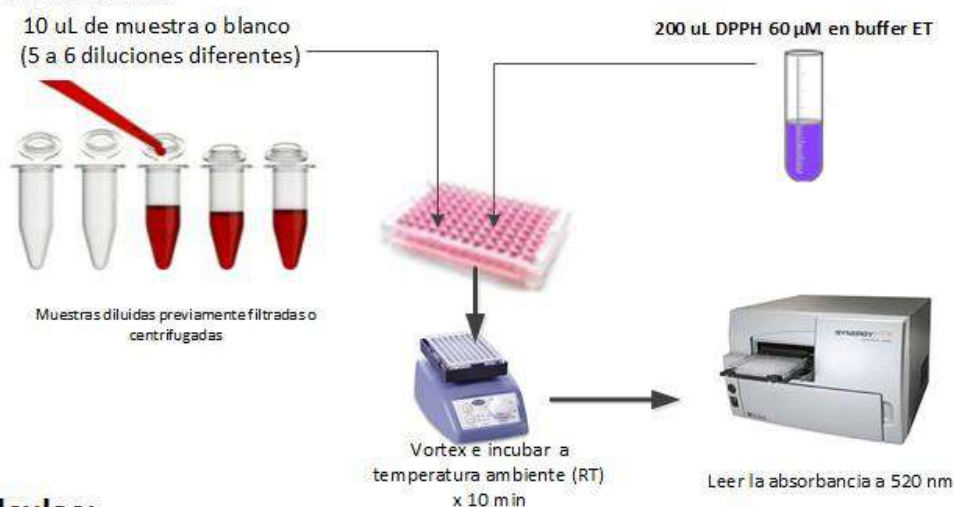


UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN - HUACHO

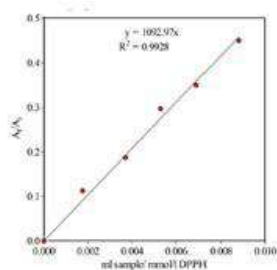
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOCAM:

FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Protocolo Capacidad Antioxidante – SCI



Cálculos:



Eje X= concentración (dilución) muestras
Eje Y= porcentaje de inhibición
Control= 10 µL Buffer ET + 200 µL DPPH 60 µM

Pendiente = SCI (ICI)
ICI=Índice de Capacidad de Inhibición (mMol DPPH/ml muestra)

Preparación de reactivos

Buffer Tris-HCl (10 mM pH = 7.5):

W g Tris base = 0.0303 g ---- disolver en 20 mL de agua --- ajustar el pH a 7.5 con HCl --- ajustar el volumen a 25 mL en una fiola

Buffer ET: Mezclar buffer Tris-HCl (10 mM pH = 7.5) con Etanol (1:1 v/v)

DPPH stock 10 mM: 0.0039 g ---- disolver en etanol --- ajustar el volumen a 1 mL en una fiola

60 µL DPPH stock



DPPH 60 µM

Ajustar el volumen a 10 mL con buffer ET en una fiola aforada

Referencia

Fatima Abderrahim, Silvia M. Arribas, M. Carmen Gonzalez, Luis Condezo-Hoyos. Food Chemistry, Volume 141, Issue 2, 15 November 2013, Pages 788-794

Anexo III

PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODO ABTS+

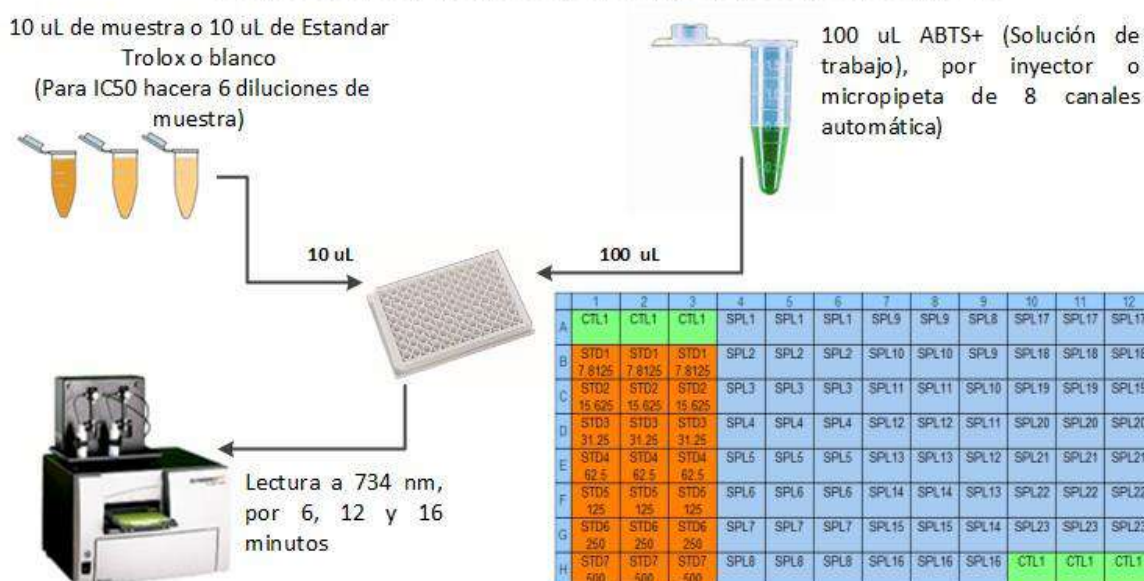


UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN - HUACHO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOCAM:

FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Capacidad Antioxidante; Método ABTS+



Preparación de reactivos

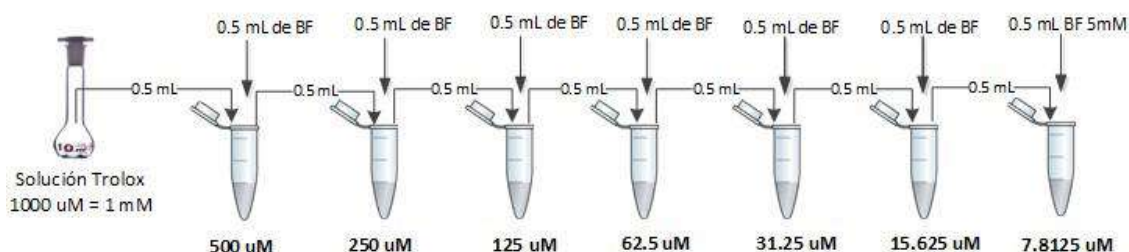
Buffer Fosfato 5 mM = 5 mL BF 1M y aforar en una fiola de 1000 mL con agua UP (o 1 mL BF 75 uM mezclr con 14 mL de agua ultra pura)

Preparación radical ABTS* (Stock) = Para 5 mL, Pesar 0.0192 g de ABTS, pesar 0.0033 g de persulfato potásico y agregar aguaUP en una fiola de 5 mL, mantener oscuridad a TR por 16 horas, extraer alícuotas de 1 mL o 500 uL para conservar a Ultracongelación

Preparación Solución de Trabajo ABTS* = Para una placa preparar 12 mL a 15 mL, tomar 540 uL de ABTS* STOCK y mezclar con 12 mL de BF a 5 mM (o 675 uL de ABTS STOCK mas 15 mL de Buffer Fosfato a 5 mM), proteger de la Luz

Dilución seriada: Curva estándar del Trolox

Pesar 0.0005 g Trolox y disolver con BF 5 mM (o Metanol) en una fiola de 2 mL se obtiene Trolox a 1000 uM (0.0025g Trolox para 10 mL)



REFERENCIA:

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26, 1231–1237. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3

Anexo IV

PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODO FRAP



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN - HUACHO

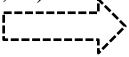
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOCAM:

FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Preparación de reactivos:

- A. Acetato Buffer: (300 mM, pH – 3.6):** Ácido Acético Glacial (1,6176 ml.) + Acetato de Sodio anhidro (0,1627 g.) + H₂O Desionizada ajustar a un pH de 3,6 (con dilución de HCl) ----→ Ajustar a un Volumen de **100 ml.** (en una Fiola)
- B. TPTZ (10mM en HCl 40 mM):**
(2,4,6 Tris (2-pyridyll))

0,00312 g. TPTZ ----- → Ajustar a un volumen de **1ml** con HCl 40 mM (en una Fiola).
(La coloración a la Rx es ligeramente azul)
- C. FeCl₃ (20mM):**
0,0054 g. FeCl₃ ----- → Ajustar a un volumen de **1ml** con Agua desionizada(en una Fiola).
- D. Ácido Gálico 5878,2 μM : (MW= 170.12)**
Ac. Gálico a una CC. de 5878,2 μM, (Stock GA. --→ 1 mg/ml = 1g/L --→ 5878,2 μM)
- E. HCl (40 mM):**
Puro: $V_{HCL} = (0.073 \text{ g}) / (1,1591 \text{ gr/ml})$
 $= 0,069 \text{ ml.}$

 $V_{HCL} = 0,069 \times (100/36,03)$ → Ajustar a 50 ml.  174,6μL de HCl qp
 $V_{HCL} = 174,6 \mu\text{L.}$ con H₂O Desionizada. (En una Fiola)

- **Solución de trabajo FRAP:**

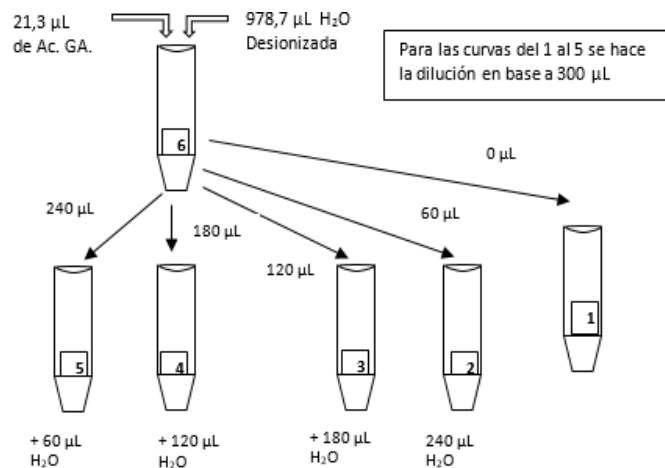
10 ml. Buffer Acetato
 + 1 ml. de solución TPTZ
 + 1 ml. de solución DFeCl₃

Mezclar en un frasco oscuro. Esta solución de trabajo se deberá preparar para el día.
 (Total 12ml); 12ml => 60 muestras en microplaca.

- Tener en cuenta que para la purga del equipo se necesita 1200 µL de solución de trabajo.

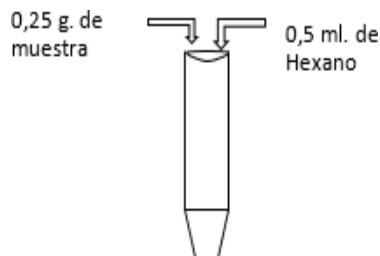
- **Preparación de la curva:**

- Ac. Gálico a una concentración de 5878,2 µM, (Stock GA. --> 1 mg/ml = 1g/L --> 5878,2 µM) a partir de esta solución se hacen diluciones para la curva estándar a las concentraciones siguientes:



- **Extracción de la muestra:**

La extracción se adapta dependiendo del tipo de muestra



- **Aplicación en microplacas y lectura:**

➤ Para la Curva Estándar:

Se aplica las diluciones de diferentes concentraciones en la microplaca 20 µL de STD, desde la menor concentración hasta la mayor concentración y luego el equipo inyectará 150 µL de FRAP (Solución de Trabajo).

- Para las muestras:
Se aplica las diluciones de las muestras (extraídas previamente) en la microplaca 20 μL en cada pocillo, (20 μL x 3 repeticiones, 3 pocillos por muestra). Luego el equipo inyectará 150 μL de FRAP.

- Leer la Absorbancia a 593 nm en la Lectora de microplacas.
 - $T^\circ = 37^\circ\text{C}$
 - Inyección de solución de trabajo = 150 μL .
 - Shaker = 3 seg.
 - Leer a los 8 minutos

Anexo V

PROTOCOLO PARA DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES

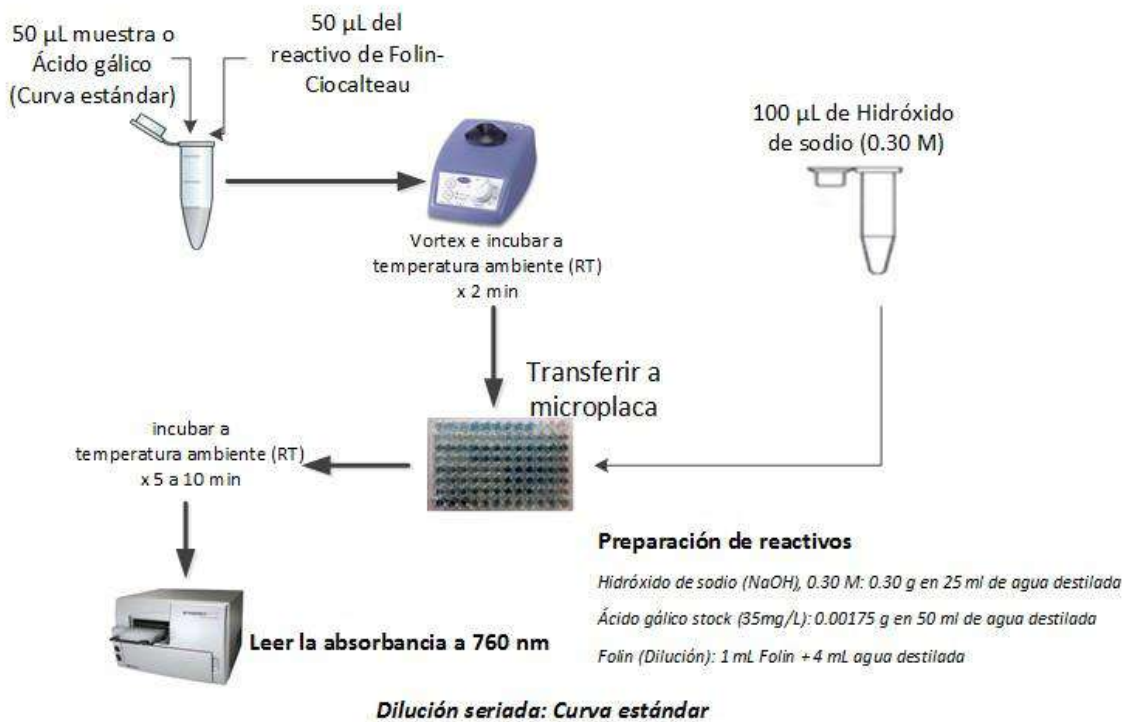


UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN - HUACHO

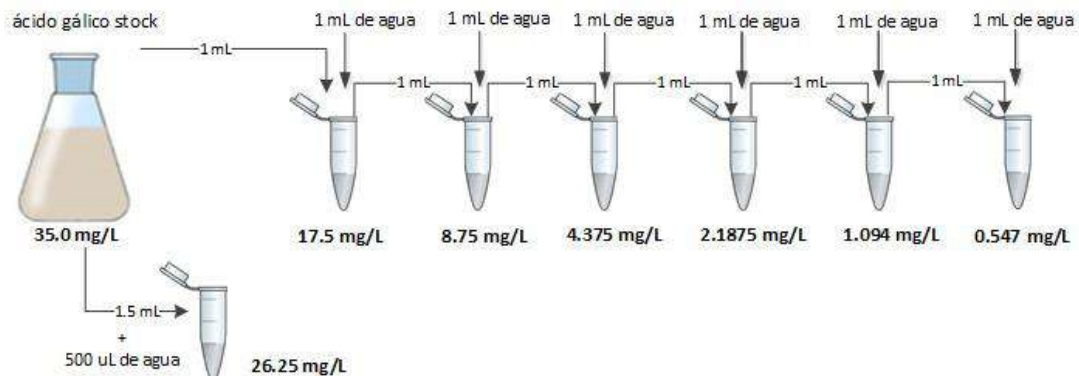
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOCAM:

FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Protocolo Polifenoles totales



Dilución seriada: Curva estándar



Referencia

Magalhães, L.M.; Santos, F.; Segundo, M.A.; Reis, S.; Lima, J.L.F.C. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta* 83(2), 441-447.

Anexo VI

PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAROTENOIDES



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN – HUACHO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FOC AM

FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE
A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

CAROTENOIDES



Referencia:

Simon, P. W. and X. Y. Wolff. 1987. carotenes: in typical and dark orange carrots. *J. Agric. Food Chem.* 35:1017-1022.

Anexo VII

PRUEBA R-PROJECT DPPH QUENCHER

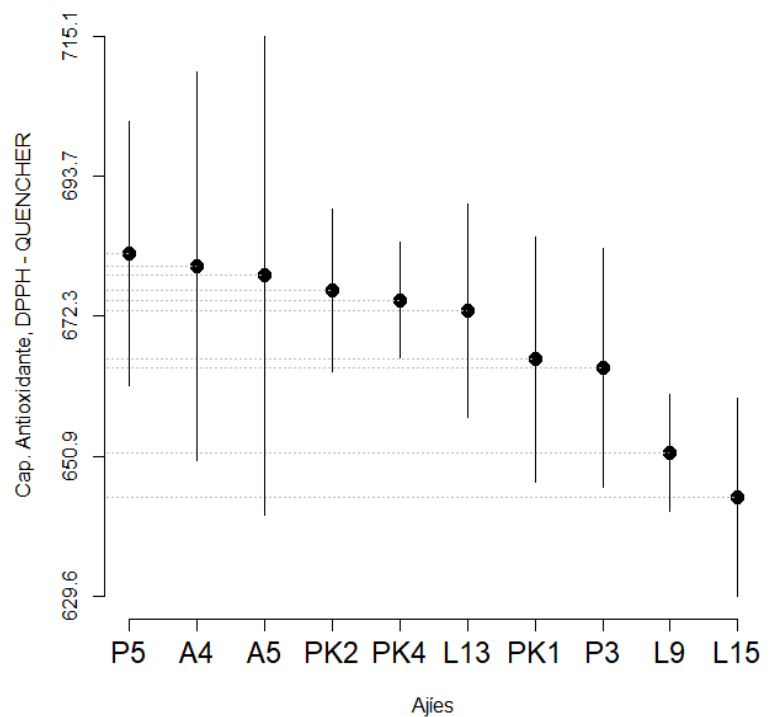
Analysis of Variance Table

Response: Y2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
aji	9	4232.1	470.24	0.3818	0.9302
Residuals	20	24634.8	1231.74		

Levels Means SK(5%)

P5	681.8748	a
A4	679.9106	a
A5	678.5354	a
PK2	676.2651	a
PK4	674.7716	a
L13	673.2041	a
PK1	665.7027	a
P3	664.3571	a
L9	651.4199	a
L15	644.7145	a



Anexo VIII

PRUEBA R-PROJECT DPPH EXTRACTABLE

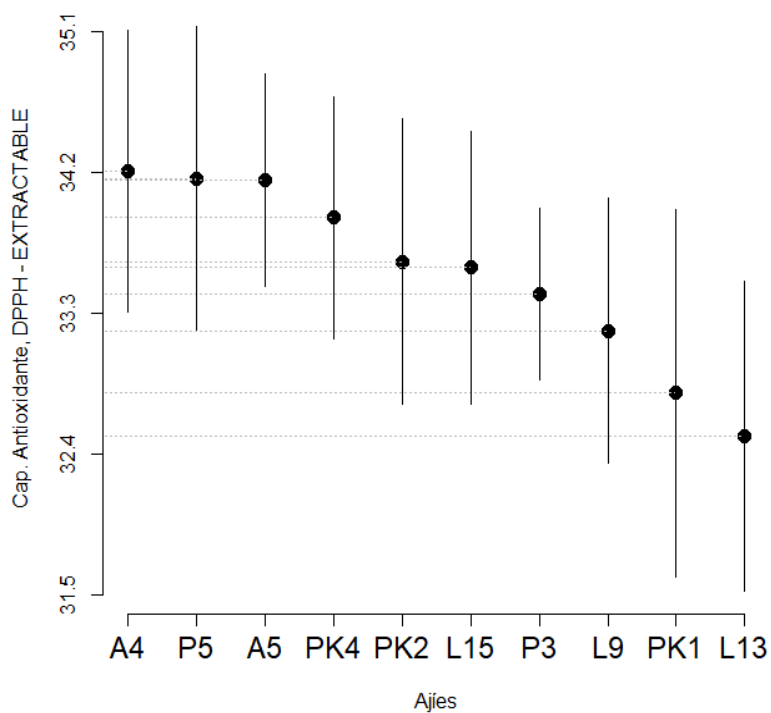
Analysis of Variance Table

Response: Y2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
aji	9	9.346	1.0385	0.4438	0.8946
Residuals	20	46.803	2.3402		

Levels Means SK(5%)

A4	34.20992	a
P5	34.16297	a
A5	34.15329	a
PK4	33.91100	a
PK2	33.63055	a
L15	33.59228	a
P3	33.42116	a
L9	33.18896	a
PK1	32.78896	a
L13	32.51266	a



Anexo IX

PRUEBA R-PROJECT ABTS+

Analysis of Variance Table

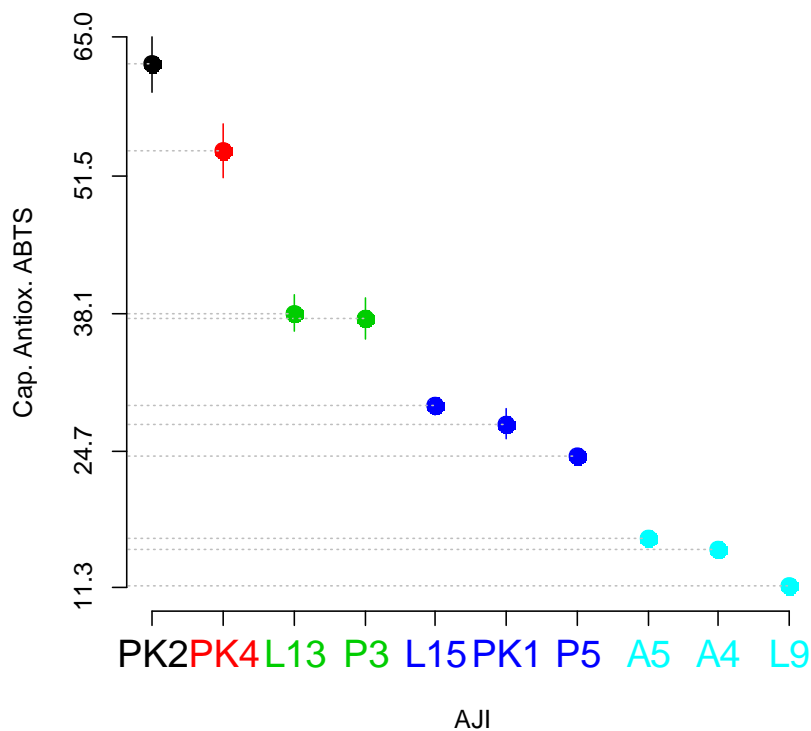
Response: Y2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Ajies	9	7531.2	836.80	111.06	4.335e-15 ***
Residuals	20	150.7	7.53		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Levels Means SK(5%)

PK2	62.30257	a
PK4	53.86119	b
L13	38.08743	c
P3	37.55602	c
L15	29.06818	d
PK1	27.31006	d
P5	24.22469	d
A5	16.12775	e
A4	15.07643	e
L9	11.52306	e



Anexo X

PRUEBA R-PROJECT FRAP

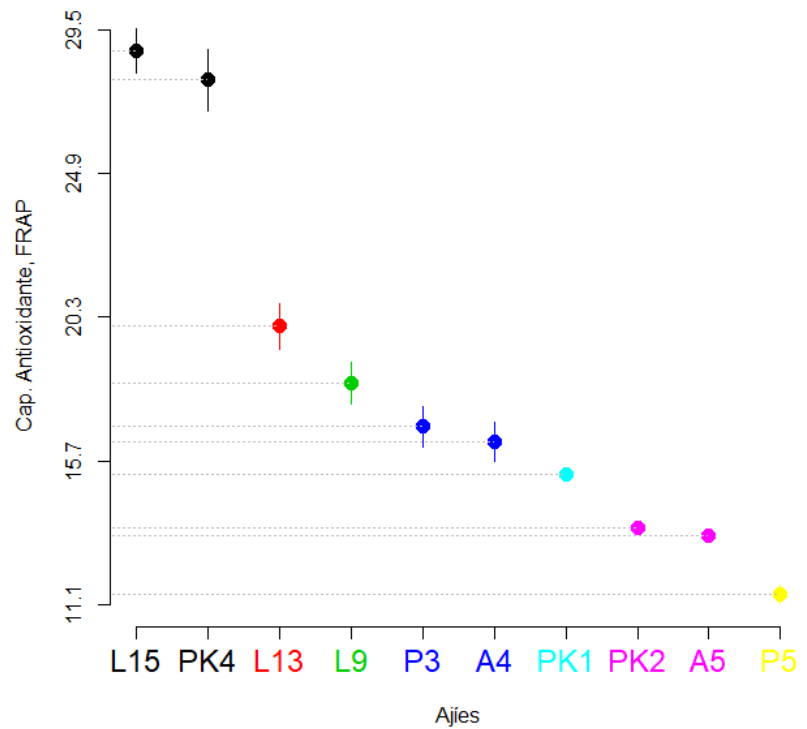
Analysis of Variance Table

Response: Y2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
aji	9	944.23	104.915	102.91	9.101e-15 ***
Residuals	20	20.39	1.019		

Levels Means SK(5%)

L15	28.82098	a
PK4	27.87742	a
L13	20.00013	b
L9	18.16958	c
P3	16.80146	d
A4	16.30547	d
PK1	15.26317	e
PK2	13.57078	f
A5	13.32468	f
P5	11.44027	g



Anexo XI

PRUEBA R-PROJECT POLIFENOLES TOTALES

Analysis of Variance Table

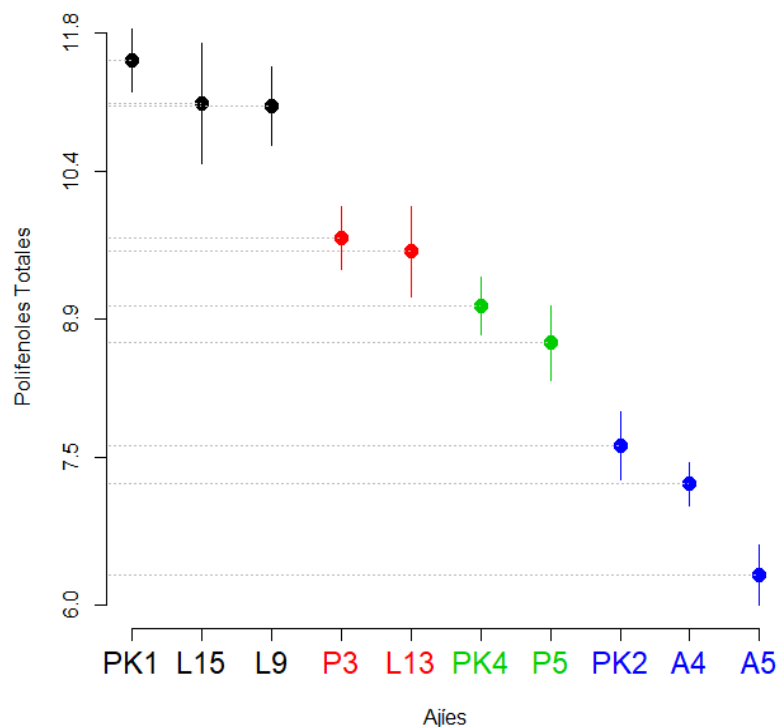
Response: Y2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
aji	9	83.566	9.2851	21.746	0.00000001888 ***

Residuals	20	8.540	0.4270
-----------	----	-------	--------

Levels Means SK(5%)

PK1	11.522667	a
L15	11.082213	a
L9	11.061600	a
P3	9.725533	b
L13	9.587492	b
PK4	9.032404	c
P5	8.664000	c
PK2	7.620712	d
A4	7.231369	d
A5	6.311489	d



Anexo XII

PRUEBA R-PROJECT CAROTENOIDES

Analysis of Variance Table

Response: Y2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Ajies	9	8006539	889615	377.86	< 2.2e-16 ***
Residuals	30	70631	2354		

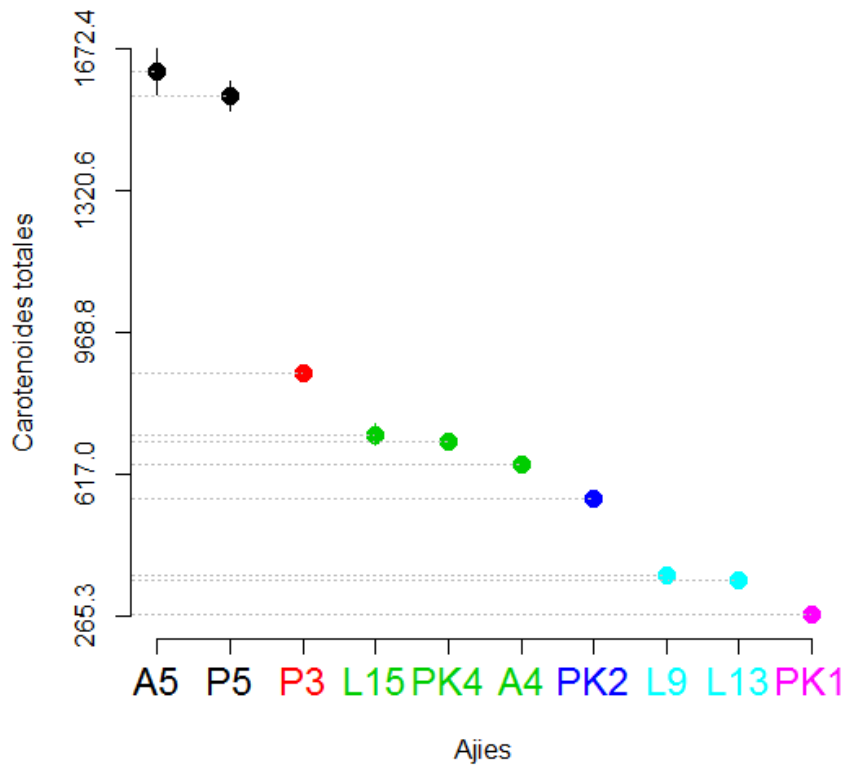
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Levels Means SK(5%)

A5	1616.4309	a
P5	1555.2497	a
P3	866.4803	b
L15	714.4064	c
PK4	697.3448	c
A4	639.3140	c
PK2	555.8225	d
L9	366.4879	e
L13	353.7467	e
PK1	267.7012	f

Levels Means SK(5%)

2	1616.4309	a
4	1555.2497	a
3	866.4803	b
7	714.4064	c
10	697.3448	c
1	639.3140	c
9	555.8225	d
5	366.4879	e
6	353.7467	e
8	267.7012	f



Anexo XIII
GALERÍA DE FOTOS



