

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



Capacidad antioxidante del *Coffea arábica* “café”
de cinco departamentos del Perú, Ayacucho 2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
QUÍMICO FARMACÉUTICA

Presentado por la:
Bach. ALFARO PILLIHUAMAN, Elvi

AYACUCHO – PERÚ
2019

A Dios y a mi madre que desde el cielo me
guía. A mi padre por su apoyo.

A mi hija Connie y compañero Shilton por
ser mi gran fortaleza.

Para mis hermanos en especial a Litman
por ser como un padre para mí.

AGRADECIMIENTOS

A mi *alma mater* la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por acogerme y darme la bienvenida en sus instalaciones durante toda mi etapa como estudiante universitario.

A la Facultad de Ciencias de la salud, en especial a la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica y a los docentes por sus aportes con sus conocimientos y valores en el transcurso de mi formación profesional.

A mi asesor Dr. Q.F. Emilio German Ramírez Roca, Profesor Principal de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por su colaboración y apoyo profesional en la realización de esta investigación.

A mi asesora Dra. Q. F. Silvia Suárez Cunza, Profesora Principal de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por su ayuda incondicional, valioso tiempo y gran orientación durante el desarrollo de la investigación.

A todas aquellas personas que me brindaron su amistad, colaboración, apoyo y sugerencia antes, durante y después de la ejecución de la tesis, contribuyendo de gran manera para alcanzar esta meta.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes de estudio	3
2.2. <i>Coffea arabica</i> “café”	5
2.3. Radicales Libres (RL)	10
2.4. Antioxidantes	14
2.5. Mecanismos y defensas antioxidantes	18
2.6. Capacidad antioxidante	19
2.7. Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)	19
2.8. Método del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracil)	20
2.9. Método del ABTS (ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico)	20
2.10. Método FRAP (Reducción del hierro férrico a ferroso)	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Lugar de ejecución	23
3.2. Población y muestra	23
3.3. Diseño metodológico para la recolección de datos	23
3.4. Diseño experimental	29
3.5. Análisis estadístico	29
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	47
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química del café	6
Tabla 2. Propiedades físicas de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café” de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019	33
Tabla 3. Contenido de polifenoles totales y flavonoides de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café” de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Capacidad antioxidante (método DPPH) del extracto acuoso de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café” de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019	35
Figura 2. Capacidad antioxidante (método ABTS) del extracto acuoso de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café” de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019	36
Figura 3. Actividad antioxidante (método FRAP) del extracto acuoso de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café” de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019	37

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Flujograma de procedimientos para evaluar la capacidad antioxidante de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café” procedentes de los valles de cinco departamentos del Perú	55
Anexo 2. Semillas de <i>Coffea arábica</i> “café” recolectadas de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019	56
Anexo 3. Procedimiento de la obtención del extracto acuoso de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café”. Ayacucho 2019	57
Anexo 4. Determinación de la actividad antioxidante de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café”. Ayacucho 2019	58
Anexo 5. Datos descriptivos de la capacidad antioxidante por el método del radical DPPH de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café”. Ayacucho 2019	59
Anexo 6. Datos descriptivos de la capacidad antioxidante por el método ABTS de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café”. Ayacucho 2019	60
Anexo 7. Datos descriptivos de la capacidad antioxidante por el método FRAP de las semillas de <i>Coffea arábica</i> “café”. Ayacucho 2019	61
Anexo 8. Curva de calibración el Trolox y Vitamina C para el DPPH. Ayacucho 2019	62
Anexo 9. Curva de calibración el Trolox y Vitamina C para el ABTS. Ayacucho 2019	63
Anexo 10. Curva de calibración para el FeSO ₄ para el FRAP. Ayacucho 2019	64
Anexo 11. Evaluación estadística t de student: Valor de p<0,05	65
Anexo 12. Matriz de consistencia	66

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal evaluar comparativamente la capacidad antioxidante del extracto acuoso de los granos tostados y molidos de *Coffea arabica* “café”, denominado “café orgánico”, procedente de los valles de Chanchamayo (Junín), Tutumbaro (Ayacucho), Ucayali (Ucayali), Jaén (Cajamarca) y Quillabamba (Cuzco). Con dichas muestras se preparó una solución stock al 2 % p/v (20 mg/mL) de la cual se efectuaron las diluciones requeridas para cada uno de las determinaciones experimentales: 0,8; 0,8; 0,5; 2,5 y 0,67 mg de café/mL de extracto acuoso. Se cuantificaron los polifenoles totales mediante el Método de Folin-Ciocalteu obteniéndose resultados comprendido entre 3,03 – 2,67 mmol EAG/g café; flavonoides mediante el Método de Zhishen encontrándose valores comprendidos entre 0,15 - 0,13 mmol ECQ/g café. Así mismo se determinó la capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH obteniéndose los resultados entre 63.7 - 53.6 % de captación de RL, 51,5 - 43,6 mg TEAC/g café y 47,0 - 39,1 mg AAEAC/g café; para el ABTS con resultados entre 54,0 - 46,7 % de captación de RL, 63,6-54,8 mg TEAC/g café y 47,8 - 41,1 mg AAEAC/g café y para el FRAP los resultados fueron entre 99,5 -96,2 % captación de RL, 539,68 - 493,41 μ mol equivalente a FeSO_4 /g de café. Donde se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) en el análisis estadístico t de student en los Métodos de DPPH, del café de Ucayali (Ucayali) y Quillabamba (Cuzco) con respecto al café de Chanchamayo (Junín), ABTS el café de Quillabamba (Cuzco) con respecto a Chanchamayo (Junín), Tutumbaro (Ayacucho) y Jaén (Cajamarca). Se concluye que los extractos acuosos de los granos tostados y molidos de *Coffea arabica* “café” procedentes de los cinco valles poseen efecto antioxidante, evidenciándose mayor capacidad antioxidante en el café del valle de Chanchamayo (Junín).

Palabras clave: *Coffea arabica* “café”, capacidad antioxidante, polifenoles totales

I. INTRODUCCIÓN

En el ser humano, las especies derivadas de la reducción incompleta del oxígeno son denominadas especies reactivas del oxígeno (EROs), participan en los mecanismos fisiológicos como en el envejecimiento y etiopatogénicos primarios o en sus consecuencias en una variedad de enfermedades de gran importancia clínica y social.¹

Diversos estudios han mostrado que los antioxidantes contribuyen a prevenir enfermedades, a mantener o recuperar la salud cuando los EROs conducen a una situación de desbalance entre estas especies y nuestro mecanismo de defensa antioxidante; por ejemplo disminuyen el riesgo de enfermedades cardiovasculares, cáncer, Parkinson, Alzheimer al combatir el daño celular causado por los radicales libres.²

En los últimos años se vienen desarrollando en el mundo propuestas de productos alimenticios con características diferentes a las fisicoquímicas y sensoriales, es decir, alimentos fisiológicamente funcionales.

Dentro de este grupo de alimentos está incluido el café, que siendo una bebida de consumo diario con contenido del alcaloide cafeína, hoy se sabe que su composición de metabolitos secundarios le provee de propiedades relacionadas con la conservación de la salud. Actualmente se conoce que este producto agroalimentario posee una serie de bioactividades, como actividad antioxidante, anticarcinogénico y antimutagénico.³ Los granos de café verde contienen antioxidantes como ácidos fenólicos, polifenoles y alcaloides; especialmente los ácidos fenólicos elálgico, cafeico y clorogénico; el contenido de estos componentes varía entre especies y lugar de origen y le dan al café la calidad de alimento funcional y nutraceutico.^{2,4}

Nuestro país no es reconocido como un país cafetalero en términos cuantitativos pero si cualitativos, tenemos reconocimientos mundiales sobre la calidad de nuestro café. Sin embargo, no se conocen las propiedades antioxidantes de las

diversas variedades de café que se cultivan en Perú, se requiere por tanto generar conocimiento científico que permita su valoración más allá de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales.

Los estudios sobre el café cultivado en el Perú están orientados principalmente a los aspectos de cultivo, de procesamiento y otros, sin embargo son escasos los estudios sobre las propiedades funcionales de sus metabolitos secundarios. Generar conocimiento sobre el café peruano es requerido para una mejor valoración en el biocomercio que incluye toda la cadena productiva, especialmente para los agricultores.

Los estudios de capacidad antioxidante en las diversas variedades de café peruana constituyen una necesidad para establecer su calidad y aplicación como alimento funcional. Así mismo es un conocimiento requerido para poder compararlos no sólo a nivel nacional sino también con los estudios de las variedades de café que se estudian a nivel internacional.

Este estudio químico in vitro permitirá continuar con otros estudios biológicos in vitro e in vivo que beneficiará no sólo a la cadena productiva sino al consumidor de esta bebida. Así como proyectar su potencial al uso a nivel de las industrias cosmética, farmacéutica y de alimentos.

Bajo esta perspectiva, el presente estudio de investigación consistió en evaluar el *Coffea arabica* “café” de cinco departamentos del Perú. Para la cual se planteó los siguientes objetivos.

Objetivo general

Evaluar comparativamente la capacidad antioxidante del extracto acuoso del *Coffea arábica* “café” cultivado en los valles de cinco departamentos del Perú.

Objetivos específicos

- Cuantificar los polifenoles totales presentes en el extracto acuoso de *Coffea arábica* “café” cultivados en los valles de cinco departamentos del Perú.
- Cuantificar flavonoides presentes en el extracto acuoso de *Coffea arábica* “café” cultivados en los valles de cinco departamentos del Perú.
- Determinar la capacidad antioxidante del extracto acuoso de *Coffea arábica* “café” cultivados en los valles de cinco departamentos del Perú mediante los métodos de radical DPPH, ABTS, FRAP.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

El café ha sido estudiado en cuanto a su composición y su capacidad antioxidante y el beneficio que tiene en la salud el uso de este, los estudios que se muestran a continuación señalan el uso de los métodos del radical ABTS, FRAP Y DPPH como los métodos muy ampliamente utilizados para determinar la capacidad antioxidante del café el uso de los métodos del radical. En cuanto a la composición del café estudios indican que en el café existe una gran cantidad y variedad de compuestos fenólicos, ejemplificados por los ácidos clorogénico, cafeico, ferúlico y cumárico. El café contiene un número de sustancias bioquímicamente activas; una de las más importantes y conocidas es la cafeína, un derivado de las Xantinas, pero además es una fuente considerable de polifenoles, los que pudieron contribuir en cantidad y variedad al ingreso de antioxidantes de la dieta⁴.

Pérez y col.⁵, en el año 2013 (México) realizaron una investigación: Compuestos Fenólicos, Melanoidinas y Actividad Antioxidante de Café verde y procesado de las especies *Coffea arábica* y *Coffea canephora*. En el mencionado estudio se identificaron y cuantificaron compuestos fenólicos y se determinaron además el contenido de melanoidinas en dos cafés verdes y sus procesados, determinaron también la actividad antioxidante de los diferentes cafés, el cual se determinó por dos métodos, el método del radical ABTS y el método de radical DPPH. Finalmente concluyeron que los cafés procesados presentaron una actividad antioxidante mayor que sus respectivos granos verdes de origen. En el caso del café caracolillo, se observó una disminución de los principales compuestos fenólicos identificados.

Fonseca y col.⁶, en el año 2013, realizaron una investigación: Capacidad Antioxidante y Contenido de Fenoles Totales en Café y subproductos del Café producido y comercializado en norte de Santander (Colombia). En el mencionado

estudio se realizó la determinación de la capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café, donde la capacidad antioxidante fue evaluada por el método de radical ABTS y FRAP, y finalmente concluyeron manifestado que todas las muestras presentaron capacidad antioxidante y fenoles totales, incluidos los residuos del procesamiento del café tales como el pergamino, la cáscara y la pulpa de la cereza. Por lo tanto, se confirma el potencial de los residuos de café como fuentes naturales de antioxidantes. Esta investigación reporta por primera vez propiedades antioxidantes en el pergamino y en cafés especiales.

Puertas y col.⁷, en el año 2013, realizaron una investigación: Borra de café colombiano (*Coffea arabica*) como fuente potencial de sustancias con capacidad antiradicales libres *in vitro*. En el mencionado estudio se evaluaron el café como fuente potencial de sustancias con capacidad anti-radicales libres *in vitro*, ellos además resaltan la gran importancia que tiene el café por sus propiedades biológicas, luego del desarrollo del estudio se identificaron los ácidos clorogénico, isoclorogénico y feruloilquínico como los principales componentes de la borra de café y concluyeron que todos los extractos obtenidos mostraron buena capacidad antioxidante, con el extracto de etanol/agua como el mejor, seguido del extracto de metanol acidulado. Sin embargo, la capacidad antioxidante de la fracción en diclorometano del extracto etanol/agua resultó menor que la presentada por la taza de café; este último presentó mejor capacidad antioxidante en comparación con los extractos estudiados, lo cual era de esperar considerando que esta muestra fue obtenida directamente de la preparación de la bebida de café tostado con agua caliente, extrayendo gran cantidad de compuestos solubles en agua con características antioxidantes.

Paucar J⁸. En la investigación, Influencia del tostado en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de granos de café (*coffea arabica* L.) de satipo”, comparo los granos de café verde y tostado a una temperatura de 190, 200 y 210°C, cuantificando polifenoles totales por el Método de Folin Ciocalteau utilizando ácido clorogénico como estándar y para la capacidad antioxidante realizó por el Método DPPH (2,2 difenil-1-picrilhidrazilo) tomando como base una curva estándar de Trolox. Concluyendo que el tostado no influye reduciendo el 50% de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de granos de café (*Coffea arabica* L.) de dos variedades (Caturra rojo y Catimor).

2.2. *Coffea arábica* “café”

2.2.1. Clasificación taxonómica *Coffea arábica* “café”

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Sub clase : Dilleniidae

Orden : Gentianales

Familia : Rubiaceae

Género : *Coffea*

Especie : *Coffea arabica*

Nombre Vulgar : “café”

Fuente: Pérez y col.⁵

2.2.2. Café

Fruto del árbol del cafeto (*Coffea arábica*), es oriundo de Arabia, desde donde se esparció a todo el Oriente y siglos después, a través de Europa, a todo el mundo. El café contiene un número de sustancias bioquímicamente activas; una de las más importantes y conocidas es la cafeína, un derivado de las xantinas, pero además es una fuente considerable de polifenoles y compuestos fenólicos, los que pudieran contribuir en cantidad y variedad al ingreso de antioxidantes en la dieta¹.

2.2.3. El café y sus compuestos fenólicos

El café contiene importantes antioxidantes fenólicos, tales como los ácidos clorogénico y caféico, en algunos aspectos similares a las epicatequinas y taninos del té o las quercetinas del vino tinto, pero con diferentes estructuras químicas y, por tanto, distintas funciones metabólicas. Los compuestos fenólicos poseen al menos un anillo aromático con 1 o más grupos hidroxilos; entre ellos, los fenilpropanoides presentan la estructura básica de los fenoles más una cadena tricarbonada como grupo lateral. Los más comunes son los ácidosfenílico, cumárico, cafeico y clorogénico, este último un éster del ácido cafeico y el ácido quínico. Los compuestos fenólicos de las plantas tienen como propiedades generales las de ser antioxidantes, ejercer efectos quelantes y modular la actividad de varios sistemas enzimáticos, de modo que actúan mayoritariamente en la dieta como elementos que promueven salud ante factores químicos y físicos estresantes para el organismo. Algunas bebidas consumidas habitualmente son ricas en compuestos fenólicos; por ejemplo: el café contiene entre 200-500 mg por taza; el té, entre 150-200 mg por taza; y el vino tinto, entre 200-800 mg por vaso. En el café verde existe una gran cantidad

y variedad de compuestos fenólicos, ejemplificados por los ácidos clorogénico, cafeico, fenílico y cumárico; El ácido clorogénico es el mayor componente fenólico del café, pues cada taza contiene de 15 a 325 mg, con un promedio de 200 mg por taza para el café americano; así, estimándose el consumo diario de personas adictas a él se estima entre 0,5 a 1 gramo¹.

2.2.4. Composición química del café

Composición química promedio del grano de café almendra y del café tostado de la especie Arábica (% en base seca).

Tabla 1. Composición química del café

Componente químico (%)	Café almendra	Café tostado
Polisacáridos	50,8	38,0
Sacarosa	8,00	0,0
Azúcares reductores	0,10	0,3
Proteínas	9,80	7,5
Aminoácidos	0,50	0,0
Cafeína	1,20	1,30
Trigonelina	1,00	1,00
Lípidos	16,20	17,0
Ácidos alifáticos	1,10	1,6
Ácidos clorogénicos	6,90	3,3
Minerales	4,20	4,5
Melanoidina	0,00	25,4
Compuestos aromáticos	Trazas	Trazas

Fuente: Cenicafé (diciembre del 2011) pág. 3-7

2.2.5. Usos medicinales del café

Es un producto natural que podría enmarcarse dentro de las plantas medicinales, porque presenta muchas propiedades beneficiosas bien sea para tratar diferentes enfermedades o en actividades biológicas como son antibacteriales, afrodisíacas, contra la influenza, hepatitis y antioxidantes, entre otras.⁷

2.2.6. Importancia económica del café

En el ámbito internacional, los países productores y consumidores constituyeron la Organización Internacional del Café (OIC), con sede en Londres, Inglaterra. Es una institución con personería jurídica que fue establecida en virtud del Convenio Internacional del Café de 1962 que inició sus funciones en abril de 1963. Hasta el 17 de febrero de 1992 dicha organización la conforman 42 países miembros exportadores y 19 países importadores.¹²

La creación de este organismo internacional obedeció fundamentalmente a la necesidad de buscar mecanismos tendentes a evitar el desequilibrio entre producción y el consumo, porque ha sido, y continúa siendo, el principal factor responsable de las grandes fluctuaciones de precios, perjudicial tanto para los países productores como los países consumidores.¹²

No obstante, todos los esfuerzos relacionados, no se ha logrado aún la estabilización satisfactoria del mercado cafetalero, sin embargo cabe mencionar la excepcional importancia que este producto tiene en la generación de divisas y por su significativa contribución en los programas de desarrollo económico y social.¹²

Coffea arábica “café” constituye el 75% del café de exportación y se produce en 60 países, la mayor parte en sur y centro América. La bebida de calidad se obtiene de arábica, especie que se cultiva a mayor altitud y de la cual se han derivado las variedades comerciales de mayor calidad y aceptación en el mercado mundial.¹³

2.2.7. Origen e historia del café

El café arábico se originó en las tierras altas de más de 1000 metros sobre el nivel del mar de Etiopía, Sudán y África. En los años 575 y 890 D.C., los persas y los árabes lo llevaron a Arabia y Yemen, en tanto que los nativos africanos lo extendieron a Mozambique y Madagascar. De aquí los holandeses y los portugueses, entre los años 1600 y 1700, lo trasladaron a Ceylán, posteriormente a Java y a la India, así como a otras regiones de Asia y África.¹⁴

El gobernador de Java, Von Hoorn, en el año 1708, llevó algunas plantas a Holanda y allí obsequió a Luis XIV, rey de Francia, una que fue sembrada en los invernaderos de París. En 1727, el café fue trasladado de Sumantra a Brasil, luego pasó a Perú y Paraguay y, en 1825, a Hawái. Por otra parte, en el invernadero de París se multiplicaron las plantas y pasaron a la Guyana Francesa, África Ecuatorial, Haití y Santo Domingo. Luego se extendió a Puerto Rico y a El Salvador en 1740, a Guatemala en 1750, a Bolivia, Ecuador y Panamá en 1784, y por último a Costa Rica, procedente de Cuba y Guatemala, entre 1796 y 1798.¹⁴

2.2.8. Países productores de café

Las principales regiones de cultivo del café, también llamadas zonas, se encuentran distribuidas a 30 grados de latitud al norte y al sur a lo largo de todo el ecuador. Entre los más importantes productores de café se encuentran Brasil, Colombia, Indonesia, Costa de Marfil, México, Etiopía, Vietnam y Guatemala.¹⁵

Pero solo dos especies de plantas son relevantes desde el punto de vista económico: La arábica (*Coffea arabica*) y la robusta (*Coffea robusta*), ambas tienen sus orígenes en África.¹⁵

- **Café arábica.** El grano arábica no procede de los países árabes, sino de Etiopia, el país de origen del café la arábica, cultivada principalmente en Sudamérica, es la más antigua, extendida y apreciada.¹⁵
- **Café robusta.** La especie robusta no fue descubierta hasta finales del siglo XIX. Su región de origen es África central. Se cultiva principalmente en las regiones tropicales de África y Asia.¹⁵

2.2.9. Cultivo de café en el Perú

El café llegó al Perú hace aproximadamente 200 años de la mano de unos cuantos colonos europeos. Hoy se cultiva, ya, en 230,000 hectáreas a lo largo y ancho de la cordillera de Los Andes, a temperaturas templadas y alturas entre los 900 y 1,800 metros sobre el nivel del mar. Esta importante extensión de cultivos 323 millones de cafetos, ofrece trabajo de forma directa a 117,000 familias, e indirectamente a 1,000.000 de personas más. La especie arábica es prácticamente la única que se cultiva en el país, siendo las variedades Típica, Bourbon, Caturra y Catimor, las más numerosas. Desde hace uno años, Estados Unidos, Europa y otros mercados asiáticos han empezado a ver en el café peruano un buen sustituto al café colombiano. De los 24 departamentos del Perú, 10 son productores de café. La principal región productora es el Valle de Chanchamayo, precisamente la zona elegida hace más de 150 años para introducir el cultivo del café en este país el cultivo se concentra básicamente en la región del valle de Chanchamayo con cerca de un 50% de la cosecha total del país, siendo el departamento de Junín el máximo productor. El café crece también, aunque en menor cantidad, en la parte septentrional y nororiental del país. La especie de café predominante es la arábica y las variedades más frecuentes son: Typica, Bourbon, Pache, Catimor y Caturras (rojo y amarillo).²

2.2.10. Regiones cafeteras del Perú

Las plantaciones de café en Perú se distribuyen del norte al sur del país en cinco regiones cafeteras oficiales: Nor-Oriente, Alto Huallaga, Selva Central, Valle del Río Apurímac y Sur-Oriente. Las cinco regiones, a su vez, se dividen geográficamente en varias áreas de producción situadas a diferentes altitudes entre 600 y 900 m (20%), 900 a 1.200 m (40%) y de 1.200 a 1.600 m (40 %) y con condiciones microclimáticas y de terreno muy diferentes. Esta diversidad

permite a los cafeteros agricultores peruanos plantar diferentes tipos de plantas arábicas y por lo tanto obtener diversas clases de café.²

- a. **Nor-Oriente:** Jaén, Cochalán, San Ignacio, Rodríguez de Mendoza, Moyobamba, Rioja, Roque, El Dorado y Lamas.
- b. **Alto Huallaga:** Tingo María, La Divisoria, Las Palmas, Hermilio Valdivia y Monzón.
- c. **Selva Central:** Chanchamayo, La Merced, Villa Rica, Oxapampa, La Florida, Yurín, Pichanaki, Satipo, Mazamari y Pangoa.
- d. **Valle del Río Apurímac:** Kimbiri, San Agustín, Santa Rosa, Palma Pampa y Villa Virgen.
- e. **Sur-Oriente:** Quillabamba, Echaraty, Quelloumo, Alato Urubamba, Huayopata, Santa Teresa, Santa Ana, Vilcabamba y Huayanay.²

2.2.11. Variedades de café en el Perú

Perú es un referente a nivel mundial de cafés especiales: El café es un producto bandera.

- Perú ocupa el 2do lugar a nivel mundial como productor y exportador de café orgánico.
- Perú es el primer proveedor de EE.UU. de café con el sello de Fairtrade (Comercio Justo) abarcando el 25% del nicho de mercado.
- Perú se ubica entre los Top 10 como productor/exportador de café a nivel mundial según la Organización Internacional del Café (ICO).
- Casi US\$ 600 millones se exportaron de café peruano al mundo en el 2015.
- En el 2016 se estima un crecimiento del 10% en la producción de café.
- El Café hasta el 2014 ha sido de manera sostenida el principal producto de agroexportación.
- En el 2011 se llegó a la cifra record de casi US\$ 1,500 millones de dólares exportados.
- En el Perú el consumo per cápita es de 650 gr., habiendo incrementado en un 30% en los últimos 4 años.
- Se estima que el negocio del café siga la misma ruta al crecimiento de la gastronomía.³

El café se desarrolla con relativa facilidad desde los 600 hasta los 1800 metros sobre el nivel del mar en casi todas las regiones geográficas del Perú. Sin embargo, el 75% de los cafetales está sobre los 1,000 msnm.³

La diversidad de combinaciones de climas, suelos, precipitación y luz solar constituye un escenario propicio para el cultivo del café. Los cafés del Perú son *Coffea arábica* con distintos perfiles de sabor, aroma y acidez. Las variedades que se cultivan son: Typica (70%), Caturra (20%) y otras (10%), el 90% del café peruano crece bajo sombra, principalmente de leguminosas, a una densidad promedio de 2,000 plantas por hectárea.³

En concordancia con las tendencias actuales, algunos grupos de agricultores peruanos se han especializado y trabajan en orgánico y otros cafés especiales, reconocidos por su perfil y características peculiares como su calidad de taza, acidez y sabor balanceado que se ajusta muy bien a los microclimas, la temperatura y la estricta altura (1400 - 1800 msnm).³

2.3. Radicales Libres (RL)

Un radical libre es cualquier especie capaz de existir de forma independiente y que contiene uno o más electrones desapareados. Un electrón desapareado es aquel que ocupa un orbital atómico o molecular por sí mismo. Los radicales son formados debido a la pérdida o ganancia de un electrón por un no radical.¹⁶

Desde el punto de vista químico los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo, dándole una configuración espacial, que genera gran inestabilidad, señalado por el punto situado a la derecha del símbolo. Poseen una estructura birradicálica, son muy reactivos, tienen una vida media corta, por lo que actúan cercano al sitio en que se forman y son difíciles de dosificar.¹⁷

Desde el punto de vista molecular son pequeñas moléculas ubicuitarias y difusibles que se producen por diferentes mecanismos entre los que se encuentran la cadena respiratoria mitocondrial, la cadena de transporte de electrones a nivel microsomal y en los cloroplastos, y las reacciones de oxidación, por lo que producen daño celular (oxidativo), al interactuar con las principales biomoléculas del organismo.¹⁷

Por tanto, son conocidas como especies reactivas del oxígeno o ROS (por sus siglas en inglés de Reactive Oxygen Species). Los siguientes son miembros de este grupo:

- El radical anión superóxido.
- El radical hidropéroxilo.
- El peróxido de hidrógeno.

- El radical hidroxilo.
- El radical lípido peróxido.
- El singlete de oxígeno.
- El óxido nítrico.
- Peróxido de nitrito.

Fuera de esto, el peróxido de hidrogeno y el singlete de oxígeno no son radicales libres (que no tienen superíndice punto). Sin embargo, debido a su reactividad extrema, se incluyen en el grupo de especies reactivas de oxígeno.¹⁸

2.3.1. Biomecanismos de formación de radicales libres

Los radicales libres se producen generalmente en la célula a través de reacciones de transferencia de electrones, con o sin participación enzimática, pero mediada por iones metálicos de transición; tal es el caso del radical OH que es generado siempre que el H₂O₂ entra en contacto con iones cobre (Cu⁺²) o iones hierro (Fe⁺²); ya que el H₂O₂ y los complejos metálicos están presentes en humanos, es lógico asumir que el OH puede ser formado in vivo. Los mecanismos de formación de los radicales libres son tres:

- Transferencia electrónica, en la que se produce la cesión de un electrón a una molécula.
- Pérdida de un protón de una molécula.
- Ruptura hemolítica de un enlace covalente de cualquier molécula, de manera que cada fragmento obtenido conserva uno de los electrones apareados del enlace.

Si más del 95% del O₂ consumido por las células de nuestro organismo es reducido vía acuosa, citocromo oxidasa mitocondrial, completamente a H₂O durante la respiración mitocondrial, un pequeño porcentaje (<5%) es convertido a ERO.¹⁹

Una vez que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cede se convierte en un radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que destruye nuestras células. La vida media biológica del radical libre es de microsegundos, pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que este a su alrededor provocando un gran daño a las moléculas, membranas celulares y tejidos. Los radicales libres no son intrínsecamente deletéreos; de hecho, nuestro propio cuerpo los produce en cantidades moderadas para luchar contra bacterias y virus.²⁰

2.3.2. Toxicidad de los radicales libres

Hay una serie de procesos patológicos atribuibles razonablemente al ataque de radicales libres (RL), al menos estarían implicados en algunas de sus fases o secuencias bioquímicas.²¹

La alta inestabilidad atómica de los radicales libres colisiona con una biomolécula y le sustraen un electrón, oxidándola, perdiendo de esta manera su función específica en la célula. Si se trata de los lípidos (ácidos grasos poliinsaturados), se dañan las estructuras ricas en ellas como las membranas celulares y las lipoproteínas. En las primeras se altera la permeabilidad conduciendo al edema y la muerte celular y en la segunda, la oxidación de la LDL, génesis de la placa ateromatosa.²²

Las características de la oxidación lipídica por los radicales libres, tratan de una reacción en cadena en la que el ácido graso al oxidarse, se convierte en radical de ácido graso con capacidad de oxidar a otra molécula vecina.

Este proceso es conocido como peroxidación lipídica, genera numerosos subproductos, muchos de ellos como el malondialdehído (MDA), cuya determinación en tejidos, plasma u orina es uno de los métodos de evaluar el estrés oxidativo.²²

En caso de las proteínas se oxidan preferentemente los aminoácidos (fenilalanina, tirosina, triptófano, histidina y metionina) y como consecuencia se forman entrecruzamientos de cadenas peptídicas, fragmentación de la proteína y formación de grupos carbonilos e impiden el normal desarrollo de sus funciones (transportadores iónicos de membranas, receptores y mensajeros celulares, enzimas que regulan el metabolismo celular, etc.²²

Otra molécula que es dañada por los radicales libres es el ADN; el daño a los ácidos nucleicos produce bases modificadas, lo que tiene serias consecuencias en el desarrollo de mutaciones y carcinogénesis, por una parte, o la pérdida de expresión por daño al gen específico.²²

El daño a biomoléculas que determinan los radicales libres se haya implicado en la génesis o exacerbación de numerosos procesos:

- Aparato cardiovascular: Aterosclerosis, infarto del miocardio, cirugía cardíaca, diabetes, cardiopatía alcohólica.
- Sistema neurológico: enfermedad de Parkinson, Alzheimer, neuropatía alcohólica, hiperoxia, isquemia o infarto cerebral, traumatismos craneales.
- Aparato ocular: cataratas, daño degenerativo de la retina, fibroplasia retrolental.

- Aparato respiratorio: distrés respiratorio (síndrome de dificultad respiratoria del adulto), tabaquismo, cáncer de pulmón, enfisema.
- Sistema osteomioartricular (SOMA): artritis reumatoidea.
- Riñón: síndrome autoinmune, nefrotoxicidad por metales.²²

2.3.3. Tipo de radicales libres

Los radicales libres de importancia biológica pueden clasificarse como:

a. Especies reactivas de oxígeno (ERO)

Las principales son el oxígeno molecular (O_2), el ozono (O_3) y el oxígeno en singulete, así como las especies de oxígeno que están parcialmente reducidas; esto es, el anión superóxido $O^*/_2$ el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), hidroperóxido (HO_2) y el radical hidroxilo (OH). Estas especies son producto de la ruptura o de la excitación del O_2 y son más reactivos que el O_2 en su estado basal. El peróxido de hidrógeno, no es un radical libre pero está estrechamente relacionado con la producción de radicales porque es el principal precursor del radical hidroxilo. Estas ERO son moléculas altamente reactivas que atacan constantemente al organismo mediante reacciones bioquímicas de óxido-reducción, que ocurren como parte normal del metabolismo celular o por factores patológicos.²³

b. Metales de transición

Los elementos del primer periodo de la serie "d" de la tabla periódica (Fe, Mn, Co, Ni y Cu) pertenecen a los llamados metales de transición, tienen la característica de llegar a ser estables por si mismos sin necesidad de reaccionar con otro elemento, esto es, cuando a su último nivel de energía le faltan electrones para estar completo los utiliza de los niveles o subniveles internos, con lo cual logra su estabilidad, la falta de electrones en el nivel de donde los transfirió se compensa con otros electrones de otro nivel o subnivel, y así sucesivamente: a este fenómeno se le llama transición electrónica. La mayoría de los metales de transición tienen electrones desapareados y precisamente gracias a esta transición pueden existir en forma de radical libre.²³

c. Otros radicales libres.

Entre los que se encuentran los radicales libres de nitrógeno; tales como, el óxido nítrico (NO) y el dióxido nítrico (NO_2). El NO es un radical muy reactivo y de importancia fisiológica puede oxidar y dañar, pero es esencial en funciones biológicas complejas como son la neurotransmisión y neuroregulación del sistema nervioso, así como en procesos de agregación plaquetaria y coagulación

sanguínea, con el O₂ genera NO₂ y con el O forma peroxinitrito (ONOO⁻). Este tipo de radicales son capaces de generar daño oxidativo y muerte celular. Existen otros radicales libres que tienen diferente naturaleza como el ión hipoclorito (ClO⁻) y el radical triclorometilo (CCl₃) este último producido durante el metabolismo del CCl₄ por el citocromo P450.²³

La reactividad química de los diferentes tipos de radicales libres es variable pero siempre elevada y de baja especificidad. La vida media biológica del radical libre es de no más de microsegundos, ya que puede reaccionar rápidamente con todo lo que esté a su alrededor, pudiendo provocar un gran daño a macromoléculas y a estructuras supramoleculares como las membranas. Diferentes radicales y especies reactivas tienen diferentes vidas medias, siempre muy bajas, pero algunas de ellas suficientes para permitir que algunas moléculas puedan difundir y actuar en orgánulos o células vecinas, tal es el caso del H₂O₂ y del NO.²³

2.4. Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias que cuando están presentes, retardan e inhiben la oxidación de sustratos susceptibles al ataque de las especies reactivas del oxígeno (ROS).²⁴

Un antioxidante dietético es una sustancia que forma parte de los alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos adversos de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos.²⁵

Los antioxidantes evitan que se produzcan daños tisulares por radicales libres, al reducir su formación o eliminarlos una vez originados. Como muchos antioxidantes ingresan al organismo a través de los alimentos que los contienen. Se recomienda el consumo de vegetales y frutas ricas en antioxidantes, no solo en las vitaminas antioxidantes, sino también en compuestos de naturaleza fenólica, aún más efectivos que las propias vitaminas antioxidantes.¹

2.4.1. Antioxidantes endógenos

Los antioxidantes son moléculas nucleofílicas con gran afinidad y que se comportan como compuestos muy susceptibles para que los oxiden las especies reactivas (electrofílicas); es decir, ofrecen electrones a las especies reactivas para evitar que estas ataquen a las macromoléculas nucleofílicas necesarias para la función y estructura celular (proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos). Una vez que los radicales libres reaccionan con los antioxidantes se reducen parcialmente o se unen en forma de aductos, reduciendo su reactividad y oxidando al antioxidante. Ejemplos de estos antioxidantes en los organismos

son: el glutatión, el NADPH⁺, la albúmina, el ácido úrico, la coenzima Q, la bilirrubina y la melatonina.²³

2.4.2. Antioxidantes exógenos

Son antioxidantes que provienen de la dieta, tales como la vitamina E (α tocoferol), la vitamina C (ácido ascórbico), el β -caroteno (provitamina A), el cobre, el selenio, el zinc, el manganeso, los polifenoles, los licopenos, los ácidos egálicos, los flavonoides, la quercitina, la hesperidina, las catequinas y los taninos.²³

2.4.2.1. Polifenoles

Los polifenoles son un conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de poseer en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxílicas; se encuentran en muchas plantas, algunas de uso común, los compuestos fenólicos se pueden agrupar en diferentes clases dependiendo de su estructura siendo los más importantes son ácidos fenólicos y flavonoides.⁹

Como antioxidantes, los polifenoles pueden proteger las células contra el daño oxidativo y por lo tanto limitar el riesgo de varias enfermedades degenerativas asociadas al estrés oxidativo causado por los radicales libres.¹⁰

a. Ácidos fenólicos

Los ácidos fenólicos consisten en dos grupos: los ácidos hidroxibenzoicos y los ácidos hidroxicinámicos. Es importante recalcar que la presencia de más de un grupo hidroxilo y una mayor separación del grupo carbonilo al anillo aromático aumentan la capacidad antioxidante de estos compuestos, como por ejemplo el ácido galico, ácido vainillínico, ácido clorogénico, y ácido ferulico⁹

b. Flavonoides

Los flavonoides son un tipo particular de los polifenoles presentes en plantas, y son los compuestos responsables del color de las flores y fruta, protegiendo al organismo de daños producido por agentes oxidantes como los rayos ultravioleta, la contaminación ambiental, sustancias químicas presentes, en los alimentos. El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtener mediante la alimentación o en forma de suplementos. El término flavonoide viene del latín "flavus", que significa amarillo, ya que muchos flavonoides purificados son de color amarillo. La estructura química típica de flavonoides consta de tres anillos: benzopirano 2-fenil, un anillo dihidroxilados fenólicos en las posiciones 5 y 7, (denotado A), un segundo anillo

fenólico generalmente mono-hidroxilado, orto-dihidroxilados o vic- trihidroxilados (que se denota B), que también pueden contener grupos metoxi (O-CH₃) como sustituyentes y el anillo C, que puede ser un anillo heterocíclicos con oxígeno pirano, pirylium o de forma pirona.¹¹

En función de sus características estructurales se pueden clasificar en:

- Flavanos, como la catequina, con un grupo-OH en posición 3 del anillo C.
- Flavonoles, representados por la quercitina, que posee un grupo carbonilo en posición 4 y un grupo-OH en posición 3 del anillo C.
- Flavonas, como la diosmetina, que poseen un grupo carbonilo en posición 4 del anillo C y carecen del grupo hidroxilo en posición 3.
- Antocianidinas, que tienen unido el grupo-OH en posición 3 pero además poseen un doble enlace entre los carbonos 3 y 4 del anillo C.¹¹

b.1. Catequinas

Las catequinas son el tipo más común de compuestos flavan-3-ol. La catequina término que deriva del árbol de la mimosa (*Cassia catechu*) de la que se aisló por primera el catecol. Las catequinas presentan al heterociclo 2-fenilbenzopirano como su estructura química básica y un grupo hidroxilo o galato en la posición 3. El grupo fenilo en la posición 2 puede tener uno o más grupos hidroxilo. Las catequinas están presentes en muchas plantas alimenticias, los más populares son; el cacao en grano, té, arándanos, café y el vino. El efecto astringente en la boca después de comer productos de chocolate o beber té verde o vino se debe en parte a su presencia. Se consideran compuestos bioactivos. Por ejemplo, el consumo de catequina de los alimentos se asocia con la inhibición de la trombosis arterial, la actividad anti-inflamatoria, la reducción del colesterol total y lipoproteína de baja densidad en vivo como parte de su capacidad antioxidante.

2.4.3. Vitamina C o ácido ascórbico

La vitamina C, generalmente conocida como ácido ascórbico aunque en su estructura no existe ningún grupo carboxilo, ha sido propuesta desde hace muchos años como un eficaz antioxidante. Entre sus propiedades químicas sobresale su fuerte poder reductor, es decir, la facilidad con que se oxida reversiblemente a ácido dehidroascórbico. El ácido ascórbico existe en concentraciones bastante altas en muchos ambientes celulares, como los estromas de los cloroplastos, donde alcanza niveles de 2-3.10⁻⁴M. Sin embargo, actualmente, la extracción de ácido ascórbico de fuentes naturales está casi

desechada, y se obtienen por síntesis química las grandes cantidades empleadas en tecnología de alimentos, aunque se siguen obteniendo concentrados de ácido ascórbico a partir de acerolas, donde hay cantidades del orden de 20 g/kg.

2.4.4. Antioxidantes primarios

Los antioxidantes primarios protegen al organismo contra la formación de nuevos radicales libres, esto quiere decir que son interruptores de cadena, donde participan en la etapa de propagación reaccionando con los radicales peróxilos para convertirlos en productos más estables.²⁶

2.4.5. Antioxidantes secundarios

Son aquellos que reducen la velocidad de la etapa de iniciación de una reacción en cadena, mediante diversos mecanismos con compuestos que retardan la velocidad de oxidación de los lípidos. Estos pueden operar por una variedad de mecanismos que incluyen agentes atrapadores de oxígeno, especies que descomponen los hidroperóxidos formados previamente, desactivadores de oxígeno.²⁶

2.4.6. Funciones de los antioxidantes

- Neutralizar el oxígeno singlete.
- Capturar radicales libres hidroxilo.
- Capturar O₂.
- Neutralizar peróxidos.²⁴

2.4.7. Defensa antioxidante

No cabe duda que todos los sistemas biológicos en ambientes oxigenados han desarrollado mecanismos de defensa, tanto a nivel fisiológico como bioquímico.

1. A nivel fisiológico: El sistema microvascular, cuya función es mantener los niveles tisulares de O₂, siempre dentro de presiones parciales relativamente bajas.²⁷

2. A nivel bioquímico: La defensa antioxidante puede ser enzimática, no enzimática así como sistemas reparadores de moléculas.²⁷

2.4.7.1. Sistema enzimático

Los organismos aerobios han desarrollado enzimas antioxidantes tales como: superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), glutatión peroxidasa (GPx) y DT-diaforasa. La SOD es la responsable de la reacción de dismutación del O₂ a H₂O₂, que una reacción posterior catalizada por la catalasa o GPx detoxificará formando H₂O y O₂. La catalasa se encuentra principalmente en los

peroxisomas, y su principal función es eliminar el H_2O_2 generado en la beta-oxidación de los ácidos grasos, mientras que la GPx degradará el H_2O_2 citoplasmático. La DT-diaforasa, cataliza la reducción de quinona a quinol y participa en la reducción de drogas de estructura quinónica.²⁷

2.4.7.2. Sistema no enzimático

Las células utilizan una serie de compuestos antioxidantes o "scavengers", como son: vitamina E, vitamina C, beta-caroteno, ferritina, ceruloplasmina, selenio, glutatión reducido (GSH), manganeso, ubiquinona, zinc, ácido úrico, flavonoides, como más representativos e importantes. Siendo en la actualidad de especial importancia los flavonoides extraídos de determinados alimentos. Su acción dependerá en ocasiones de la interacción directa de la especie reactiva para rendir complejos estables o de menor reactividad, mientras que en otras ejerce de cosustrato en la acción catalítica de algunas enzimas, por ejemplo el GSH es el mayor tiol citosólico que puede actuar de "scavenger" del OH o cosustrato de la GPx.²⁷

En definitiva todos estos antioxidantes provienen de la dieta directa o indirectamente.²⁷

2.4.8. Sistemas reparadores

Directo: Reducción de los grupos (S-S) de los aminoácidos azufrados de las proteínas por enzimas específicos como la disulfuro reductasa y la sulfóxido reductasa.²⁷

Indirecto: En primer lugar se reconoce el daño molecular siendo éste eliminado o degradado, y en segundo lugar se sintetiza la parte eliminada. Esto ocurre tanto en las proteínas oxidadas y peróxidos lipídicos de las cadenas carbonadas como en las oxidaciones del DNA y RNA.²⁷

2.5. Mecanismos y defensas antioxidantes

Los efectos biológicos de las ERO son controlados en los seres vivos por una gama de mecanismos fisiológicos de defensa antioxidante, que involucran a un complejo grupo de procesos, todos encaminados a evitar el exceso de oxidación a nivel celular, que es en definitiva, el que causa los trastornos. Con el paso del tiempo el proceso se hace crónico y se produce entonces el deterioro de los tejidos, los órganos y luego del organismo completo, con lo que deviene la enfermedad. A la larga lo que los seres vivos necesitan es mantener un equilibrio interno correcto entre el nivel de ERO y el de antioxidantes, siendo la enfermedad el resultado final del desajuste o del desequilibrio.²⁸

Existen diversos sistemas de defensa que participan directamente, para en todo momento tratar de lograr el equilibrio antes mencionado. Dichos sistemas son: enzimas antioxidantes, enzimas que eliminan y/o separan las moléculas que han sido oxidadas y sustancias antioxidantes específicas. El principal sistema enzimático de defensa antioxidante está compuesto por cuatro enzimas: superóxido dismutasa, glutathion peroxidasa, glutathion reductasa y catalasa.²⁸

2.6. Capacidad antioxidante

La capacidad (o actividad) antioxidante de un componente de la dieta evalúa el grado en que este minimiza los efectos perjudiciales de los radicales libres ya sea oxigenados o nitrogenados durante el metabolismo del cuerpo humano.

La evaluación de la capacidad antioxidante requiere que previamente se determine la presencia de polifenoles totales y flavonoides en el componente de la dieta, que son reportados en mmoles equivalentes a ácido gálico (EAG) y en mmoles equivalentes a catequinas (ECQ). Luego se procede a determinar la capacidad antioxidante aplicando los métodos: 1,1-difenil 1-2-picril- hidrazilo (DPPH), Acido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulforico (ABTS) y del poder de reducción antioxidante de hierro (FRAP), ensayos basados en la transferencia de electrones cuyos resultados son reportados en mg equivalentes a la actividad antioxidante de Trolox (TEAC), mg equivalente a actividad antioxidante de ácido ascórbico o vitamina C (AAEAC) y μ moles equivalentes de $FeSO_4$. Sin embargo, en la práctica se realizan muchos modelos de prueba in vitro para evaluar la actividad antioxidante en muestra de interés, esto se debe a que los antioxidantes pueden ejercer su acción mediante mecanismos muy diversos.

Se afirma que una buena capacidad antioxidante de un componente de la dieta debe alcanzar valores comprendidos entre 20 y 80%.

2.7. Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)

Sustancia de formula molecular $C_{14}H_{18}O_4$ con masa molecular de 250,29 g/mol. Es un análogo de la vitamina E, soluble en agua y se utiliza en aplicaciones biológicas y bioquímicas para reducir el estrés oxidativo o daño. La capacidad antioxidante de trolox (TEAC) es una medida de fuerza antioxidante basado en trolox, expresado en unidades llamado trolox equivalente (TE). Debido a las dificultades para medir componentes antioxidantes individuales de una mezcla compleja, trolox equivalencia se utiliza como referencia para la capacidad antioxidante de los alimentos, suplementos.²⁹

2.8. Método del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracil)

Este ensayo es muy popular para el estudio de antioxidantes naturales debido a su simplicidad y alta sensibilidad. Se basa en la teoría de que todo donador de hidrógeno es un antioxidante. El DPPH[·] (uno de los pocos radicales de nitrógeno estables que son comerciales) acepta un hidrógeno del antioxidante para formar DPPH, de forma que el efecto antioxidante es proporcional a la desaparición de DPPH. Existen varios métodos para su monitorización, pero el más común es mediante espectrofotometría UV, por su facilidad y precisión. Este radical presenta un máximo de absorción a 517 nm, volviéndose amarillo cuando se forma DPPH, de forma que el efecto antioxidante puede ser fácilmente evaluado siguiendo la pérdida de absorción UV a 517 nm. Los resultados se expresan como TEAC.³⁰

2.9. Método del ABTS (ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico)

El radical ABTS^{*} se produce por la oxidación del ABTS. Esta oxidación puede generarse de forma enzimática, química (dióxido de manganeso, persulfato potásico, radicales piróxilo) o electroquímica. El radical catiónico obtenido es un compuesto de color verde-azulado estable con una absorción máxima a 734 nm. El método consiste en monitorizar la reducción del radical ABTS^{*} causada por la adición de una muestra que contiene antioxidantes. Esto se realiza determinando la decoloración del ABTS a 734 nm. La absorbancia se compara con la del Trolox (análogo sintético y soluble de la vitamina E) y se expresa como TEAC (capacidad antioxidante equivalente de Trolox). La ventaja de este ensayo es que puede realizarse tanto en muestras hidrosolubles como liposolubles, eligiendo el disolvente apropiado en cada caso y que proporciona rápidamente los resultados más reproducibles empleando un equipo de laboratorio relativamente común como es el espectrofotómetro, ampliamente utilizado. Además, como la longitud de onda a la que se realizan las medidas de absorbancia no es común en los alimentos, hace que este método sea particularmente interesante para el estudio de extractos vegetales ya que elimina la posibilidad de interferencias de color.³⁰

2.10. Método FRAP (Reducción del hierro férrico a ferroso)

Este método se basa en la reducción, por un antioxidante y en condiciones ácidas, del hierro férrico (Fe^{3+} , prooxidante) a hierro ferroso (Fe^{2+}). Esta reducción se puede cuantificar gracias a la acción del TPTZ (cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio), compuesto químico capaz de quelar al hierro, de forma que el

complejo Fe^{3+} -TPTZ tiene una intensa coloración azul con un máximo de absorción a 595 nm y el complejo Fe^{2+} -TPTZ tiene coloración amarilla. Por tanto, el efecto antioxidante (capacidad de reducción) se evaluará monitorizando la formación de este complejo con un espectrofotómetro. Este ensayo proporciona resultados reproducibles de forma rápida y su única desventaja es que debe realizarse en una matriz acuosa, debiendo por tanto usar como antioxidante de referencia, uno que sea hidrosoluble, como el ácido ascórbico o el Trolox. Debido a la complejidad de los procesos de oxidación, como vemos, no existe un único método que refleje de forma completa el perfil antioxidante de una muestra y por tanto, es bueno trabajar con varios métodos para facilitar la comparación y la interpretación de los resultados. Un buen método de determinación de la capacidad antioxidante debe ser sencillo, con un mecanismo químico y un punto final fijo, con un elevado rendimiento de análisis, con buena reproducibilidad intra e interlaboratorio, adaptable a ensayos con antioxidantes tanto hidrofílicos como lipofílicos y con diferentes fuentes generadoras de radicales libres.³⁰

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio Marino Villavicencio del Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos ubicado en el Cercado de Lima, durante los meses de marzo a junio del 2018.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Constituida por semillas de *Coffea arábica* “café” denominadas “café orgánico”, provenientes de los valles Tutumbaro (Ayacucho), Chanchamayo (Junín), Ucayali (Ucayali), Jaén (Cajamarca) y Quillabamba (Cuzco) del Perú.

3.2.2. Muestra

Constituida por 1 kg de semillas de *Coffea arábica* “café” denominadas “café orgánico” adquiridos de diferentes valles de procedencia ubicada en los departamentos de Ayacucho, Junín, Ucayali, Cajamarca y Cuzco. En todos los casos se realizó un muestreo no probabilístico a criterio personal por conveniencia.

3.3. Diseño metodológico para la recolección de datos

El Diseño metodológico secuencial adoptado para la recolección de datos experimentales señalados en el Anexo 1, Flujograma de procedimientos para evaluar la capacidad antioxidante de las semillas de *Coffea arábica* “café” de cinco valles de diferentes departamentos del Perú: Tutumbaro (Ayacucho), Chanchamayo (Junín), Ucayali (Ucayali), Jaén (Cajamarca) y Quillabamba (Cuzco); cuyo detalle secuencial es mostrado a continuación:

3.3.1. Procedimiento para la recolección de muestra

Las semillas seleccionadas fueron acopiadas en temporada de cosecha en el mes de marzo denominadas como “café orgánico” procedentes de los valles de

Tutumbaro (Ayacucho), Chanchamayo (Junín), Ucayali (Ucayali), Jaén (Cajamarca) y Quillabamba (Cuzco).

Una vez obtenida la muestra de 1 kg se procedió a sumergirla en una solución al 0,1% de hipoclorito de sodio durante 5 minutos, se dejó secar a temperatura ambiente por aproximadamente 1 hora; a continuación, se realizó la separación de la cáscara del fruto para su posterior uso.

3.3.2. Secado, tostado y molienda

Se dejó secar a temperatura ambiente, una vez limpios y secos se procedió a la separación de la cascara de las semillas. Posteriormente fue tostado en una maquina tostadora de acero inoxidable a una temperatura de 200-220 °C entre 8 a 12 minutos, luego se redujo de tamaño.

3.3.2.1. Desechado

Es un proceso físico efectuado en la estufa a 37°C durante 24 horas, al que fueron sometidas las muestras de café tostado y molido para uniformizar la humedad en un rango comprendido entre 11 – 12,5%.

3.3.3. Preparación del extracto acuoso

Se obtuvo aproximadamente 350 g de muestra seca, tostada y molida procediendo a pesar 0,4 gramos de muestra pulverizada en un matraz enrazando a un volumen de 20 mL con agua bidestilada a 80 °C, posteriormente se llevó al shaker por 30 minutos, se filtró las muestras de la cual se realizó diluciones posteriores hasta obtener la dilución óptima.

3.3.4. Determinación de la densidad aparente

Para la determinación de la densidad aparente de las semillas de cada departamento se procedió a pesar un mililitro del extracto acuoso por triplicado.²⁹

Los valores se evaluaron con la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad}_{\text{aparente}} = \frac{\text{Peso (g)}}{\text{Volumen (mL)}}$$

3.3.5. Sólidos solubles

Procedimiento:

Para la determinación de la cantidad de sólidos solubles se procedió según el manual de manejo del refractómetro digital, de sensibilidad 0,01 brix con termómetro incluido.

Los datos obtenidos se expresaron en grados brix a temperatura registrada para cada muestra. Dichos datos fueron corregidos según la tabla de corrección.

La lectura de brix corregida representa el porcentaje en peso de solutos en solución de agua destilada a 293 K (20° C), expresada en tanto por cien (Zs).²⁹

$$Bx = Z_s 100 = \frac{\text{g sólidos solubles}}{\text{g fracción líquida}} \times 100$$

Dónde:

Bx: brix

Zs: fracción líquida de la muestra

La composición de sólidos solubles puede ahora referirse, en términos de fracciones, respecto a la composición global (fracción líquida + matriz sólida) mediante la expresión:

$$X_s = \frac{Z_s X_x}{(1 - Z_s)} = \frac{\text{g sólido soluble}}{\text{g totales}}$$

Dónde:

Xs: fracción másica de sólidos solubles (g/g).

Zs: porcentaje sólidos solubles en la fase líquida.

Xw: fracción másica de agua (g/g).

3.3.6. Determinación del contenido de polifenoles totales: Método Folin-Ciocalteu

Fundamento: Es un método para determinar los compuestos fenólicos totales utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu (solución de ácido fosfomolibdico y ácido fosfowolfrámico). Los compuestos fenólicos son oxidados a fenolatos, por el reactivo Folin-Ciocalteu en medio alcalino, formando un complejo de molibdeno-tungsteno de color azul monitoreado mediante espectrofotometría.³¹

Procedimiento

- El reactivo Folin-Ciocalteu (FCR) se diluyó en proporción de 1:3 en agua bidestilada.
- El carbonato de sodio al 7,5% en agua bidestilada.
- Solución stock de ácido gálico (AG) de concentración 800 µg/mL para una solución de 30ug/mL

Preparación de la muestra problema

- Stock: 2% = 20 mg/mL
- 1/25 = 0,8 mg/mL

Protocolo

	Blanco	Estándar	MP
H ₂ O bidestilada	0,1	-	-
Muestra problema	-	-	0,1
Acido gálico	-	0,1	-
Folin diluido. 1/10	0,5	0,5	0,5
Na ₂ CO ₃ al 7,5%	0,4	0,4	0,4

- En reposo por 30 minutos, al espectrofotómetro a 760 nm.

El contenido de fenoles totales se expresa en concentración promedio de equivalentes de ácido gálico (EGA) con la siguiente fórmula:

$$EGA = \frac{1}{m} (A_{m.p.})(f. d.) = \frac{\text{mg de AG}}{\text{mg de ss}}$$

Dónde:

EGA : equivalente de ácido gálico.

m : pendiente (ecuación de la recta para el ácido gálico y = m x+ b).

A_{m.p.} : absorbancia de la muestra.

F.d. : factor de dilución que es igual a 1/(concentración del extracto).

3.3.7. Determinación de flavonoides: Método de Zhishen

La cuantificación de flavonoides se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Zhishen *et al* con algunas modificaciones.³²

Procedimiento

- Solución estándar de catequinas (CAT) de concentración 100 µg/mL.
- Preparación de AlCl₃: 1,25 g de AlCl₃ 50 mL etanol : agua (1:1)

Preparación de la muestra

- Stock: 2% = 20 mg/mL.
- Dilución de 1/25=[0.8mg/mL]

Protocolo: Se realizó de la siguiente manera:

	Blanco		MP
H ₂ O _(b)	500 µL	-	-
Catequinas	-	500 µL	
MP 1/25 (0,8 mg/mL)	-	-	500 µL
NaNO ₂ 5%	150	150	150
Mezclar, dejar en reposo por 5 minutos			
AlCl ₃ 2,5%	250	250	250
Mezclar, dejar en reposo por 6 minutos			
NaOH 1N	250	250	250
Mezclar, dejar en reposo por 10 minutos, leer a 510 nm			

El contenido total de los flavonoides se expresó en equivalentes de catequinas (ECAT), en unidades de mmol/g de café.

$$ECAT = \frac{1}{m} (A_{MP})(F. d) \frac{\text{mmol de CAT}}{\text{g muestra}}$$

Dónde:

m : pendiente de la recta para las catequinas, y = m x+ b.

A_{mp} : absorbancia de la muestra

F.d. : factor de dilución que es igual a 1/(concentración del extracto soluble)

3.3.8. Método DPPH Capacidad antioxidante total mediante la captación del radical libre (1,1-difenil-2-picrylhidrazilo)

Preparación del reactivo: La solución stock se preparó disolviendo DPPH en etanol puro a concentración de 20 mg % (0,51 mM). Luego se conservó protegido de la luz y en frío hasta 15 días. Se ajustó la absorbancia de la solución a $0,6 \pm 0,02$ a 517 nm antes de cada uso, como absorbancia inicial (tubo control).

Preparación de la muestra

La solución del stock para cada café de los diferentes departamentos, se realizaron diluciones hasta encontrar la concentración requerida 0,5 mg/mL.

Tubos de reacción: fue realizado conforme al siguiente protocolo.

	Blanco (mL)	Control (mL)	Muestra problema (mL)
H ₂ O _b	1,2	0,4	-
DPPH	-	0,8	0,8
MP	-	-	0,4

Se mezcló e incubó en oscuridad por 30 minutos a temperatura ambiente.

Luego se realizó las lecturas de las absorbancias en el espectrofotómetro a 517 nm, previa lectura de cero con el blanco del DPPH.

El porcentaje de inhibición del radical DPPH se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cap.}_{\text{DPPH}} = \frac{(\text{Abs.}_{\text{control}} - \text{Abs.}_{\text{muestra}})}{\text{Abs.}_{\text{control}}} \times 100$$

Dónde:

$\% \text{ Cap.}_{\text{DPPH}}$: Porcentaje de captación y/o inhibición del DPPH

$\text{Abs}_{\text{control}}$: Absorbancia del control

$\text{Abs}_{\text{muestra}}$: Absorbancia de la muestra.³³

Los estándares de antioxidantes de referencia utilizados fueron Trolox y vitamina C (o ácido ascórbico), Los resultados de TEAC-DPPH y AAEC-DPPH se expresan en mg/g.

3.3.9. Método ABTS⁺⁺ Capacidad antioxidante total mediante de captación del radical catiónico (Ácido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)

a. Obtención del radical ABTS⁺⁺

El radical ABTS⁺⁺ se obtuvo tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2,45 mM, concentración final) incubados a temperatura ambiente (± 25

°C) y en la oscuridad durante 16 h. Esta solución se puede conservar hasta 15 días en estas condiciones.

El radical ABTS** en solución se ajusta a la absorbancia de $0,7 \pm 0,02$ y a la longitud de onda de 734 nm antes de cada uso.

b. Preparación de la muestra

A partir de la solución stock se preparó soluciones diluidas a concentraciones adecuadas de 0,5 mg/mL para la determinación de la actividad antioxidante.³¹

c. tubos de reacción

Los tubos de reacción se realizaron conforme al siguiente protocolo:

	Control (mL)	Muestra (mL)
H ₂ O _b	20 µL	-
MP	-	20 µL
Reactivo ABTs	980 µL	980 µL

Mezclar e incubar en oscuridad por 7 minutos a temperatura ambiente.

Las lecturas de las absorbancias en el espectrofotómetro se realizaron a 734 nm, con previa lectura de cero con el blanco de ABTS.³⁴

$$\% \text{ Cap}_{ABTS} = \frac{(\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{muestra}})}{\text{Abs}_{\text{control}}} \times 100$$

Dónde:

% Cap_{ABTS} : Porcentaje de captación y/o inhibición del ABTS

Abs_{control} : Absorbancia del control

Abs_{muestra} : Absorbancia de la muestra luego de 7 minutos.

Los resultados se expresaron en TEAC (actividad antioxidante equivalente a Trolox), AAEC-ABTs (actividad antioxidante equivalente a vitamina C) en mg/g.

3.3.10. Método FRAP (poder reductor antioxidante férrico)

Conocido en inglés como (Ferric Reducing Antioxidant Power).

a. Preparación del radical FRAP

Mezcla de: 2, 4, 6-Tris (2-piridil)-s-triazina (TPTZ) 10 mM preparado en HCl 40 mM, FeCl₃ 20 mM y tampón acetato 0,3 M a pH 3,6; estabilizada a 37° C durante 30 minutos antes del ensayo.

b. Preparación de la muestra

Cada muestra de café molida y tostada se preparó un extracto a 20 mg/mL, luego fueron diluidas a concentraciones de 0,67 mg/mL, para la determinación de la actividad antioxidante.

c. Preparación de la mezcla FRAP

	FeCl ₃ (20 Mm)	TPTZ (10mM)	Buffer acetato (300 mM) (pH: 3,6)
Proporción	1	1	100

d. Tubos de reacción

	Blanco (mL)	Muestra
Muestra	-	50 µL
Mezcla de FRAP	950 µL	950 µL
H ₂ O _b	50 µL	-

Incubar a temperatura ambiente por 10 minutos, leer a 593 nm

Los resultados se reportaron en equivalentes FeSO₄ (µmol/g)

3.4. Diseño experimental

El procedimiento experimental se trabajó por triplicado, para todas las muestras.

3.5. Análisis estadístico

El análisis es de dos tipos: descriptivo y análisis inferencial expresados en figuras y tablas.

Los resultados obtenidos para los polifenoles totales y flavonoides y para los parámetros de la capacidad antioxidante del DPPF, ABTS y FRAP, fueron sometidos a evaluación estadística de t de student con el fin de establecer la existencia de diferencias significativas entre ellas. Los resultados se expresaron en Microsoft Excel 2010. Se analizó a un nivel de confianza de 95% (p < 0,05).

IV. RESULTADOS

Tabla 1. Propiedades físicas de las semillas de *Coffea arábica* “café” de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019.

Valle (departamento)	Grados	Sólidos	Densidad Aparente	
	Brix (%) % (27°C)	solubles mg ss/g (27°C)	g/mL (27°C)	DS (27°C)
Tutumbaro (Ayacucho)	0,50	250,0	1,009	0,01
Chanchamayo (Junín)	0,53	266,7	1,017	0,01
Ucayali (Ucayali)	0,50	250,0	1,016	0,00
Jaén (Cajamarca)	0,53	266,7	1,017	0,00
Quillabamba (Cuzco)	0,50	250,0	1,014	0,00

A un $p < 0.05$ existe diferencia significativa en cuanto a **solidos solubles** Tutumbaro (Ayacucho), Ucayali (Ucayali) y Quillabamba (Cuzco) con respecto a Chanchamayo (Junín) y Jaén (Cajamarca). (Anexo 11)

Tabla 2. Contenido de polifenoles totales y flavonoides de las semillas de *Coffea arábica* “café” de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019.

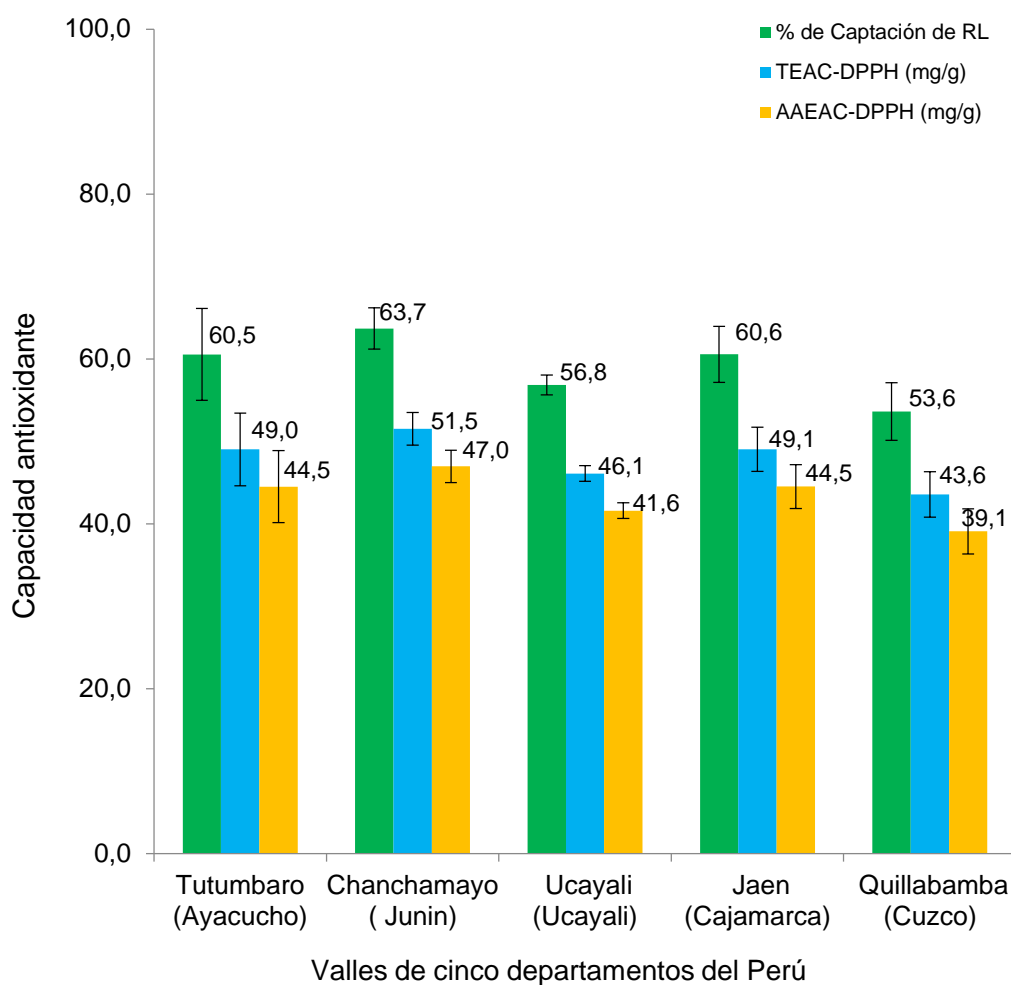
Valle (departamento)	Polifenoles		Flavonoides		Relación Flav./Polif.
	EAG mmol/g de café	DS	ECAT mmol/g de café	DS	
Tutumbaro (Ayacucho)	2,93	0,4	0,14	0,007	0,048
Chanchamayo (Junín)	3,03	0,4	0,15	0,011	0,049
Ucayali (Ucayali)	2,69	0,5	0,13	0,002	0,048
Jaén (Cajamarca)	2,84	0,4	0,14	0,007	0,050
Quillabamba (Cuzco)	2,67	0,4	0,13	0,003	0,048

EAG: equivalentes de ácido gálico.

ECAT: equivalente a catequinas.

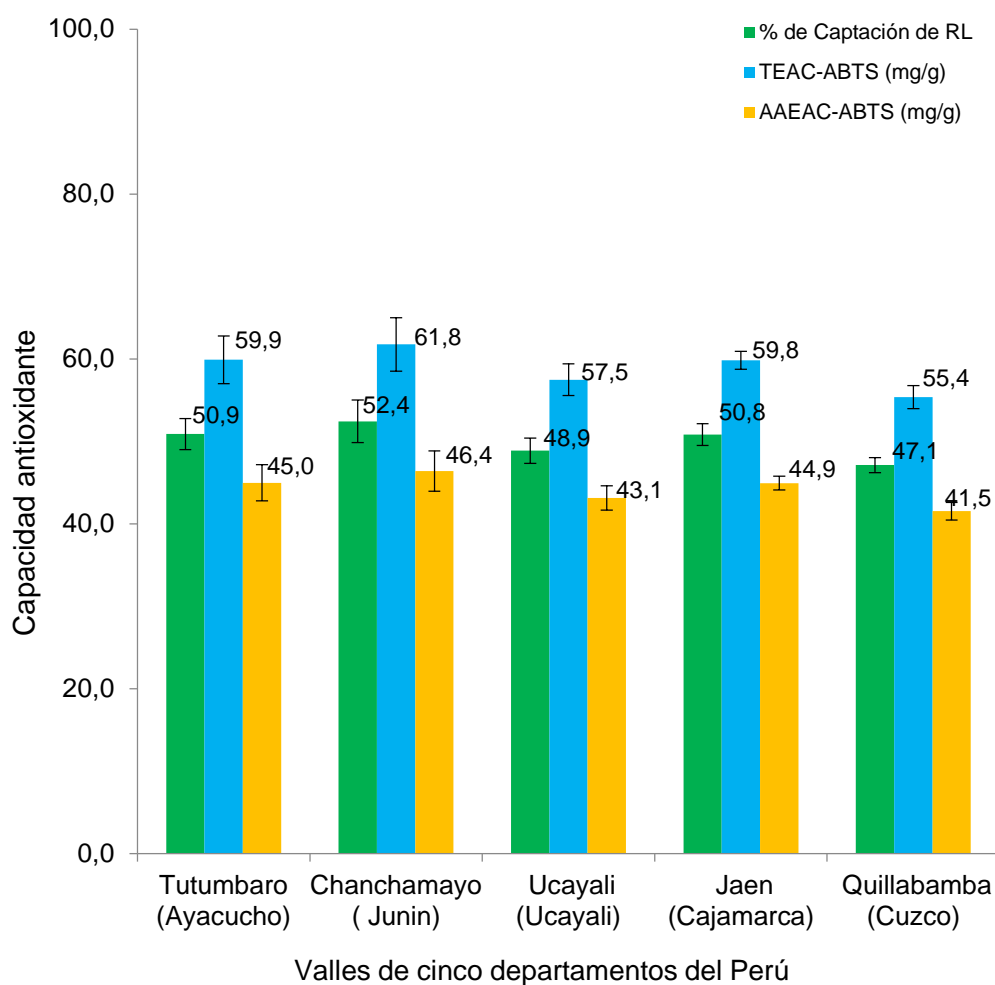
A un $p < 0.05$, para polifenoles no existe diferencia significativa. (Anexo 11)

A un $p < 0.05$, para flavonoides existe diferencia significativa Chanchamayo (Junin) con respecto a Ucayali (Ucayali) y Quillabamaba (Cuzco). (Anexo 11)



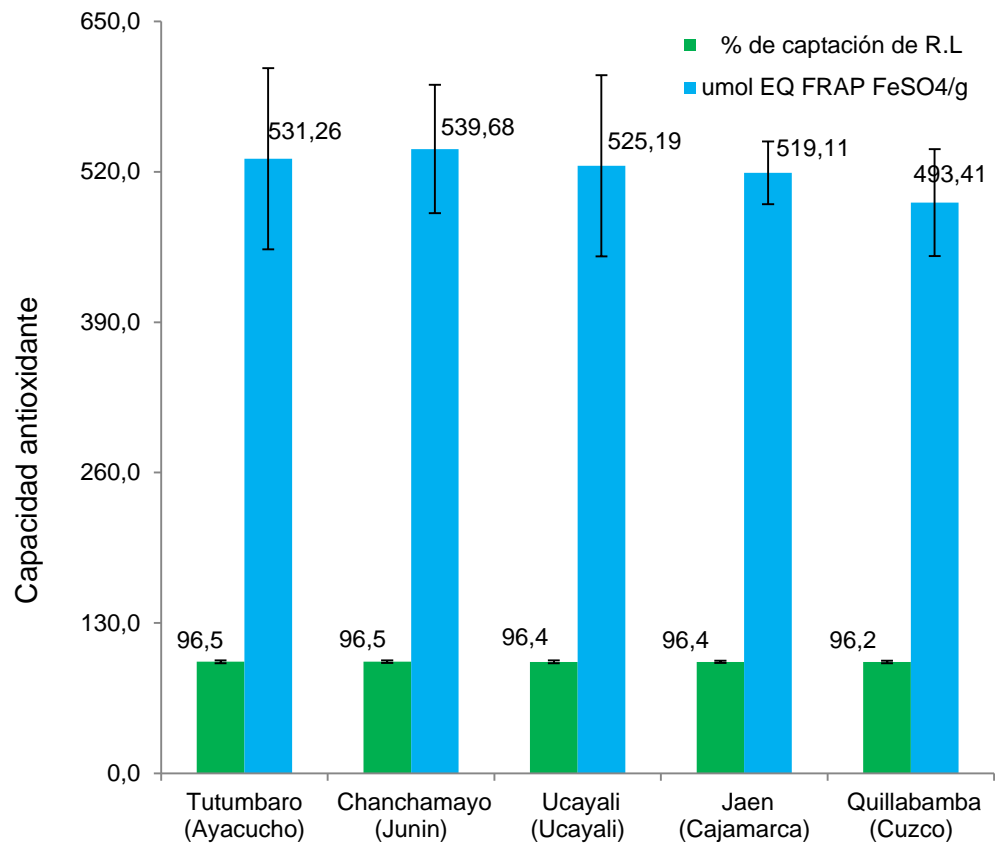
TEAC-DPPH: capacidad antioxidante total equivalente al TROLOX empleando el RL DPPH
 AAEAC-DPPH: capacidad antioxidante total equivalente al ácido ascórbico empleando el RL DPPH
 A un $p < 0.05$, presentan diferencias significativas Ucayali (Ucayali) y Quillabamaba (Cuzco) con respecto a Chanchamayo (Junín). (Anexo 11)

Figura 1. Capacidad antioxidante (método DPPH) del extracto acuoso de las semillas de *Coffea arábica* “café” de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019.



TEAC- ABTS: Capacidad antioxidante total equivalente al TROLOX empleando ABTS.+
 AAEC-ABTS: Capacidad antioxidante total equivalente al ácido ascórbico empleando ABTS.+
 % captación RL: a un $p < 0,05$, presentan diferencias significativas del valle de Quillabamba (Cuzco) con respecto a los valles de Chanchamayo (Junín), Tutumbaro (Ayacucho) y Jaén (Cajamarca). (Anexo 11)
 TEAC-ABTS y AAEAC-ABTS: a un $p < 0,05$, presentan diferencias significativa del valle de Quillabamba (Cuzco) con respecto a los valles de Chanchamayo (Junín) y Jaén (Cajamarca). (Anexo 11)

Figura 2. Capacidad antioxidante (método ABTS) del extracto acuoso de las semillas de *Coffea arabica* “café” de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019.



Valles de cinco departamentos del Perú

A un $p < 0.05$, no existe diferencia significativa. (Anexo 11)

Figura 3. Actividad antioxidante (método FRAP) del extracto acuoso de las semillas de *Coffea arábica* “café” de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019.

V. DISCUSIÓN

Los análisis realizados en las cinco muestras recolectadas de cinco valles de diferentes departamentos fueron procesadas sólo con el solvente universal, con el criterio de emplear un solvente amigable con el medioambiente, evitando el uso de solventes orgánicos. Además de obtener resultados que reflejen las propiedades de las bebidas tal como suelen ser consumidas.

La tabla 1 muestra las propiedades físicas de las semillas de *Coffea arábica* “café” procedentes de cinco valles de diferentes departamentos del Perú; los resultados promedio para los sólidos solubles (ss) a 27 °C presentes en la solución stock al 2 % muestran resultados relativamente variables, puede observarse en la Tabla 1 que el café procedente de Ayacucho, Ucayali y Cusco exhiben valores homogéneos pero menores significativamente ($p < 0,05$) con respecto a los hallados en el café de Junín y Cajamarca.

En la tabla 1 también se presentan los resultados promedio acerca de la densidad aparente para la solución stock del café al 2 % y a 27 °C procedente de los valles de Tutumbaro (Ayacucho), Chanchamayo (Junín), Ucayali (Ucayali), Jaén (Cajamarca) y Quillabambá (Cuzco), para esta propiedad física sin embargo no se ha observado variaciones significativas.

Por su parte Henao³⁶ en su investigación sobre evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza, encuentra diferencias en la densidad aparente a 20 °C de las soluciones etanólicas de café para las variedades Caturra y Castillo fueron 790,12 kg/m³ (0,790 g/mL) y 783,55 kg/m³ (0,784 g/mL) respectivamente. La diferencia de densidades se debe a la diferencia de solvente agua y etanol y a la variación de temperatura. El presente estudio no empleó etanol para ninguna extracción, explicación probable para los resultados obtenidos.

La tabla 2 muestra que los contenidos de polifenoles totales de los extractos acuosos de las semillas de *Coffea arábica* “café” son muy próximos por lo que estadísticamente no existe diferencia significativa a un ($p < 0,05$).

Según Abanto y Tocas³⁵ en su tesis sobre el efecto antioxidante de los extractos hidroalcohólicos de los granos verdes y tostados de *Coffea Arabica L.* “café” señala que la concentración de polifenoles totales para granos de *Coffea Arabica* “café” tostado fue de 532,81 mg EAG/g. Debido a que la capacidad extractiva de una solución hidroalcohólica es mayor que la del agua. Ciertamente es probable que una extracción hidroalcohólica sea mayor sin embargo el café procedente de Junín contiene 515.5 mg EAG/g empleando sólo agua como solvente, valor no muy distante al mencionado. Puede aseverarse que una extracción en las condiciones referidas hubiera resultado en un contenido mayor al obtenido por Abanto y Tocas.

Pérez y col.⁵, en el estudio sobre compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora* determinaron el contenido de fenoles totales del café procesado caracolillo y su café de origen (caracol verde) y no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$). Además se ha encontrado que las melanoidinas, al igual que los compuestos fenólicos, reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu.

Fonseca y Col.⁶ en su investigación capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en norte de Santander (Colombia) determinaron el contenido de polifenoles totales en un extracto acuoso al 10% p/v a 90 °C, 1129 - 2582 mg EAG/g de café. Este mayor valor podría explicarse al % de concentración usados que puede favorecer una mayor extracción de metabolitos secundarios polifenólicos frente a lo que se realizó en la presente tesis que fue un extracto acuoso al 2% p/v a 80°C con una dilución de (0,8 mg/mL) obteniéndose los valores entre 514,7 – 453.6 mg EAG/ g café.

Vega y col.³⁶ menciona en su estudio Determinación del contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad Antioxidante de 34 cafés comerciales de Panamá, que el contenido de polifenoles totales de las muestras de cafés puros y mezclados estuvo en el rango de 28,60 a 46,82 y 11,17 a 16,10 mg EAG/g, respectivamente. Es decir, que el contenido de polifenoles totales del *Coffea Arabica* “café” procedente de los 5 valles de Perú es superior a los 34 cafés comerciales de Panamá.

La tabla 2, también muestra los resultados del contenido de flavonoides totales de los extractos acuosos de las semillas de *Coffea arabica* “café”, a diferencia de los fenoles totales existe diferencia significativa Chanchamayo (Junin) con respecto a Ucayali (Ucayali) y Quillabamba (Cuzco). Los resultados expresados en mg ECAT/g van desde 37,73 a 43,54, correspondiendo a Ucayali y Cusco los menores y a Junín el mayor contenido.

Por su parte Vega y col.³⁶ en su investigación sobre determinación del contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de 34 cafés comerciales de Panamá, menciona que el contenido de flavonoides fue de 22,16 a 38,29 y 9,36 a 14,92 mg ECAT/g, respectivamente. Es decir, que el contenido ECAT/g del *Coffea Arabica* “café” procedente de los 5 valles de Perú es superior a los 34 cafés comerciales de Panamá.

La figura 1 muestra la evaluación de la capacidad antioxidante por el método de captación de radicales libres DPPH del extracto acuoso de las semillas de *Coffea arabica* “café” de los valles de cinco departamentos del Perú, expresados en % de captación de radical libre (RL) que varían entre 63,7 – 53,6 % y TEAC - DPPH 51,5 - 43,6 mg TEAC/g de café y AAEAC – DPPH 47,0 – 39,1 mg AAEAC/g de café para Chanchamayo (Junín) y Quillabamba (Cuzco) existiendo diferencia significativa a un ($p < 0,05$) para el café de Ucayali (Ucayali) y Quillabamba (Cuzco) con relación a Chanchamayo (Junín).

Paucar J.⁸ en su estudio sobre la influencia del tostado en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de granos de café (*Coffea Arabica* L.) de Satipo el café Caturra rojo tostado a 210 °C presenta una capacidad antioxidante 65,96% de captación de RL que supera ligeramente al mayor valor obtenido en el presente estudio que es de 63,7% para el café de Chanchamayo (Junín).

Puertas M. y col.⁷ en el artículo borra de café colombiano (*coffea arabica*) como fuente potencial de sustancias con capacidad antirradicales libres in vitro, determino la capacidad antioxidante mediante el método DPPH en una muestra de taza de café obteniendo 48,74% de inhibición del radical DPPH siendo menor a los resultados de la presente investigación.

La figura 2 muestra la actividad antioxidante del extracto acuoso de las semillas de *Coffea arabica* “café” de los valles de cinco departamentos del Perú por el método ABTS analizado con el estándar Trolox, donde existe diferencia significativa a un ($p < 0,05$) para el café de Quillabamba (Cuzco) con 55,4 mg

TEAC/g con respecto al de Chanchamayo (Junín) con 61,8 mg TEAC/g y Jaén (Cajamarca) con 59,8 mg TEAC/g.

Lazcano y col.³⁷ en su estudio contenido de fenoles, cafeína y capacidad antioxidante de granos de café verde y tostado de diferentes estados de México, menciona que los granos que presentaron mayor capacidad antioxidante por el método ABTS fueron para los cafés procedentes de Chiapas con 0,252 mmoles eq. Trolox/g (63,07 mg eq. de trolox/g), seguido de los granos de Oaxaca y Nayarit con 0,223, y 0,204 mmoles eq. Trolox/g (55,81 y 51,06 mg eq. de Trolox/g), respectivamente. Mientras que los granos de café procedentes de Veracruz presentaron la menor actividad antioxidante de 0,187 mmoles eq. Trolox/g (46,80 mg eq. de Trolox/g). Por tanto, la capacidad antioxidante medida por el método ABTS de los cafés de México fluctúan entre 63,07 y 46,80 mg. eq. de Trolox/g y los valores para los cinco valles de Perú fluctúan entre 61,8 y 55,4 mg. eq. de Trolox/g.

En la figura 2, también muestra el % de captación de RL, el café de Quillabamba (Cuzco) con un 47,1% difiere estadísticamente de los valles de Tutumbaro (Ayacucho) con 50,9%, Chanchamayo (Junín) con 52,4% y Jaén (Cajamarca) con 50,8%.

La figura 3, muestra la actividad antioxidante por el método FRAP del extracto acuoso de las semillas de *Coffea arábica* “café” de los valles de cinco departamentos del Perú, en un extracto acuoso al 2% p/v como solución madre y una dilución de 0,67 mg/mL obteniendo los resultados entre 539,68 – 493,41 μ mol equivalente a FeSO_4 /g de café. Para Chanchamayo (Junín) – Quillabamba (Cuzco).

Fonseca y Col.⁶ en su investigación capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en norte de Santander (Colombia), determino la capacidad antioxidante en el extracto acuoso al 10% p/v de café comercializado (tostado) con el Método FRAP encontrándose entre 3095 – 6857 μ mol ECAT/ g de café.

La alta capacidad antioxidante de *coffea arabica* “café” de los valles de cinco departamentos del Perú, está relacionado por su composición química, también por la cantidad y calidad de antioxidante, la que a su vez estaría en función con el contenido de polifenoles y flavonoides y su mejor eficacia en su prevención neutralización de los radicales libres, además diversos estudios reportan la función de los polifenoles frente a daños oxidativos.

La mayor capacidad antioxidante mostrada por el café del valle de Chanchamayo del departamento de Junín puede deberse a la presencia de otros metabolitos secundarios no analizados en el presente estudio. Desde el punto de vista edafoclimático, podría explicarse por las condiciones necesarias que le caracteriza a un café de buena calidad como son; la zona óptima para el cultivo que se encuentra entre 19-21°C, la lluvia comprendido 1800 y 2800 mL anuales con 120 mL como mínimo al mes, 1600- 2000 horas de luz solar al año, el café requiere de un PH ideal entre 5 – 5,5 suelo ácido, el *café arabico* “café” produce a una altura de 800 a 2100 m.s.n.m. la altitud del valle de Chanchamayo (Junín) del departamento de Perú comprende en un promedio de 500 a 1930 m.s.n.m. a la vez cuenta con un clima tropical cálido, húmedo y lluvioso la temperatura media anual va desde 18° a 30°C, la precipitación fluvial son menores a 2000mL. Finalmente, los extractos acuosos de *Coffea arabica* “café” analizados han mostrado el mismo contenido cuantitativo de polifenoles totales y flavonoides, sin embargo, el procedente de la región de Junín mostró una mayor capacidad antioxidante mediante las tres técnicas aplicadas (DPPH, ABTS, FRAP). Estos compuestos fenólicos entonces actuaron principalmente donando un átomo de hidrógeno y/o donando un electrón.

VI. CONCLUSIONES

1. El contenido de polifenoles totales en el extracto acuoso de las semillas de *Coffea arabica* "café" fueron estadísticamente iguales, siendo los valores 3,03; 2,93; 2,84; 2,69 y 2,67 mmol equivalentes de ácido gálico (EAG)/g café procedentes de los valles de Chanchamayo (Junin), Tutumbaro (Ayacucho), Jaén (Cajamarca), Ucayali (Ucayali) y Quillabamba (Cuzco), respectivamente.
2. El contenido de flavonoides en el extracto acuoso de las semillas de *Coffea arabica* "café" fueron estadísticamente diferentes Chanchamayo (Junin) con respecto a Ucayali (Ucayali) y Quillabamba (Cuzco), siendo los valores de 0,15; 0,14; 0,14; 0,13 y 0,13 mmol equivalente de catequina (ECAT)/g de café procedentes de los valles de Chanchamayo (Junín), Tutumbaro (Ayacucho), Jaén (Cajamarca), Ucayali (Ucayali) y Quillabamba (Cuzco), respectivamente.
3. La actividad antioxidante del extracto acuoso del *Coffea arabica* "café" cultivado en cinco departamentos del Perú poseen efecto antioxidante, evidenciándose mayor capacidad antioxidante en el café del valle de Chanchamayo (Junín), evaluados mediante las tres técnicas DPPH, ABTS^{•+} y FRAP.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar la formulación de una forma farmacéutica semisólida del extracto acuoso de las semillas de *Coffea arábica* “café” para su empleo como antioxidante.
2. Realizar estudios de toxicidad de las semillas de *Coffea arábica* “café”.
3. Realizar aislamiento y purificación de los compuestos químicos presentes en el extracto para determinar la capacidad antioxidante de cada uno de ellos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gutiérrez A. Café, antioxidantes y protección a la salud. MEDISAN 2002; 6(4): 72-81. [Fecha de acceso, 24 de marzo de 2017]. URL: <https://cutt.ly/Ww4iWzu>
2. Origen Café – infocafés, Perú, un país de cafés de altura. [Fecha de acceso, 30 de diciembre del 2017]. Disponible en: <http://infocafes.com/descargas/biblioteca/193.pdf>
3. Expo-café Perú 2017 séptima edición, foro nacional, café peruano, variedades de café en el Perú. [Fecha de acceso, 02 de enero de 2018]. Disponible en: <http://www.expocafeperu.com.pe/CafePeruano.php>.
4. Vallejo, E, Rojas, A., Torres, O. Una poderosa herramienta en la medicina preventiva del cáncer: los antioxidantes. Universidad Autónoma de Guadalajara –México, 2017. [Fecha de acceso, 05 de enero de 2018] disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2017/rr173d.pdf>
5. Pérez L., Chávez K., Medina L., Gómez N. Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies, *Coffea arábica* y *Coffea canephora*, Rev. De Ciencias Biológicas y de la Salud. [Fecha de acceso, 05 de marzo de 2017]. URL: <https://cutt.ly/lw4ozgj>
6. Fonseca L., Calderón L., Rivera M., recibido: Capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y sub productos del café producido y comercializado en norte de Santander. Universidad de Antioquia Colombia. 2014. Rev: de la Facultad de Química Farmacéutica. [Fecha de acceso, 07 de marzo 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169833713008.pdf>
7. Puertas M., Villegas P., Alberto C. Barra de café colombiano (*Coffea arábica*) como fuente potencial de sustancias con capacidad anti-radicales libres *in vitro*. Universidad de Antioquia Colombia 2013. Rev: cubana de plantas medicinales. Artículo original [Fecha de acceso, 08 de marzo 2017]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v18n3/pla13313.pdf>
8. Paucar J. Influencia del tostado en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de granos de café (*Coffea arábica* L.) ingeniería en industrias alimentarias de universidad nacional del centro del Perú facultad de ciencias agrarias Satipo. Perú. 2010. URL: <https://cutt.ly/6w4pnbB>
9. Zavaleta J., Muñoz A., Blanco T., Alvarado C., Loja B., Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. Miembros del Centro de Investigación en Bioquímica y Nutrición de la Facultad de Medicina Humana, USMP. Artículo de revisión Código de Proyecto # 10012004003 [Fecha de acceso, 17 de marzo de 2017]. URL: <https://cutt.ly/aw4pP3l>
10. Gutiérrez D., Ortiz C., Mendoza A. Medición de fenoles y actividad antioxidante en malezas usadas para alimentación animal. Simposio de Metrología 2008, Universidad Autónoma de Querétaro México. Artículo de revisión [Fecha de acceso, 19 de marzo de 2017]. Disponible en: http://cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf
11. Martínez S., González J., Culebras J., Tuñón J. Los Flavonoides: Propiedades y acciones antioxidantes. Nutr. Hosp. (2002) XVII (6) 271-278. ISSN 0212-1611-Coden Nuhoeq, S.V.R 318. Departamento de psicología. Universidad de León y Hospital de León. España. [Fecha de acceso, 12 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/490/49016098004.pdf>

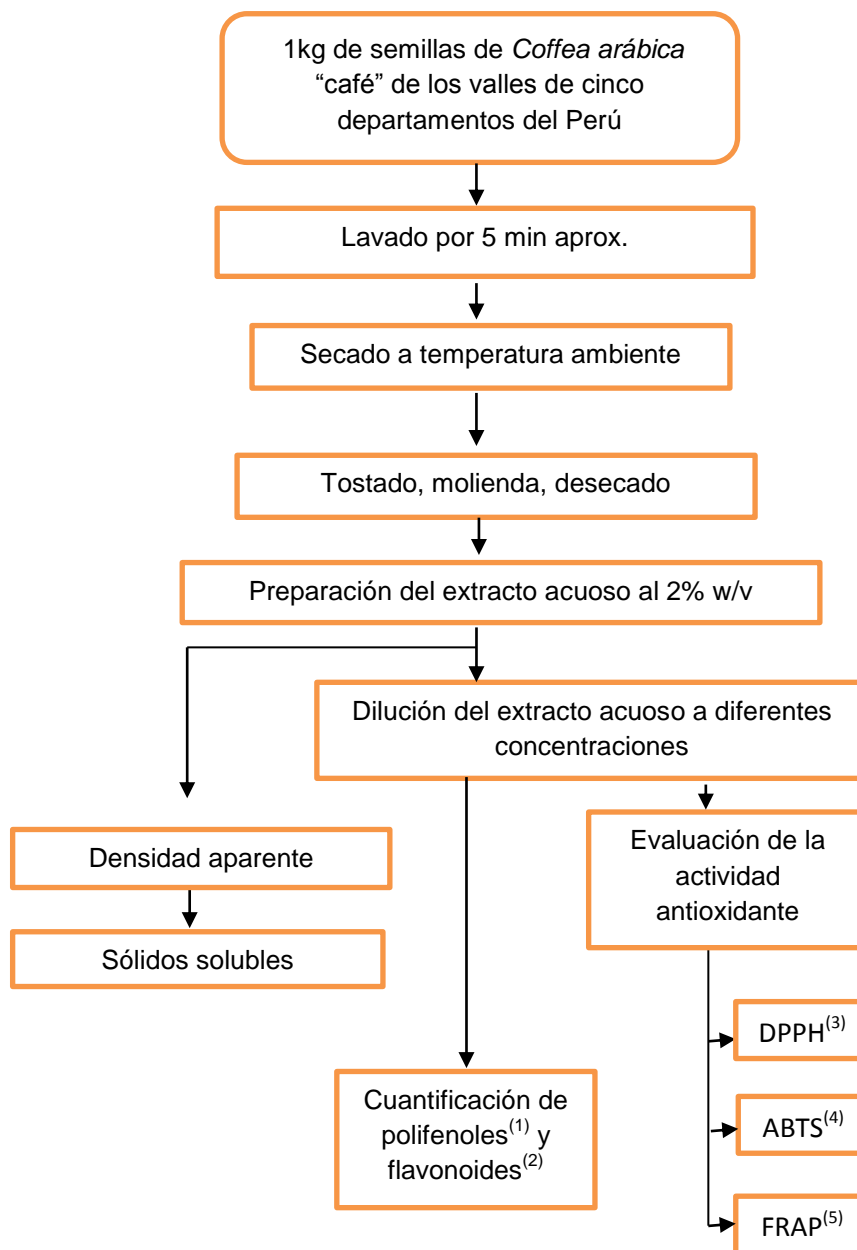
12. Alvarado, M., Rojas, G. El cultivo y beneficiado del café 2007. Segunda reimpresión, impreso en Costa Rica. Editorial: Universidad Estatal a Distancia [Fecha de acceso, 12 de marzo de 2017]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?isbn=9977647682>
13. Burgos, E. Determinación de los Tipos de Café *Coffea arabica*, que se producen en la región del Trifinio-Guatemala y descripción de sus sistemas productivos. Estudio de la zona cafetalera que comprende altitud entre 800-1200 Msnm. 2003. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Agrícolas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario de Oriente Agronomía. [Fecha de acceso, 25 de enero de 2018]. URL: <https://cutt.ly/qw4oOgY>
14. Café de Costa Rica, curso teórico práctico, preparaciones de cafés fríos y calientes. Café. Instituto del Café de Costa Rica. [Fecha de acceso, 18 de enero de 2018]. Disponible en: http://www.erwindettling.ch/america/costa%20rica/radioreportagen/uebersicht/otto_kloeti/ManualPrepacafe.pdf
15. Miele S.A. Café una experiencia extraordinaria. Boletín informativo, Alcobendas, Madrid. [Fecha de acceso, 14 de abril de 2017]. Disponible en: https://www.miele.es/media/ex/es/recetarios/cafe_recetario.pdf
16. Díaz A. Apuntes, tema 12 radicales libres, Universidad Nacional Autónoma de México, [fecha de acceso, 11 de enero 2018]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-nacional-autonoma-de-mexico/bioquimica/apuntes/apuntes-tema-12-radicales-libres/712069/view>
17. Venereo J. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. Instituto Superior de Medicina Militar, Revista cubana medica militar. [Revista en línea]. 2002. [Fecha de acceso, 26 de marzo del 2017], 31(2), pp.126-133. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/mil/vol31_2_02/MIL09202.pdf
18. Vasudevan DM. Texto de Bioquímica, sexta edición, 2011, editorial: Cuéllar Ayala, publicado por: Jaypee Brothers Medical Publishers, Capitulo 20: Radicales Libres y Antioxidantes, [Fecha de acceso, 26 de marzo del 2017]. URL: <https://cutt.ly/iw4pLaf>
19. Maldonado O., Jiménez E., Bernabé M., Ceballos G., Méndez E. Radicales libres y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. Artículo de revisión 2010, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, México. [Fecha de acceso, 15 de enero del 2018]. URL: <https://cutt.ly/iw4p2by>
20. Avello A., Suwalsky M. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismo de protección. Departamento de Farmacia de la Facultad de Farmacia, Universidad de Concepción, Concepción, Chile Atenea [revista en línea]. 2006. [Fecha de acceso 16 de marzo del 2017]; II (494):161-172. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/atenea/n494/art10.pdf>
21. Elejalde J. Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. Vol. 18 N° 6 pp. 326-235, 2001. Servicio de Medicina Interna del Hospital de Navarra. [Fecha de acceso, 15 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/ami/v18n6/revision1.pdf>
22. Rodríguez M., Menéndez R., Trujillo Y. Radicales libres en la biomedicina y estrés oxidativo. Revista Cubana Medica Militar [revista en línea]. 2001. [fecha de acceso 27 de agosto del 2017]. URL: <https://cutt.ly/cw4aovO>
23. Quintanar M., Calderón J. La capacidad antioxidante total (Bases y Aplicaciones). Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, Universidad Juárez del Estado de Durango, 2009. Artículo de revisión REB

- 28(3): 89-101, 2009. [Fecha de acceso, 10 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2009/reb093d.pdf>
24. Sánchez M. Antioxidantes, consumo de antioxidantes naturales en adultos mayores de entre 65 y 75 años con Dislipidemia, 2013 trabajo de titulación previo a la obtención del título Licenciatura en Nutrición, Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. [Fecha de acceso, 18 de enero de 2018]. Disponible en: <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC112550.pdf>
 25. Coronado H., Vega S., Gutiérrez R., Vásquez M., Radilla C. Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. 2015. Universidad Autónoma Metropolitana. México. Artículo de revisión. Rev. ChilNutr. Vol. 42, Nº2. [Fecha de acceso, 21 de enero de 2018]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v42n2/art14.pdf>
 26. Herrera, F. Obtención de antioxidantes a partir del epicarpio de café (*Coffea arabica* L.) empleando fluidos presurizados, una alternativa de aprovechamiento para este residuo agroindustrial. 2016. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Universidad Libre, Facultad de Ingeniería. Bogotá. [Fecha de acceso, 25 de enero de 2018]. URL: <https://cutt.ly/uw4acNv>
 27. Valls V. El papel antioxidante de los alimentos de origen vegetal. Vitaminas y polifenoles. Facultad de Medicina. Universidad de Valencia. Octubre, 2009. [Acceso el 26 de enero del 2018]. URL: <https://cutt.ly/gw4aPgc>
 28. Lima L. Estrés oxidativo y antioxidantes: Actualidades sobre los antioxidantes en los alimentos. Investigadora Titular del Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional. Universidad de la Habana, Cuba. Octubre, 2004. [Acceso el 26 de enero del 2018]. URL: <https://cutt.ly/kw4aKEg>
 29. Zarabia M. Actividad antioxidante y citoprotectora del extracto de tres morfotipos de *Solanum* pp. "papa nativa" *in vitro*. Tesis para optar el título de Químico Farmacéutica. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 2015.
 30. Figueroa S., Mollinedo O. Actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya" e identificación de los fitoconstituyentes. Universidad Wiener. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima, Perú. 2017. [Acceso el 26 de enero del 2018]. URL: <https://cutt.ly/Uw4a5Ca>
 31. Naranjo M., Velez L., Rojano B., Actividad antioxidante de café colombiano de diferentes calidades. 2011. Revista cubana de plantas medicinales. Artículo original. [Consultado el 19 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v16n2/pla05211.pdf>
 32. Kuskoski M., Asuero A., Troncoso A., Mancini J., Fett R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Cienc. Aliment. Campinas. 25(4): 726-732 out.-dez. 2005. Artículo de revisión. [Fecha de Acceso, 09 de marzo 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf>
 33. Ojeda M. Determinación de la capacidad antioxidante del aceite híbrido de palma en diferentes estados de maduración. Pontificia Universidad Javeriana. Mayo, 2014. [Acceso el 30 de enero del 2018]. URL: <https://cutt.ly/pw4sa27>
 34. Muñoz A., Ortiz C., Blanco T., Castañeda B., Ruiz J., Alvarado A. determinación de compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante en mieles peruanas de diferentes fuentes florales. Rev. Soc. Quím. Perú 80(4). Noviembre. 2014. [Acceso el 30 de enero del 2018]. Disponible en: <https://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v80n4/a08v80n4.pdf>

35. Henao J. Evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2015. [acceso el 20 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://bdigital.unal.edu.co/51841/1/11/28270450.2016.pdf>
36. Abanto S., Tocas M. Efecto antioxidante de los extractos hidroalcoholicos de los granos verdes y tostados de Coffea Arabica L. "café". Cajamarca. Perú. Setiembre, 2018. URL: <https://cutt.ly/tw4sv23>
37. Vega A., León J., Reyes S. Determinación del contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad Antioxidante de 34 cafés comerciales de Panamá. Universidad autónoma de Chiriquí. Información Tecnológica. Vol. 28(4), 29-38. (2017). Agosto. 2017. [Acceso el 20 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n4/art05.pdf>
38. Lazcano E., Trejo A., Vargas G., Pascual S. Contenido de fenoles, cafeína y capacidad antioxidante de granos de café verdes y tostados de diferentes estados de México. Rev. Iber. Tecnología Postcosecha. Vol 16(2):293-298. México. 2015. [Acceso el 18 de Octubre 2018]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81343176021.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1. Flujograma de procedimientos para evaluar la capacidad antioxidante de las semillas de *Coffea arábica* “café” procedentes de los valles de cinco departamentos del Perú.



⁽¹⁾ Polifenoles totales expresados en mmol equivalentes de ácido gálico (EAG)/g café.

⁽²⁾ Flavonoides expresados en mmol equivalente a catequina (ECAT)/g café

⁽³⁾ y ⁽⁴⁾ DPPH y ABTS expresados en % de captación de radicales libres, mg de capacidad antioxidante equivalente al trolox (TEAC)/g café y mg de capacidad antioxidante equivalentes en ácido ascórbico (AAEAC)/g café

⁽⁵⁾ FRAP expresado en % de captación de radicales libres y en μ mol equivalente a FeSO₄/g café.

Anexo 2. Semillas de *Coffea arábica* “café” recolectadas de los valles de cinco departamentos del Perú. Ayacucho 2019.



Anexo 3. Procedimiento de la obtención del extracto acuoso de las semillas de *Coffea arábica* “café”. Ayacucho 2019.



Anexo 4. Determinación de la actividad antioxidante de las semillas de *Coffea arábica* “café”. Ayacucho 2019.



Anexo 5. Datos descriptivos de la capacidad antioxidante por el método del radical DPPH de las semillas de *Coffea arábica* “café”. Ayacucho 2019.

Departamentos	% de captación de RL		TEAC-DPPH (mg/g)		AAEAC-DPPH (mg/g)	
	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS
Ayacucho	60,5	5,6	49,0	4,4	44,5	4,4
Junin	63,7*	2,5	51,5*	2,0	47,0*	2,0
Ucayali	56,8*	1,2	46,1*	1,0	41,6*	0,9
Cajamarca	60,6	3,4	49,1	2,7	44,5	2,7
Cuzco	53,6*	3,5	43,6*	2,8	39,1*	2,7

TEAC-DPPH: capacidad antioxidante total equivalente al TROLOX empleando el RL DPPH

AAEAC-DPPH: capacidad antioxidante total equivalente al ácido ascórbico empleando el RL DPPH

Anexo 6. Datos descriptivos de la capacidad antioxidante por el método ABTS de las semillas de *Coffea arabica* “café”. Ayacucho 2019.

	% de captación de		TEAC-ABTS		AAEAC-ABTS	
	RL		mg/g		mg/g	
	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS
Ayacucho	50,9	1,9	59,9	2,9	45,0	0,007
Junín	52,4	2,6	61,8	3,2	46,4	0,011
Ucayali	48,9	1,5	57,5	1,9	43,1	0,002
Cajamarca	50,8	1,3	59,8	1,1	44,9	0,007
Cuzco	47,1	0,9	55,4	1,4	41,5	0,003

TEAC- ABTS: Capacidad antioxidante total equivalente al TROLOX empleando ABTS⁺

AAEC-ABTS: Capacidad antioxidante total equivalente al ácido ascórbico empleando ABTS⁺

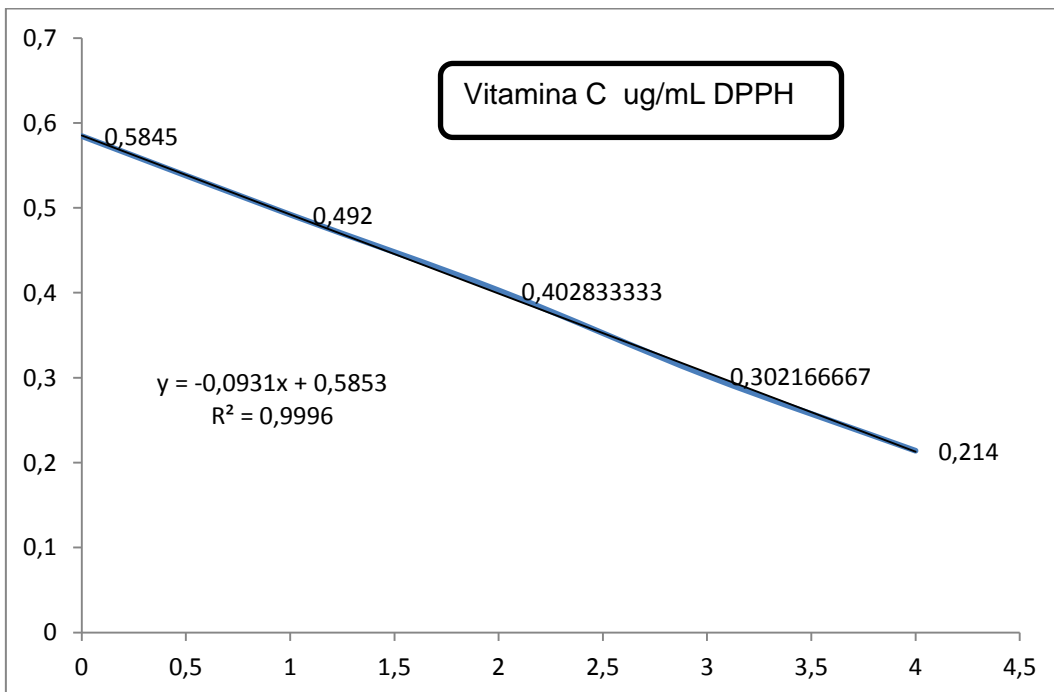
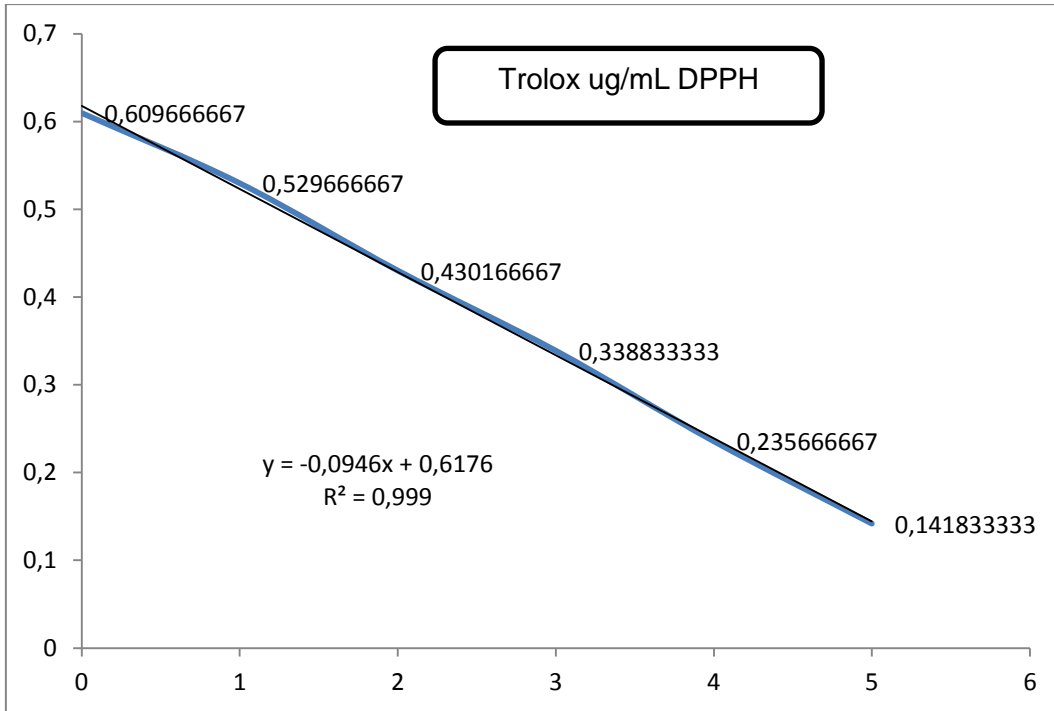
Anexo 7. Datos descriptivos de la capacidad antioxidante por el método FRAP de las semillas de *Coffea arábica* “café”. Ayacucho 2019.

		Ayacucho	Junín	Ucayali	Cajamarca	Cuzco
% captación	x	96,461	96,520	96,388	96,440	96,235
RL	s	1,188	1,141	1,307	0,983	1,127
EQ-FeSO ₄	x	531,26	539,68	525,19	519,11	493,41
(mg/g)	s	78,19	55,56	78,41	27,19	46,19

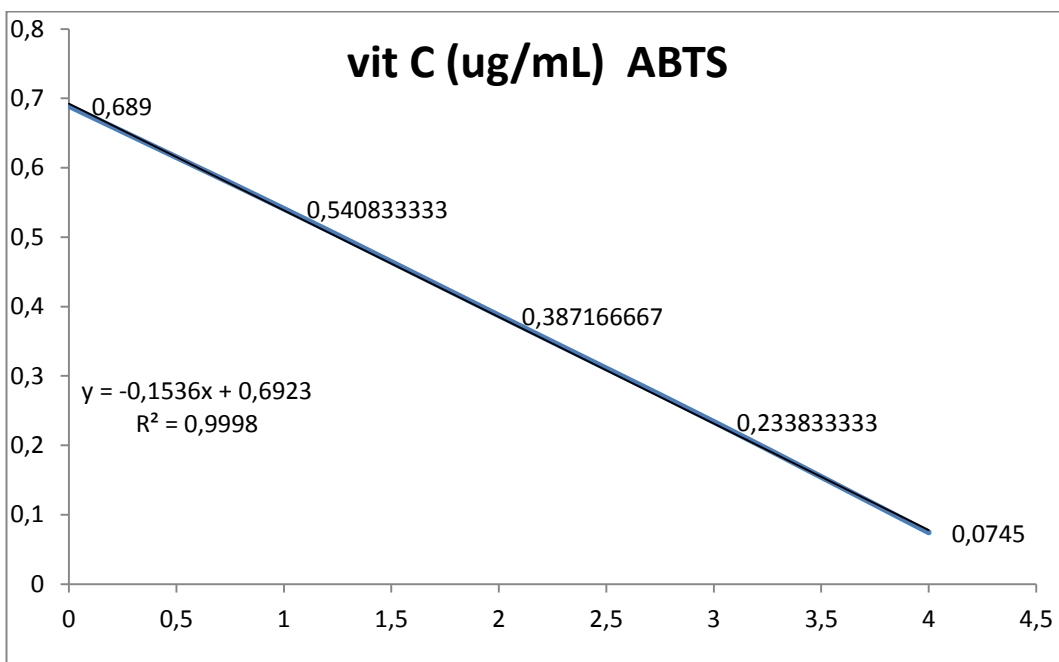
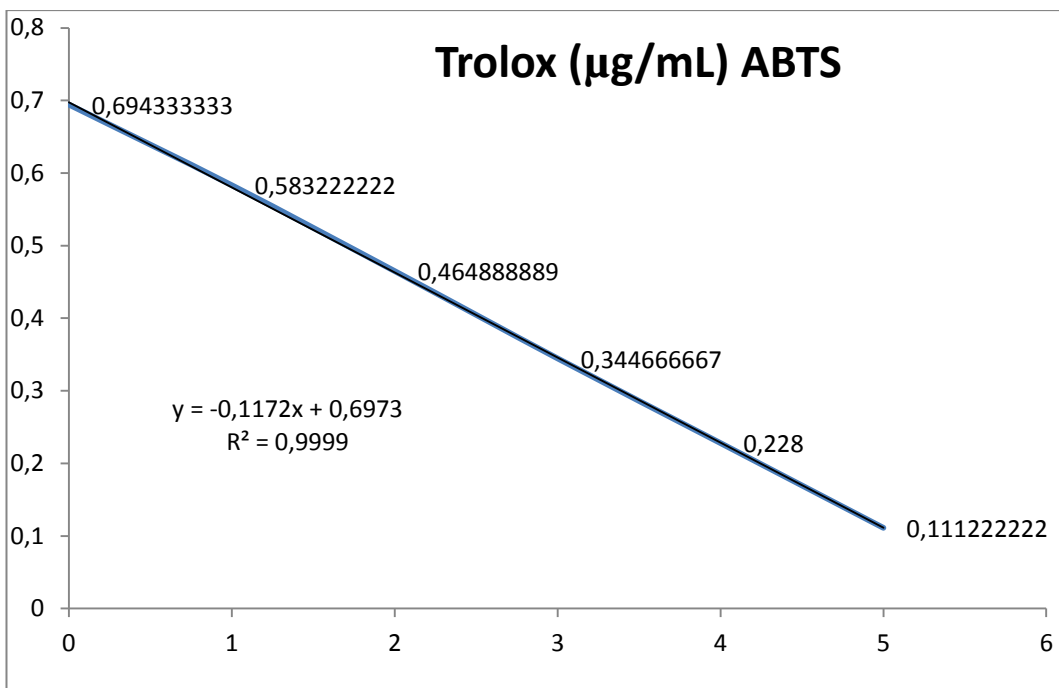
EQ-FeSO₄: equivalente a sulfato ferroso

A un $p < 0.5$, no existe diferencia significativa.

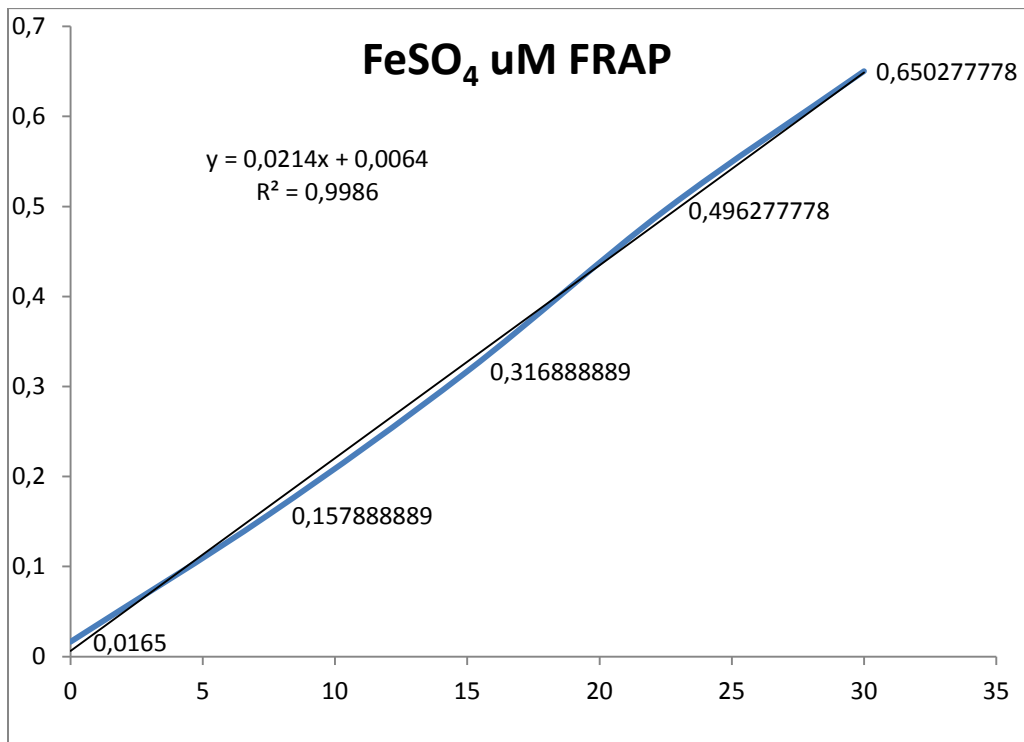
Anexo 8. Curva de calibración el Trolox y Vitamina C para el DPPH. Ayacucho 2019.



Anexo 9. Curva de calibración el Trolox y Vitamina C para el ABTS. Ayacucho 2019.



Anexo 10. Curva de calibración para el FeSO₄ para el FRAP. Ayacucho 2019.



Anexo 11. Evaluación estadística t student: Valor de p.

	sólidos solubles	densidad aparente	polifenoles	flavonoides	DPPH			ABTS			FRAP	
					%CRL	TEAC DPPH	AAEAC DPPH	%CRL	TEAC ABTS	AAEAC ABTS	%CRL	EQ FeSO4
Tutumbaro - Chanchamayo (Ayacucho - Junín)	9 ⁻¹⁰	0,30	0,77	0,25	0,42	0,42	0,42	0,47	0,49	0,51	1,00	0,89
Tutumbaro – Ucayali (Ayacucho - Ucayali)	1,00	0,29	0,55	0,08	0,33	0,33	0,33	0,23	0,30	0,28	0,93	0,93
Tutumbaro - Jaen (Ayacucho - Cajamarca)	9 ⁻¹⁰	0,25	0,80	1,00	0,98	0,97	1,00	0,94	0,96	0,94	0,92	0,81
Tutumbaro - Quillabamba (Ayacucho - Cuzco)	1,00	0,44	0,47	0,09	0,14	0,15	0,14	0,04	0,07	0,07	0,77	0,51
Chanchamayo - Ucayali (Junin - Ucayali)	9 ⁻¹⁰	0,79	0,41	0,04	0,01	0,01	0,01	0,11	0,12	0,12	0,92	0,81
Chanchamayo - Jaen (Junin-Cajamarca)	1,00	1,00	0,59	0,25	0,27	0,28	0,27	0,39	0,36	0,38	0,91	0,60
Chanchamayo - Quillabamba (Junin-Cuzco)	9 ⁻¹⁰	0,46	0,33	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,76	0,33
Ucayali - Jaen (Ucayali - Cajamarca)	9 ⁻¹⁰	0,48	0,71	0,08	0,14	0,15	0,15	0,17	0,14	0,14	1,00	0,91
Ucayali - Quillabamba (Ucayali - Cuzco)	1,00	0,20	0,96	1,00	0,21	0,22	0,20	0,15	0,20	0,21	0,85	0,58
Jaen - Quillabamba (Cajamarca – Cuzco)	9 ⁻¹⁰	0,14	0,63	0,09	0,07	0,07	0,07	0,02	0,01	0,01	0,83	0,45

Anexo 12. Matriz de consistencia.

Título: Capacidad antioxidante del *Coffea arábica* “café” de los valles cinco departamentos del Perú, Ayacucho 2017.

Autora: Bachiller Elvi ALFARO PILLIHUAMAN **Asesores:** Dr. Emilio G. RAMIREZ ROCA y Dra. Silvia SUAREZ CUNZA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO	METODOLOGÍA
Capacidad antioxidante del <i>Coffea arábica</i> “café” de cinco departamentos del Perú, Ayacucho 2017.	¿Tendrán capacidad antioxidante los extractos acuosos de las semillas y molidas de <i>Coffea arábica</i> “café” cultivado en los valles de cinco departamentos del Perú?	<p>General:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar comparativamente la capacidad antioxidante del extracto acuoso del <i>Coffea arábica</i> “café” cultivado en cinco departamentos del Perú. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuantificar los polifenoles totales presente en el extracto acuoso del <i>Coffea arábica</i> “café” cultivado en los valles de cinco departamentos del Perú. • Cuantificar los flavonoides presentes en el extracto acuoso del <i>Coffea arábica</i> “café” cultivado en los valles de cinco departamentos del Perú. • Determinar la capacidad antioxidante del extracto acuoso del <i>Coffea arábica</i> “café” cultivado en los valles de cinco departamentos del Perú mediante los métodos DPPH, FRAP y ABTS 	El extracto acuoso del <i>Coffea arábica</i> “café” cultivado en cinco departamentos del Perú no tienen la misma capacidad antioxidante.	<p>Variable Independiente: Concentración de los extractos acuosos del <i>Coffea arábica</i> “café”. Indicador: g de café.</p> <p>Variable Dependiente: Capacidad antioxidante.</p> <p>a) Polifenoles totales: Indicador 1: mmol de EAG/g de café.</p> <p>b) Flavonoides: Indicador 2: mmol de ECAT/g de café.</p> <p>c) DPPH y ABTS: Indicador 3: % de captación de radicales libres/g de café. Indicador 4: mg TEAC/g de café. Indicador 5: mg de AAEAC/g de café.</p> <p>d) FRAP: Indicador 6 = indicador 3. Indicador 7: μmol de FeSO_4/g de café.</p>	El fruto del árbol de café (<i>Coffea arábica</i>) oriundo de Arabia, desde donde se esparció a todo el Oriente y siglos después, a través de Europa, a todo el mundo. El extracto acuoso del café tostado y molido contiene compuestos fenólicos valorados por su capacidad antioxidante. La evaluación de la capacidad antioxidante en el extracto acuoso del café brinda información valiosa para inhibir la presencia de radicales libres que contribuirá a valorar adecuadamente el café peruano.	<p>Nivel de investigación: Básica-Observacional</p> <p>Población: Constituida por semillas de <i>Coffea arábica</i> “café”, denominado “café orgánico” provenientes de los departamento de Ayacucho (Tutumbaro), Junín (Chanchamayo), Ucayali (Ucayali), Cajamarca (Jaén) y Cuzco (Quillabamba) del Perú.</p> <p>Muestra: Constituida por 1 kg de semillas de <i>Coffea arábica</i> “café” denominado “café orgánico” adquiridos de diferentes valles de procedencia de los departamentos de Ayacucho, Junín, Ucayali, Cajamarca y Cuzco. En todos los casos se realizó un muestreo por conveniencia.</p> <p>Determinación de la actividad antioxidante: Método Folin Ciocalteu Método de Zhishen Método DPPH. Método ABTS. Método FRAP.</p> <p>Diseño experimental: La evaluación de la capacidad antioxidante de cada muestra se efectuó con tres repeticiones para cada grupo.</p> <p>Análisis estadístico El análisis es de dos tipos: descriptivo y análisis inferencial expresados en figuras y tablas. Los resultados obtenidos para los polifenoles totales y flavonoides y para los parámetros de la capacidad antioxidante del DPPH, ABTS y FRAP, fueron sometidos a evaluación estadística de t de student con el fin de establecer la existencia de diferencias significativas entre ellas. Los resultados se expresaron en Microsoft Excel 2010. Se analizó a un nivel de confianza de 95% ($p < 0,05$).</p>