



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

MAESTRÍA EN BROMATOLOGÍA Y TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN
DE ALIMENTOS

Tesis presentada para optar al título de Magíster de la Universidad de Buenos Aires en
Bromatología y Tecnología de la Industrialización de Alimentos.

TITULO DE LA TESIS: Control de calidad de muestras comerciales de té aplicable en un
laboratorio de baja complejidad. estudio farmacobotánico, análisis de polifenoles y
actividad antioxidante.

NOMBRE Y APELLIDO DE LA MAESTRANDA: Kellys Johanna Rodríguez Tovar

Director: Dr. Rafael Alejandro Ricco

Co-Director: Dra. Beatriz Graciela Varela

Lugar de trabajo: Cátedra de Farmacobotánica. Departamento de Farmacología. Facultad de
Farmacia y Bioquímica.

Fecha de presentación del ejemplar:

Fecha de defensa:

FIRMA DEL MAESTRANDO

**CONTROL DE CALIDAD DE MUESTRAS COMERCIALES DE TÉ APLICABLE
EN UN LABORATORIO DE BAJA COMPLEJIDAD. ESTUDIO
FARMACOBOTÁNICO, ANÁLISIS DE POLIFENOLES Y ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE**

RESUMEN

Camellia sinensis (L.) O. Kuntze (Theaceae), es una planta originaria del norte de India y sudeste de China. Del procesamiento de sus hojas se pueden obtener diferentes tipos de tés: té blanco, verde, Oolong, rojo y negro, de los cuales, debido a sus diferentes estados de oxidación y procesamiento durante la fermentación de la hoja, se obtienen infusiones con diferentes aromas, colores y sabores. La composición química de la hoja del té es compleja: contiene polifenoles (taninos), aminoácidos, carbohidratos, compuestos volátiles, entre otros. Los polifenoles constituyen el grupo de compuestos más importante ya que poseen actividades antioxidantes de interés para la salud humana. El objetivo del trabajo fue realizar estudios farmacobotánicos, fitoquímicos y de actividad antioxidante, aplicables al control de calidad de productos comercializados como té y té adicionado con otros componentes, en el marco de un laboratorio de baja complejidad. El estudio microscópico permitió observar epidermis con células de paredes sinuosas y estomas anomocíticos, tricomas eglandulares, esclereidas irregulares alargadas con y sin ramificaciones, cristales de oxalato de calcio bajo la forma de drusas, fibras y tráqueas espiraladas y reticuladas. El análisis histoquímico permitió observar la presencia de taninos. En los diferentes extractos acuosos de té blanco, verde, Oolong, rojo y negro, sobre un perfil básico, se observan variaciones particulares para cada tipo. Se determinaron mayores concentraciones de flavonoides (incluidos los taninos) y derivados de ácidos hidroxicinámicos en té blanco, verde y Oolong, en comparación con las muestras fermentadas como té rojo y negro.

PALABRAS CLAVES: *Camellia sinensis*, té, fenoles totales, taninos, flavonoides, estomas, esclereidas, tricomas, drusas, actividad antioxidante.

**QUALITY CONTROL OF COMMERCIAL TEA SAMPLES APPLICABLE IN A
LOW COMPLEXITY LABORATORY. PHARMACOBOTANICAL STUDY,
ANALYSIS OF POLYPHENOLS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY**

ABSTRACT

Camellia sinensis (L.) O. Kuntze (Theaceae), is a plant native to northern India and southeast China. Different types of teas can be obtained from the processing of its leaves: white, green, Oolong, red and black teas, of which, due to their different grades of oxidation and processing during leaf fermentation, infusions with different aromas, colors and flavors, are obtained. The chemical composition of the tea leaf is complex: it contains polyphenols (tannins), amino acids, carbohydrates, volatile compounds, among others. Polyphenols constitute the most important group of compounds since they have antioxidant activities of interest for human health. The objective of the work was to carry out pharmacobotanical, phytochemical and antioxidant activity studies, applicable to the quality control of products marketed as tea and tea added with other components, within the framework of a low complexity laboratory. The microscopic study revealed epidermis cells with sinuous walls and anomocytic stomata, non-glandular trichomes, elongated irregular sclereids with and without ramifications, calcium oxalate druses, fibers, and spiral and reticulated vessels. The histochemical analysis allowed to observe the presence of tannins. In the different aqueous extracts of white, green, Oolong, red and black tea, on a basic profile, particular variations are observed for each type. Higher concentrations of flavonoids (including tannins) and hydroxycinnamic acid derivatives were determined in white, green, and Oolong tea, compared to samples fermented as red and black tea.

KEY WORDS: *Camellia sinensis*, tea, total phenols, tannins, flavonoids, stomata, sclereids, trichomes, druses, antioxidant activity.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza, la fe y la confianza para lograr mis objetivos.

A mi director de tesis el Doctor Rafael Ricco por permitirme trabajar con él, por su dirección en la investigación, por el aporte de sus conocimientos, por su inmensa ayuda, disposición y paciencia.

A mi co-directora la Doctora Beatriz Varela por su dedicación, por su amorosa orientación, por estar siempre presente demostrando generosidad y paciencia.

A mi esposo por ser mi apoyo incondicional, por su amor y comprensión.

A mis hijos por ser el motor para la culminación de este logro.

TABLA DE CONTENIDO

1.INTRODUCCIÓN	9
1.1 Té	9
1.2 Origen y Distribución	9
1.3 Consumo del té en el mundo.....	12
1.3.1 Producción Mundial	14
1.4 ASPECTOS NORMATIVOS.....	16
1.5 TAXONOMÍA.....	18
1.6 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	20
1.6.1 Morfología de la hoja de té.....	20
1.6.2 Anatomía de la hoja de té	22
1.7 Condiciones para el cultivo.....	23
1.7.1 El ciclo vital de la planta de té.....	23
1.7.2 El ciclo anual de la planta.....	24
1.8 Compuestos Fenólicos	24
1.8.1 Flavonoides.....	25
1.9 COMPOSICION QUÍMICA DE LA HOJA DE TÉ	26
1.9.1 Actividad antioxidante.....	31
1.9.2 Metilxantinas	32
1.10 Beneficios generales del consumo de té	33
1.11 TIPOS DE TÉ	33
1.11.1 Té blanco	33
1.11.1.1 Propiedades del té blanco.....	34
1.11.2 Té verde	34
1.11.2.1 Propiedades del té verde.....	36
1.11.3 Té Oolong.....	38
1.11.3.1 Propiedades del té Oolong.....	40
1.11.4 Té rojo	40
1.11.4.1 Propiedades del Té rojo.....	40
1.11.5 Té negro.....	41
1.11.5.1 Propiedades del Té negro	44
1.12 MUESTRAS COMPLEJAS DE TÉ	45
1.13 Descripción de las especies integrantes de muestras complejas de té	46
1.13.1 Canela	46
1.13.2 Cedrón	47
1.13.3 Hibiscus, rosa de jamaica o rosella.....	48
1.13.4 Jengibre.....	49
1.13.5 Litchi o Lychee.....	50
1.13.6 Menta	51
1.13.7 Naranja.....	52
1.13.8 Rosa mosqueta.....	53
1.13.9 Vainilla	54

2.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	56
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	56
2.3 HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO	57
3.MATERIALES Y MÉTODOS	58
3.1 MUESTRAS VEGETALES PARA ANALIZAR.....	58
3.1.1 Muestras simples	58
3.1.2 Muestras complejas	59
3.2 ANÁLISIS FARMACOBOTÁNICO.....	59
3.2.1 Análisis macroscópico.....	59
3.2.2 Análisis microscópico	60
3.2.3 Disociados	60
3.2.4 Micrometría (microscopía cuantitativa)	61
3.2.5 Análisis histoquímico	61
3.3 ANÁLISIS FITOQUÍMICO.....	61
3.3.1 Obtención del extracto acuoso (infusión).....	62
3.3.2 Obtención del extracto metanólico.....	62
3.4 ANÁLISIS CUALITATIVOS	62
3.5 Análisis cualitativo de los polifenoles (fingerprint de polifenoles) para muestras de té. 62	
3.5.1 Análisis cualitativo de los taninos condensados.....	63
3.6 CUANTIFICACIÓN DE LOS POLIFENOLES	63
3.6.1 Cuantificación de los fenoles totales	63
3.6.2 Cuantificación de taninos condensados (método de la vainillina)	63
3.6.3 Cuantificación de flavonoides totales.....	64
3.6.4 Cuantificación de ácidos hidroxycinámicos totales	64
3.7 Evaluación de la actividad antioxidante	65
4.RESULTADOS.....	66
4.1 ANÁLISIS FARMACOBOTÁNICO.....	66
4.1.1 ANÁLISIS MACROSCÓPICO	66
4.1.1.1 MUESTRAS SIMPLES (1-15).....	66
4.1.1.1.1 Té blanco	66
4.1.1.1.2 Té verde	67
4.1.1.1.3 Té Oolong (azul)	68
4.1.1.1.4 Té rojo	69
4.1.1.1.5 Té negro.....	69
4.1.1.2 MUESTRAS COMPLEJAS	70
4.1.1.2.1 Muestra 1. Té Verde, Naranja y Jengibre.....	70

4.1.1.2.2	Muestra 2. Té, Vainilla y Canela.....	71
4.1.1.2.3	Muestra 3. Té Verde con Menta.....	71
4.1.1.2.4	Muestra 4. Té, Rosa Mosqueta e Hibiscus	72
4.1.1.2.5	Muestra 5. Té Blanco, Lychee y Cedrón.....	73
4.1.1.2.6	Muestra 6. Té rojo, Rosa mosqueta e Hibiscus	73
4.1.2	ANÁLISIS MICROSCÓPICO	74
4.1.2.1	Observación de disociados leves	74
4.1.2.2	Muestra de Té de Referencia	75
4.1.2.3	MUESTRAS SIMPLES.....	76
4.1.2.3.1	Té Blanco	76
4.1.2.3.2	Té Verde	77
4.1.2.3.3	Té Oolong.....	77
4.1.2.3.4	Té Rojo	78
4.1.2.3.5	Té Negro.....	80
4.1.2.4	MUESTRAS COMPLEJAS	81
4.1.2.4.1	Muestra 1: Té Verde, Naranja y Jengibre.....	81
4.1.2.4.2	Muestra 2: Té, Vainilla y Canela.....	82
4.1.2.4.3	Muestra 3: Té Verde con Menta.....	83
4.1.2.4.4	Muestra 4: Té con Rosa Mosqueta e Hibiscus	84
4.1.2.4.5	Muestra 5: Té Blanco, Lychee y Cedrón.....	86
4.1.2.4.6	Muestra 6: Té rojo, Rosa mosqueta e Hibiscus	88
4.1.2.5	Micrometría (microscopía cuantitativa).....	89
4.1.3	ANÁLISIS HISTOQUÍMICO.....	93
4.1.4	ANÁLISIS FITOQUÍMICO	93
4.1.4.1	Análisis cualitativo de polifenoles (fingerprint): flavonoides y ácidos hidroxycinámicos.	94
4.1.4.1.1	Té blanco	94
4.1.4.1.2	Té Verde	95
4.1.4.1.3	Té Oolong.....	95
4.1.4.1.4	Té rojo	96
4.1.4.1.5	Té negro.....	96
4.1.4.2	Análisis cualitativo de polifenoles: taninos	97
4.1.4.2.1	Té blanco	97
4.1.4.2.2	Té verde	97
4.1.4.2.3	Té Oolong.....	98
4.1.4.2.4	Té rojo	98
4.1.4.2.5	Té negro.....	99
4.1.4.3	Análisis cuantitativos de polifenoles	99
4.1.4.3.1	Cuantificación de fenoles totales.....	99
4.1.4.3.2	Cuantificación de taninos	103
4.1.4.3.3	Cuantificación de flavonoides totales.....	106
4.1.4.3.4	Cuantificación de ácidos hidroxycinámicos totales	109
4.1.4.4	Evaluación de actividad antioxidante	112

5.DISCUSIÓN	114
5.1 ANÁLISIS FARMACOBOTÁNICO	114
5.1.1 ANÁLISIS MACROSCÓPICO	114
5.1.1.1 MUESTRAS SIMPLES (1-15).....	114
5.1.1.2 MUESTRAS COMPLEJAS	115
5.1.2 ANÁLISIS MICROSCÓPICO	116
5.1.2.1 MUESTRAS COMPLEJAS	118
5.1.2.1.1 Muestra 1. Té Verde, Naranja y Jengibre.....	118
5.1.2.1.2 Muestra 2. Té, Vainilla y Canela.....	118
5.1.2.1.3 Muestra 3. Té Verde con Menta	118
5.1.2.1.4 Muestra 4. Té con Rosa Mosqueta e Hibiscus	119
5.1.2.1.5 Muestra 5. Té Blanco, Lychee y Cedrón.....	119
5.1.2.1.6 Muestra 6. Té rojo, Rosa mosqueta e Hibiscus	119
5.1.3 ANÁLISIS FITOQUÍMICO	120
5.1.3.1 Análisis cualitativo	120
5.1.3.1.1 Análisis cualitativo de los polifenoles (fingerprint de polifenoles): flavonoides y ácidos hidroxycinámicos.....	120
5.1.3.1.1.1 Té blanco.....	120
5.1.3.1.1.2 Té Verde.....	120
5.1.3.1.1.3 Té Oolong	121
5.1.3.1.1.4 Té rojo.....	121
5.1.3.1.1.5 Té negro	121
5.1.3.1.2 Análisis cualitativo de los taninos	121
5.1.3.1.2.1 Té blanco.....	122
5.1.3.1.2.2 Té verde	122
5.1.3.1.2.3 Té Oolong	122
5.1.3.1.2.4 Té rojo.....	122
5.1.3.1.2.5 Té negro	122
5.1.3.2 Análisis cuantitativo	123
5.1.3.2.1 Cuantificación de los fenoles totales	123
5.1.3.2.2 Cuantificación de taninos	124
5.1.3.2.3 Cuantificación de flavonoides totales.....	125
5.1.3.2.4 Cuantificación de ácidos hidroxycinámicos totales	126
5.1.3.2.5 Evaluación de la actividad antioxidante	127
6.CONCLUSIONES	129
7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Té

La palabra *té* proviene del chino *cha*, cuya escritura incluye tres ideogramas que significan “hierba”, “hombre sobre la tierra” y “árbol”.

Tee en afrikáans y en alemán, *tea* en inglés, *thé* en francés, *chai* en hindi y en búlgaro, *teo* en esperanto, *tae* en irlandés, *té* en español, *herbata* en polaco, *thea* en latín, *tsai* en griego, *shai* en árabe, *chaay* en iraní, *cha* en bengali, en japonés, en coreano y portugués, *ja* en tibetano, *chiya* en nepalés y *çai* en turco. Cada pueblo ha encontrado la forma, la sonoridad que mejor representa en su lengua esta bebida universal y milenaria.

Es habitual denominar “té” a un sinnúmero de infusiones que no son necesariamente el verdadero té, aquel que proviene de la planta *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze – Theaceae –, originaria del norte de India y sudoeste de China. Así también se cree, erróneamente, que los distintos tipos de té (blanco, verde, Oolong, rojo y negro) provienen de plantas diferentes. En realidad, éstas y muchas otras, son variedades de la misma planta que adquieren diversos aromas, colores y sabores debido a los distintos procesos a los que son sometidas las hojas de *Camellia sinensis* en ciertas etapas de su elaboración. Las hojas de té pueden ser enteras o partidas, fermentadas, semi fermentadas o sin ningún grado de fermentación; pueden ir adicionadas de hierbas, especias, frutas o aceites esenciales que les aportarán perfumes o sabores particulares. Incluso los distintos té negros, verdes o los semi fermentados cambian su sabor y características según la región o jardín de donde provienen, por eso son conocidos con denominación de origen, pero siempre seguirán siendo verdadero *té*, *cha*, *thé*, *ja* (Berton, 2008).

1.2 Origen y Distribución

Si bien los ingleses inventaron la costumbre del *Afternoon tea*, el origen del té se puede rastrear al año 2737 A.C. en China, donde según una serie de relatos acerca del hallazgo de *Camellia sinensis*, todos recaen en la figura de un personaje central, llamado Chen Nung.

Una leyenda originada en la provincia occidental china Yunnan, sostiene que Chen Nung llamado “Labrador divino” y padre tradicional de la medicina china, fue uno de los tres Emperadores Augustos encargado del establecimiento de la civilización china y a quién, según sus méritos, se reveló el conocimiento de la agricultura. El emperador estaba realizando un peregrinaje por el interior del territorio y, producto del cansancio, se detuvo en un pequeño paraje, en el cual aprovechó para beber un poco de agua tibia. Mientras esperaba se quedó súbitamente dormido. Al despertarse, comenzó a beber de su tazón sin darse cuenta de que el mismo contenía unas hojas que habían caído desde el árbol que lo cobijaba del sol. Luego de unos instantes de haber probado esa extraña preparación, quedó sorprendido acerca de los efectos sobre si: se sintió refrescado, renovado anímicamente y estimulado para continuar. Al observar esas extrañas hojas dentro de su tazón y apreciar su estado actual, decidió llevarlas consigo, para continuar evaluando su efecto (Valenzuela, 2004; Wang, 2011).

Sin embargo, la difusión del té se produjo en la dinastía T'ang (618-907) cuando el monje budista Lu Yu recopiló experiencias y conocimiento de sus antepasados en el primer compendio sobre esta infusión: Clásico del té, donde se detallan las diferentes técnicas y formas de prepararlo. Más tarde, el monje budista Yeisei llevó el té hasta Japón donde se convirtió en un brebaje unido al arte, la perfección y la pureza (Dufresne *et al.*, 2001).

Los primeros testimonios escritos del uso del té como bebida no aparecen hasta el siglo IV de nuestra era, también en China. Probablemente en esa época ya era consumido también en Assam, en la India. En el siglo IX llega a Japón, pero no fue hasta finales del siglo XVI cuando empieza a conocerse en Europa a través de los relatos de un veneciano, Gianbattista Ramusio (Wang, 2011).

El té entró en contacto con los europeos por primera vez en la India, cuando los portugueses llegaron a ella en 1497. El primer cargamento de té llegó a Ámsterdam (Países Bajos) hacia 1610, por iniciativa de la Compañía Neerlandesa de las Indias Orientales. En 1636, el primer té es bebido en París. Diez años más tarde, la East India Company envió 90g de té al rey Carlos II de Inglaterra y en 1657, abre en Londres el primer establecimiento público en el

que se servía té, iniciándose así un largo periodo en el que las historias del Imperio Británico y de la popular bebida caminarían paralelas (Wang, 2011).

La evolución del té continúa desde aquellos tiempos remotos, donde la historia nos remonta a los tiempos de la Compañía Británica de Indias Orientales (British East India Company), y a los intereses de esta de poder utilizar los fértiles terrenos de la actual región de Assam, para el cultivo del té. Fue un periodo de prueba y error, dado que los expertos en botánica de la compañía, comandados por los hermanos Charles y Robert Bruce multiplicaban sus esfuerzos para lograrlo. Inician sus intentos alrededor de 1810, con semillas que contrabandeaban desde China, pero con escasos resultados en el cultivo de India. Entonces, comenzaron a observar que los nativos locales solían beber una preparación en la cual utilizaban hojas de una planta autóctona, que tenía cierta similitud en los efectos que producía el té en el organismo. De hecho, no era comparable morfológicamente con el exponente chino. No obstante, luego de explorar otras regiones de China que producían té, desde British East India Company concluyen que habían logrado identificar una nueva variedad de planta de té, que crecía de manera relativamente silvestre en la región, y que poseía los mismos caracteres botánicos que las que existían en el oeste de China. Fue entonces cuando en diciembre de 1818, el Parlamento Británico comunica la existencia científica confirmada de *Camellia sinensis* en India. Los ingleses optaron en 1834 por iniciar así el cultivo del té en Assam y Darjeeling, y la India se convierte en la primera potencia productora de un té ya genuinamente británico y cuyos beneficios revertían directamente en la Corona (Bond, 2011; Lewin, 1998), y posteriormente en Ceilán, Madagascar y otros países asiáticos (Dufresne y Farnworth, 2001).

La introducción del té en América, aunque sometido a impuestos muy elevados, fue seguida de una gran difusión entre los ingleses que poblaban las colonias, sobre todo en Boston. En este lugar, y para protestar por los altos aranceles que la metrópoli imponía, en 1773 un grupo de colonos disfrazado de indios arrojó al agua un cargamento de té que se hallaba a bordo de unos navíos de la East India Company, fondeados en el puerto iniciaron así lo que sería la Guerra de Independencia de los Estados Unidos de América. Tal vez por ello, y a diferencia

de lo que sucede en otras antiguas colonias británicas, en EEUU el consumo de té siempre ha ido por detrás del consumo de café.

Fue sin embargo en España, donde tuvieron lugar dos inventos relacionados con el té y que han tenido alto impacto sobre su consumo en el mundo occidental, curiosamente ambos el mismo año, 1904: nos referimos al envasado de las hojas en bolsitas y a la utilización del té con hielo (Wang, 2011).

De esta manera es posible entender como aquella planta que crecía en un solo lugar del mundo, con el paso del tiempo y sus estudios en otras latitudes, llegó a ser tan codiciada, anhelada y necesaria. En la actualidad, muchos países la cultivan, manufacturan, consumen y exportan.

1.3 Consumo del té en el mundo

El té ha trascendido todas las fronteras y culturas y se ha difundido en todos los rincones del planeta. Cada país, cada cultura y/o región lo ha adoptado de distintas formas dando su toque singular a esta milenaria infusión.

India: es el primer productor mundial de té y un gran consumidor. El té se vende en los puestos callejeros y en las estaciones de tren. Algunos de sus habituales consumidores lo toman muy fuerte y con mucho azúcar; otras veces especiado o con leche tal como lo hacen los británicos. Los té que produce la India son diferentes entre sí. Esto depende de la zona de producción y toman su denominación del lugar de origen, por ejemplo, Darjeeling, Assam, Nilgiri, Sikkim.

China: en este país es muy usual ofrecer té a las visitas, así como beberlo antes y después de las comidas, no solo en el hogar sino también en los restaurantes. Muy consumido en empresas e incluso por campesinos que llevan té para tomar durante el duro día de labor en el campo. Los té que más se consumen son los verdes y los aromáticos. Los más populares son Yunnan FOP (un té negro comparable al de Assam), Pu-erh, té blanco (Pai Mu Tan), Gunpowder, de rosas y de jazmín, entre otros.

Japón: la ceremonia del té se mantiene inalterable desde hace miles de años. El té verde es el más consumido y es el protagonista de ese ritual. En menor proporción se toma té negro, aunque ya están siendo afectados por la costumbre británica de agregar leche al té. Japón solo produce té verde, entre lo que podemos mencionar el matcha (té pulverizado utilizado en la ceremonia del té), Bancha, Kokeicha, etc.

Rusia: el té es preparado en el samovar, recipiente que se popularizó con los mongoles. Se trata de una gran jarra metálica que se coloca sobre el fuego y que posee un tubo en su interior por el que asciende el calor y mantiene el líquido caliente. En la parte superior se colocan las hojas de té que se diluyen con el agua que se extrae de una pequeña canilla que se encuentra en un costado. Los rusos consumen té verde y té negro, sin leche, antes de beberlo colocan en la boca un terrón de azúcar o mermelada.

Marruecos: según la tradición, es el hombre quien sirve el té, y para hacerlo, aleja la tetera del vaso a una distancia considerable para lograr que la infusión quede espumosa.

Turquía: el té está mucho más difundido y suelen consumirlo negro y fuerte, en vasos curvos, a cualquier hora del día y en cualquier lugar. Existen lugares especialmente destinados a su consumo llamado Cay Bahcesi (Jardín del té) para reunirse con amigos y tomar alguno de los dos tipos tradicionales de té koyu cay o té fuerte y açık cay o té ligero.

Egipto: son grandes consumidores de té fuerte, dulce y sin leche. En algunas ocasiones, le añaden a la infusión unas hojas de menta. Se bebe en vasos, y además, se sirve con un vaso de agua para enjuagar la boca.

Tíbet: el té es considerado una ofrenda sagrada y se prepara con devoción. Se consume un té verde salado que se mezcla con leche de cabra y sal.

Irán y Afganistán: toman el té verde y el té negro en recipientes de porcelana con mucho azúcar. El té verde se consume para aplacar la sed y el negro para reconfortarse y entrar en calor. Para beberlo suelen sentarse en el suelo, sobre esterillas, con las piernas cruzadas.

Reino Unido: es una de las bebidas favoritas y suele ser mezclado con leche. De hecho, casi todas las mezclas de té destinadas al consumo británico están desarrolladas para ser consumidas con leche. Sin embargo, más allá del paladar personal, la leche malogra el original sabor de algunas variedades de té, como los Darjeeling, los aromáticos, blancos, verdes, Oolongs y la mayoría de los té negros de la China (a excepción del Yunnan) (Lin *et al.*, 2003; Heredia, 2005).

A continuación, se detallan los países productores de té en el mundo:

África: Burundi, Camerún, Kenia, Malawi, Mozambique, Ruanda, Seychelles, Tanzania, Uganda, Zimbabwe, Etiopía, Congo, Mauricio, Madagascar, Mali y Zambia.

América: Argentina, Bolivia, Brasil, Ecuador, Perú, Guatemala, Panamá, Estados Unidos de América.

Asia: Azerbaiyán, Bangladesh, China, Georgia, India, Indonesia, Irán, Japón, Malasia, Papúa Nueva Guinea, Sri Lanka, Turquía, Vietnam, Myanmar, Tailandia, Nepal, Corea, Federación Rusa, Laos.

Europa: Portugal

Oceanía: Australia

1.3.1 Producción Mundial

La producción mundial de té está estimada en unos 4,7 millones de toneladas, de las cuales el 75% corresponden a té negro, y el 25% a los otros tipos de té.

Las plantaciones de té alcanzaron un importante desarrollo productivo en los cinco continentes, siendo 40 países los que lo producen (De Bernardi, s.f). Entre ellos, los más destacados son:

1. China	28%	6. Vietnam	5%
2. India	25%	7. Argentina	4%
3. Kenia	10%	8. Indonesia	4%
4. Sri Lanka	9%	9. Irán	3%
5. Turquía	6%	10. Japón	2%
El porcentaje restante (4%), corresponde a los demás países			

Tabla 1. Porcentaje de los 10 principales países productores de té en el mundo.

Fuente: página del Ministerio de agroindustria, Presidencia de la nación.

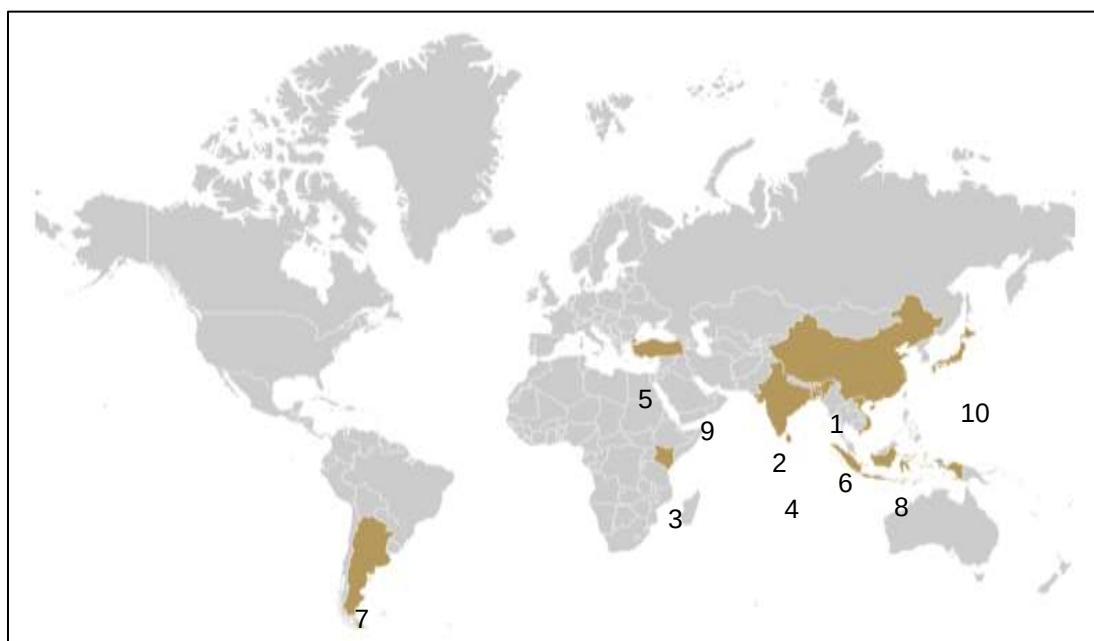


Figura 1. Mapa de los principales países productores de té. Fuente: FAO IGG/Té. <https://www.atlasbig.com>

Para la Argentina, que se encuentra entre los diez primeros países productores de té, los inicios de su cultivo se remontan a 1923 siendo las provincias de Misiones y Corrientes las regiones “tealeras” más australes del mundo. Con el correr de los años, ejemplares de plantas de té se desarrollaron sin intervención humana, y se regeneraron de forma natural cerca de las plantas adultas, sin invadir los ecosistemas naturales o semi naturales. Por lo cual, se ha citado a *Camellia sinensis* como una especie naturalizada en las provincias de Misiones y Corrientes (Keller *et al.*, 2011).

Por ese motivo también, se considera presente esta especie para la Flora Argentina tal como se describe en el Catálogo de Plantas Vasculares del Conosur (Zuloaga *et al.*, 2009).

1.4 ASPECTOS NORMATIVOS

En Argentina, la normativa vigente de alcance nacional que establece la definición y requisitos básicos que debe cumplir el té, es el Código Alimentario Argentino (CAA, 1969), en el **Capítulo XV Productos estimulantes o frutivos**, Artículos 1181-1191.

Artículo 1.181 (CAA, Capítulo XV): “Se conoce con la denominación genérica de té exclusivamente al producto obtenido por el procesamiento conveniente de las yemas, hojas jóvenes, pecíolos y tallos tiernos de la especie *Camellia sinensis* L”.

El té destinado a la preparación de infusiones podrá ser:

- 1) Té o té negro, que corresponde al producto obtenido mediante marchitado, enrulado, fermentado y secado de las yemas, hojas jóvenes, pecíolos y tallos tiernos.
- 2) Té verde, que corresponde al producto obtenido por calentado, enrulado, secado de las yemas, hojas jóvenes, pecíolos y tallos tiernos sin que hayan experimentado ningún proceso de fermentación.

3) Té tipo Oolong, que corresponde al producto obtenido mediante marchitado al sol, luego a la sombra, oxidación enzimática incompleta, tratamiento térmico, enrulado y secado de las yemas, hojas jóvenes, pecíolos y tallos tiernos.

4) Té rojo, que corresponde al producto obtenido mediante el marchitado, oxidación enzimática incompleta, tratamiento térmico, enrulado, secado y estacionamiento en condiciones controladas por un período de tiempo suficiente para completar la oxidación de las yemas, hojas jóvenes, pecíolos y tallos tiernos”. Además, en el Capítulo XV, Artículo 1.185 - (Res 1542, 17.9.85) se establecen los requisitos fisicoquímicos con los que deberá cumplir tanto el té negro como el té verde que se expende envasado para el consumo del país.

Cabe resaltar que en el **CAA** no se describe el té blanco, sin embargo, este producto es comercializado libremente.

Artículo 1185 - (CAA, Capítulo XV): "El Té Verde o Negro que se expende envasado para el consumo deberá responder a las siguientes características:

- a) Tallos y pecíolos, Máx: 5,0%
- b) Humedad, a 100-105°C, Máx: 7,0%
- c) Cenizas totales a 500-550°C Método AOAC, s/producto seco, Máx: 8,0%
- d) Cenizas insolubles en HCl. Método AOAC s/producto seco, Máx: 1,0%
- e) Cenizas solubles en agua de las cenizas totales. Método AOAC, Mín: 45%
- f) Extracto acuoso. Método AOAC s/producto seco, Mín: 28%
- g) Cafeína. Método de Cortés s/producto seco, Mín: 1,6%
- h) Tanino. Método AOAC s/producto seco, Mín: 7,5%
- i) Fibra cruda. Método DNQ s/producto seco, Máx: 20%"

También en el país se encuentran vigentes las normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación). IRAM es una asociación civil, sin fines de lucro, que tiene por objeto establecer normas técnicas cuya aplicación en cada sector específico, garantice la calidad del producto, promoviendo las actividades de certificación y la práctica de sistemas de calidad en las empresas, para brindar seguridad al consumidor. IRAM es el representante de la Argentina en la International Organization for Standardization (ISO). ISO es un organismo mundial que nuclea a los grupos de normalización de cada país, con el fin de trabajar en la confección de normas internacionales que garanticen la calidad de un producto, a través de comités de expertos en cada sector específico. Las normas IRAM y las normas ISO no son de cumplimiento obligatorio, pero la adecuación a los requisitos optativos de calidad establecidos en ellas es indispensable para la comercialización internacional del té.

Las normas ISO 3720 (2011) e ISO 11287 (2011) establecen los requisitos fisicoquímicos básicos con los que deben cumplir el té negro y el té verde, respectivamente; estas normas fijan los requerimientos para ciertos parámetros que, si son cumplidos, son indicadores de que el té ha sido elaborado siguiendo buenas prácticas de manufactura.

1.5 TAXONOMÍA

El nombre botánico completo del té es *Camellia sinensis* (L) O. Kuntze – Theaceae – (Caffin *et al.*, 2004).

La familia Theaceae pertenece a las plantas con flores (Angiospermas o Magnoliophyta). Comprende unos 17 géneros y 370 especies originarias de países subtropicales e intertropicales de América y Asia. Son arbustos o árboles, generalmente siempreverdes, con hojas simples, alternas y coriáceas. Flores hermafroditas o unisexuales, actinomorfas, solitarias o en pequeños grupos.

Hacia 1750, Carl Von Linnaeus, científico, naturalista y zoólogo de origen sueco (1707-1778), escribe un manual llamado *Species Plantarum*, que describe unas 7300 plantas conocidas hasta ese momento. Este manual fue aceptado internacionalmente y reconocido

como el comienzo de la nomenclatura botánica moderna. En el mismo, renombra a la planta de té como *Thea sinensis*. Más adelante, distingue en el mismo dos variedades: *Camellia japonica* y *Camellia sasanqua*. Hasta esta época existían dos nombres completamente aceptados para la misma planta: *Thea* y *Camellia*.

En 1959, y después de numerosos y extenuantes debates llevados a cabo por especialistas botánicos, el International Code of Botanical Nomenclature, adopta oficialmente el término *Camellia*. En este sentido, y desde un punto de vista totalmente aceptado, solo corresponde llamar a la planta de té como *Camellia sinensis*.

En relación con el nombre científico, el término *Camellia* fue otorgado en honor del botánico y misionero jesuita del siglo XVII Jiří Josef Camel, quien transportó plantas de camelias desde Filipinas a Europa. El término *sinensis* es un epíteto latino geográfico que alude a su localización en China. La letra L, situada entre paréntesis se refiere a la inicial de Linneo, mientras que O. Kuntze, es el nombre del botánico que, en 1881, combinó toda la evidencia encontrada hasta ese momento, creando el nombre científico completo: *Camellia sinensis* (L) O. Kuntze (Morlachetti, 2014).

El ordenamiento taxonómico actual según World Flora On Line (WFO), incluye o acepta tres variedades botánicas para la especie *Camellia sinensis*:

- *Camellia sinensis* var. *assamica* (J.W.Mast.) Kitam.
- *Camellia sinensis* var. *dehungensis* (H.T.Chang & B.H.Chen) T.L.Ming
- *Camellia sinensis* var. *pubilimba* Hung T.Chang

Una cuarta variedad, *Camellia sinensis* var. *sinensis*, se considera botánicamente como sinónimo de *Camellia sinensis* (L.) Kuntze (WFO, 2022). De todos modos, a nivel comercial se sigue haciendo referencia a dicha variedad como la que se desarrolla en China, Tíbet, Japón, Federación de Rusia, Irán y Turquía. Puede alcanzar una altura máxima de 2,5-4,5 m. Soporta temperaturas muy frías y puede producir hojas de 5 cm durante 100 años (De Bernardi, 2021).

1.6 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La planta del té es un arbusto de hoja perenne o un árbol pequeño de 1-9 m de altura, que generalmente se corta a menos de dos metros cuando se cultiva por sus hojas. Las hojas son elípticas a oblongo-lanceoladas, alternas, coriáceas, de borde aserrado, cortamente pecioladas. Las flores son muy vistosas, solitarias o en grupos de 3, axilares, blancas o blanco-amarillentas, perfectas, actinomorfas, cáliz con 5 sépalos, corola con 5-12 pétalos, ovario súpero o medio y numerosos estambres. El fruto es una cápsula de 1-1,5 cm de largo, con semillas castañas, de 1 a 1,4 cm de diámetro (Youngken, 1951; León, 1987; Stevens, 2001; Hurrell *et al.*, 2013).

1.6.1 Morfología de la hoja de té

En estudios de la estereomicroscopía de hojas frescas de té, se han subrayado algunas características típicas (Figura 2). Sus hojas coriáceas y lanceoladas tienen el borde aserrado, miden 4-15 cm de largo y 2-5 cm de ancho. La lámina de la hoja es simétrica, de color verde pálido y glabra o pubescente del lado abaxial, y de color verde oscuro, brillante y glabra del lado adaxial; adquiere una tonalidad marrón según va marchitándose. La base de las hojas es cuneada o redondeada y el ápice es corto, acuminado u obtuso. La forma, así como el tamaño y el color, están relacionados con la edad de la hoja y su etapa de crecimiento. El espaciado de los márgenes es regular. Los tricomas de recubrimiento se producen en el lado abaxial de las hojas jóvenes y frecuentemente son más abundantes en la nervadura central que en el margen. Estos tricomas están generalmente ausentes en las hojas más viejas (Piovan *et al.*, 2014).



Figura 2. Hojas secas de *Camellia sinensis* var. *sinensis* (imagen tomada del material de referencia de té verde empleado en este trabajo).

El margen foliar presenta dientes con una vellosidad apical glandular en forma de maza o claviforme. En las hojas jóvenes estas glándulas son de color claro y gelatinosas mientras que en las hojas viejas son oscuras y fáciles de desprender; demostraron ser, por lo tanto, caracteres diagnósticos útiles para distinguir la hoja joven de la vieja (Piovan *et al.*, 2014).

Las hojas jóvenes, de color verde claro, son preferiblemente cosechadas para la producción de té blanco; tienen pelos blancos cortos en la parte inferior. Por lo general, la punta (yema) y las primeras dos o tres hojas se cosechan para su procesamiento. Las hojas más viejas son de un verde más intenso. Las diferentes edades de las hojas producen diversas calidades de té, ya que varía su composición química. (Namita *et al.*, 2012)

1.6.2 Anatomía de la hoja de té

El té tiene hojas bifaciales, con epidermis superior e inferior uniseriadas, con células de paredes levemente sinuosas a sinuosas; estomas anomocíticos sólo en la epidermis inferior; tricomas eglandulares unicelulares, de pared gruesa y base curvada. En el mesófilo se distinguen dos capas de células parenquimáticas en empalizada y 4-5 capas de parénquima esponjoso, algunas de las células con contenido oscuro; esclereidas irregulares con o sin ramificaciones; drusas de oxalato de calcio. La nervadura central presenta colénquima subepidérmico adaxial y abaxial, y un haz vascular colateral rodeado por un anillo de fibras. (Figura 3) (Youngken, 1951; Duarte & Menarim, 2006; Piovan *et al.*, 2014).

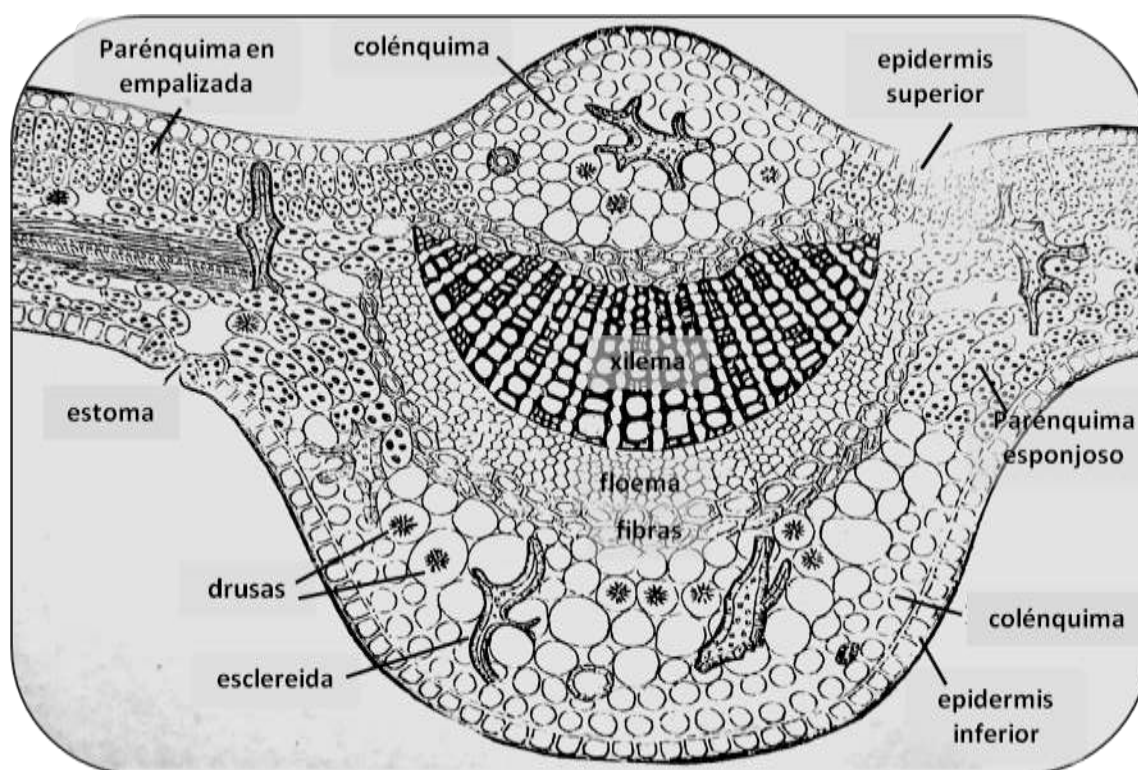


Figura 3. Esquema de transverso de hoja de té en el nivel de la nervadura central. Imagen tomada y modificada de Youngken, 1951.

1.7 Condiciones para el cultivo

Son relativamente pocos los países que poseen condiciones ideales para el cultivo, sin embargo, en cada país existen los llamados “Tea Boards” o “Consejos de té” (en el caso de India, Sri Lanka o Kenia), que se encargan de estudiar las desventajas que presenta su territorio para el desarrollo correcto de esta planta y así determinar que varietal se debe cultivar, o bien, que fortaleza debe tener el mismo para mitigar las condiciones no necesariamente ideales. Los climas tropicales y subtropicales son los propicios para el cultivo de la planta, con un promedio ideal de lluvia entre los 1800 mm y 2200 mm, una temperatura promedio entre los 18-20 °C y con una humedad ideal entre el 70-90%. El suelo debe ser mínimamente ácido (pH 4,5 y 5,5). La latitud al norte debe estar hasta el paralelo 43 (Georgia) y hacia el sur hasta el paralelo 27 (Argentina) en Sudamérica. En cuanto a la altitud, algunas variedades prefieren de 800 metros en adelante, mientras que otras (*C. sinensis* var. *assamica*), se adapta mejor a menores alturas (Morlachetti, 2014; Varnam, 1996).

1.7.1 El ciclo vital de la planta de té

La planta de té tiene un promedio de vida de alrededor de 25 a 30 años y debe pasar de 3 a 5 años previos en su hábitat natural, para que pueda alcanzar su madurez productiva. Una vez pasado ese tiempo, las plantas son reemplazadas por otras jóvenes, para reiniciar el ciclo de producción. En muchos casos, y debido a que el té es un monocultivo, se suelen intercalar entre una generación y la siguiente, otras plantas, para recuperar la tierra. Si la planta de té se dejara crecer de manera silvestre, se convertiría en un árbol, que, dependiendo de su genética, podría llegar a tener cerca de 25 metros de altura, ello haría muy engorroso el cultivo, sobre todo, la recolección de las hojas. Se ha adoptado para casi la totalidad de los campos de té, un formato ampliamente aceptado: el *plucking table*, o mesa de recolección. En función de determinados parámetros operativos y culturales de cada país, las plantas mientras van creciendo en sus primeros años, reciben podas periódicas de forma tal de que su altura máxima esté entre 40-50 y 90 cm. A su vez, la copa de los árboles (devenidos en arbustos por conveniencia), son acomodadas de manera plana. Al apreciar un campo de té,

observamos en sus plantas, una superficie plana, que permite el trabajo. Los senderos que se aprecian entre cada línea de arbusto se llaman “entrelíneos”, y están especialmente acondicionados, para que los trabajadores y las máquinas puedan ingresar o movilizarse dentro del campo. Con podas periódicas, se busca mantener la altura del *plucking table* (Morlachetti, 2014).

1.7.2 El ciclo anual de la planta

La labor se va a llevar a cabo en los meses de primavera, verano y en ocasiones, otoño. En la gran mayoría de los campos del mundo, durante el invierno, la planta no brota, ésta sería su temporada de descanso. En la estación propicia del año, de los extremos superiores de las plantas comienzan a brotar yemas vigorosas, que irán madurando para devenirse en futuras hojas. Toda esta labor, puede ejecutarse con máquinas, llamadas “recolectoras” o bien, con cosechadoras de té. Lo que se utiliza como materia prima para la producción es una porción muy pequeña de todo el arbusto que puede llegar a medir casi un metro: tan solo el primer brote y la o las primeras hojas que le siguen de cada rama superior (Morlachetti, 2014).

1.8 Compuestos Fenólicos

Los alimentos vegetales son fuentes ricas en fenoles, que son moléculas que pueden actuar como antioxidantes para prevenir enfermedades cardíacas (Vinson *et al.*, 2001; Jin *et al.*, 2010; Wijngaard, 2009; Hoye *et al.*, 2008), reducir la inflamación (Mohanlal *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2011; Jin *et al.*, 2006), disminuir la incidencia de cáncer (Sawadogo *et al.*, 2012; Pieme *et al.*, 2010; Ramos, 2008; Slivova *et al.*, 2005) y diabetes (Kusirisin *et al.*, 2009; Scalbert *et al.*, 2005), así como reducir las tasas de mutagénesis en células humanas (Pedreschi *et al.*, 2006; Gómez *et al.*, 2001). La protección que brinda el consumo de productos vegetales como frutas, verduras y legumbres se asocia principalmente a la presencia de compuestos fenólicos.

Los compuestos fenólicos se sintetizan en las plantas como respuesta a presiones ecológicas como el ataque de patógenos e insectos, la radiación ultravioleta y las heridas (Naczki, 2004;

Diaz *et al.*, 2010; Kennedy, 2011; Crozier *et al.*, 2011; Chung *et al.*, 2003). La característica estructural básica de los compuestos fenólicos es un anillo aromático que lleva uno o más grupos hidroxilo (Figura 4) (Chirinos *et al.*, 2009). Los compuestos fenólicos vegetales se clasifican como fenoles simples o polifenoles según el número de unidades de fenol en la molécula. Así, los fenoles vegetales comprenden fenoles simples, cumarinas, ligninas, lignanos, taninos condensados e hidrolizables, ácidos fenólicos y flavonoides (Soto *et al.*, 2012).

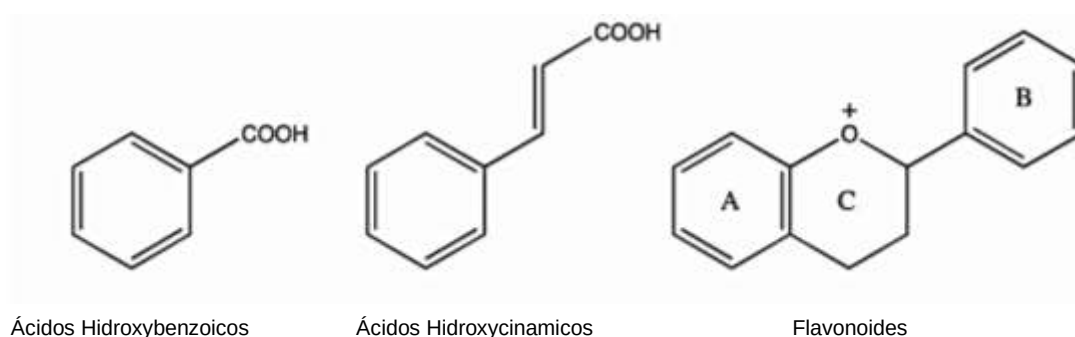


Figura 4. Estructuras básicas de ácidos fenólicos y flavonoides

1.8.1 Flavonoides

Los flavonoides son algunos de los compuestos fenólicos más comunes, ampliamente distribuidos en los tejidos vegetales y, a menudo, son responsables junto con los carotenoides de sus colores: azul, morado, amarillo, naranja y rojo.

La familia de los flavonoides incluye flavonas, flavonoles, iso-flavonoles, antocianinas, antocianidinas, proantocianidinas y catequinas (Rong, 2010, Ferreira, 2012).

Todos los flavonoides derivan de los aminoácidos aromáticos fenilalanina y tirosina, y tienen estructuras de tres anillos (Routray, 2012). La variación en la estructura de los flavonoides surge de la escala y el patrón de reacciones de hidroxilación, prenilación, alcalinización y glicosilación que alteran la molécula básica (Stalikas, 2007).

Los ácidos fenólicos son otras clases fenólicas principales dentro del Reino Vegetal y se encuentran en forma de ésteres, glucósidos o amidas, pero rara vez en forma libre. La variación en los ácidos fenólicos está en el número y la ubicación de los grupos hidroxilo en el anillo aromático (Pereira, 2009). Los ácidos fenólicos tienen dos estructuras parentales: ácido hidroxicinámico y ácido hidroxibenzoico. Los derivados del ácido hidroxicinámico incluyen ácido ferúlico, cafeico, ácidos cumárico y sinápico, mientras que los derivados del ácido hidroxibenzoico consisten en ácidos gálico, vainílico, siríngico y protocatéquico. Los dos grupos principales de compuestos fenólicos de la pared celular son las ligninas y los ácidos hidroxicinámicos (Vanholme *et al.*, 2010; Baucher, 1998).

Los taninos se pueden dividir en dos grupos, taninos hidrolizables y taninos condensados, y tienen un gran potencial para formar enlaces oxidativos con otras moléculas vegetales. El comportamiento antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionado con su capacidad para quelar metales, ya sea manteniendo o incrementando su actividad catalítica o reduciéndolos (Decker, 1997).

1.9 COMPOSICION QUÍMICA DE LA HOJA DE TÉ

La variación en los sabores de té depende de las variedades botánicas *sinensis*, *assamica* o sus híbridos, formas de cultivo, época, y tipo de cosecha y su manufactura.

Es importante conocer la composición química del brote y de las hojas de té, por las reacciones que estos compuestos sufren durante sus diferentes procesos de manufactura, así como la importante contribución de estos a las características de astringencia, color, brillo, pungencia, sabor y propiedades estimulantes propias del producto (León, 1987).

La composición química de las hojas de té es compleja: contiene aminoácidos, carbohidratos, proteínas, clorofila, compuestos volátiles, fluoruro, minerales y oligoelementos, y otros compuestos indefinidos. Entre estos, los polifenoles constituyen el más interesante grupo de componentes de la hoja de té y exhiben potentes actividades antioxidantes *in vitro* e *in vivo*, también contiene alcaloides como la cafeína, teofilina y teobromina (Wu *et al.*, 2002).

Las hojas de té frescas contienen una alta cantidad de flavanoles (derivados de los flavonoides) de estructura monomérica, conocidos como catequinas, y también formas polimerizadas de las catequinas. Las principales catequinas presentes en el té son la epicatequina (EC), la epigallocatequina (EGC), la epicatequina galato (ECG), y la epigallocatequina galato (EGCG), siendo esta última la catequina más abundante en el té, que representa el 50-80% del contenido total de catequinas y la que concita mayor interés e investigación (Khokhar y Magnusdottir, 2002; Zaveri, 2006; Farhoosh *et al.*, 2007; Ho *et al.*, 1992; Eungwanichayapant y Popluechai, 2009; Wei *et al.*, 2011).

Un cierto grado de fermentación y calentamiento de las hojas de té durante el proceso de manufactura puede resultar en la polimerización de compuestos monopolifenólicos tales como las catequinas, llevando a cambios conformacionales y modificación de sus propiedades. (Costa *et al.*, 2002).

Durante la fermentación, estos compuestos se oxidan o condensan en otras grandes moléculas polifenólicas tales como teaflavinas y tearrubiginas que le aportan el color y sabor característico al té negro. El efecto sobre la salud de estos productos oxidados aún no se comprende bien (Zuo *et al.*, 2002; Wu *et al.*, 2002).

De esta forma, el té verde contiene una alta concentración de catequinas y baja cantidad de teaflavinas y tearrubiginas, el té Oolong contiene cantidades intermedias de estos productos, y el té negro contiene bajas cantidades de catequinas y alto contenido de los dímeros y polímeros. Esta diferente composición es responsable, principalmente, de los diferentes efectos fisiológicos atribuidos a los tres tipos de té de mayor consumo, ya que también existen otras formas de té (blanco, aromático, entre otras) de menor consumo (Wang *et al.*, 2001).

Las cantidades de catequinas son siempre más altas para los tés no fermentados: EGCG y EGC son las principales catequinas presentes (Fernandez *et al.*, 2002).

Los tés verdes contienen niveles más altos de catequinas que los tés Oolong, el contenido de catequinas de té pu-erh y los tés negros son muy bajos, lo cual está de acuerdo con el grado

de fermentación durante el proceso de fabricación (McKay *et al.*, 2002; Zuo *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2016; Wei *et al.*, 2011).

Dentro de los flavonoides, la bibliografía menciona, para el té verde y negro la presencia de glucósidos de kaempferol, quercetina y miricetina (mono-, di-, tri- y tetraglucósidos) y ésteres de ácido gálico de glucósidos de miricetina, quercetina y kaempferol.

En lo que respecta a los ácidos hidroxicinámicos, se describe la presencia de ácido clorogénico (3-O-cafeoilquínico), como así también 4-O-cafeoilquínico y 5-O-cafeoilquínico, entre otros compuestos.

A continuación, se detallan los compuestos presentes en el té verde y té negro mediante el empleo de UPLC–MS de una sola dimensión (Tabla 2) (Scoparo, *et al.*, 2011).

Identification of the compounds from green and black teas on single-dimension UPLC-MS.

Peak	R _t	[M-H] ⁻ (m/z)	Structure	Reference	Peak	R _t	[M-H] ⁻ (m/z)	Structure	Reference
1	0.46	191	Quinic acid	[19]	32	3.87	787	Myr-3-O-Hex-Rut	[19]
2	0.82	343	3-Galloylquinic acid	[19]	33	3.90	479	Myr-3-O-Gal	[19]
3	0.82	331	Galloyl-Glc	[21]	34	4.02	479	Myr-3-O-Glc	[19]
4	1.09	343	5-Galloylquinic acid	[19]	35	4.03	431	Api-C-Glc	[20]
5	1.39	305	(-)-Gallic acid	[21]	36	4.06	625	Myr-3-O-Rut	[19]
6 ^a	1.78	181	Theobromine	[19]	37	4.24	563	Api-6-C-Ara-8-C-Glc	[20]
7	1.82	353	3-Caffeoylquinic acid	[19,24]	38	4.25	615	Querc-Galloyl-Hex	-
8	1.91	353	5-Caffeoylquinic acid	[19,24]	39	4.41	771	Querc-3-O-Gal-Rut	[19]
9	1.97	761	Gallic acid-(4-8)epigallocatechin-3-O-gallate	[22]	40	4.58	431	Kaemp-Rha	[19]
10	2.16	305	(-)-Gallic acid	[19]	41	4.6	771	Querc-3-O-Glc-Rut	[19]
10A	2.31	913	Theaflavin A	[22]	42	4.62	463	Querc-3-O-Gal	[19]
11	2.33	633	Strictinin	[21]	43	4.72	599	Kaemp-Galloyl-Hex	-
12	2.34	577	Procyanidin dimer	[21]	44	4.74	609	Querc-3-O-Rha-Gal	[19]
13	2.45	337	3-p-Coumaroylquinic acid	[19,24]	45	4.88	755	Kaemp-3-O-Gal-Rut	[19]
14	2.52	483	Digalloyl-Glc	[19]	46	4.96	599	Kaemp-Galloyl-Hex	-
15	2.62	745	Gallic acid-(4-8)epigallocatechin-3-O-gallate	[19]	47	5.18	755	Kaemp-3-O-Glc-Rut	[19]
16	2.63	290	(+)-Catechin	[19]	48	5.40	433	Querc-pentose	[19]
17	2.64	577	Procyanidin dimer	[21]	49	5.42	593	Kaemp-3-O-pCA-Glc	[19]
18	2.80	457	(-)-Gallic acid-(4-8)epigallocatechin-3-O-gallate	[19]	49A	5.72	551	Epigallocatechin-3-gallate	[20]
19	2.82	353	4-Caffeoylquinic acid	[19,24]	50	5.84	417	Kaemp-Pent	[19]
20 ^a	2.95	195	Caffeine	[19]	51	6.26	463	Querc-3-O-Glc	[19]
21	3.05	289	(-)-Catechin	[19]	51A	6.36	563	Theflavin	[19]
22	3.22	457	(+)-Gallic acid-(4-8)epigallocatechin-3-O-gallate	[19]	51B	6.46	715	Theflavin-3-gallate	[19]
23	3.34	337	5-p-coumaroylquinic acid	[19,24]	51C	6.49	715	Theflavin-3-gallate	[19]
24	3.37	609	Gallic acid-(4-8)epigallocatechin-3-O-gallate	[21]	51D	6.61	867	Theflavin-3-3'-digallate	[19]
25	3.56	631	Myr-Galloyl-Hex	-	52	6.62	593	Kaemp-3-O-6'-pCA-Glc	[19]
26	3.58	635	Trigalloyl-Glc	[19]	53	6.72	1049	Querc-3-O-Glc-Rha-(pCA-Ara)-Hex	[19]
27	3.75	441	(-)-Catechin	[19]	54	6.83	901	Querc-3-O-pCA-di-Rha-Hex	[19]
28	3.76	447	Kaemp-3-O-Gal	[19]	55	7.05	1049	Querc-3-O-Glc-Rha-(pCA-Ara)-Hex	[19]
29	3.78	787	Myr-3-O-Hex-Rut	[19]	56	7.10	1033	Kaemp-3-O-pCA-Ara-Glc-Rha-Gal	[19]
30	3.80	447	Kaemp-3-O-Glc	[19]	57	7.18	885	Kaemp-3-O-pCA-di-Rha-Hex	[19]
31	3.86	609	(-)-Gallic acid-(4-8)epigallocatechin-3-O-gallate	[20]	58	7.33	1175	Unknown	-
59	7.33	901	Querc-3-O-pCA-di-Rha-Hex	[19]	86	13.69	555	SQMG (C16)	[35]
60	7.36	1033	Kaemp-3-O-pCA-Ara-Glc-Rha-Gal	[19]	87 ^a	13.93	813	MGDG (C20:2/C18:2)	-
61	7.68	885	Kaemp-3-O-pCA-di-Rha-Hex	[19]	88 ^a	14.06	797	PC (C18:1/C19)	-
62	8.15	739	Kaemp-3-O-pCA-Glc-Rha	[19]	89 ^a	14.06	813	MGDG (C20:1/C18:3)	-
63	9.12	781	Kaemp-3-O-acetyl-di-Rha-Hex	[19]	90	14.08	865	Unknown lipid	-
64	9.71	1170	Unknown	-	91	14.09	825	Unknown lipid	-
65	9.85	1060	Unknown	-	92	14.26	831	PI (C18:3/C16)	-
66	10.34	1215	Foliartheasaponin A isomer	[23]	93 ^a	14.32	944	DGDG (C18:3/C18:3)	-
67	10.36	1257	Foliartheasaponin I isomer	[23]	94	14.39	809	PI (C16/C16)	-
68	10.50	1215	Foliartheasaponin A isomer	[23]	95	14.45	749	PG (C18/C16)	-
69	10.57	1257	Foliartheasaponin I isomer	[23]	96	14.46	837	SQDG (C18:3/C18:3)	[35]
70	10.61	1263	Isotheasaponin B1/B2 isomer	[23]	97 ^a	14.48	782	PC (C18:2/C18:2)	-
71	10.75	1257	Foliartheasaponin I isomer	[23]	98 ^a	14.48	783	MGDG (C18:3/C18:3)	-
72	10.80	1263	Isotheasaponin B1/B2 isomer	[23]	99 ^a	14.50	781	MGDG (C18:3/C18:3)	-
73	10.90	1215	Foliartheasaponin A isomer	[23]	100 ^a	14.56	922	DGDG (C18:3/C16)	-
74	10.91	1263	Isotheasaponin B1/B2 isomer	[23]	101 ^a	14.57	787	PC (C18:2/C18)	-
75	10.95	1319	Assamiasaponin J isomer	[23]	102 ^a	14.57	789	PC (C18:1/C18)	-
76	10.98	1305	Foliartheasaponin IV isomer	[23]	103	14.56	815	SQDG (C18:3/C16)	[35]
77	11.10	1319	Assamiasaponin J isomer	[23]	104	14.56	817	SQDG (C18:2/C16)	[35]
78	11.10	1263	Isotheasaponin B1/B2 isomer	[23]	105	14.66	819	SQDG (C18:1/C16)	[35]
79	11.14	1305	Foliartheasaponin IV isomer	[23]	106	14.66	793	SQDG (C16/C16)	[35]
80	11.24	1305	Foliartheasaponin IV isomer	[23]	107	14.77	793	SQDG (C14/C18)	[35]
81	11.26	1263	Isotheasaponin B1/B2 isomer	[23]	108	14.81	820	Unknown lipid	-
82	11.37	1319	Assamiasaponin J isomer	[23]	109 ^a	14.83	767	Unknown lipid	-
83	11.58	1303	Isotheasaponin B3 isomer	[23]	110	15.10	627	Unknown lipid	-
84	11.71	1303	Isotheasaponin B3 isomer	[23]	111	15.30	528	Unknown lipid	-
85	11.86	1303	Isotheasaponin B3 isomer	[23]	112 ^a	15.33	891	Unknown lipid	-

Kaemp: kaempferol; Myr: myricetin; Querc: quercetin; pCA: p-coumaroyl; Ara: arabinose; Gal: galactose; Glc: glucose; Hex: hexose; Pent: pentose; Rha: rhamnose; Rut: rutinose; DGDG: digalactosylglycerol; MGDG: monogalactosylglycerol; PC: phosphatidylcholine; PG: phosphatidylglycerol; PI: phosphatidylinositol; SQDG: sulfoquinovosylglycerol; SQMG: sulfoquinovosylmonogalactosylglycerol.
^a Identified in positive ESI-MS.

Tabla 2: Identificación de componentes de tes verde y negro.

*Tomado de Scoparo, C., Souza, L., Dartora, N., Sassaki, G., Gorin, P y Lacomini, M. (2011). Analysis of Camellia sinensis green and black teas via ultrahigh performance liquid chromatography assisted by liquid-liquid partition and two-dimensional liquid chromatography (size exclusion × reversed phase) Journal of Chromatography A, 1222: 29-37.

Fernandez *et al.*, (2002), analizaron el contenido de ácido gálico en 45 muestras de té, incluidos té fermentados y no fermentados de diferentes áreas geográficas, donde el ácido gálico representó los porcentajes más bajos para los té no fermentados. Zuo *et al.* (2002), informaron que el proceso de fermentación también aumenta la liberación de ácidos gálicos provenientes de catequin-galatos, como lo indican los niveles notablemente altos de este ácido tanto en el té negro como en el pu-erh.

Muchos factores como la variedad, las condiciones de suelo y climáticas, el período de brote, la edad de la planta y los procesos aplicados durante la producción, pueden constituir influencias importantes en la composición química del té (Eungwanichayapant y Popluechai, 2009; Wei *et al.*, 2011).

McKay y Blumberg, (2002), informaron que la concentración de catequina de cualquier bebida de té en particular depende del tipo de té (p. ej., mezclado, descafeinado, instantáneo) y preparación (por ejemplo, cantidad usada, tiempo de preparación, temperatura); la mayor concentración de catequinas se encuentra en la elaboración de cerveza de té, menos en preparaciones instantáneas, y menores cantidades en helado y té listo para beber. El descafeinado reduce ligeramente el contenido de catequina de los té negros (Cabrera *et al.*, 2003).

Muchos estudios han demostrado que la expresión génica y la concentración del producto está asociada con cambios fenotípicos. Las catequinas del té se consideran sintetizadas a través de la vía de los flavonoides y se almacenan en la vacuola (Suzuki *et al.*, 2003; Rani *et al.*, 2009). Las principales enzimas involucradas en la oxidación de catequinas como polifenol oxidasa (PPO) y peroxidasa (POD), están presentes en formas latentes que requieren activación o en diferentes compartimentos subcelulares; las degradaciones de las catequinas sólo ocurren después de senescencia o tensiones que desorganizan la célula y por descompartimentalización (Pourcel *et al.*, 2007).

Si bien el rol de los polifenoles en general, y las catequinas en particular, está asociado a la resistencia a plagas y enfermedades, su función en el té es estudiada con detenimiento en función a las tolerancias y resistencias en nuevos cultivares (Prat, 2011a).

1.9.1 Actividad antioxidante

Los componentes antioxidantes disminuyen con el incremento de la etapa de madurez de las hojas de té. Esta tendencia podría ser contribuida por los cambios morfológicos de la hoja con la edad y el transporte único de compuestos químicos dentro de la planta (Farhoosh *et al.*, 2007). Las hojas jóvenes tienen una mayor actividad antioxidante que las hojas maduras, al mismo tiempo el té verde contiene una mayor actividad antioxidante que el té negro (Gadow, 1997; Chan, 2007; Almajano *et al.*, 2008).

Wang *et al.* (2020), informaron que los flavonoides eran responsables de la actividad antioxidante, anticancerígena y antiarteriosclerosis. Los flavonoides en el té incluyen catequinas, quercetina, kaempferol y miricetina.

Lee *et al.* (2002) y Kim *et al.* (2011), afirman que la capacidad antioxidante reducida de los téis completa y parcialmente fermentados, es debida a la disminución en la concentración de otros compuestos antioxidantes presentes en las hojas frescas de té como los glicósidos flavonoides, saponinas, ácido ascórbico y cafeína, por mecanismos de oxidación o exposición al calor durante el proceso fermentativo.

Chen *et al.* (2003), descubrieron que las hojas de té jóvenes eran más ricas en EGCG y ECG que las hojas maduras, mientras que Lin *et al.* (2003) afirmaron que las hojas viejas contenían más EGCG, EGC, y CE que las hojas jóvenes.

Se observaron altas correlaciones en las capacidades antioxidantes, así como en el contenido fenólico y flavonoide total de *C. sinensis*. Este hallazgo estuvo de acuerdo con varios autores (Bakar *et al.*, 2009; Ling *et al.*, 2010; Samaniego *et al.*, 2011).

1.9.2 Metilxantinas

Están compuestas básicamente por cafeína y pequeñas cantidades de teobromina y teofilina. Las metilxantinas están parcialmente unidas a los taninos (Alonso, 2004; Zuo *et al.*, 2002).

El contenido de cafeína es considerado un importante parámetro en la evaluación de la calidad de un té. En general, altos niveles de cafeína indican un buen estándar de hoja ya que su concentración disminuye con la madurez de los brotes. Lin *et al* (2003) y Owuor y Obanda, (1998), han demostrado que los niveles de cafeína en las hojas maduras de té (quinta-sexta hoja) son mucho menores que en las hojas jóvenes (yemas y primera y segunda hoja del brote).

Se destaca, además, que el contenido de cafeína varía ampliamente según la variedad botánica de té plantado, cultivar comercial, la ubicación geográfica del cultivo, el período de cosecha y las condiciones de esta (Yao *et al.*, 2006; Lin *et al.*, 2003). Ha sido demostrado que las hojas frescas de *C. sinensis* var. *assamica* poseen mayores niveles de cafeína (4,09 %) que las hojas de *C. sinensis* var. *sinensis* (3,11%). Takeda (1994) y Ravichandran y Parthiban (1998), demostraron que el contenido de cafeína es ligeramente mayor en té cosechados manualmente respecto de aquellos provenientes de cosechas mecanizadas.

Fernandez *et al.* (2002) y Zuo *et al.* (2002), analizaron el contenido de cafeína en té verde, Oolong, negro y pu-erh, La presencia de cafeína es mayor en el caso de té fermentados como los té negros, mientras que los té verde y Oolong muestran menores valores de este componente e indicaron que las causas de esta reducción por mecanismo bioquímico u otros factores son interesantes y que se necesitan más estudios sobre este tema. Estas diferencias pueden explicarse por variaciones genéticas o diferencias en los métodos de cultivo, tratamiento postcosecha, medioambiental o prácticas agrícolas.

1.10 Beneficios generales del consumo de té

El té contiene oligoelementos que son esenciales para salud humana: cromo, manganeso, selenio y zinc juegan un papel importante en el metabolismo humano, y el interés en estos elementos está aumentando junto con informes que relacionan el seguimiento de trazas de estos elementos y el estado en enfermedades oxidativas (Pelus *et al.*, 1994; Fennema, 2000).

Una gran cantidad de evidencia científica indica los beneficios de beber té, por su amplia gama de propiedades medicinales. Los estudios han revelado que compuestos bioactivos del té podrían atenuar el estrés oxidativo, aliviar la inflamación, mejorar la función endotelial y de cardiomiocitos (Peluso *et al.*, 2017; Cao *et al.*, 2019).

Los flavonoides del té previenen la oxidación del colesterol LDL y la determinación del contenido de antioxidantes en té, constituyen parámetros con efectos importantes sobre la salud de los consumidores (Cheng, 1999), lo cual permite a nivel comercial obtener un producto con mejores cualidades.

1.11 TIPOS DE TÉ

Las cinco formas principales de té y todas las variedades son resultados de los tipos de cosecha y los diversos procesos a los que son expuestas las hebras verdes, difiriendo como resultado de esto su composición química (Sharangi, 2009; Berton, 2008; Prat, 2011b).

1.11.1 Té blanco

El té blanco se prepara solamente con las hojas seleccionadas más tiernas del brote de té, llamadas yemas o *Golden- tips*. Para fabricar este té se utilizan los capullos más pequeños y jóvenes de cada planta, que además no estuvieron expuestos al sol, por lo que no poseen clorofila. Estos son recogidos cuando aún el brote no se ha abierto y se dejan marchitar levemente y de forma natural. Tras este proceso, son secados en calor para extraer el resto de humedad. Las hebras, finalmente, serán de una tonalidad blanca con dejos de verde y

plateado, el extracto será de un color amarillo pálido y el sabor, muy sutil (Rusak, 2008; Berton, 2008).

El té blanco se produce principalmente en la provincia de Fujian, China (90% del té blanco a nivel mundial). Se produce de manera artesanal, con lo cual, el precio de venta en el mercado asciende considerablemente, siendo uno de los tipos de té más caros. Una de las clases de té blanco más conocidas es el *Pai-Mu-Tan* (White Peony en inglés) (Martínez, 2021). Hoy se produce también en Japón y en Sri Lanka con muy buenos resultados.

1.11.1.1 Propiedades del té blanco

El té blanco es una bebida consumida cada vez más común debido a que tiene un sabor característico y una amplia gama de beneficios para la salud, como efectos antioxidantes, antimicrobianos y anticancerígenos. Su actividad lipolítica y su capacidad para inhibir la adipogénesis han recibido especial atención, especialmente en pacientes con obesidad (Pastore, 2005; Unachukwu *et al.*, 2010; Días *et al.*, 2013; Damiani *et al.*, 2014; Schmidt *et al.*, 2017).

1.11.2 Té verde

En la elaboración de té verde se produce, inmediatamente luego de la recolección, el escaldado con vapor o aire caliente, que inhibe la acción enzimática; los componentes propios del brote son retenidos y el producto no sufre grandes cambios. Las hojas de este té han tenido hasta un máximo de 20% de fermentación y una vez cosechadas, pasan por un proceso de torrefacción (tostado) breve, luego son prensadas, enrolladas (rasgado, cortado, aplastado, y torsión de las hebras) y secadas. Soportan el secado al sol hasta unas dos horas y algunos té de mayor calidad son secados a la sombra por periodos más largos (Berton, 2008).

Los té verdes más refinados del mundo provienen de China. De allí son el famoso *Lun Ching* (Dragonwell), y el perfumado e intenso *Yunnan*. Japón es otro gran productor de extraordinarios té verdes, cuyas hojas son apenas enrolladas para mantener el color, el perfume y el sabor intenso y fresco. Se produce una gran variedad allí, pero los mejores son

originarios de Kyoto. El Matcha es té verde molido de alta calidad que es usado en la tradicional ceremonia del té. También se fabrican tés verdes en Sri Lanka, en Darjeeling, en Assam (India) y en Vietnam (Berton, 2008).

El té verde contiene componentes polifenólicos que incluyen flavonoides, flavanodiolos, y ácidos fenólicos, que suman aproximadamente el 30% del peso seco de las hojas. Los principales flavonoides son las catequinas (Figura 5) (Shahidi, 2006; Cabrera *et al.*, 2006). Las catequinas del té constituyen alrededor del 80-90% del total de flavonoides, mientras que el contenido de flavonoles es inferior al 10% (Reto *et al.*, 2007).

La epigallocatequina-3-galato (EGCG) es la catequina más abundante del té verde y representa del 50 al 80% del contenido total de catequinas. También se considera el componente más bioactivo del té verde. Otras catequinas menores incluyen epicatequina-3-galato (ECG), epigallocatequina (EGC) y epicatequina, los sólidos restantes del té verde incluyen cafeína, teanina, teaflavinas, teorubiginas, quercetina y otros compuestos fenólicos como el ácido gálico y el ácido clorogénico (Rains *et al.*, 2011; Mamati *et al.*, 2006; Farhoosh *et al.*, 2007).

La pungencia y astringencia del extracto de té verde es, en un 75%, el resultado del contenido en catequinas que depende de la variedad, momento de recolección, maduración del brote y método de cultivo (Wang, 2001).

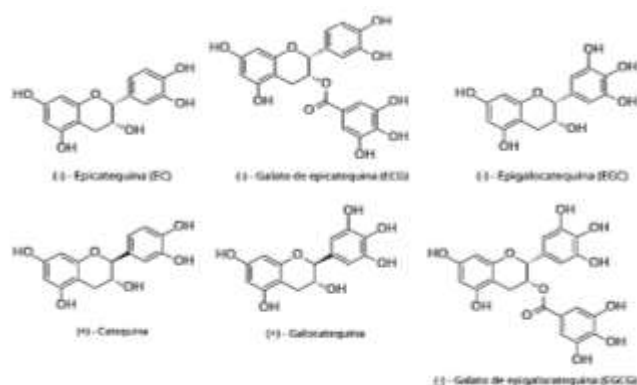


Figura 5. Principales catequinas polifenólicas presentes en el té verde.

1.11.2.1 Propiedades del té verde

Las catequinas y los flavonoles eliminan las especies reactivas de oxígeno (Yang *et al*, 2002) y los iones metálicos (Graham, 1992; Steele *et al.*, 1999). Los flavonoides del té eliminan óxido nitroso y peroxinitrito producido a partir de radicales superóxidos y NO (Yang, 2002; Chow *et al.*, 2001; Chow *et al.*, 2003; Chen *et al.*, 2002; Desmarchelier y Ciccía, 1998; Vinson, 2000). Los polifenoles del té mejoran la actividad de las enzimas antioxidantes y, por lo tanto, la defensa antioxidante (Zaveri, 2006; Halliwell, 1999; Morais, 2009) y el efecto neuroprotector (Schmidt *et al*, 2017; Sosa *et al.*, 2018). Así mismo se han descrito efectos beneficiosos en enfermedades orales que incluyen caries dental y enfermedad periodontal (Wu, 2002).

Además, los componentes polifenólicos del té verde reducen la peroxidación de las grasas LDL de las células endoteliales y, por lo tanto, inhiben la expresión del gen hemo oxigenasa (Pisters *et al.*, 2001; Tokunaga *et al.*, 2002). Estas observaciones pueden ser importantes, porque la hemo-oxigenasa está relacionada con la transformación de monocitos macrófagos (Laurie *et al.*, 2005).

Los estudios en modelos de ratas mostraron que los extractos de té podrían reducir toda esta actividad metabólica, que influye en la disminución de la formación de especies vasculares reactivas de oxígeno mejorando así la relajación del endotelio en la aorta que por lo tanto reduce la solubilidad del colesterol e inhibe la absorción del colesterol a nivel intestinal (Ihm *et al.*, 2012; Vinson, 1998).

Además, algunos datos epidemiológicos han asociado el consumo de té con un menor riesgo de varios tipos de cánceres, incluidos de estómago, cavidad oral, de esófago y de pulmón (Xie *et al.*, 1998; Kondo *et al.*, 2002; Feng, 2001; Embola *et al.*, 2002). Por lo tanto, es un agente quimiopreventivo eficaz para sustancias químicas tóxicas y carcinógenas (Sing *et al.*, 2002). También han demostrado que el extracto acuoso de los principales polifenoles del té posee efecto antimutagénico, antidiabético, antibacteriano, antiinflamatorio y cualidades hipocolesterolémicas (Feng *et al.*, 2001; Xie *et al.*, 1998; Kondo *et al.*, 2002).

En varios estudios se ha demostrado que EGCG del té verde disminuye el crecimiento de células de cáncer de mama en ratones al suprimir el metabolismo de la glucosa e inhibiendo las enzimas glucolíticas (Wei *et al.*, 2018; Ogunleye *et al.*, 2009; Fujiki *et al.*, 2018; Pan *et al.*, 2016; Gianfredi *et al.*, 2017, 2018). La eficacia, selectividad y falta de toxicidad de EGCG hacia las células tumorales lo hacen prometedor candidato adyuvante para el tratamiento de cáncer de mama.

Así mismo, utilizando células de cáncer de próstata in vitro, se trataron con polifenoles del té verde demostrando que estos tienen un doble potencial para alterar la metilación del ADN y el modelado de la cromatina, los dos mecanismos epigenéticos globales de regulación génica, y su falta de toxicidad los convierte en excelentes candidatos para la quimioprevención del cáncer de próstata (Pandey *et al.*, 2010; Shankar *et al.*, 2016). Además, en el trabajo de Thakur *et al.* (2012), el tratamiento con estos polifenoles también fue capaz de inducir la detención del ciclo celular y la apoptosis, demostrando el potencial anticancerígeno del verde té.

Consistentemente, se ha informado que el consumo de té verde mostró menor riesgo de mortalidad por accidente cerebrovascular de causa no aterosclerótica entre la población japonesa especialmente para hombres (Kuriyama *et al.*, 2006; Rahman *et al.*, 2005; Hong *et al.*, 2000; Suzuki *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2020). Así mismo, se vio que, en los casos de isquemia cerebral, en las personas con alto consumo de catequinas del té verde, se protegen tanto de los daños irreversibles como del déficit neurológico generados por infarto cerebral (Lee, 2004; Hong *et al.*, 2000).

En varios estudios se ha demostrado el efecto protector de *C. sinensis* en cuanto a la disminución del daño renal inducido por causa medicamentosa como la gentamicina y sustancias químicas como el hexaclorociclohexano (Abdel-Raheem *et al.*, 2010; Heikel *et al.*, 2012; Sahoo *et al.*, 1998; Nasri, 2013). Este mismo beneficio se vio reflejado en un estudio de Prasad *et al.* (2016), donde se asoció la mejora del estado antioxidante con la disminución de la concentración de γ -HCH en los riñones, notando la reducción de la toxicidad de γ -HCH al igual que la disminución de las lesiones en tejidos hepáticos en ratas.

Los polifenoles evitan que el metal catalice la formación de especies radicales, antioxidantes moduladores enzimáticos, previniendo el daño oxidativo, evitando el aumento de niveles de creatinina sérica (Padma *et al.*, 2012).

1.11.3 Té Oolong

Entre los té verdes, fermentados hasta un 20% y los té negros fermentados entre un 80 y 100%, está la variedad Oolong.

Marchitado a pleno sol: exposición al sol de una manera suave y moderada, con una remoción cada 10 minutos del material, a fin de evitar su excesivo calentamiento. Duración 30 a 60 minutos.

Objetivo: deshidratación y ablandamiento parcial de hojas y brotes. Facilitar el pardeamiento enzimático (fermentación), conservar la fragancia y eliminar olores extraños.

Cambios provocados: reducción de la humedad. Aumento en la cafeína, azúcares solubles y aminoácidos; cambios en la proporción de ácidos orgánicos. La actividad enzimática produce cambios en el color, que pasa al verde oscuro con pérdida de brillo.

Marchitado a la sombra y fermentación: exposición al aire en condiciones naturales, en capas de 7 a 10 cm con remociones cada 15 a 20 minutos. Duración de 5 a 8 horas, temperatura óptima entre 27 a 30°.

Objetivos: deshidratación y pardeamiento enzimático (fermentación) del material.

Cambios provocados: se reduce la humedad hasta un 20%. Continúa la actividad enzimática (fermentado), con cambios en la fragancia y textura. Los bordes de las hojas adquieren un tinte castaño rojizo, mientras los centros de las hojas permanecen verdes.

Tratamiento térmico (*Panning* o *pan-firing*): secado con aire caliente, durante 5 a 15 minutos, con agitación del producto 4 a 5 veces por minuto, con temperaturas promedio de 160 a 180° C.

Objetivos: deshidratación e inactivación de las enzimas contenidas en brotes y hojas, responsables del pardeamiento (fermentado).

Cambios provocados: se reduce la humedad en porcentajes variables. Se detiene el proceso enzimático a un nivel del 50 a 60%.

Enrulado: proceso mecánico de rasgado, cortado, aplastado, ruptura y torsión con gran presión, por un tiempo de 8 a 10 minutos.

Objetivos: ruptura de células, liberación de sus jugos y torsión sobre todo el material.

Cambios provocados: se reduce la humedad, homogeniza y enfría el material. Adquiere las formas propias del producto final.

Secado final: con aire caliente y agitación del producto, con temperaturas promedio de 100 a 150° C.

Objetivos: reducir en forma uniforme y paulatina el contenido de humedad.

Cambios provocados: la humedad se reduce aproximadamente al 4-5%. El producto adquiere su apariencia y color característicos.

Limpieza y clasificación: el “té crudo” es resecado (82 a 93°C), desfibrado, quebrado, clasificado, mezclado y envasado.

Objetivos: resecar, limpiar y clasificar por grados o tipos, mezclar y envasar.

Cambios provocados: clasificación del lote según tamaño en diferentes grados o tipos (Prat, 2011a).

1.11.3.1 Propiedades del té Oolong

Algunos estudios han señalado al té Oolong como un agente capaz de ayudar al control de la glucemia, de disminuir el riesgo de ictus isquémico y de incrementar el consumo energético basal, pero la trascendencia clínica de estos hallazgos está pendiente de determinarse (McKay *et al.*, 2002).

El contenido de flavonoides es evidentemente intermedio a lo reportado en el té blanco y verde (Gadow *et al.*, 1997).

1.11.4 Té rojo

También llamado Pu-erh, té rojo chino, té “devoragrasas” y té kunming, entre otros, el té pu-erh lleva el nombre de la localidad que lo vio nacer (la “región de la eterna primavera”), en Yunnan, China. Nació allí, creció y se hizo famoso como té medicinal (a tal punto que se le considera la penicilina China), para luego extenderse su consumo como infusión placentera y refrescante.

Es de una tonalidad rojiza y a diferencia del resto de los té, que cuanto más frescos son mejores, el Pu-erh tiene la característica de estar añejado o estacionado. Puede ser fermentado naturalmente durante muchísimos años o artificialmente (Berton, 2008).

1.11.4.1 Propiedades del Té rojo

Sus propiedades y beneficios para la salud han sido reivindicadas desde antaño por la medicina tradicional china. Suele beberse para facilitar la digestión, ayudar al metabolismo del hígado y contra la resaca; al ser un té tan rico y oscuro es ideal para bebedores de café, con el beneficio que contiene mucha menos cafeína (Berton, 2008).

Dentro de los beneficios que pueden obtenerse por el consumo de este tipo de té esta su cualidad para proteger del déficit de memoria, accidentes isquémicos cerebrales (Martins, 2017) y otras patologías como el Alzheimer (Schmidt, 2017).

Según estudios en ratas, el té rojo ejerce un efecto neuro protector en los accidentes cerebrovasculares isquémicos y hemorrágicos, evitando el daño estrial y el efecto oxidativo ocasionado por el accidente cerebro vascular hemorrágico (Sosa *et al.*, 2018).

1.11.5 Té negro

Cuentan algunos que el té negro se produjo por casualidad, en la bodega de un barco de carga que venía de la India trayendo un cargamento de té verde chino que, por la humedad y el calor, se fermentó accidentalmente en el camino. El té que se comercializaba era sólo el té verde, hasta que los mercaderes vieron que secándolo podían preservarlo, lo que les facilitaba su transporte por mar durante largos períodos. Esto acrecentó su valor, a tal punto que el té negro compactado en ladrillos sirvió como moneda de cambio en Mongolia, Tíbet y Siberia hasta el siglo XIX. A diferencia del té verde son consideradas como té negro las hebras de té fermentadas u oxidadas del 80 al 100% (Berton, 2008).

En el sector industrial donde se produce la elaboración del té, se desarrollan operaciones mecánicas combinadas o alternadas con reacciones químicas y enzimáticas y un proceso de secado. Desde un punto de vista práctico el proceso que se lleva adelante en un secadero de té, está compuesto por las operaciones conocidas como: conservado, marchitado, enrulado, fermentado y secado. Si bien la elaboración de Té negro es un proceso simple, se debe realizar considerando diversos factores que pueden afectar la calidad del producto final (Oxinor, 1998)

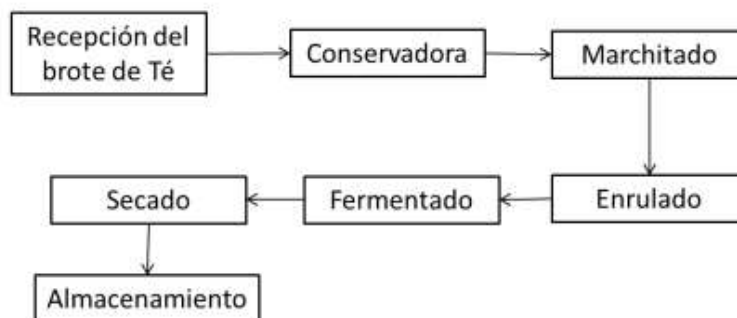


Figura 6. Diagrama de flujo proceso de té negro.

Marchitado: exposición al aire en condiciones naturales o controladas. Duración 12 a 18 horas.

Objetivo: la deshidratación parcial de los brotes, para hacerlos maleables en el enrollado.

Cambios provocados: reducción de la humedad a aproximadamente 55-58%, aumento en la cafeína, azúcares solubles y aminoácidos; cambios en la proporción de ácidos orgánicos y la actividad de enzimas del brote y hojas.

Enrollado: proceso mecánico de rasgado, cortado, aplastado, ruptura y torsión.

Objetivo: ruptura y distorsión de los brotes de té, para permitir el contacto enzimas y sustrato.

Cambios provocados: los brotes se cortan y se torsionan; los componentes celulares se mezclan y el proceso oxidativo se inicia.

Fermentado: exposición al aire, por espacio de 1 a 2 horas, bajo condiciones de temperatura (25-30° C) y humedad (90-100%) controladas.

Objetivo: cambios químicos en los constituyentes de las hojas, por oxidación o pardeamiento enzimático (fermentación).

Cambios provocados: el color cambia del verde a cobrizo; los polifenoles se oxidan y condensan.

Secado: exposición a una corriente de aire caliente, por espacio de 25-30 minutos dentro de un secadero, con una temperatura de entrada del horno de 90-105° C y 50-55° C de salida.

Objetivo: detener el pardeamiento enzimático (fermentación) y deshidratar el producto para conservar su calidad en el almacenamiento.

Cambios provocados: la humedad se reduce a aproximadamente 3 a 4%, el producto adquiere su apariencia y color característicos. Una parte de los azúcares se caramelizan y los polifenoles sufren epimerización.

Limpieza y clasificación: el té seco “en rama” es quebrado, desfibrado, clasificado, mezclado y envasado.

Objetivo: se elimina el polvo y la fibra, se clasifica en grados o tipos.

Cambios provocados: clasificación del lote según tamaño en diferentes grados o tipos.

Desde el punto de vista del proceso, los brotes de té que han ingresado a la planta industrial deberían ir directamente al proceso de marchitado; sin embargo, esto es bastante difícil de lograr, por ello en los secaderos de té se incorpora una operación destinada a conservar los brotes de té. En este sector la materia prima (brotes de té) se debe disponer bajo una distribución uniforme en su espesor para asegurar una correcta aireación y mantener los brotes frescos sin que se produzca el ardido de los mismos (Prat, 2011c; Posluszny, 2015).

Entre los té negros de la China, el más conocido es el *Lapsang Souchong*, que se destaca por sus notas ahumadas muy fuertes. En India, los té negros más famosos corresponden a las regiones de Assam, Darjeeling y Nilgiris y en Sri Lanka, el té de Ceylan es el té negro por definición en todo el mundo. También se encuentran té negros de buena calidad en las costas turcas del mar Negro, como también en las tierras altas de Nepal, Indonesia y Kenia. Es el té más bebido en el mundo y principalmente en Occidente. Puro o blandeado, el intenso color dorado de su infusión y la potencia de su sabor hicieron del té negro el más elegido y consumido, muy por encima de sus otras variedades, el verde, el blanco y el Oolong (Berton, 2008).

1.11.5.1 Propiedades del Té negro

El té negro es una fuente de cafeína, que es estimulante del sistema nervioso; además, ayuda a mejorar la broncodilatación, estimula el corazón y actúa como diurético (Berton, 2008).

Oyejide *et al.* (2005), estudiaron en ratas los efectos hepatoprotectores y antioxidantes de los extractos de té negro tratadas con oxalato de sodio. Se observó que la administración de té reduce significativamente los niveles séricos y tisulares de malondialdehído, así como las actividades de aspartato transaminasa (AST) y alanina transaminasa (ALT) de una manera dependiente de la dosis. Sin embargo, se demostró que el nivel sérico de vitamina C y la actividad de la catalasa en el suero y los tejidos estaban significativamente elevados. El resultado también indicó que la administración prolongada de té (durante 20 días) aumentó significativamente el nivel de vitamina C en suero y la actividad de la catalasa tanto en suero, hígado y riñón.

La Asociación de Investigación de té (TRA), en la colaboración con el Instituto Indio de Biología Química (IICB), en Kolkata ha llevado a cabo los estudios sobre diferentes aspectos de salud y consumo de té negro; en estos estudios, se examinó la influencia de té en su conjunto y sus distintos componentes aislados. Los resultados indicaron lo siguiente:

1. La administración regular de dosis bajas de extracto de té negro (0,002-0,2%) reduce significativamente los niveles de colesterol total en ratas.
2. Las proporciones normales de extracto de té negro reducen significativamente los niveles de triglicéridos.
3. El nivel de HDL (lípidos de alta densidad) aumentó, sin embargo, su nivel no resulto significativo.
4. Los niveles de VHDL (lípidos de muy alta densidad) y LDL (lípidos de baja densidad) mostraron una disminución ligera pero el efecto no era significativo.
5. Así, los resultados indicaron que la administración permanente de té negro en animales es capaz de reducir el colesterol total y triglicéridos a niveles saludables (Bratman y Kroll, 2001; Osada *et al.*, 2001).

En los trabajos experimentales, la actividad preventiva del té se documentó bien para los tumores en diferentes órganos. En los humanos, se informó que el té es protector contra tumores en pulmón, tracto gastrointestinal e hígado, además previene la salud bucal (Vanka *et al.*, 2012).

Duda-Chodak *et al.* (2008), Leung *et al.* (2001), Shahidi *et al.* (1992), Duh (1999) y Hatano (1989), informaron que beber té negro mostró un beneficio similar al del té verde desde la perspectiva de la capacidad antioxidante. Esto podría explicarse por la presencia de teaflavina en el té negro que tiene la cantidad similar de catequinas que está presente en el té verde. Cada té difiere de la perspectiva de composición y concentración de compuesto antioxidante. El té negro tiene una baja cantidad de teaflavina (2-6%) y alta de tearubigina (20%), mientras que el té verde tiene catequinas más altas (30-42%), especialmente EGCG.

Las principales teaflavinas en el té negro son teaflavina (TF1), teaflavina monogalato A (TF2A), teaflavina monogalato B (TF2B) y teaflavina digalato (TF3) (Ho *et al.*, 1994).

1.12 MUESTRAS COMPLEJAS DE TÉ

Las muestras complejas o compuestas de Té son aquellas que, además de las hojas de té, presentan hojas u otros órganos de una o más especies aromáticas. Al tener adicionadas estas especies, los Té entran en la categoría de té aromatizados cuya comercialización está permitida y registrada en el Código Alimentario Argentino (CAA):

Artículo 1187 (CAA, Capítulo XV): "Queda prohibida la venta de té suelto para consumo familiar. Se prohíbe la venta de té agotado, averiado, alterado, adicionado de hojas de vegetales extraños y de cualquier otra sustancia. Hacen excepción a este párrafo los **tés aromatizados** con pétalos de rosa, jazmín y otras plantas aromáticas, en los cuales la cantidad presente de estos productos será la suficiente para obtener el efecto de aromatización deseado, sin alterar las características señaladas en el Artículo 1185"

Artículo 1192 (CAA, Capítulo XV): "Con la denominación de Hierbas para Infusiones se entienden los siguientes vegetales: Anís, Boldo, Carqueja, Cedrón, Dumosa (*Ilex dumosa*

R.), Incayuyo, Lusera, Manzanilla, Marcela, Melisa, Menta, Peperina, Poleo, Rosa Mosqueta, Romero, Salvia, Tilo, Tomillo, Zarzaparrilla, Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) y otros que en el futuro se incorporen, solos o mezclados. Las hierbas para preparar infusiones se deberán expender en envases bromatológicamente aptos, pudiendo usarse bolsitas o saquitos con las mismas especificaciones establecidas en el Artículo 1189 para el té. Estos productos se rotularán con el nombre del vegetal correspondiente y si fueran una mezcla de hierbas, se deberán declarar los ingredientes en orden decreciente de sus proporciones. En el caso que la infusión contenga moringa, en el rótulo deberá indicarse el consumo máximo recomendado que represente el equivalente a 5 g diarios.”

En el relevamiento parcial que se hizo para obtener las muestras comerciales, se encontró que las especies integrantes más comunes en las mezclas compuestas o complejas de té correspondieron a canela, cedrón, hibiscus, rosa de jamaica o rosella, jengibre, litchi o lychee, menta, cáscara de naranja, rosa mosqueta y vainilla.

1.13 Descripción de las especies integrantes de muestras complejas de té.

1.13.1 Canela

Nombre científico: *Cinnamomum verum* J.S. Presl. (Lauraceae).

Descripción: árbol de hasta 10 m de altura, perennifolio, de corteza marrón grisácea. Hojas ovaladas y puntiagudas, de 8-16 cm de largo, de color verde brillante por la cara superior, pecioladas. Flores hermafroditas, blancas o amarillo verdosas, agrupadas en panículas axilares o terminales. Fruto, baya elipsoidal, negro-azulada, uniseminada.

Parte usada: la corteza desecada, libre de súber.

Características morfológicas y organolépticas: trozos enrollados, dispuestos unos dentro de otros, longitud variable y 0,2-0,8 mm de espesor. Superficie externa lisa, pardo amarillento

y superficie interna, ligeramente oscura y estriada. Olor aromático. La corteza en polvo es parda o pardo amarillento (Figura 7).

Características anatómicas: células parenquimáticas redondeadas o alargadas. Numerosos granos de almidón, pequeños, simples o en grupos de 2-4. Esclereidas redondeadas (braquiesclereidas) o elongadas, de paredes gruesas con puntuaciones muy ramificadas. Numerosas fibras de pared muy gruesa, dispuestas aisladas o en pequeños grupos. Idioblastos con aceites esenciales y mucílagos. Radios floemáticos de 1-2 células de ancho, con pequeños cristales aciculares (Farmacopea Argentina VII, 2013; Hurrell et al., 2008).



Figura 7. Canela en rama y en polvo

1.13.2 Cedrón

Nombre científico: *Aloysia citrodora* Palau (Verbenaceae)

Descripción: arbusto de 1,5-4 m de altura, ramoso, muy aromático (aroma cítrico). Hojas simples, de 4-12 cm de longitud, elípticas, de ápice acuminado, borde ligeramente aserrado, brevemente pecioladas. Nervadura media prominente en la cara inferior. Inflorescencia en racimos apanojados. Flores blancas, con cáliz tubuloso y corola tetralobada. Fruto esquizocarpo, con 2 mericarpos castaño-rojizos.

Parte usada: las hojas, a veces acompañadas por trozos de tallos.

Características morfológicas y organolépticas: hojas punteado -glandulosas, laxamente pubescentes; nervaduras secundarias paralelas entre sí. Borde foliar ligeramente aserrado. Olor aromático, cítrico (Figura 8).

Características anatómicas: epidermis superior con células poliédricas, sin estomas; epidermis inferior con células de paredes sinuosas y estomas anomocíticos. Tricomas 1-celulares cistolíticos: a) rectos, verrucosos, rodeados por cojinete basal de 6-8 células, con cistolitos; b) adpresos, verrucosos, con células basales en cojinete. Tricomas glandulares: a) cabeza 1-celular, pie 1-celular; b) cabeza 2-celular, pie 1-celular. Parénquima compuesto por células alargadas (en empalizada) e irregulares. Tráqueas anilladas y espiraladas (Barboza *et al.*, 2001; Farmacopea Argentina VII, 2013; Hurrell *et al.*, 2011).



Figura 8. Hojas de cedrón.

1.13.3 Hibiscus, rosa de jamaica o rosella

Nombre científico: *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae)

Descripción: hierba erecta, de hasta 2m de alto. Tallos de color rojizo. Hojas inferiores ovadas, hojas superiores 3-lobadas, de 2-8 cm de largo, aserradas. Flores solitarias con cáliz rojizo o rojo morado intenso, carnoso, con 5 sépalos; corola amarilla con el centro rojo oscuro. Fruto cápsula subglobosa.

Parte usada: los cálices y epicálices carnosos.

Características morfológicas y organolépticas: cáliz y epicáliz carnosos, de color rojo o rojo morado. Sabor dulce y olor característico (Figura 9).

Características anatómicas: epidermis con células poligonales de paredes rectas o ligeramente curvas. Estomas anisocíticos y anomocíticos. Tricomas eglandulares de varios tipos: a) 1-celulares largos y flexuosos; b) cónicos 1-celulares, de pared gruesa, algo curvados; c) 1-celulares finos y rectos. Tricomas glandulares: a) pluricelulares no capitados, gruesos; b) glandulares capitados, de pie unicelular y cabeza pluricelular. Drusas de oxalato de calcio e idioblastos mucilaginosos. Tráqueas espiraladas, fibroesclereidas y fibras. (Hurrell *et al.*, 2013; Vivas, 2014).



Figura 9. Cálices y epicálices de Hibiscus.

1.13.4 Jengibre

Nombre científico: *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae)

Descripción: hierba perenne, hasta 1,5 m de altura. Rizomas tuberosos ramificados, de color amarillento pálido. Hojas sésiles, sublineares, de 15-30 cm de largo. Inflorescencias densas, con pedúnculos largos. Flores zigomorfas, trímeras, amarillentas. Fruto capsular.

Parte usada: los rizomas (tallos subterráneos).

Características morfológicas y organolépticas: rizomas ramificados, tuberoso, amarillento por dentro. Olor aromático y sabor picante. El polvo es de color amarillo pálido a amarillo (Figura 10).

Características anatómicas: abundantes granos de almidón, simples, oblongos a ovales, aplanados, con una pequeña punta en el extremo o sin ella, algunos pocos con estrías transversales. Fibras en grupos o asociadas con el tejido vascular, grandes, septadas, con pared dentada en uno de los lados. Células parenquimáticas abundantes, redondas u ovaladas, con granos de almidón u oleo-resina. Células óleo-resinosas, ovoides o esféricas, de color amarillo brillante, solas o en grupos. Tráqueas bastante anchas, reticuladas; tráqueas más angostas, espiraladas o anilladas (CAA, 1969; Hurrell *et al.*, 2008, 2013).



Figura 10. Rizomas y jengibre en polvo.

1.13.5 Litchi o Lychee

Nombre científico: *Litchi chinensis* Sonn. (Sapindaceae)

Descripción: árbol de hasta 12 m de altura, con densa copa redondeada. Corteza de tronco y ramas, lisa, de color grisáceo. Hojas pinnadas, divididas en folíolos coriáceos, elípticos o lanceolados. Inflorescencia en panícula ramificada, con numerosas flores pequeñas unisexuales, de color blanco amarillento o verdoso, con cáliz tetrámero y sin corola. Fruto, drupa ovoide o redonda con pericarpio delgado (1-3 mm) de color rosa intenso a rojo, textura

áspera o rugosa. Semilla rodeada por un arilo o pulpa carnosa, jugosa, de color blanco translúcido.

Parte usada: los frutos, sobre todo el arilo carnoso con la semilla.

Características morfológicas y organolépticas: pericarpio coriáceo, rugoso y rojizo. Semilla de color marrón oscuro, rodeada por el arilo, blanco y carnoso, que tiene sabor dulce a ligeramente ácido (Figura 11).

Características anatómicas: células epidérmicas poligonales del epicarpio, cubiertas por una cutícula mediana. Cristales simples de oxalato de calcio. Esclereidas más o menos isodiamétricas (braquiesclereidas). Células parenquimáticas del mesocarpio. Células del endocarpio elongadas, de color rosado, de pared delgada. Células alargadas del arilo, con paredes porosas. Cubierta seminal con células en empalizada, de paredes gruesas (Winton y Winton, 1935; Roberto *et al.*, 2001).



Figura 11. Fruto de lychee.

1.13.6 Menta

Nombre científico: *Mentha x piperita* L. (Lamiaceae)

Descripción: hierba perenne de hasta 1 m de altura, muy aromática. Hojas opuestas, ovadas o elípticas, de 1,5 a 9 cm de longitud, borde aserrado, pecioladas. Inflorescencias en espigas terminales. Flores liláceo rosadas, con cáliz y corola tubulosos, glandulosos. Fruto formado por 4 clusas o núculas ovoides, de color marrón oscuro.

Parte usada: las hojas desecadas.

Características morfológicas y organolépticas: hojas pilosas a subglabras, de ápice agudo y bordes aserrados, de color verde claro a verde oscuro; haz prácticamente liso y envés pubescente. Tallos cuadrangulares. Olor aromático característico, sabor penetrante que produce sensación refrescante en la boca (Figura 12).

Características anatómicas: epidermis adaxial con células de paredes rectas o algo onduladas; la abaxial, onduladas. Estomas diacíticos, en ambas epidermis, más numerosos en la epidermis abaxial. Tricomas eglandulares simples: a) 1-celulares cónicos; b) de 2-8-células, verrucosos. Tricomas glandulares: a) con cabeza 1-celular y pie corto 1-2-celular; b) peltados, de cabeza pluricelular de 8 células dispuestas en forma de corona y pie corto 1-2-celular. Células parenquimáticas cilíndricas (en empalizada) y redondeadas o irregulares. Tráqueas mayormente anilladas y espiraladas (Farmacopea Argentina VII, 2013; Hurrell *et al.*, 2008, 2011).



Figura 12. Hojas de menta.

1.13.7 Naranja

Nombre científico: *Citrus x aurantium* L. –naranja amarga-, *Citrus x sinensis* Osbeck –naranja dulce- (Rutaceae)

Descripción: árbol de 3-10 m de altura, perennifolios. Hojas alternas, elípticas u ovadas, margen crenulado o entero, pecíolos alados. Flores solitarias o en racimos paucifloros, hermafroditas, blancas, fragantes. Fruto hesperidio globoso, anaranjado, pluriseminado.

Parte usada: los frutos enteros o las cáscaras desecadas.

Características morfológicas y organolépticas: fruto globoso, de cáscara (epicarpo) rugosa, glandulosa, anaranjada; mesocarpio corchoso blanco, y pulpa (endocarpo) anaranjada, jugosa; semillas anguladas, numerosas o pocas. Sabor amargo o dulce, ligeramente ácido La cáscara seca se presenta como trozos irregulares, con superficie externa pardo claro, y superficie interna, amarillo claro (Figura 13).

Características anatómicas: epicarpo con células poligonales, de color amarillo, con escasos estomas ciclocíticos. Mesocarpio con tejido esponjoso formado por células parenquimáticas irregulares. Gotas lipídicas. Cristales prismáticos de oxalato de calcio. Pequeñas tráqueas espiraladas, reticuladas y punteadas (Winton y Winton, 1935, CAA, 1969; Hurrell *et al.*, 2008).



Figura 13. Fruto cáscaras de naranja.

1.13.8 Rosa mosqueta

Nombre científico: *Rosa rubiginosa* L. (Rosaceae)

Descripción: arbusto de 1-3 m de altura, caducifolio, tallos delgados con aguijones. Hojas alternas, compuestas, con 5-7 folíolos aserrados. Flores solitarias o en corimbos, rosadas, con 5 pétalos. Fruto cinorrodon, compuesto por un receptáculo carnoso, de color rojo, que contiene numerosos aquenios.

Parte usada: pétalos de las flores y frutos enteros.

Características morfológicas y organolépticas: fruto ovoide o globoso, carnosos, de color rojo o naranja, con achenios trígonos amarillos en su interior. Olor aromático (Figura 14).

Características anatómicas: células epidérmicas cuadrangulares con cutícula gruesa. Tricomas eglandulares simples, unicelulares, de pared gruesa. Drusas y cristales rómbicos de oxalato de calcio. Fibras, braquiesclereidas y fibro-esclereidas. Tráqueas delgadas mayormente anilladas y espiraladas (Torres *et al.*, 1998; Hurrell *et al.*, 2013; Vivas, 2014).



Figura 14. Frutos de rosa mosqueta.

1.13.9 Vainilla

Nombre científico: *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews (Orchidaceae)

Descripción: planta trepadora, con tallos robustos, hasta de 2 cm de diámetro. Hojas elípticas a ovadas, de 12-25 cm de largo, carnosas, brevemente pecioladas. Flores zigomorfas, hermafroditas, verde amarillentas, dispuestas en racimos axilares. Fruto bacciforme capsular, subcilíndrico, de 12-25 cm de largo, coriáceo, marrón chocolate o negro, con numerosas semillas globosas negras, pequeñas.

Parte usada: los frutos maduros.

Características morfológicas y organolépticas: frutos alargados, oscuros, estriados. Olor aromático, característico y sabor amargo (Figura 15).

Características anatómicas: epicarpo con células alargadas, escasos estomas y prismas de oxalato de calcio. Hipodermis y mesocarpo con células de paredes espiralado-reticuladas. Algunas células pueden contener rafidios. Endocarpo con células largas y papilosas con oleorresinas. Fibras y tráqueas reticuladas y espiraladas. Las semillas contienen lípidos y granos de aleurona (Winton y Winton, 1939; Gassner, 1973; Hurrell *et al.*, 2008).



Figura 15. Frutos de vainilla

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de productos comercializados como té y té adicionado con otros componentes, desde distintas áreas del conocimiento: farmacobotánica, fitoquímica y actividad biológica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar farmacobotánicamente las muestras de té y establecer la identidad de los componentes de las mezclas y corroborar si corresponden a las especies que figuran en el rótulo.
- Realizar un estudio fitoquímico cuantitativo de los compuestos polifenólicos presentes en los extractos provenientes de las muestras de Té para cada una de las variedades analizadas.
- Realizar un estudio fitoquímico cualitativo (*fingerprint* de polifenoles) para cada una de las variedades analizadas.
- Determinar la actividad antioxidante, con el objeto de conocer y comparar dicha actividad entre los diversos materiales analizados.

2.3 HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

Como hipótesis de trabajo se plantea que los caracteres microscópicos constituyen parámetros válidos de diagnóstico que pueden ser empleados en el control de calidad de muestras, ya sea que se encuentre como componente único o bien en mezclas.

Los caracteres microscópicos se emplearán para determinar la presencia (o ausencia) de las especies detalladas en las muestras a analizar, constituyendo un estudio fundamental en la determinación de la autenticidad del material vegetal analizado.

Por otro lado, los polifenoles constituyen un grupo de compuestos con amplia distribución en el reino vegetal, que se encuentran involucrados tanto en los mecanismos de defensa como en diversos procesos fisiológicos.

Se plantea como hipótesis de trabajo la variación del perfil de polifenoles, principalmente en relación con las distintas variedades de Té. Este estudio adquiere especial importancia cuando las muestras se encuentran reducidas a polvo (lo que dificulta su análisis farmacobotánico), ya que conociendo los perfiles cromatográficos de las materias primas se podrá, entre ciertos límites, determinar su presencia en mezclas más complejas.

A partir del material vegetal se obtendrán extractos sobre los que se realizarán los estudios fitoquímicos, prestando principal atención en las infusiones, ya que es el tipo de preparación más empleado por la población que consume esta especie habitualmente.

Los métodos empleados en el presente trabajo han sido seleccionados y desarrollados para su realización en un laboratorio de control de calidad de baja complejidad y son habitualmente utilizados en los estudios farmacobotánico y de análisis de polifenoles.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MUESTRAS VEGETALES PARA ANALIZAR

Se analizaron 15 muestras de diferentes tipos de té (Verde, Blanco, Oolong, Rojo y Negro) y 6 muestras de té con agregados de Hierbas para infusiones en diferente presentación: molidas o trozadas y en hebras, obtenidas de varios puntos de ventas (supermercados, tiendas naturistas) en la Ciudad de Buenos Aires (Cuadro 1 y 2).

De igual forma se utilizó una muestra vegetal de té verde como referencia para la observación y comparación microscópica de los diferentes tipos de té. La muestra pertenece al droguero de drogas vegetales de la Cátedra de Farmacobotánica, Facultad de Farmacia y Bioquímica – UBA –Buenos Aires (Argentina).

3.1.1 Muestras simples

Muestra N°	Tipo de té	Forma de Presentación
1	Verde	Trozado en bolsa plástica
2	Verde	Trozado en lata
3	Negro	Molido en Saquitos
4	Rojo	Trozado en bolsa plástica
5	Rojo	Trozado en lata
6	Negro	Trozado en lata
7	Blanco	Molido en Saquitos
8	Blanco	Hebras en lata
9	Oolong	Hebras en bolsa hermética
10	Negro	Trozado en bolsa plástica
11	Blanco	Hebras en lata

12	Oolong	Molido en Saquitos
13	Rojo	Molido en Saquitos
14	Oolong	Hebras en Bolsita
15	Verde	Molido en Saquitos

Cuadro 1: Descripción de muestras de té utilizadas para las infusiones analizadas.

3.1.2 Muestras complejas

Muestra N°	Tipo de té	Presentación
1	Té Verde, Naranja y Jengibre	Trozado en bolsa plástica
2	Té, Vainilla y Canela	Trozado en bolsa plástica
3	Té Verde con Menta	Trozado en bolsa plástica
4	Té, Rosa Mosqueta, Hibiscus	Trozado en bolsa plástica
5	Té Blanco, Lychee y Cedrón	Molido en Saquitos
6	Té rojo, Rosa mosqueta e Hibiscus.	Hebras en Frasco de Vidrio

Cuadro 2: Descripción de muestras de té, mezcladas con hierbas para infusiones empleadas en los análisis microscópicos.

3.2 ANÁLISIS FARMACOBOTÁNICO

El análisis Farmacobotánico comprendió el estudio macroscópico y microscópico de las 21 muestras de té descritas. (FA VII, 2013; WHO, 2011; Zarlavsky, 2014).

3.2.1 Análisis macroscópico

Descripción macroscópica

Caracteres organolépticos: color, sabor, olor.

Determinación de materia extraña

3.2.2 Análisis microscópico

Observación de las muestras en polvo

Análisis de disociados leves

Reacciones histoquímicas

Micrometría (microscopía cuantitativa)

3.2.3 Disociados

Se realizó el método de disociación leve para determinar los caracteres microscópicos diagnósticos que permitan el análisis del control de la calidad de las muestras comerciales.

Para llevar a cabo el método se sometió el material vegetal a la acción de una solución acuosa de hidróxido de sodio al 5%, durante 5 minutos, a ebullición. Luego se filtró y se lavó varias veces con agua destilada, y finalmente se conservó el disociado en alcohol 70%.

Las muestras disociadas se observaron mediante microscopía de campo claro. Esta técnica ha sido seleccionada dado su facilidad de ejecución, poco tiempo de desarrollo y economía, indispensables en un laboratorio de baja complejidad. Se empleó un microscopio Zeiss Axioscop 2 Plus provisto de una cámara digital Sony Exawave HAD. De los disociados conservados en alcohol 70% se tomaron pequeñas porciones, se colocaron en un portaobjetos con unas gotas de agua y se cubrieron con un cubreobjeto para la observación al microscopio con oculares de 10x y objetivos de 10x, 20x y 40x, que corresponden a aumentos de 100x, 200x y 400x.

3.2.4 Micrometría (microscopía cuantitativa)

Se seleccionó una muestra por cada grupo de té y se realizaron 10 mediciones de cada elemento celular diagnóstico (tricomas, drusas, esclereidas y estomas), en distintos campos. Para las mediciones se empleó un ocular graduado Zeiss 10X y se promediaron los valores utilizando el programa Microsoft Office Excel 2021.

3.2.5 Análisis histoquímico

Se realizaron cortes transversales a la hoja de té verde a mano libre, en los cuales se efectuaron reacciones histoquímicas con el objeto de determinar la localización de los taninos condensados (catequinas y epicatequinas). Se efectuó sobre ellos la reacción de vainillina-HCL, con una solución etanólica de vainillina 5% y HCL concentrado, en proporción 4:1. Se llevó a la estufa a 60°C por uno o dos minutos y se observó al microscopio. Las células que contenían proantocianidinas tomaron un intenso color rojizo. (Ricco *et al.*, 2002)

3.3 ANÁLISIS FITOQUÍMICO

Para la realización de los análisis fitoquímicos se llevaron a cabo extracciones acuosas (infusiones) de los diferentes tipos de tés blancos, verde, Oolong, rojo y negro. Cabe aclarar que las muestras de té que contenían mezclas de hierbas para infusiones no se tuvieron en cuenta para los análisis fitoquímicos.

Para cada extracto se determinó su perfil cromatográfico, se cuantificaron los fenoles totales, flavonoides, taninos y ácidos hidroxicinámicos.

Se determinó la actividad antioxidante.

3.3.1 Obtención del extracto acuoso (infusión)

Se realizaron infusiones al 5% según la Farmacopea Nacional Argentina VI° Ed. 1978. Para la infusión se pesaron a 5 g de las hojas pulverizadas las cuales estaban contenidas en un erlenmeyer con tapa, se adicionaron 100 ml de agua destilada hirviendo y se dejó actuar durante 20 min. Luego se filtró el contenido y el residuo se lavó con agua destilada hasta llevar a volumen final de 100 ml. Este extracto se empleó para todos los estudios fitoquímicos.

3.3.2 Obtención del extracto metanólico

Se extrajo 1g de muestra reducida a polvo con 10ml de metano, se llevó a baño de agua a 60°C durante 5 minutos. Se filtró y la solución restante se empleó para el análisis cuantitativo de polifenoles.

3.4 ANÁLISIS CUALITATIVOS

3.5 Análisis cualitativo de los polifenoles (fingerprint de polifenoles) para muestras de té.

Se realizó por medio de cromatografías bidimensionales en capa delgada de celulosa (TLC), según metodología estándar (Mabry *et al.*, 1970; Markham, *et al.*, 1982).

Para el análisis bidimensional de los flavonoides y los ácidos hidroxicinámicos, se empleó el sistema solvente TBA (terbutanol-ácido acético-agua, 3:1:1) para la primera dimensión y ácido al 15% para la segunda dimensión. Los cromatogramas se observaron a la luz ultravioleta ($\lambda=366$ nm) antes y después de ser expuestos a vapores de amoníaco. Posteriormente se revelaron con el reactivo de productos naturales (NP) (Wagner y Bladt, 1996), se observaron nuevamente a la luz ultravioleta de 366 nm, obteniendo así el patrón de distribución de los compuestos.

3.5.1 Análisis cualitativo de los taninos condensados

Se realizó mediante cromatografía bidimensional de EOM en TLC con soporte de celulosa, empleándose sec-butanol-ácido acético-agua (14:1:5) como solvente de corrida para la primera dimensión y ácido acético al 6% para la segunda dimensión. Los cromatogramas se revelan con vainillina-HCl (vainillina al 5% en etanol-ácido clorhídrico concentrado 4:1) con posterior calentamiento en estufa a 100°C durante 5 minutos.

3.6 CUANTIFICACIÓN DE LOS POLIFENOLES

3.6.1 Cuantificación de los fenoles totales

Se determinó mediante el método de Folin–Ciocalteu de acuerdo con Makkar *et al.*, (1993). Alícuotas (50 µL) de los extractos fueron transferidas a tubos de ensayos y el volumen llevado a 500 µL con agua desionizada. Se adicionaron a continuación 250 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu y 1,25 mL (1250 µL) de solución acuosa de carbonato de sodio al 20%. Luego de 40 minutos se midió la absorbancia a 725 nm. Se realizó una curva de calibración con ácido gálico. El contenido de los fenoles totales se expresó como equivalentes de ácido gálico (EAG: mg ácido gálico/g material seco) Scalbert *et al.*, (1989). Todas las mediciones se efectuaron por triplicado.

3.6.2 Cuantificación de taninos condensados (método de la vainillina)

El ensayo involucró la reacción de un aldehído aromático, la vainillina, con el anillo A de los flavan-3-ol originando un aducto de color rojo (Hagerman, 2002; Price *et al.*, 1978).

Reactivo de la vainillina: se realizaron dos soluciones, una solución metanólica al 8 % de HCl concentrado y la otra solución metanólica al 1 % de vainillina. El reactivo se preparó mezclando igual cantidad de esas soluciones, de manera tal que queda una solución metanólica de 4 % de HCl y 0,5 % de vainillina. Este reactivo se preparó en el momento en que se usó.

Procedimiento: Las muestras (100 % en metanol) y el reactivo estaban a una temperatura de 30 °C antes de comenzar el ensayo. A tiempo cero se adicionó 1 mL de muestra en tubos de ensayos que contenían 5 mL de reactivo, se mezclaron y se mantuvieron los tubos a 30 °C durante 20 min. Se midió la absorbancia a 500 nm.

Blanco de la reacción: se realizó un «blanco de reactivo» preparando una solución al 4 % de HCl en metanol.

Curva de calibración: Se construyó la curva de calibración (Absorbancia vs mg de catequina) a partir de una solución de catequina, los resultados se expresaron como equivalentes de catequinas.

3.6.3 Cuantificación de flavonoides totales

De acuerdo con la Técnica descrita en Ho *et al.*, (2012).

Se mezclaron 0,5 mL del extracto con 1,5 mL de etanol 95%. Se adicionó posteriormente 0,1 mL de una solución acuosa de tricloruro de aluminio al 10% (p/v) y 0,1 mL de una solución acuosa 1 M de acetato de sodio. Se llevaron a un volumen final de 5 mL con agua destilada y las mezclas se dejaron reposar por 30 min. Posteriormente se determinó la absorbancia a 415 nm. Se realizó una curva de calibración con rutina. El contenido de flavonoides se expresó como equivalentes de rutina (ER: mg rutina / g material seco).

3.6.4 Cuantificación de ácidos hidroxycinámicos totales

Se determinó mediante una modificación de la metodología descrita por Dao y Friedman (1992).

Alícuotas de 50 µL de cada extracto se llevaron a volumen (2 mL) con etanol absoluto.

Se determinó la absorbancia a 328 nm. Se realizó una curva de calibración con ácido clorogénico. Los valores se expresaron como mg de ácido clorogénico / g material seco. Los ensayos se realizaron por triplicado.

3.7 Evaluación de la actividad antioxidante

Se estudiará la actividad antioxidante total in vitro, empleando el compuesto DPPH.

Este método se basa en la reducción del radical DPPH, el cual se encuentra en medio metanólico, al no radical DPPH-H en presencia de un donante de hidrógeno que proviene de la sustancia antioxidante (Blois, 1958). Esta reacción produce un cambio de color en la solución y se monitorea espectrofotométricamente a 517 nm.

Se tomaron alícuotas de 5, 10, 20, 40, 80 y 100 uL de cada extracto, se mezclaron y fueron llevados a 0,5 mL con metanol absoluto y luego se adicionó 1 mL de la solución de DPPH. Luego de 20 minutos, a temperatura de 25°C, se determinó la disminución de la absorbancia a 517 nm, en la oscuridad.

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS FARMACOBOTÁNICO

El análisis farmacobotánico de una muestra vegetal involucra el estudio macroscópico y el microscópico. A continuación, se detallan los resultados de dichos análisis.

4.1.1 ANÁLISIS MACROSCÓPICO

Como se mencionó en el capítulo de metodología, el análisis macroscópico comprende la observación y descripción del material vegetal, que involucra la forma de presentación (entera, trozada o fragmentada, en polvo), los caracteres organolépticos (color, olor, sabor) y la determinación de materia extraña (presencia de insectos vivos o muertos, la aparición de huevos, larvas, la presencia de pelos, plumas, arena, piedras o tierra y de material vegetal ajeno a la muestra analizada).

Teniendo en cuenta estas premisas se efectuó el análisis macroscópico de 15 muestras simples de diferentes tipos de té y de 6 muestras complejas constituidas por hojas de té y de hierbas para infusiones, cuyos resultados se presentan a continuación.

4.1.1.1 MUESTRAS SIMPLES (1-15)

4.1.1.1.1 Té blanco

Las muestras N° 7, 8 y 11 se presentaron bajo las formas de material finamente trozado en saquitos y hojas enteras en lata, respectivamente.

En la muestra contenida en la lata, se observaron hojas de color verde pálido, algunas verde oscuro y marrones. Se observaron además muchas hojas pequeñas, jóvenes, con abundantes pelos blancos, cubriendo la totalidad de su superficie. En la muestra N°11 no se observaron

los pelos característicos de hojas jóvenes (Fig. 16). El material en saquitos no aportó mayor diferenciación debido a que las hojas estaban muy molidas.

No se observó material extraño en ninguna de las muestras analizadas.



Figura 16: Muestras de té blanco observadas con la lupa. A: Hojas trozadas, se observa un trozo de hoja con pelos blancos (óvalo); B: hojas enteras enrolladas cubiertas con pelos blancos en su superficie; C: hojas enteras enrolladas con ausencia de pelos característicos de hojas jóvenes.

4.1.1.1.2 Té verde

Las muestras N° 1, 2 y 15 se presentaron bajo las formas de material finamente trozado, trozado en lata y en bolsita, respectivamente.

Las hojas de la muestra N°1 presentaron color verde oliva y marrón.

En todas las muestras se observaron hojas con bordes aserrados.

El material en bolsitas no aportó mayor diferenciación, debido a que se presentó muy molido.

Se observaron fragmentos de tallos en la muestra N°2 (Fig. 17).

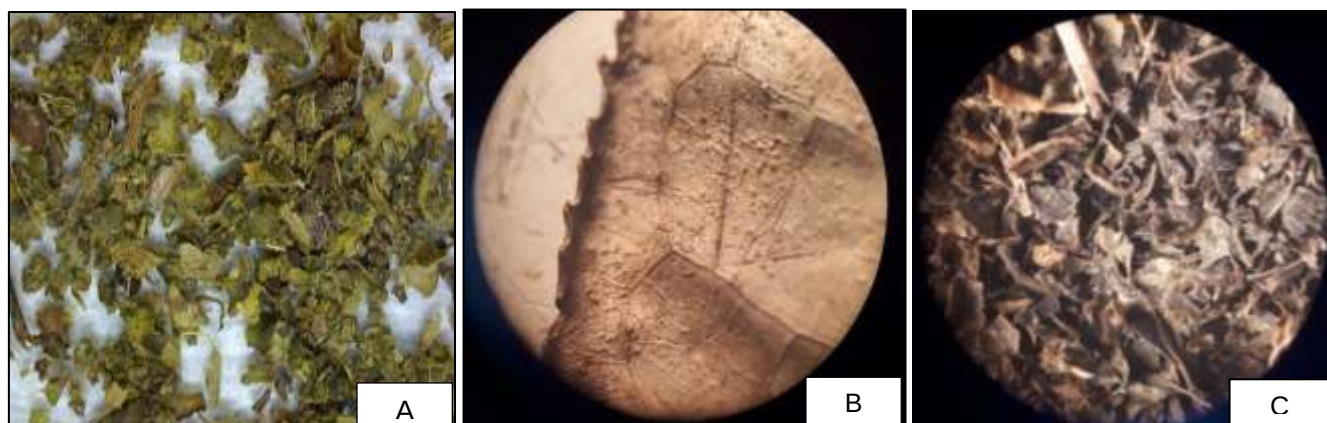


Figura 17: Muestras de té verde observadas con lupa; A: hojas de té verde color oliva finamente trozado; B: fragmento de hoja adulta con bordes aserrados; C: hojas trozadas y tallos de color marrón.

4.1.1.1.3 Té Oolong (azul)

Las muestras N° 9, 12 y 14 se presentaron bajo las formas de material en hebras en bolsa hermética, finamente trozado en bolsita y hebras en bolsita, respectivamente.

Las muestras N° 9 y 14 presentaron hojas de color verde oscuro y tonos marrones. Las muestras en hebras son duras y enrolladas (Fig. 18).

El material en bolsitas no aportó mayor diferenciación, debido a que se presentó muy molido.

No se observó material extraño a las muestras.

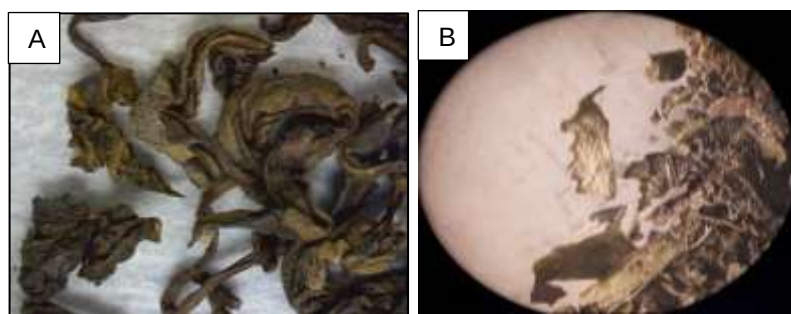


Figura 18: Muestras de té Oolong observadas con lupa. A: hojas en hebras enrolladas color verde oscuro; B: fragmento de hoja con bordes aserrados.

4.1.1.1.4 Té rojo

Las muestras N° 4, 5 y 13 se presentaron bajo las formas de material trozado en bolsa plástica, trozado en lata y finamente trozado en saquitos, respectivamente.

En general las muestras presentaron hojas de color marrón (Fig. 19).

El material envasado en saquitos (N° 13) no aportó mayor diferenciación debido a que estaban muy molidas.

No se observó material extraño a la muestra.

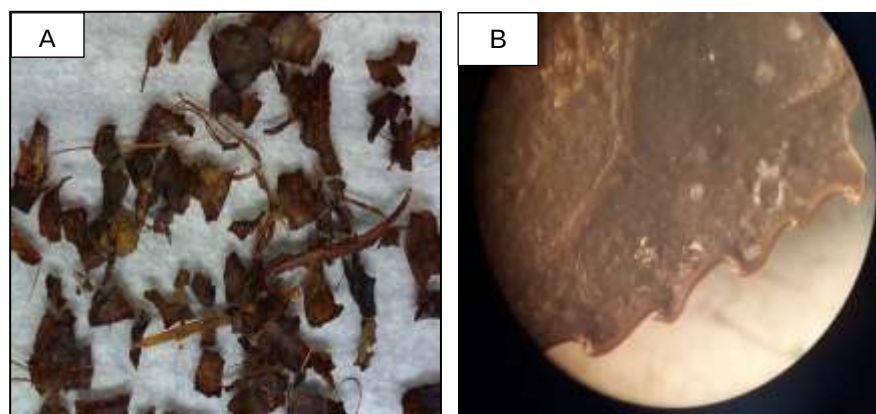


Figura 19: Muestras de té rojo observadas con lupa. A: hojas de té finamente trozadas, de color marrón; B: fragmento de hoja con bordes aserrados.

4.1.1.1.5 Té negro

Las muestras N° 3, 6 y 10 se presentaron bajo las formas de material finamente trozado en saquitos, trozado en lata y trozado en bolsa plástica, respectivamente. Se trata de hojas de color marrón oscuro (Fig. 20).

No se observó material extraño a la muestra.

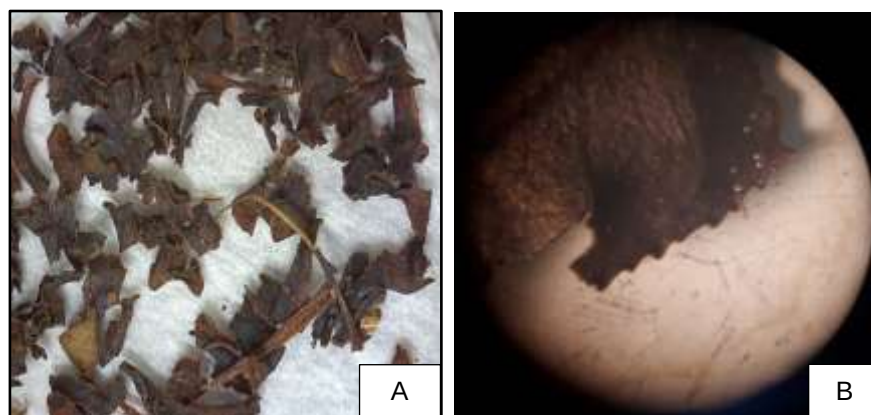


Figura 20: Muestras de té negro observadas con lupa (A): hojas finamente trozadas, de color marrón; B: fragmento de hoja con bordes aserrados.

4.1.1.2 MUESTRAS COMPLEJAS

4.1.1.2.1 Muestra 1. Té Verde, Naranja y Jengibre

La muestra N°1 se presentó bajo la forma de material trozado en bolsa. Se trata de fragmentos de hojas de color verde oliva acompañados con trozos de cáscara de naranja y jengibre (Fig. 21).

No se observó material extraño a la muestra.

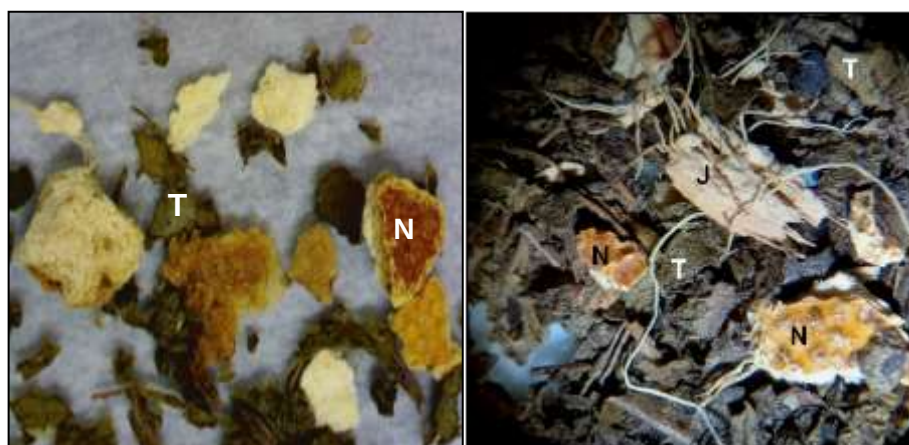


Figura 21: Muestra compleja 1, correspondiente a hojas de té verde finamente trozado (T), con trozos de naranja (N) y jengibre (J).

4.1.1.2.2 Muestra 2. Té, Vainilla y Canela

La muestra N°2 se presentó bajo la forma de material trozado en bolsa. Se trata de hojas de color marrón acompañadas con trozos de canela, con olor predominante a vainilla (Fig. 22).

No se encontraron restos vegetales provenientes de la vainilla, por lo que se supone el aroma proviene del agregado de esencia de vainilla.

No se observó material extraño a la muestra.

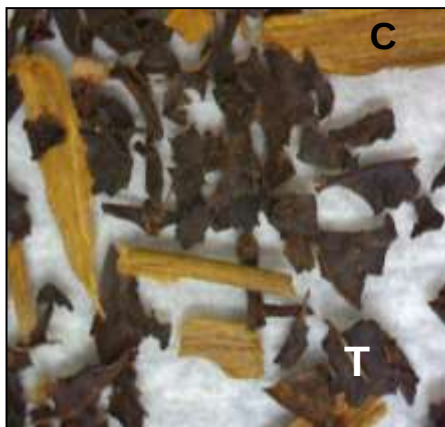


Figura 22: Muestra compleja 2, correspondiente a hojas de té color marrón, finamente trozadas (T), con trozos de canela (C).

4.1.1.2.3 Muestra 3. Té Verde con Menta

La muestra N°3 se presentó bajo la forma de material trozado en bolsa. Se trata de fragmentos de hojas de color verde oliva o amarronados y fragmentos de hojas verdes punteado-glandulosas.

Se observaron restos de tallos en la muestra, probablemente provenientes de la menta (Fig. 23).

No se observó material extraño a la muestra.



Figura 23: Muestra compleja N°3, correspondiente a hojas trozadas de té color verde amarronado (**T**), con trozos de tallo (**t**) y hojas de menta (**M**).

4.1.1.2.4 Muestra 4. Té, Rosa Mosqueta e Hibiscus

La muestra N°4 se presentó bajo la forma de material trozado en bolsa.

Se trata de hojas de té de color marrón oscuro, frutos partidos de rosa mosqueta y flores de Hibiscus (Fig.24).

No se observó material extraño a la muestra.



Figura 24: Muestra compleja 4, correspondiente a hojas de té color marrón trozado (**T**), frutos de rosa mosqueta (**RM**) y flores de Hibiscus (**H**).

4.1.1.2.5 Muestra 5. Té Blanco, Lychee y Cedrón

La muestra N°5 se presentó bajo la forma de material trozado en bolsa.

Se trata de fragmentos de hojas de té color verde grisáceo, hojas verde claras con pubescencia laxa, punteado-glandulosas, corpúsculos esféricos blancos, pequeños, muy duros al tacto, y otros amarillos más pequeños. También se observaron estructuras en forma de bastones, de color ámbar y con extremos redondeados. Tanto los corpúsculos esféricos como los bastones se disolvieron en contacto con agua caliente despidiendo un aroma frutado.

No se observaron estructuras afines con frutos de Lychee (Fig. 25).



Figura 25: Muestra compleja 5, correspondiente a hojas de té trozadas de color verde grisáceo (T), con corpúsculos blancos (cb), amarillos (ca), bastones (b) y fragmentos de hojas de cedrón (C).

4.1.1.2.6 Muestra 6. Té rojo, Rosa mosqueta e Hibiscus

La muestra N°6 se presentó bajo las formas de material trozado en bolsa.

Se trata de hojas de té color marrón oscuro, frutos enteros de rosa mosqueta y flores de Hibiscus (Fig. 26).

No se observa material extraño a la muestra.



Figura 26: muestra compleja, correspondiente a hojas de té color marrón finamente trozadas (**T**), con frutos de rosa mosqueta (**RM**) y flores de Hibiscus (**H**).

4.1.2 ANÁLISIS MICROSCÓPICO

El análisis microscópico constituye un estudio de enorme relevancia en el análisis de un material vegetal, dada la gran información que brinda. La técnica principal empleada para el análisis de las muestras de hojas de té fue la obtención de disociados o macerados leves. Esa técnica es sencilla de aplicar en un laboratorio de baja complejidad y brinda gran cantidad de información, constituyendo una formidable herramienta en el análisis de muestras de té.

El análisis comprende la observación, descripción, medición y análisis histoquímico de las estructuras microscópicas que conforman el material vegetal y la determinación de estructuras extrañas ajenas a las muestras.

Teniendo en cuenta estas premisas, se efectuó el análisis microscópico de 15 muestras de diferentes tipos de té y de 6 muestras complejas constituidas por hojas de té y de hierbas para infusiones, cuyos resultados se presentan a continuación.

4.1.2.1 Observación de disociados leves

Se analizaron los disociados realizados a las muestras simples de té y a las muestras complejas.

Como material de referencia de té se empleó una muestra proveniente de la colección en frascos de drogas vegetales de la Cátedra de Farmacobotánica, Facultad de Farmacia y Bioquímica – UBA.

4.1.2.2 Muestra de Té de Referencia

En el disociado se distinguen fragmentos de epidermis sin estomas y con células levemente onduladas, y fragmentos de epidermis con células de paredes sinuosas y estomas anomocíticos; tricomas simples, eglandulares, unicelulares, de pared gruesa y base curvada; células parenquimáticas con contenido oscuro; esclereidas irregulares alargadas, con o sin ramificaciones; cristales de oxalato de calcio bajo la forma de drusas; fibras y tráqueas espiraladas y reticuladas (Fig. 27).

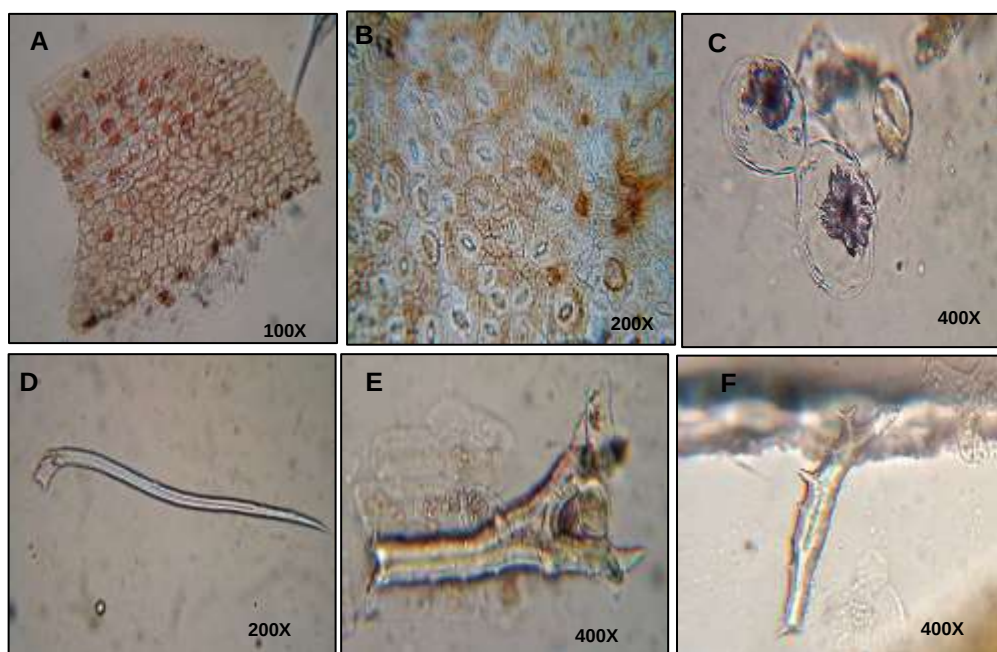


Figura 27: Muestra de té de referencia. A: epidermis superior; B: epidermis inferior con estomas; C: drusas; D: tricoma unicelular; E-F: esclereidas irregulares.

4.1.2.3 MUESTRAS SIMPLES

4.1.2.3.1 Té Blanco

En las muestras N° 7 y 11 se observaron esclereidas irregulares de pared fina y de pared gruesa. En la muestra N°8 no se observó la presencia de esclereidas. En todas las muestras estaban presentes estomas anomocíticos, gran cantidad de tricomas simples, eglandulares unicelulares, células parenquimáticas y tráqueas anilladas y espiraladas (Fig. 28).

No en todas las muestras se observaron drusas de oxalato de calcio. No se observó ninguna estructura que no corresponda a la muestra.

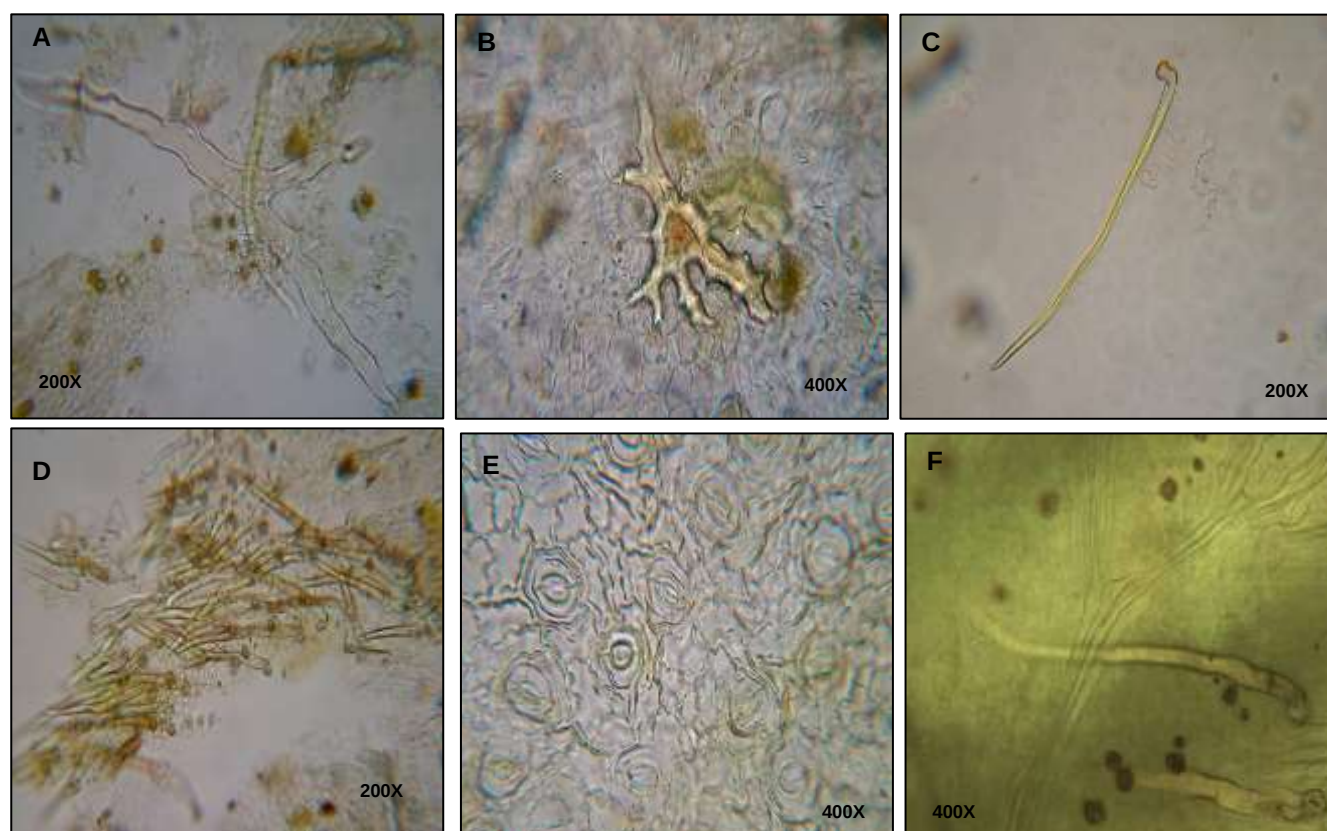


Figura 28: Té blanco. A-B: observación de esclereidas irregulares; C: tricoma unicelular solo; D: fragmento con tricomas agrupados; E: estomas anomocíticos; F: drusas oxalato de calcio y tricomas.

4.1.2.3.2 Té Verde

En las muestras de té verde N° 1, 2 y 15, se observó la presencia de epidermis con estomas anomocíticos en la superficie abaxial, drusas de oxalato de calcio, esclereidas irregulares y tricomas: simples, eglandulares unicelulares.

Además, se observaron células parenquimáticas y tráqueas anilladas y espiraladas.

En la muestra N°1 se observó un tipo de pelo extraño a la muestra. (Fig. 29).



Figura 29: Té verde A-B: esclereidas irregulares; C: estomas anomocíticos; D: tricoma: simple, eglandular unicelular, E: drusas, F: pelo malpigiáceo.

4.1.2.3.3 Té Oolong

En las muestras N° 9, 12 y 14, se observaron estomas anomocíticos en epidermis inferior, tricomas: simples, eglandulares unicelulares, esclereidas irregulares y drusas de oxalato de calcio. Sólo en la muestra N°12 no se observaron drusas.

Además, se observaron células parenquimáticas y tráqueas espiraladas y anilladas (Fig. 30).

No se encontró ninguna estructura que no corresponda a la muestra.

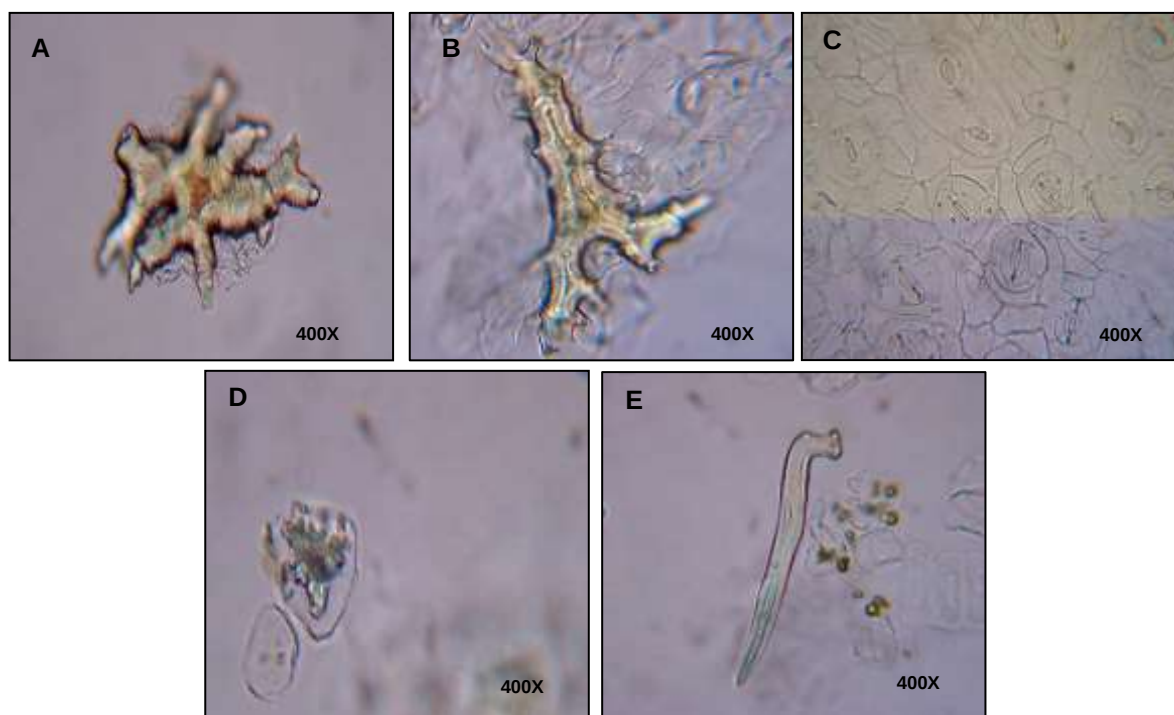


Figura 30: Té Oolong A-B: esclereidas irregulares; C: estomas anomocíticos; D: drusas; E: tricomas: simples eglandulares unicelular.

4.1.2.3.4 Té Rojo

En las muestras N°4, 5 y 13 se observaron estructuras como estomas anomocíticos en la epidermis abaxial, drusas de oxalato de calcio, esclereidas irregulares y tricomas: simples, eglandulares unicelulares.

También, se observaron células parenquimáticas y tráqueas espiraladas y anilladas (Fig. 31).

En la muestra N° 5 y 13, se encontraron algunas estructuras que no correspondían a la muestra.

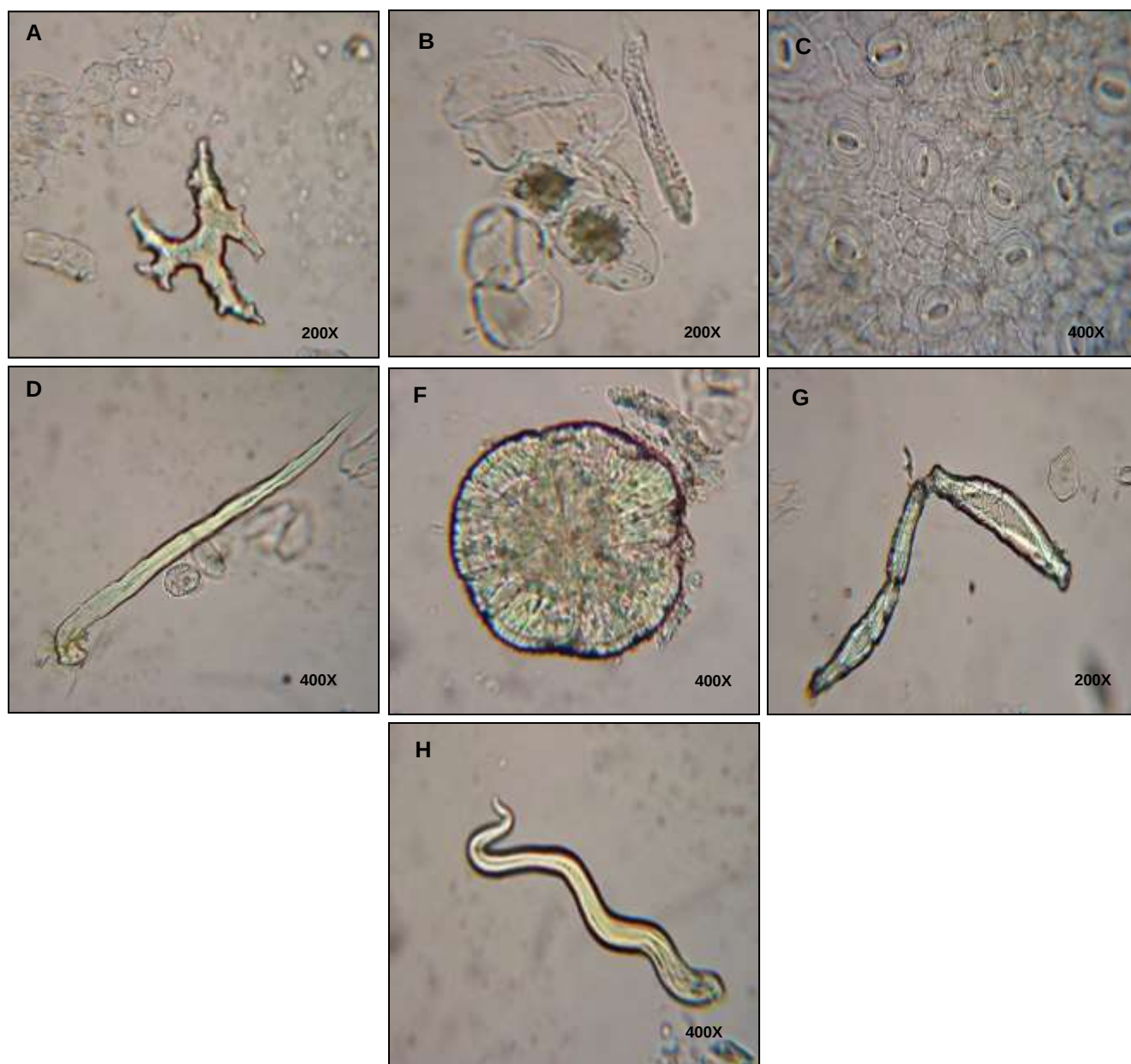


Figura 31: Té Rojo. A: esclereida irregular; B: drusas; C: estomas, D: tricoma unicelular F-H: material extraño.

4.1.2.3.5 Té Negro

En las muestras N° 3, 6 y 10 se observaron estructuras como estomas anomocíticos en la superficie abaxial, drusas de oxalato de calcio, esclereidas irregulares, y tricomas: simples, eglandulares unicelulares. También, células parenquimáticas y tráqueas espiraladas y anilladas (Fig. 32).

No se observó ninguna estructura que no corresponda a la muestra.

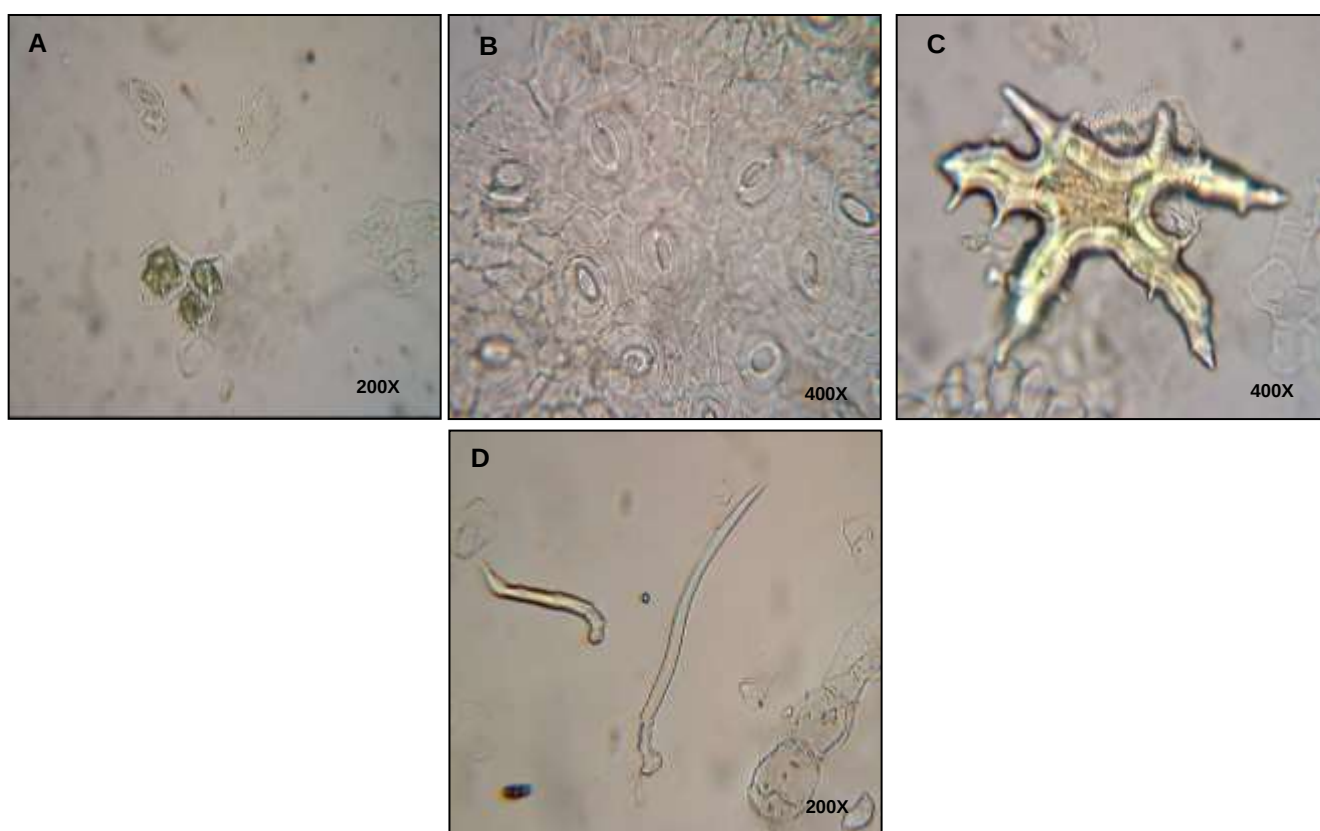


Figura 32: Té negro. A: drusas; B: estomas anomocíticos; C: esclereida irregular; D: tricomas unicelulares.

4.1.2.4 MUESTRAS COMPLEJAS

Para las muestras complejas se observaron los disociados realizados y así mismo se analizó cada componente individual para comparar las estructuras en común.

4.1.2.4.1 Muestra 1: Té Verde, Naranja y Jengibre

En la muestra compleja N° 1 se observaron estomas anomocíticos en la epidermis inferior, drusas de oxalato de calcio, esclereidas irregulares, tricomas: simples eglandulares unicelulares, células parenquimáticas, tráqueas espiraladas y anilladas. Todos estos elementos son afines con el té verde (Fig. 33 A-B). Se observaron, además, cristales de oxalato de calcio en forma de prisma y estomas ciclocíticos, afines con cáscara de naranja. Fibras largas y gruesas, células parenquimáticas grandes, redondeadas a ovaladas, y tráqueas anchas fueron afines con jengibre (Fig. 33 C-D).

En esta muestra, además del disociado, se analizó el polvillo presente para la observación de almidón. Se identificaron células grandes con granos de almidón ovalados, algunos con estrías excéntricas, elementos que son afines con jengibre (Fig. 33 E).

Se observó una estructura que no corresponde a la muestra (Fig. 33 I).

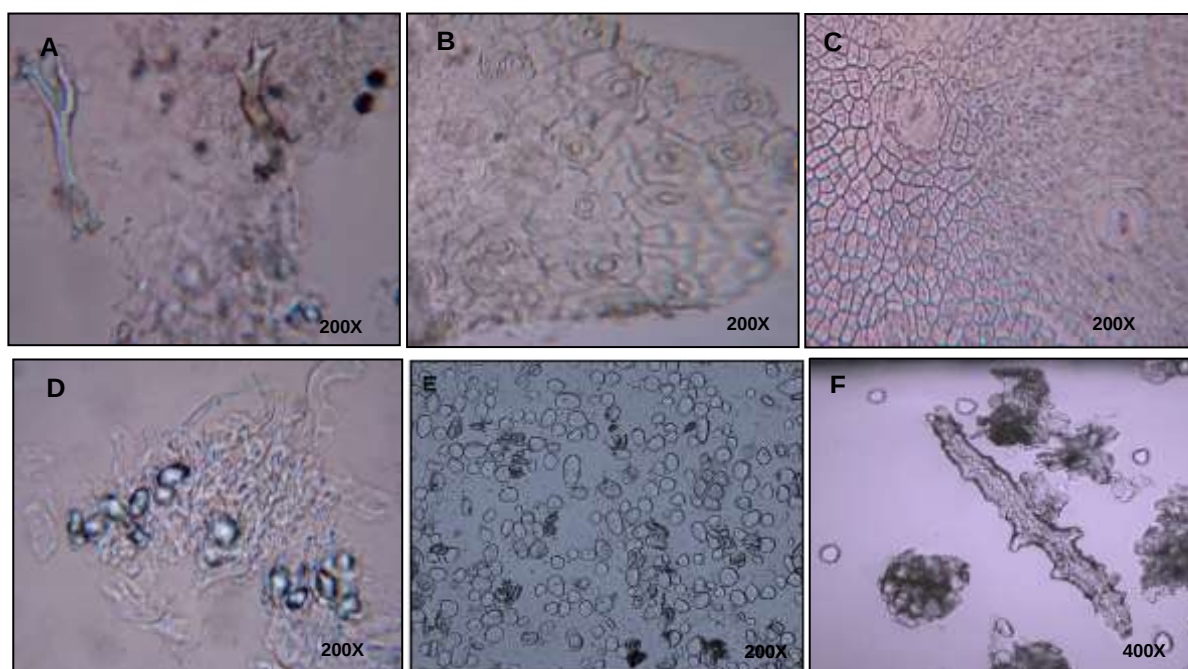
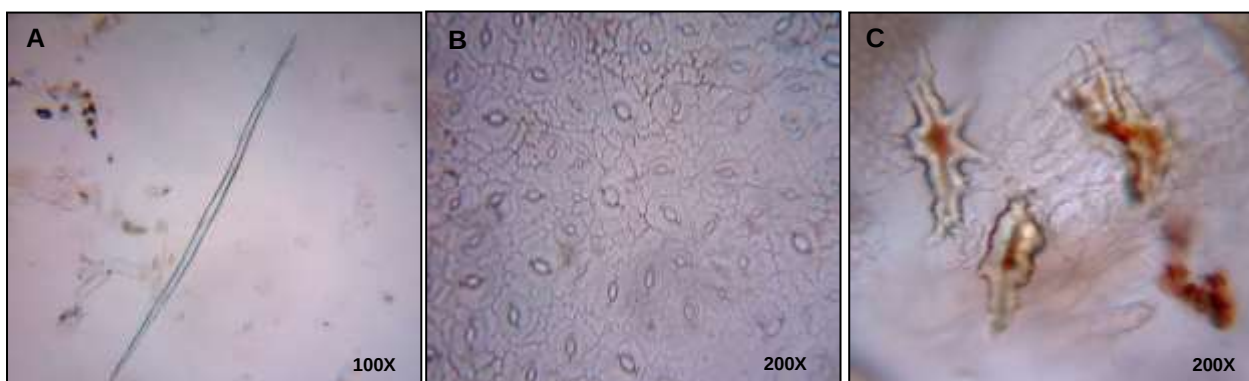




Figura 33: Muestra compleja 1: A: esclereidas irregulares y drusas; B: estomas anomocíticos; A-B: elementos afines con té; C: estomas ciclocíticos; D: cristales prismáticos; C-D: afines con naranja; E: granos de almidón (muestra en polvo), afines al jengibre; F: Granos de almidón de jengibre y esclereida de té, (muestra en polvo) G: Granos de almidón de jengibre y tricoma: simple, eglandular de té (muestra en polvo) H: Granos de almidón y tráqueas de jengibre, (muestra en polvo) I: corresponde a un pelo malpigiáceo (impureza).

4.1.2.4.2 Muestra 2: Té, Vainilla y Canela

En la muestra compleja N° 2 se observaron tricomas: simples, eglandulares unicelulares, esclereidas irregulares, estomas anomocíticos en una sola epidermis, drusas de oxalato de calcio, células parenquimáticas y tráqueas anilladas y espiraladas. Todos son elementos afines con la hoja de té (Fig. 34 A-D). Además, se observaron fibras de paredes gruesas y esclereidas isodiamétricas o alargadas con puntuaciones ramificadas, elementos afines con canela (Fig. 34 E-G). En esta muestra también se analizó el polvillo, en el cual se observaron numerosos granos de almidón pequeños, aislados o en grupos, correspondientes a la canela (Fig. 34 F-G). No se hallaron elementos de vainilla ni en el disociado ni en el polvo. No se observó ninguna estructura ajena a la muestra.



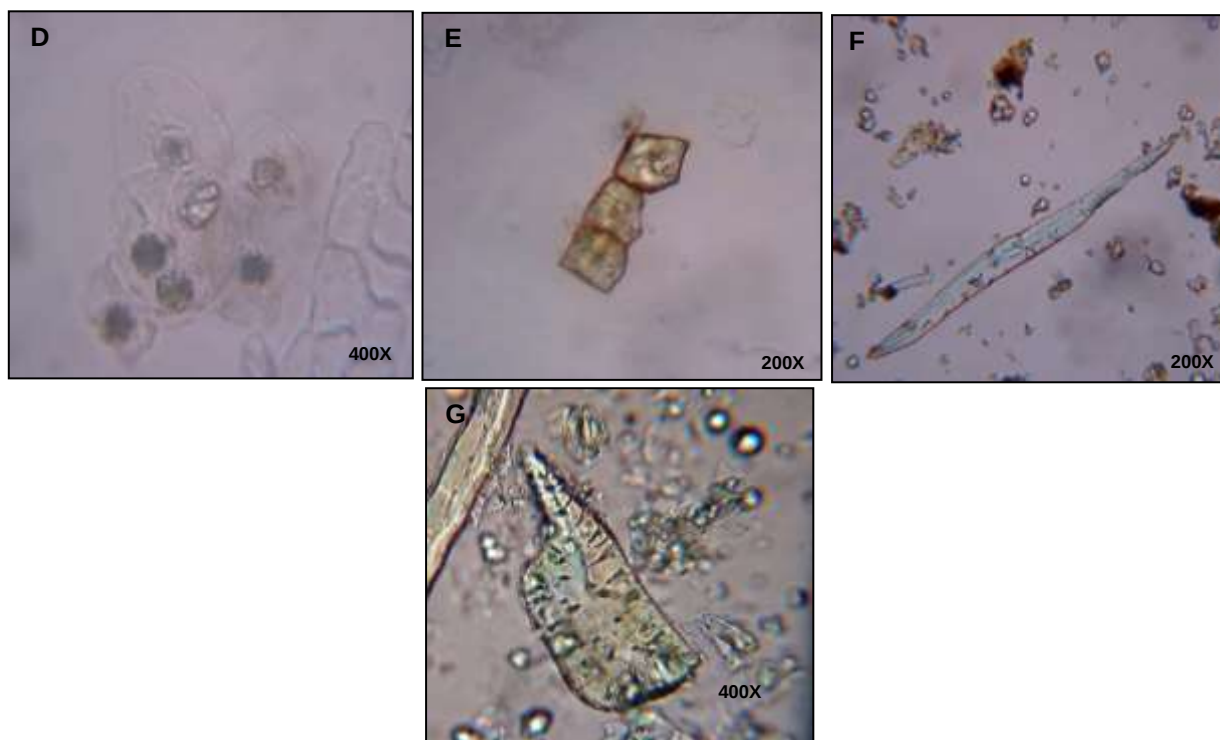


Figura 34: Muestra compleja 2. A: tricoma unicelular; B: epidermis con estomas; C: esclereidas irregulares; D: drusas; A-D: afines con té; E: esclereidas isodiamétricas; F: fibra y granos de almidón (polvo); G: esclereida alargada y granos de almidón (polvo); E-G: elementos afines con canela.

4.1.2.4.3 Muestra 3: Té Verde con Menta

En la muestra compleja N° 3 se observaron estomas anomocíticos en epidermis inferior, esclereidas irregulares, tricomas: simples, eglandulares unicelulares, drusas, células parenquimáticas y tráqueas anilladas y espiraladas. Todos estos elementos son afines con té verde (Fig. 35 A-B).

Además, se observaron tricomas eglandulares pluricelulares, abundantes tricomas glandulares de cabeza pluricelular y de cabeza unicelular, y epidermis con estomas diacíticos. Estos elementos son afines con hoja de menta (Fig. 35 C-D).

No se observó ninguna estructura que no corresponda a la muestra.



Figura 35: Muestra compleja 3. A: epidermis con estomas anomocíticos y pelo unicelular; B: esclereidas irregulares y tráqueas; A-B: elementos afines con té; C: epidermis con estomas diacíticos, pelos glandulares de cabeza pluricelular y de cabeza unicelular; D: pelo eglandular pluricelular; C-D: afines con menta.

4.1.2.4.4 Muestra 4: Té con Rosa Mosqueta e Hibiscus

En la muestra compleja N°4 se observaron estomas anomocíticos en epidermis inferior, drusas de oxalato de calcio, esclereidas irregulares, tricomas: simples, eglandulares unicelulares con base curvada, células parenquimáticas y tráqueas anilladas y espiraladas. Estos elementos son afines con té (Fig. 36 A-B).

Se observaron, además, células epidérmicas poligonales, drusas de menor tamaño y tricomas eglandulares unicelulares, cortos y largos. Estos elementos fueron afines con rosa mosqueta (Fig. 36 C-E).

También, se distinguieron células poligonales de color rojizo, tricomas eglandulares largos y delgados y tricomas glandulares pluricelulares, cortos y largos. Estos elementos fueron afines con Hibiscus (Fig. 37).

No se observó ninguna estructura que no corresponda a la muestra.

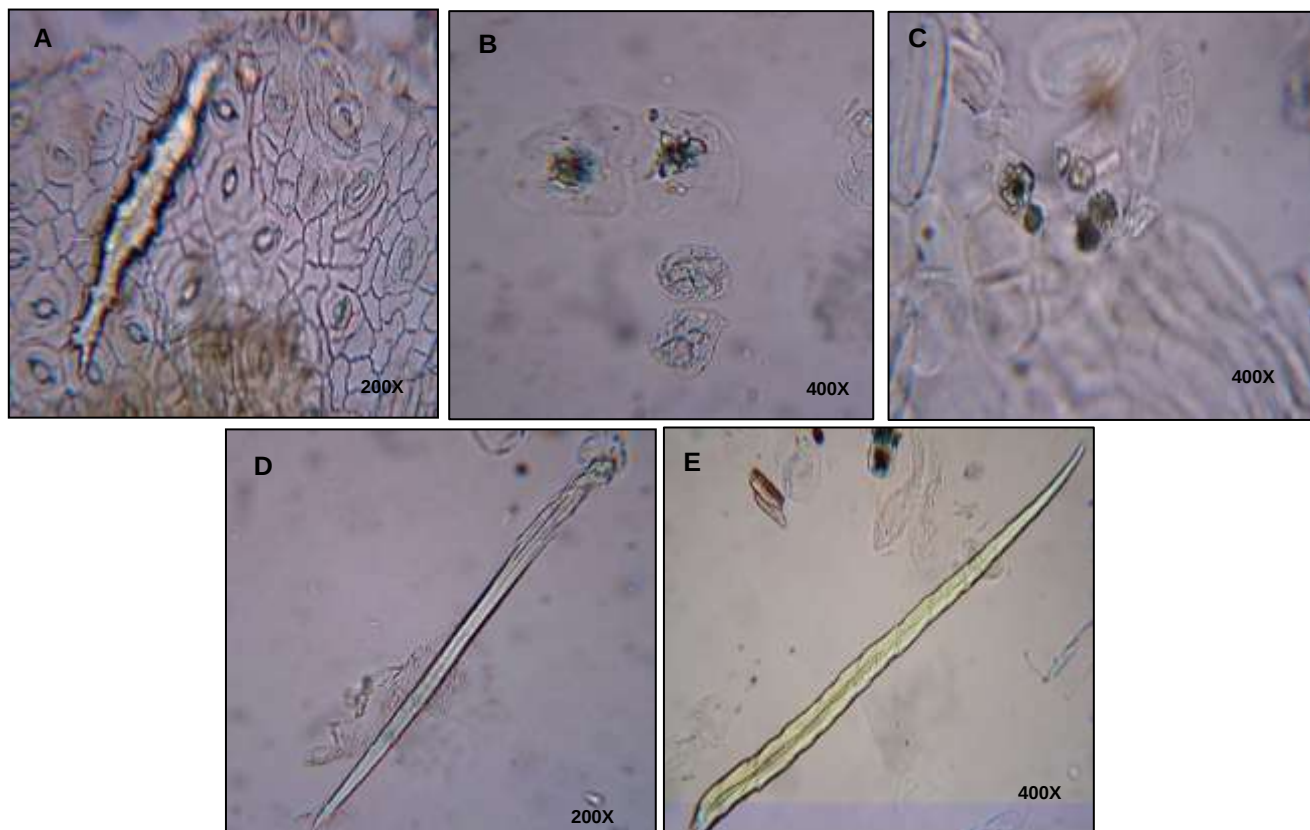


Figura 36: Muestra compleja 4. A: esclereida irregular y estomas anomocíticos; B: drusas grandes; A-B: elementos afines con té; C: drusas más pequeñas; D-E: tricomas eglandulares, unicelulares largos; C-E: afines con rosa mosqueta.

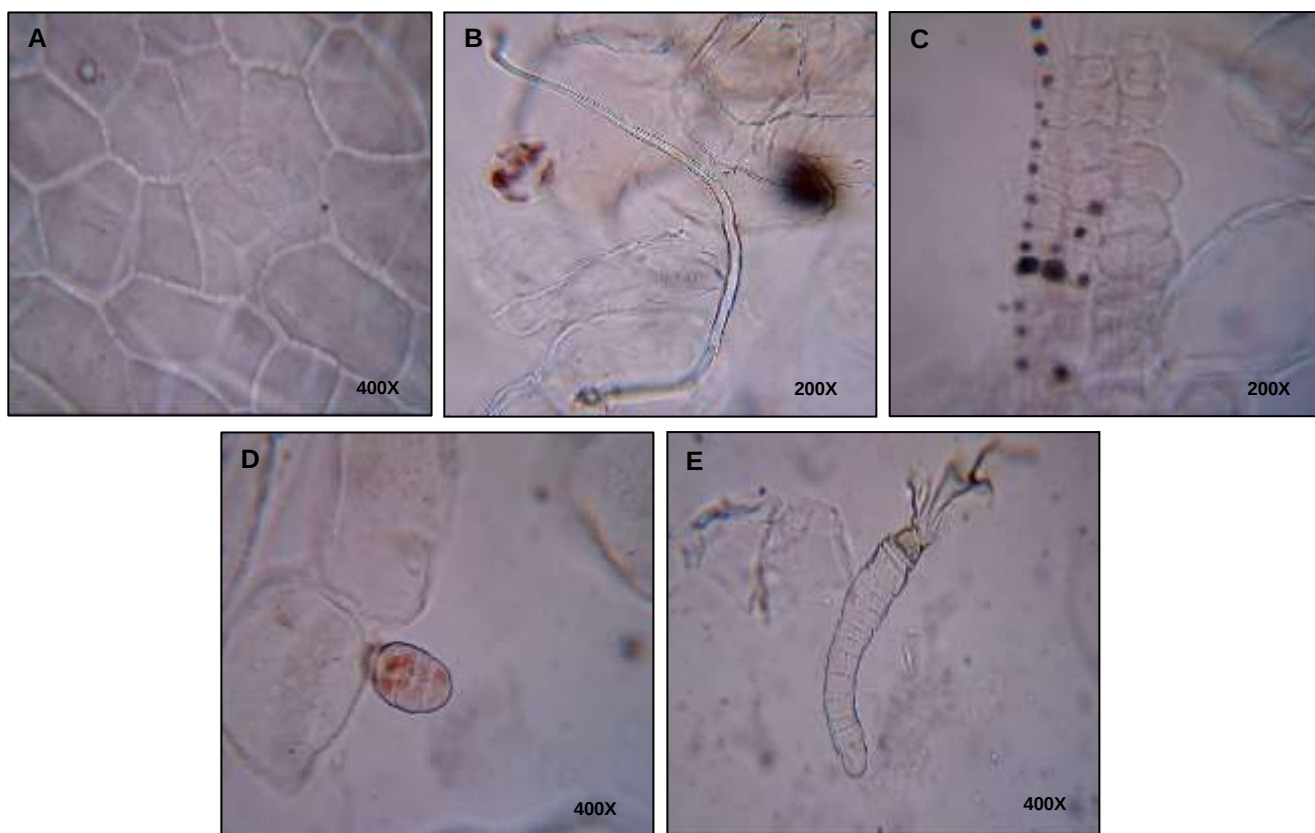


Figura 37: Muestra compleja 4. A: epidermis con células poligonales; B: tricoma eglandular; C: drusas; D: tricoma glandular corto; E: tricoma glandular largo. A-E: elementos afines con Hibiscus.

4.1.2.4.5 Muestra 5: Té Blanco, Lychee y Cedrón

En la muestra compleja N° 5 se observaron esclereidas irregulares, estomas anomocíticos en epidermis inferior, drusas escasas, tricomas: simples, eglandulares unicelulares numerosos, células parenquimáticas y tráqueas anilladas y espiraladas. Todos estos elementos fueron afines con té blanco (Fig. 38 A-B).

Se observaron, además, células epidérmicas con cutícula estriada y estomas anomocíticos, pelos cistolíticos con roseta basal, pelos cistolíticos adpresos y pelos glandulares cortos con cabeza unicelular. Estos elementos fueron afines con hoja de cedrón (Fig. 38 C-H).

Los corpúsculos esféricos blancos y amarillos y los bastones de color ámbar, no se observan en el disociado. No se pudo distinguir elementos de frutos de Lychee.

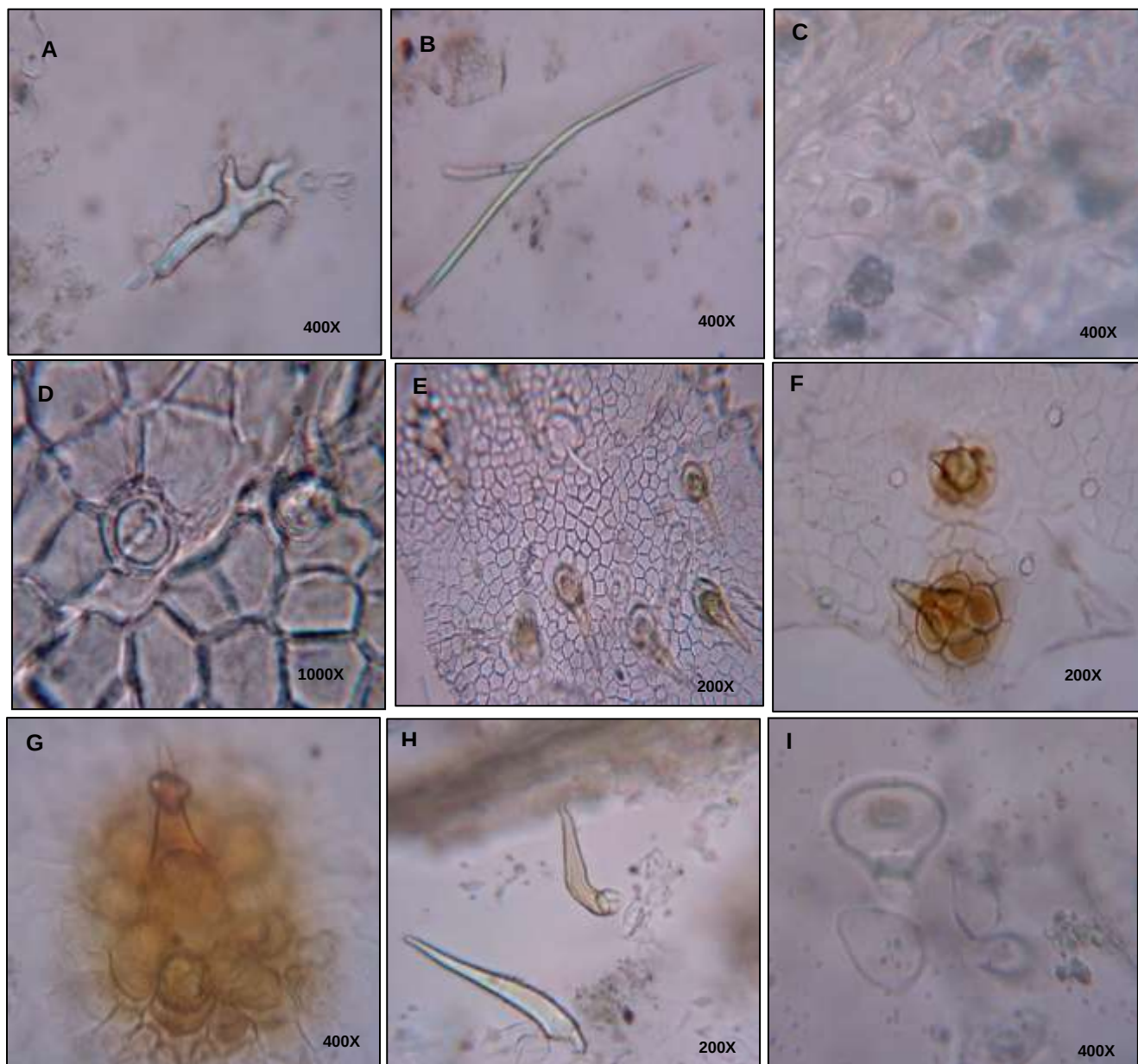


Figura 38: Muestra compleja 5. A: esclereida irregular; B: tricoma unicelular; C: drusas, A-C: elementos afines con té; D: epidermis con cutícula estriada y estomas anomocíticos; E: epidermis con pelos cistolíticos; F-G: pelos cistolíticos con roseta basal; H: pelos adpresos; I: pelo glandular de cabeza unicelular; D-I: afines con cedrón.

4.1.2.4.6 Muestra 6: Té rojo, Rosa mosqueta e Hibiscus

En la muestra compleja N° 6 se observaron estomas anomocíticos en epidermis inferior, drusas de oxalato de calcio, esclereidas irregulares, tricomas: simples, eglandulares unicelulares, células parenquimáticas y tráqueas anilladas y espiraladas. Estos elementos fueron afines con hoja de té rojo (Fig. 39 A-C).

Se observaron, además, células epidérmicas poligonales, drusas de menor tamaño y tricomas eglandulares unicelulares, cortos y largos. Estos elementos fueron afines con rosa mosqueta (Fig. 39 D).

También, se distinguieron células poligonales de color rojizo, tricomas eglandulares largos y flexuosos y tricomas glandulares pluricelulares, cortos y largos. Estos elementos fueron afines con Hibiscus (Fig. 39 E-F).

No se observó ninguna estructura que no corresponda a la muestra.

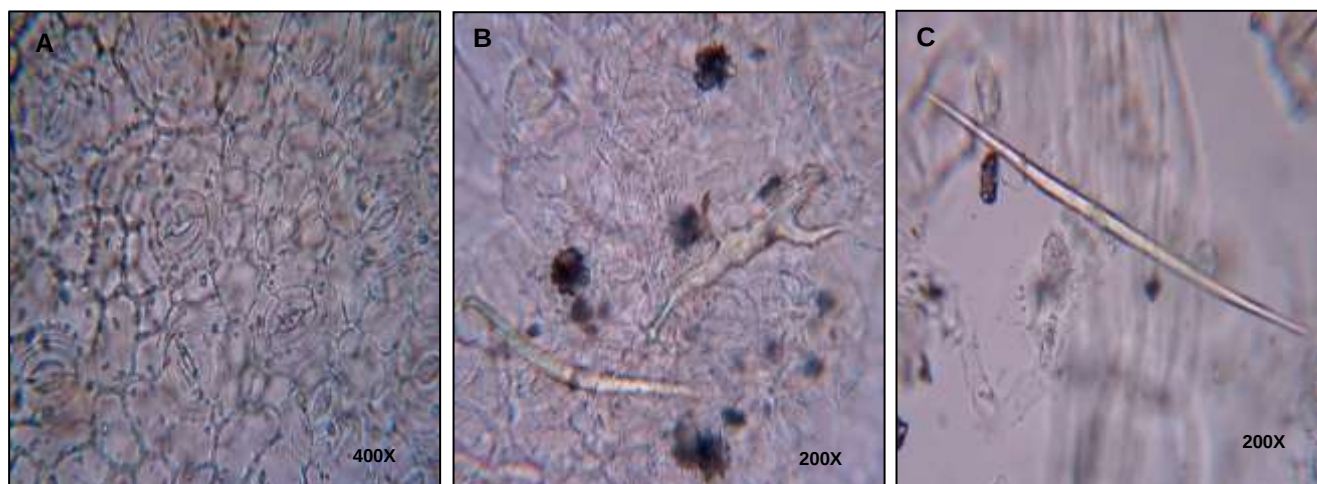




Figura 39: Muestra compleja 6. A: epidermis con estomas anomocíticos; B: esclereidas irregulares y drusas; C: tricoma unicelular; A-C: elementos afines con té; D: tricoma unicelular grueso, afín con rosa mosqueta; E: tricoma unicelular flexuoso; F: tricoma glandular pluricelular, capitado; E-F: elementos afines con Hibiscus.

4.1.2.5 Micrometría (microscopía cuantitativa)

Se midieron las estructuras que conforman el material vegetal como estomas, tricomas, drusas y esclereidas en las muestras de té blanco, verde, Oolong, rojo y negro. Los resultados se expresaron como promedio en estomas y drusas, y rango en esclereidas y tricomas de 10 mediciones.

TÉ BLANCO				
Elementos (μm)				
Mediciones en Micrómetros	Estomas (LxA)	Tricomas	Drusas	Esclereidas
	26,40 x 24,74	214,61	10,2	81,37
	28,30 x 24,35	242,44	12,97	111,4
	24,53 x 25,53	297,34	14,37	112,45
	32,61 x 26,88	346	9,43	125,49
	24,04 x 22,47	346,65	9,9	132,67
	29,13 x 26,32	389,18	12,21	135,17
	27,90 x 27,73	403,57	9,85	137,01
	24,70 x 25,05	488,75	12,34	175,53
	26,45 x 26,75	557,04	8,94	197,53
	31,77 x 23,71	725,37	9,43	204,38
Promedio	27,58 x 25,35	401,095	10,964	141,3
Rango		214,61 - 725,37	8,94-14,34	81,37 - 204,38

Tabla 3: Mediciones de estructuras celulares en muestra simple de té blanco.

TÉ VERDE				
Elementos (μm)				
Mediciones en Micrómetros	Estomas	Tricomas	Drusas	Esclereidas
	23,09 x 16,91	202,02	11,63	114,48
	21,54 x 16,6	216,89	12,59	116,89
	22,85 x 16,12	252,11	11,7	139,99
	26,26 x 20,56	274,48	13,04	149,34
	30,02 x 19,72	424,62	12,65	168,38
	28,19 x 19,31	474,8	13,3	186,67
	34,79 x 26,91	476,8	12,21	196,22
	36,24 x 32,26	505,91	15,13	230,55
	32,64 x 33,16	572,62	11,32	396,4
	34,93 x 23,26	575,82	16,2	428,33
Promedio	29,05 x 22,48	397,607	12,977	212,725
Rango		202,02 - 575,82	11,7-15,13	114,48 - 428,33

Tabla 4: Mediciones de estructuras celulares en muestra simple de té verde.

TÉ OOLONG				
Elementos (µm)				
Mediciones en micrómetros	Estomas	Tricomas	Drusas	Esclereidas
	32,84 x 23,02	253,5	25,25	112,19
	34,51 x 30,62	264,54	30	121,06
	29,20 x 22,81	266,36	18,11	128,53
	22,21 x 21,62	267,21	20,58	134,26
	29,64 x 27,28	271,59	18,8	145,05
	29,84 x 25,50	282,55	17	150,94
	25,20 x 23,40	290,75	14,87	161,3
	29,79 x 29,26	292,2	17,58	162,8
	28,63 x 25,37	304,81	14,87	186,77
	33,24 x 26,40	335,51	14,34	189,9
Promedio	29,51 x 25,53	282,902	19,14	149,28
Rango		253,5 - 335,5	14,34-25,25	112,19 - 189,9

Tabla 5: Mediciones de estructuras celulares en muestra simple de té Oolong.

TÉ ROJO				
Elementos (µm)				
Mediciones en micrómetros	Estomas	Tricomas	Drusas	Esclereidas
	31,01 x 21,84	139,24	18,92	79,56
	33,20 x 24,08	173,52	16,84	88,65
	27,77 x 24,76	261,09	17,45	89,54
	34,64 x 25,69	267,26	17,28	98,04
	27,55 x 20,85	375,78	22,47	115,81
	27,66 x 19,24	419,74	18,9	117,63
	27,41 x 26,57	500,42	19,95	125,85
	27,84 x 25,43	543,57	19,23	132,35
	26,57 x 21,21	657,95	13,89	201,23
	24,41 x 23,22	675,76	17,05	215,76
Promedio	28,81± x 23,29 ±	401,433	18,198	126,442
Rango		139,24-675,76	13,89-22,47	79,56-215,76

Tabla 6: Mediciones de estructuras celulares en muestra simple de té rojo.

TÉ NEGRO				
Elementos (μm)				
Mediciones en micrómetros	Estomas	Tricomas	Drusas	Esclereidas
	29,46 x 24,92	123,32	11,18	54,15
	29,61 x 24,20	131,31	20,94	89,32
	29,20 x 25,66	145,28	15,26	91,74
	24,65 x 27,99	156,98	17,14	91,74
	29,68 x 25,68	161,22	16,55	92,04
	27,46 x 28,54	182,12	17,69	109,11
	32,03 x 30,38	196,5	23,36	112,88
	27,12 x 27,16	278,02	24,66	113,01
	31,51 x 30,08	316,23	15,37	212,84
	28,68 x 28,09	329,16	24,22	260,48
Promedio	28,94 x 27,27	202,014	18,637	122,731
Rango		123,32-329,16	11,18-24,22	54,15-260,48

Tabla 7: Mediciones de estructuras celulares en muestra simple de té negro.

Tipo de té	Estomas (promedio)	Tricomas (promedio)	Drusas (promedio)	Esclereidas (promedio)
Blanco	27,58±2,9 x			
	25,35±1,5	401,95±154	10±1,85	141,3±39
Verde	29,05±5,4 x			
	22,48±6,3	397,607±146	12,97±1,56	212,725±111
Oolong	29,51 ±3,6 x			
	25,53±2,9	282,902±24,1	19,1±5	149,28±26
Rojo	28,81±3,1 x			
	23,29±2,4	401,433±191	18,2±2,27	126,442±46
Negro	28,94 ±2,14 x			
	27,27 ±2,12	202,014±77,1	18,6±4,47	122,731±63,3

Tabla 8: Promedios de las mediciones de estructuras celulares en las 5 muestras de té simple.

4.1.3 ANÁLISIS HISTOQUÍMICO

La observación del transcorte de la hoja de té verde y la aplicación de técnicas histoquímicas, permitió visualizar la presencia de proantocianidinas.

Se observó la presencia de taninos condensados en los tejidos de la hoja, fundamentalmente en el parénquima empalizada y en el parénquima esponjoso, cuyas células tomaron coloración rojiza intensa.

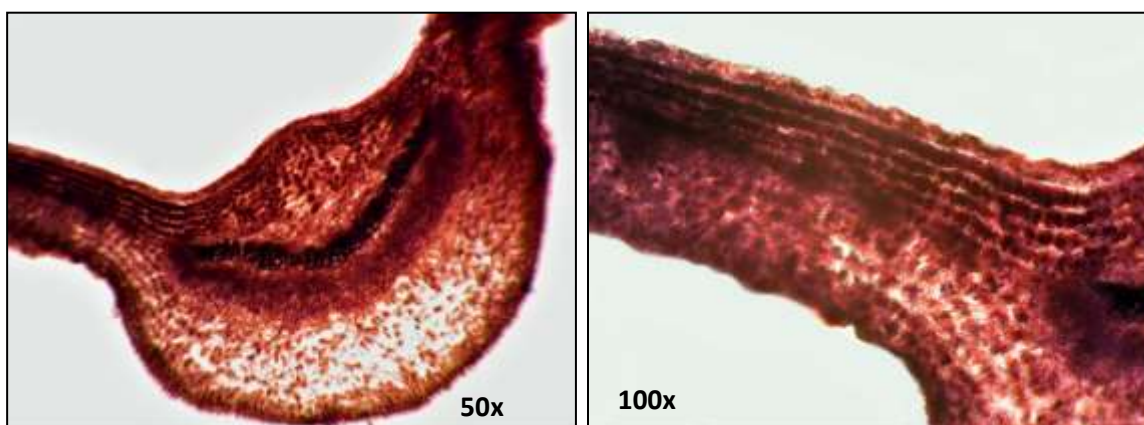


Figura 40: Transcorte de la hoja de té con reacción de vainillina para taninos condensados, catequinas y epicatequinas.

4.1.4 ANÁLISIS FITOQUÍMICO

El análisis fitoquímico comprendió la determinación del perfil cromatográfico y la cuantificación de fenoles totales, flavonoides totales, taninos condensados (basados en catequina y epicatequina), ácidos hidroxycinámicos totales, de 15 muestras simples de diferentes tipos de té: blanco, verde, Oolong, rojo y negro, cuyos resultados se muestran a continuación.

4.1.4.1 Análisis cualitativo de polifenoles (fingerprint): flavonoides y ácidos hidroxicinámicos.

Se observó un perfil de polifenoles caracterizado por la presencia de dos grupos principales de compuestos: flavonoides y derivados de ácidos hidroxicinámicos. Estos compuestos al reaccionar con el reactivo de productos naturales AEDBE revelaron varios colores a la luz ultravioleta, donde los flavonoides (F) mostraron un color anaranjado y los ácidos hidroxicinámicos (H), un color verde celeste brillante.

4.1.4.1.1 Té blanco

En las muestras de té blanco N° 7, 8 y 11, se observaron los patrones de distribución de los compuestos fenólicos (Figura 41).

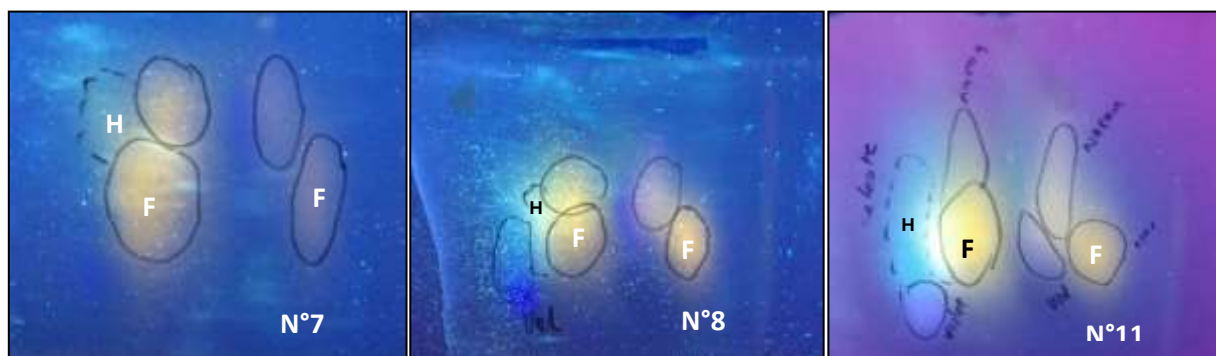


Figura 41: Cromatografías bidimensionales de los patrones de distribución de los compuestos fenólicos en muestras de té blanco.

4.1.4.1.2 Té Verde

En las muestras de té verde N° 1, 2 y 15, se observaron los patrones de distribución de los compuestos fenólicos (Figura 42).

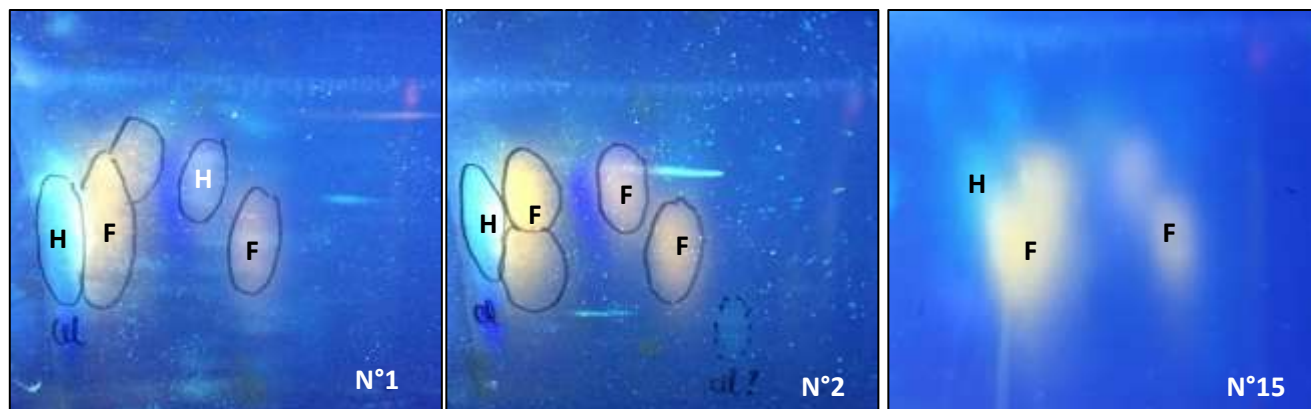


Figura 42: Cromatografías bidimensionales de los patrones de distribución de los compuestos fenólicos en muestras de té verde.

4.1.4.1.3 Té Oolong

En las muestras de té Oolong N° 9, 12 y 4, se observaron los patrones de distribución de los compuestos fenólicos (Figura 43).

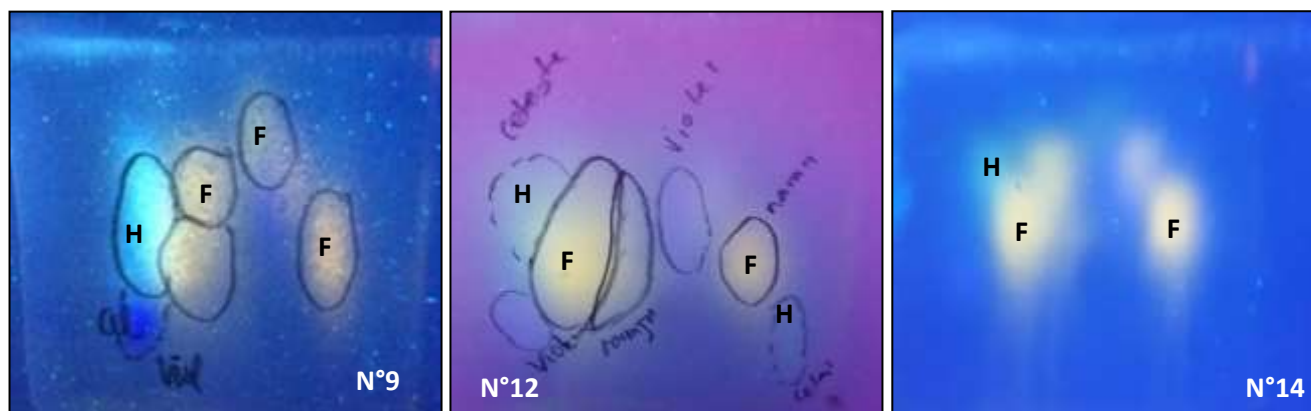


Figura 43: Cromatografías bidimensionales de los patrones de distribución de los compuestos fenólicos en muestras de té oolong.

4.1.4.1.4 Té rojo

En las muestras de té rojo N° 4, 5 y 13, se observaron los patrones de distribución de los compuestos fenólicos (Figura 44).

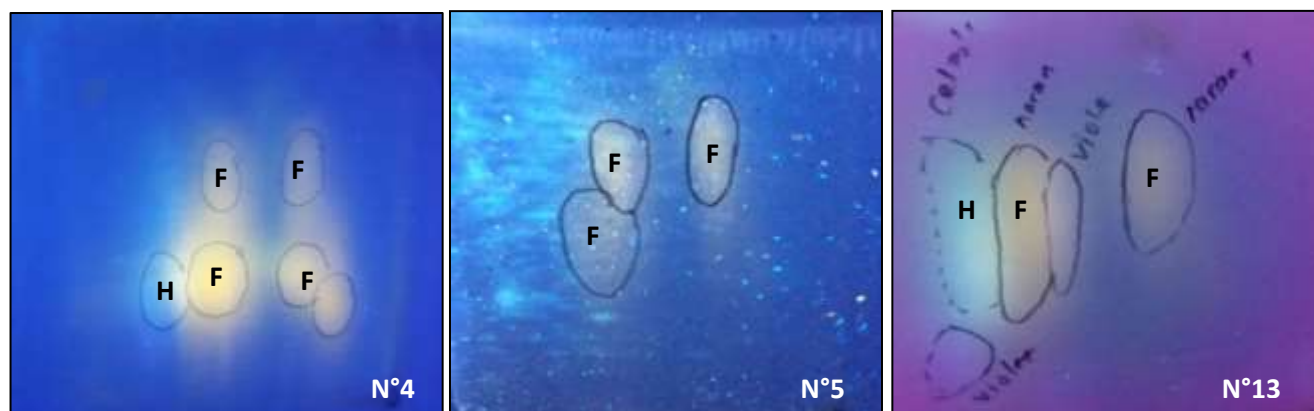


Figura 44: Cromatografías bidimensionales de los patrones de distribución de los compuestos fenólicos en muestras de té rojo.

4.1.4.1.5 Té negro

En las muestras de té negro N° 3, 6 y 10, se observaron los patrones de distribución de los compuestos fenólicos (Figura 45).

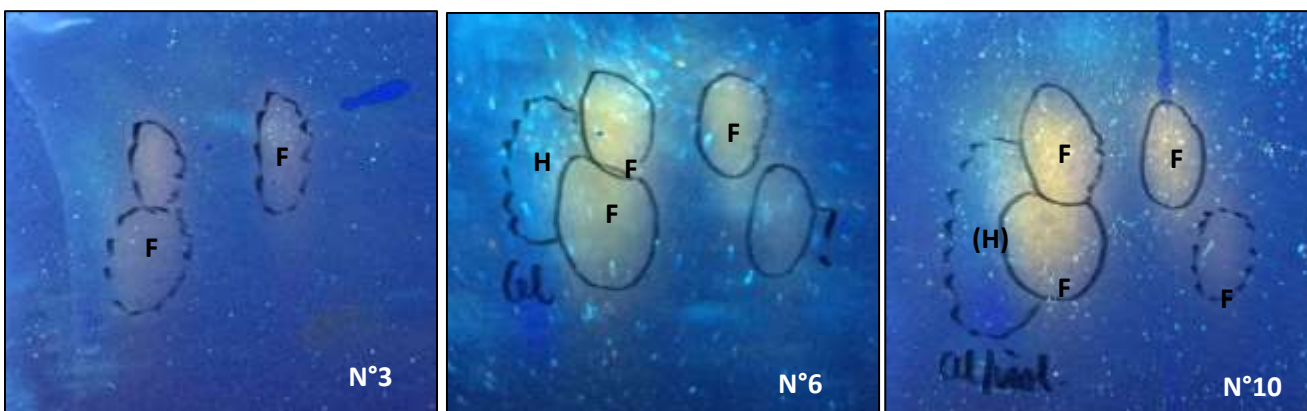


Figura 45: Cromatografías bidimensionales de los patrones de distribución de los compuestos fenólicos en muestras de té negro.

4.1.4.2 Análisis cualitativo de polifenoles: taninos

Se realizó mediante cromatografía bidimensional del EAQ. Se empleó como revelador el reactivo de vainillina / HCL. Luego del calentamiento se observa una reacción donde los compuestos adquieren una coloración rojo- fucsia (Figs 46-50).

4.1.4.2.1 Té blanco



Figura 46: Cromatografías bidimensionales de los taninos revelados con reactivo de vainillina en muestras de té blanco.

4.1.4.2.2 Té verde



Figura 47: Cromatografías bidimensionales de los taninos revelados con reactivo de vainillina en muestras de té verde.

4.1.4.2.3 Té Oolong

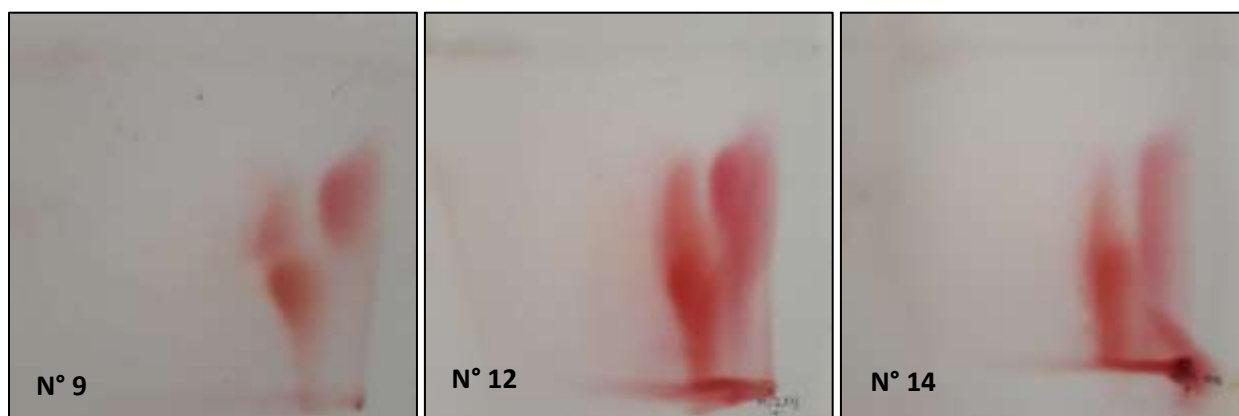


Figura 48: Cromatografías bidimensionales de los taninos revelados con reactivo de vainillina en muestras de té oolong.

4.1.4.2.4 Té rojo

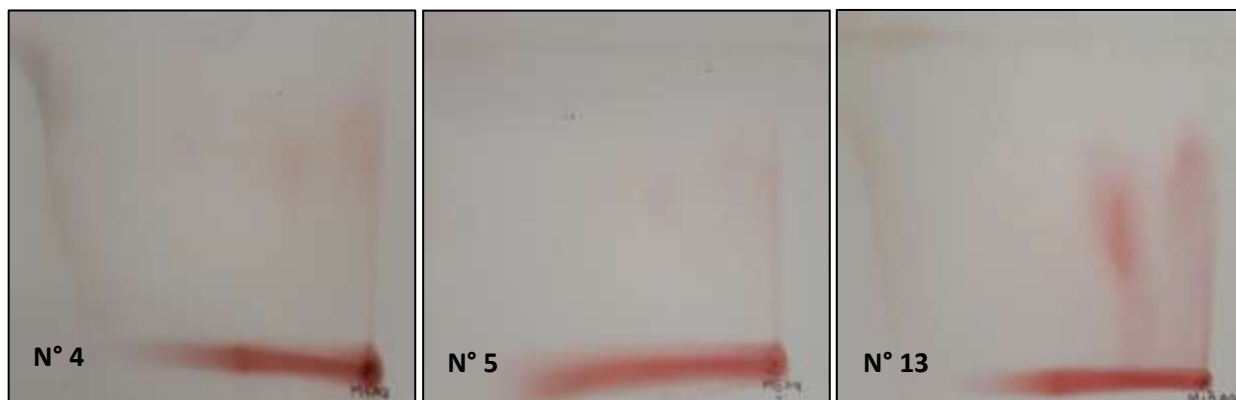


Figura 49: Cromatografías bidimensionales de los taninos revelados con reactivo de vainillina en muestras de té rojo.

4.1.4.2.5 Té negro

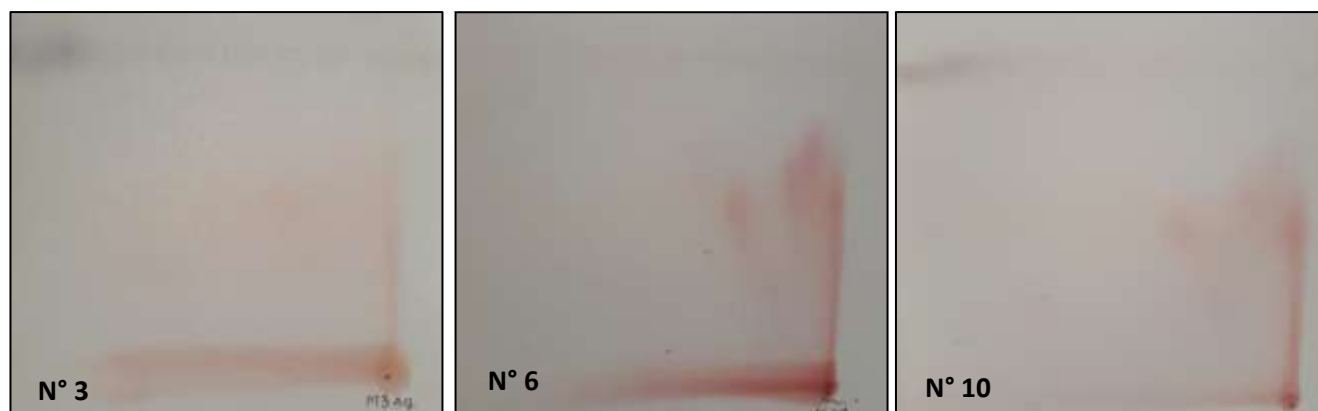


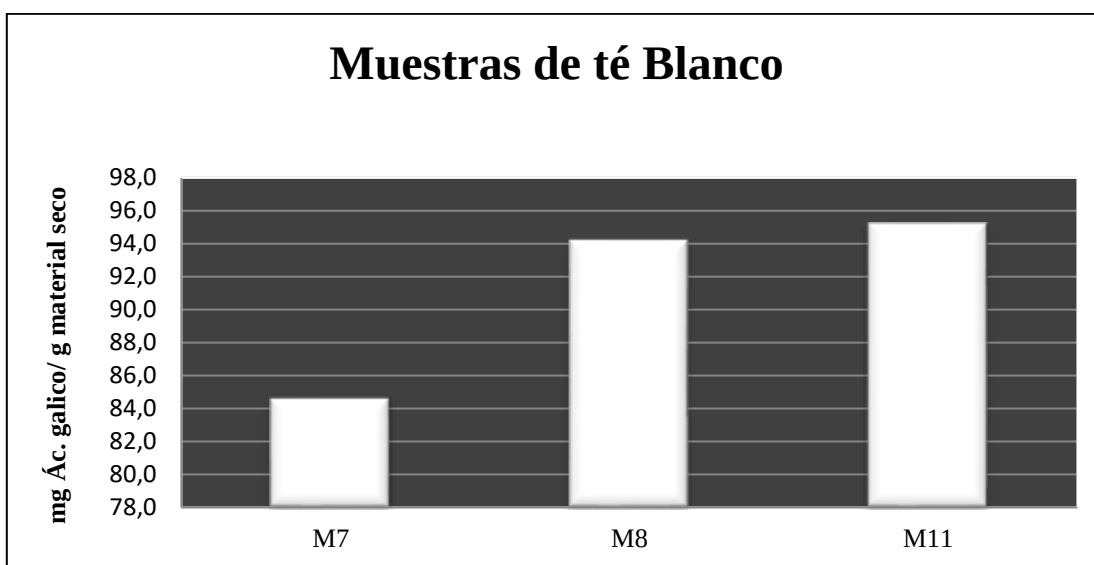
Figura 50: Cromatografías bidimensionales de los taninos revelados con reactivo de vainillina en muestras de té negro.

4.1.4.3 Análisis cuantitativos de polifenoles

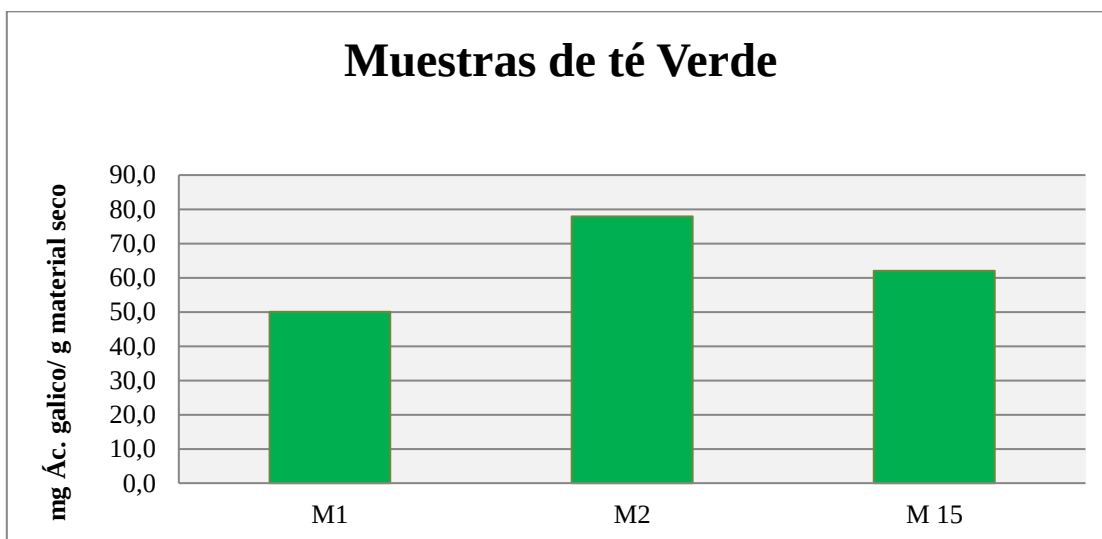
Se cuantificaron los polifenoles a través del análisis de fenoles totales, taninos, flavonoides y de ácidos hidroxicinámicos, a 15 muestras comerciales de té (blanco, verde, oolong, rojo y negro) enumeradas de la M 1 a M 15.

4.1.4.3.1 Cuantificación de fenoles totales

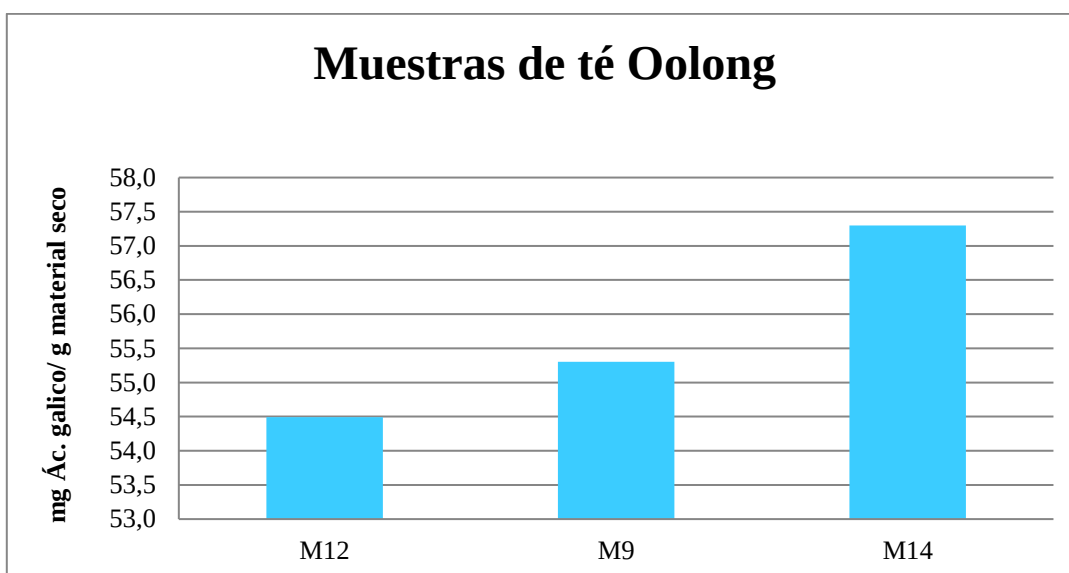
En los siguientes gráficos se muestran los resultados de la cuantificación de fenoles totales de los extractos acuosos de las diferentes muestras comerciales de té.



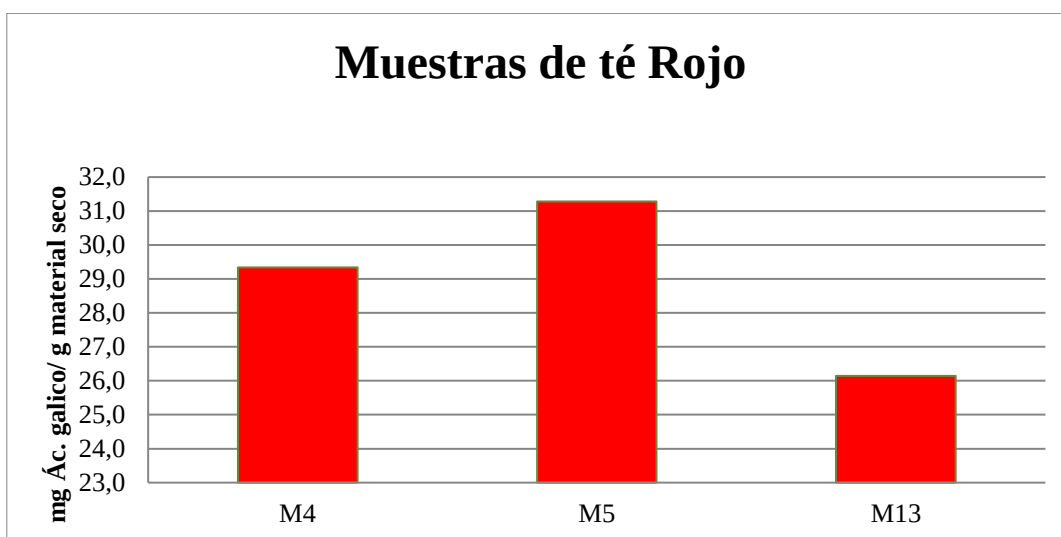
Grafica 1: Comparación de la cuantificación de fenoles totales expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG: mg ácido gálico/g material seco) en tres muestras de té blanco (M7, M8 y M11).



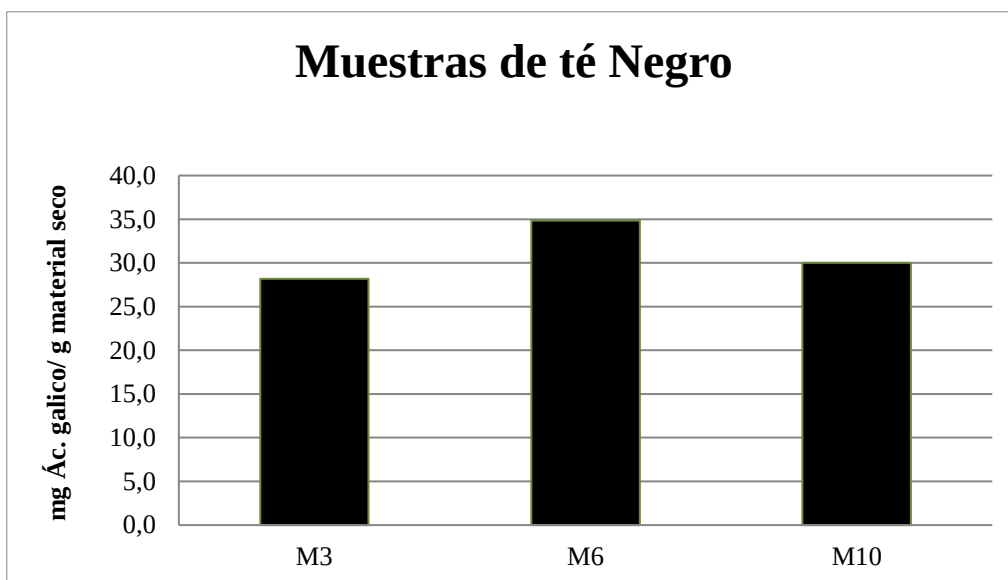
Grafica 2: Comparación de la cuantificación de fenoles totales expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG: mg ácido gálico/g material seco) en muestras de té verde (M1, M2 y M15).



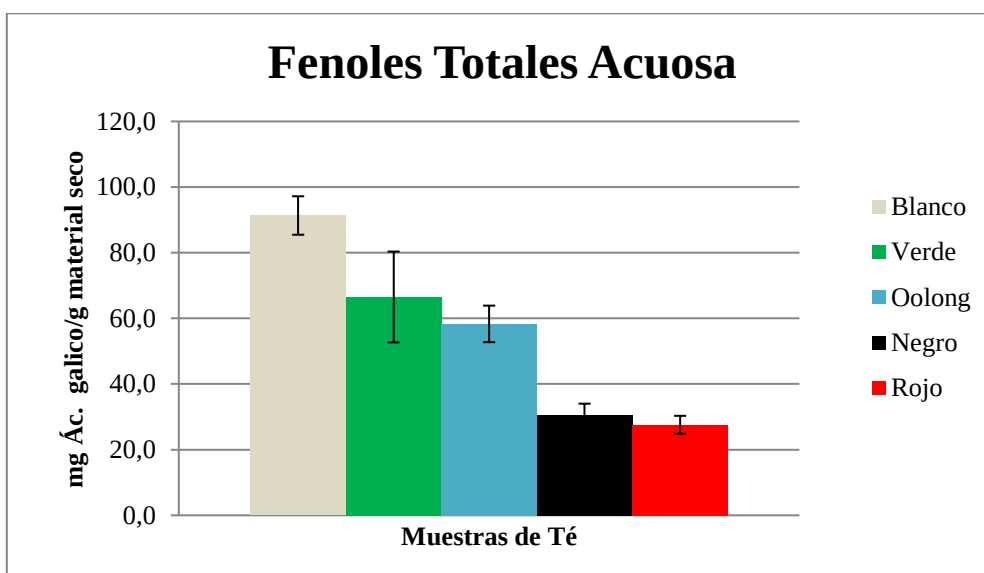
Grafica 3: Comparación de la cuantificación de fenoles totales expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG: mg ácido gálico/g material seco) en muestras de té Oolong (M12, M9 y M14).



Grafica 4: Comparación de la cuantificación de fenoles totales expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG: mg ácido gálico/g material seco) en muestras de té rojo (M4, M5 y M13).



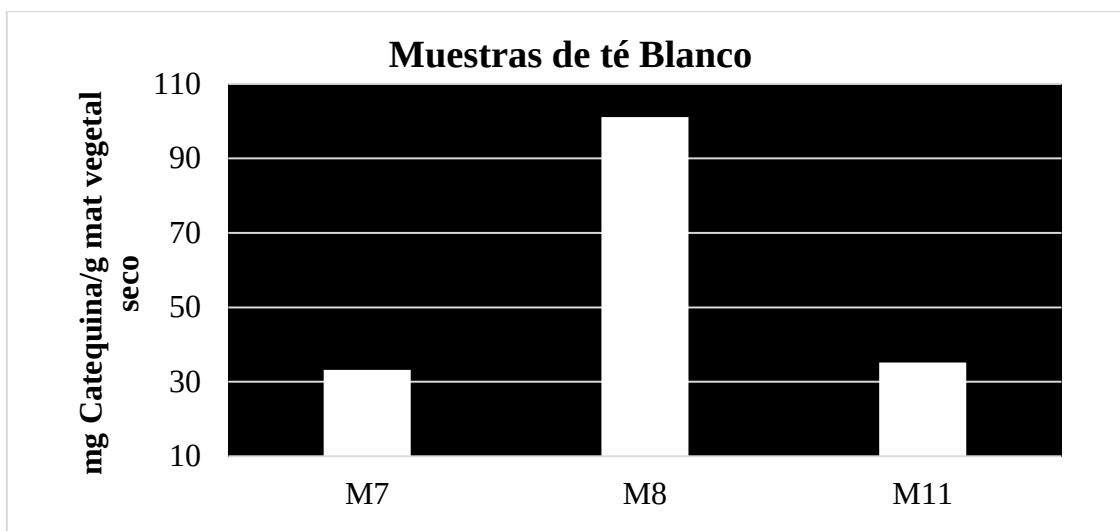
Grafica 5: Comparación de la cuantificación de fenoles totales expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG: mg ácido gálico/g material seco) en muestras de té negro (M3, M6 y M10).



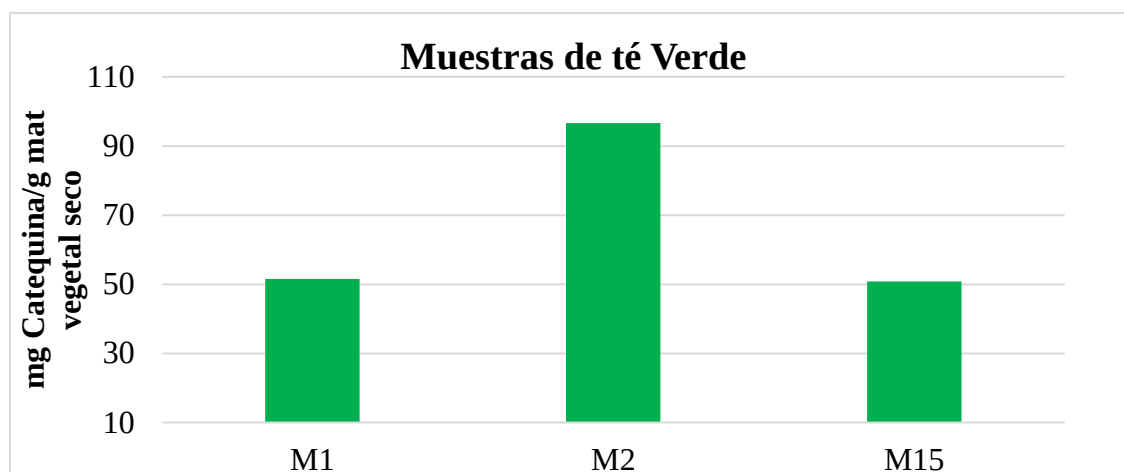
Grafica 6: Cuantificación de fenoles totales de las 15 muestras de té blanco, verde, oolong, rojo y negro (M1-15) expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG: mg ácido gálico/g material seco).

4.1.4.3.2 Cuantificación de taninos

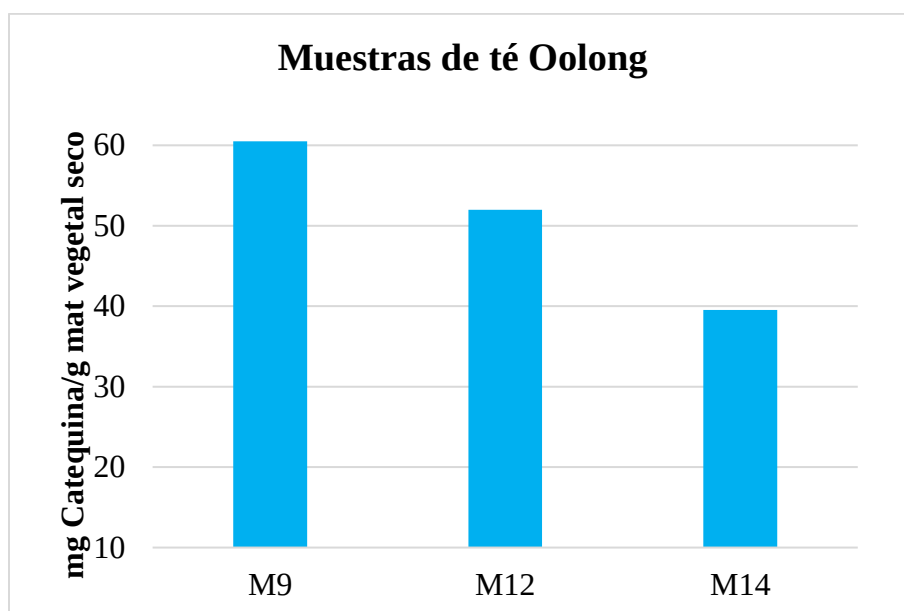
En los siguientes gráficos se muestran los resultados de la cuantificación de taninos condensados de los extractos metanólicos de las diferentes muestras comerciales de té.



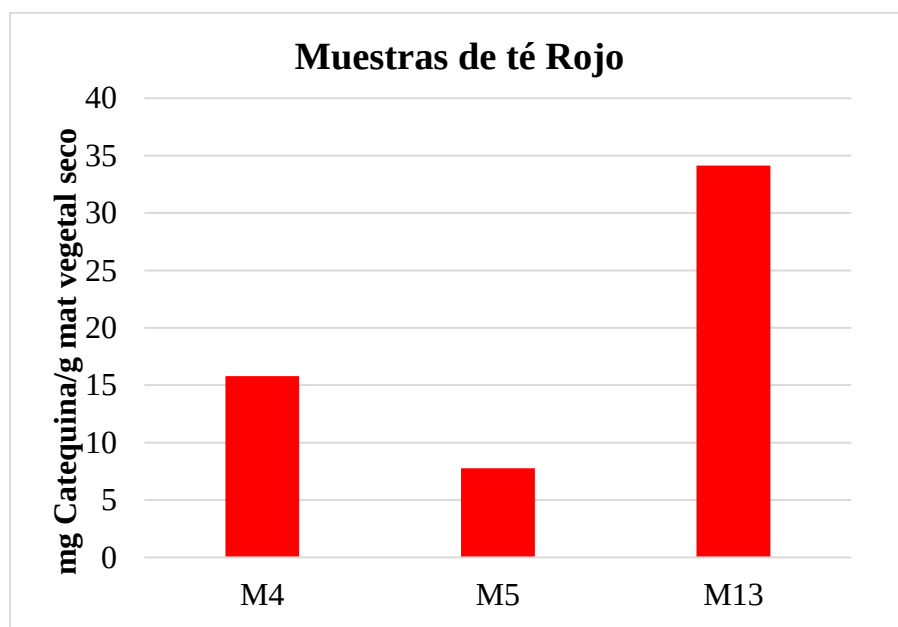
Grafica 7: Comparación de la cuantificación de taninos expresados como equivalentes de catequina (EC: mg catequina/g material seco) en tres muestras de té blanco (M7, M8 y M11).



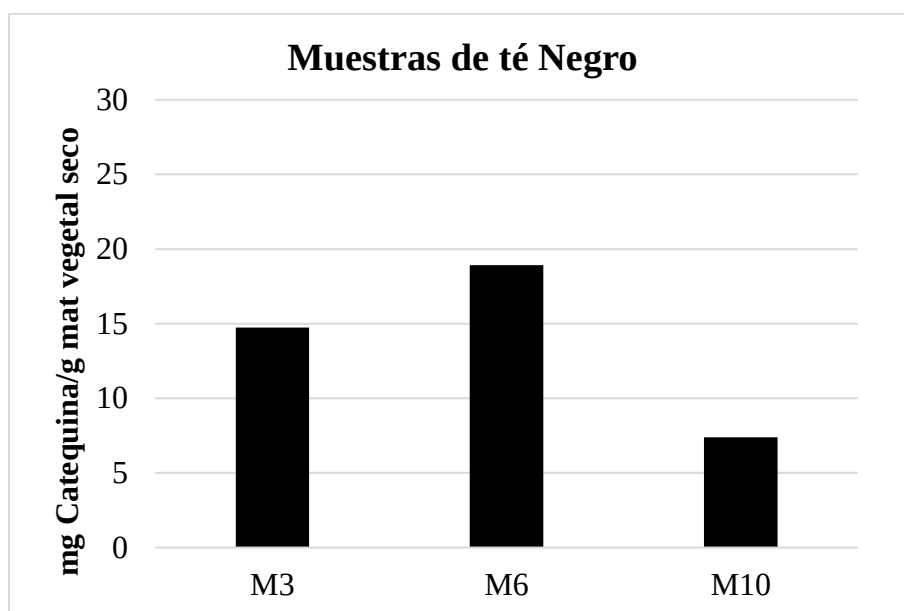
Grafica 8: Comparación de la cuantificación de taninos expresados como equivalentes de catequina (EC: mg catequina/g material seco) en tres muestras de té verde (M1, M2 y M15).



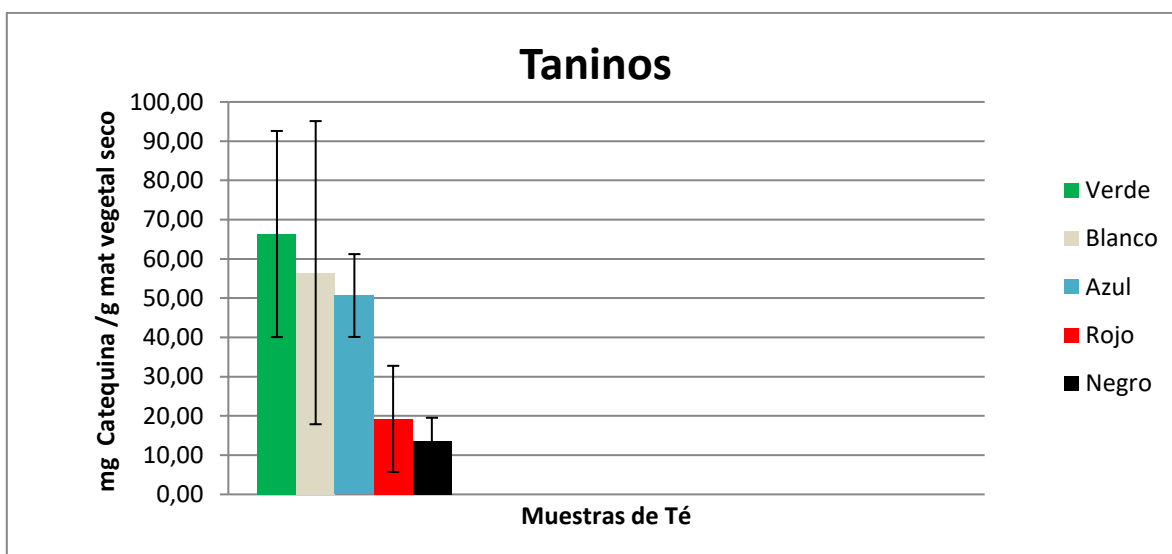
Grafica 9: Comparación de la cuantificación de taninos expresados como equivalentes de catequina (EC: mg catequina/g material seco) en tres muestras de té oolong (M9, M12 y M14).



Grafica 10: Comparación de la cuantificación de taninos expresados como equivalentes de catequina (EC: mg catequina/g material seco) en tres muestras de té rojo (M4, M5 y M13).



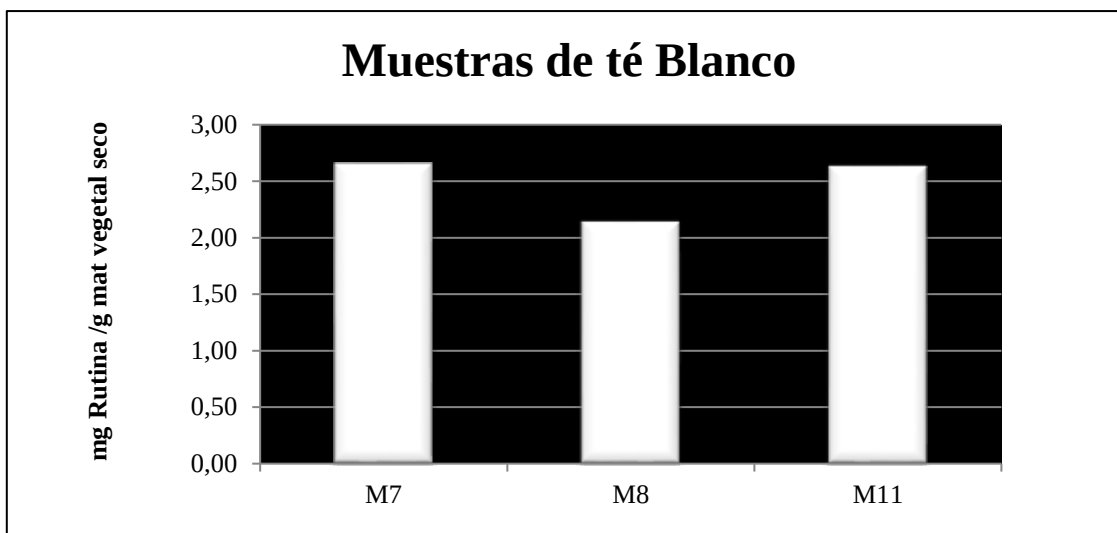
Grafica 11: Comparación de la cuantificación de taninos expresados como equivalentes de catequina (EC: mg catequina/g material seco) en tres muestras de té negro (M3, M6 y M10).



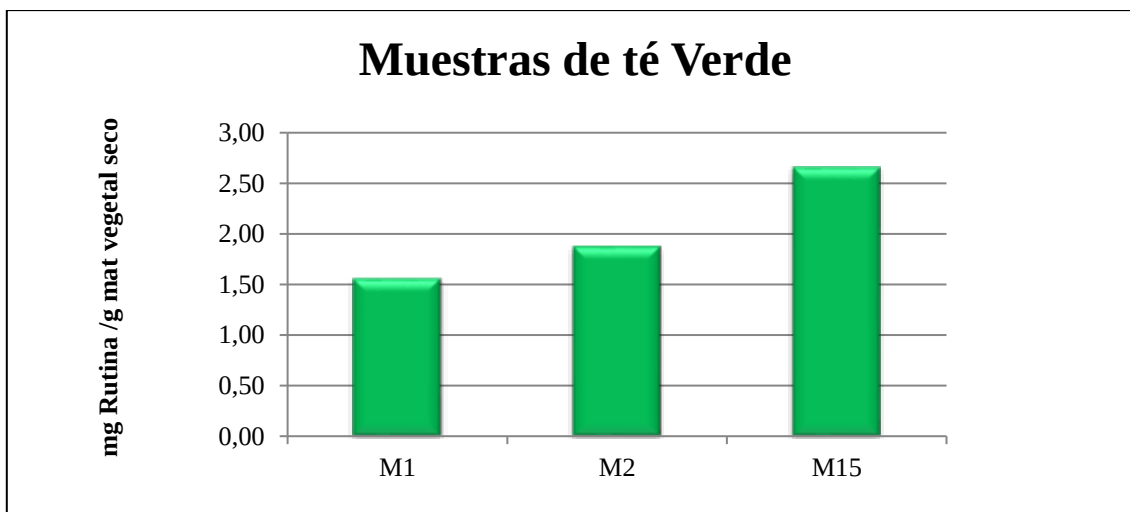
Grafica 12: Cuantificación de taninos de las 15 muestras de té blanco, verde, oolong, rojo y negro (M1-15) expresados como equivalentes de catequina (EC: mg catequina/g material seco).

4.1.4.3.3 Cuantificación de flavonoides totales

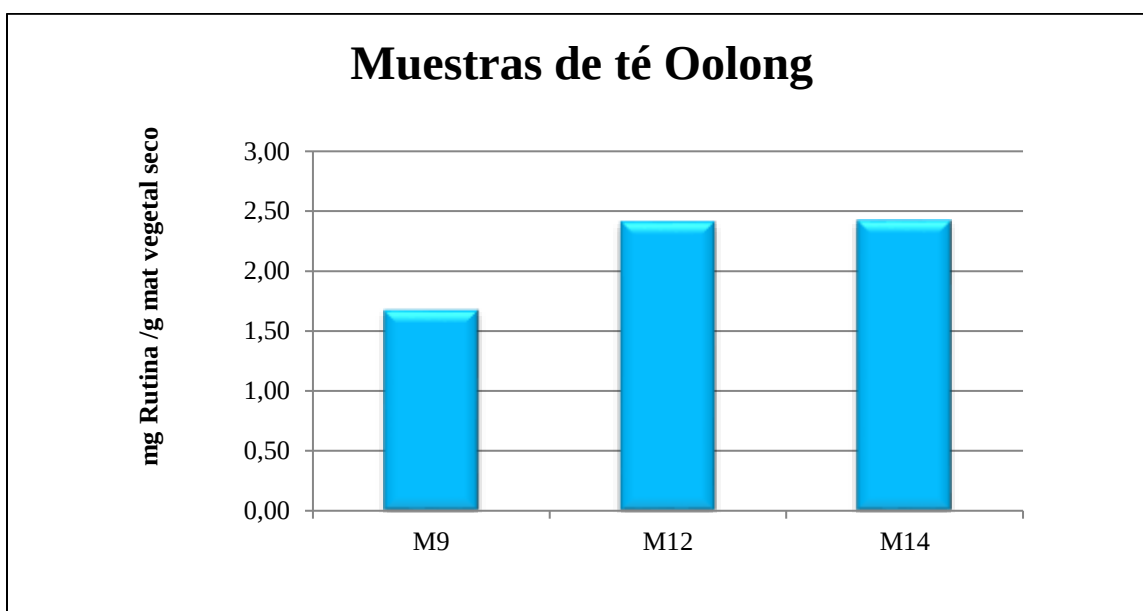
A continuación, se muestran los resultados de la cuantificación de flavonoides totales en extractos acuosos de las 15 muestras comerciales de té (M1-M15).



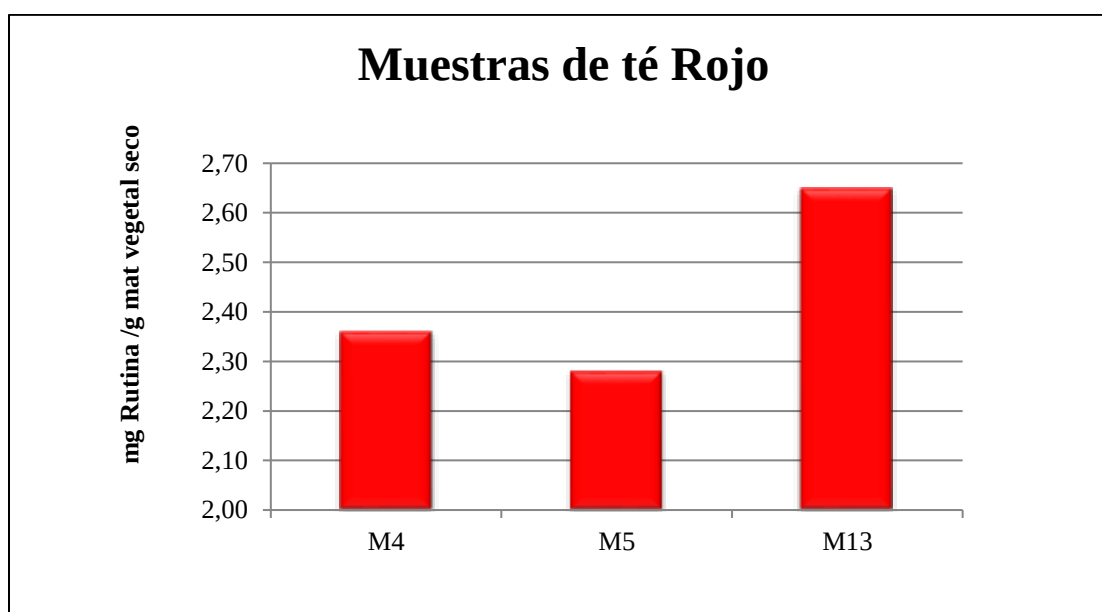
Grafica 14: Cuantificación de Flavonoides totales expresado como equivalente de rutina (ER: mg de rutina/g material seco) en muestras de té blanco.



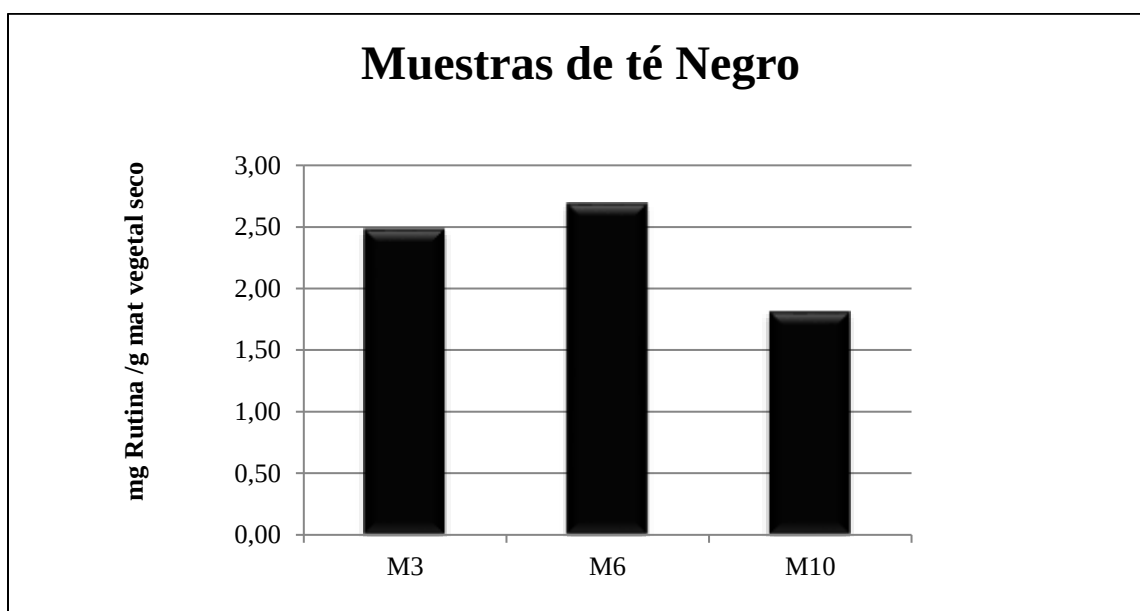
Grafica 15: Cuantificación de Flavonoides totales expresado como equivalente de rutina (ER: mg de rutina/g material seco) en muestras de té verde.



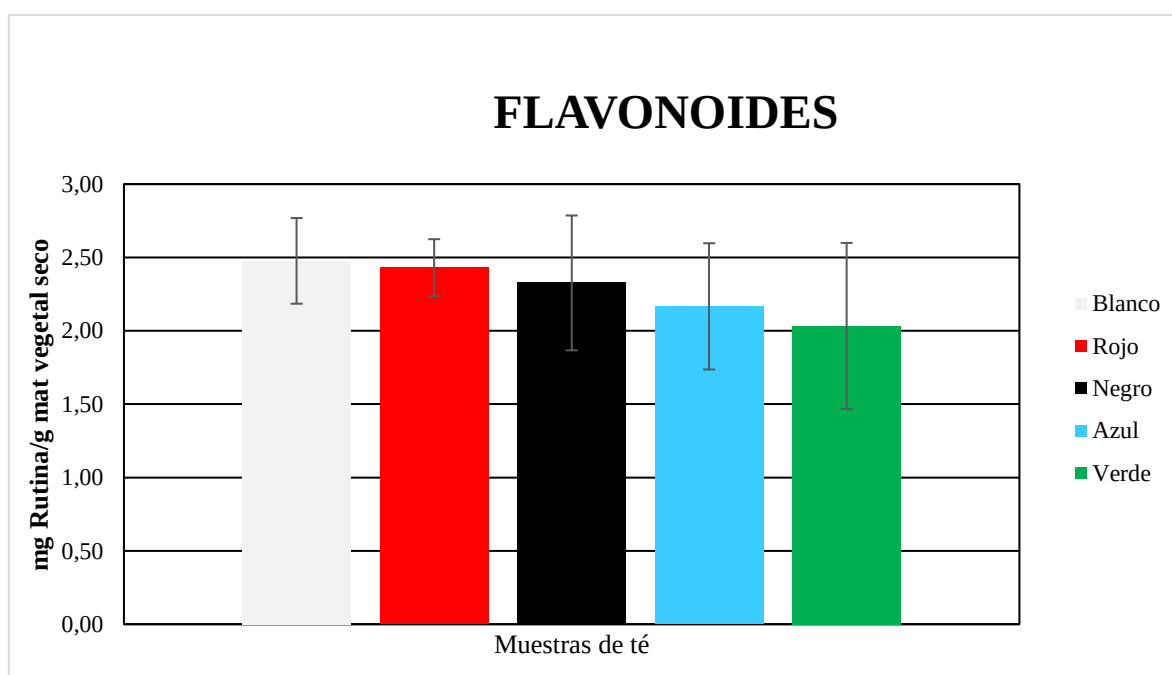
Grafica 16: Cuantificación de Flavonoides totales expresado como equivalente de rutina (ER: mg de rutina/g material seco) en muestras de té Oolong.



Grafica 17: Cuantificación de Flavonoides totales expresado como equivalente de rutina (ER: mg de rutina/g material seco) en muestras de té rojo.



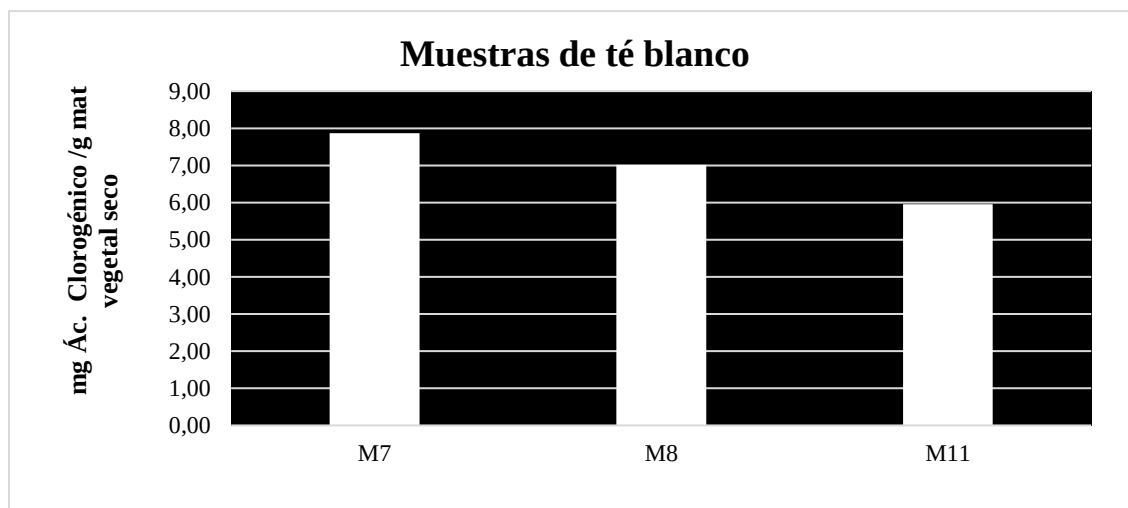
Grafica 18: Cuantificación de Flavonoides totales expresado como equivalente de rutina (ER: mg de rutina/g material seco) en muestras de té negro.



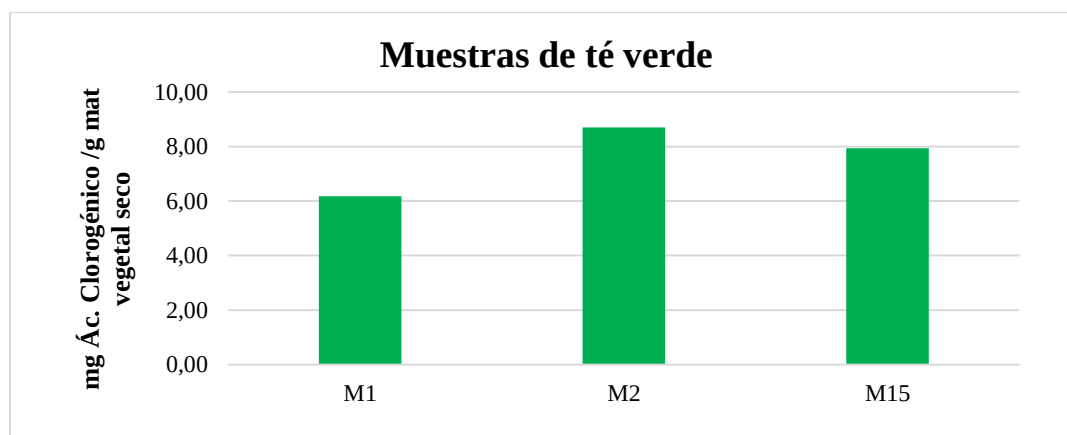
Grafica 19: Cuantificación de Flavonoides totales de las 15 muestras de té expresado como equivalente de rutina (ER: mg de rutina/g material seco).

4.1.4.3.4 Cuantificación de ácidos hidroxicinámicos totales

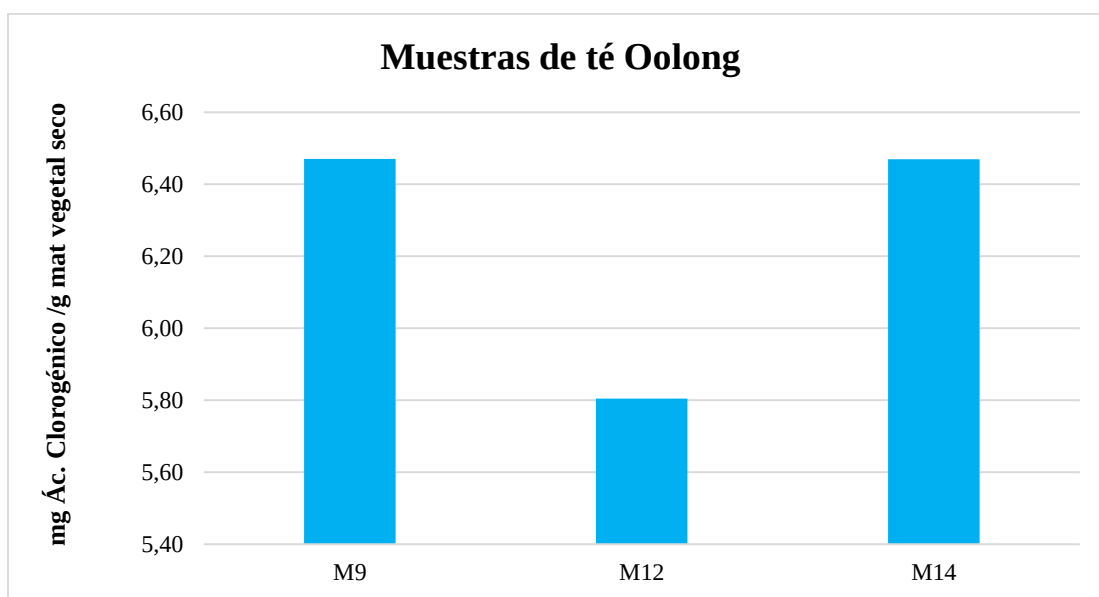
A continuación, se muestran los resultados de la cuantificación ácidos hidroxicinámicos totales en extractos acuosos de las 15 muestras comerciales de té (M1-M15).



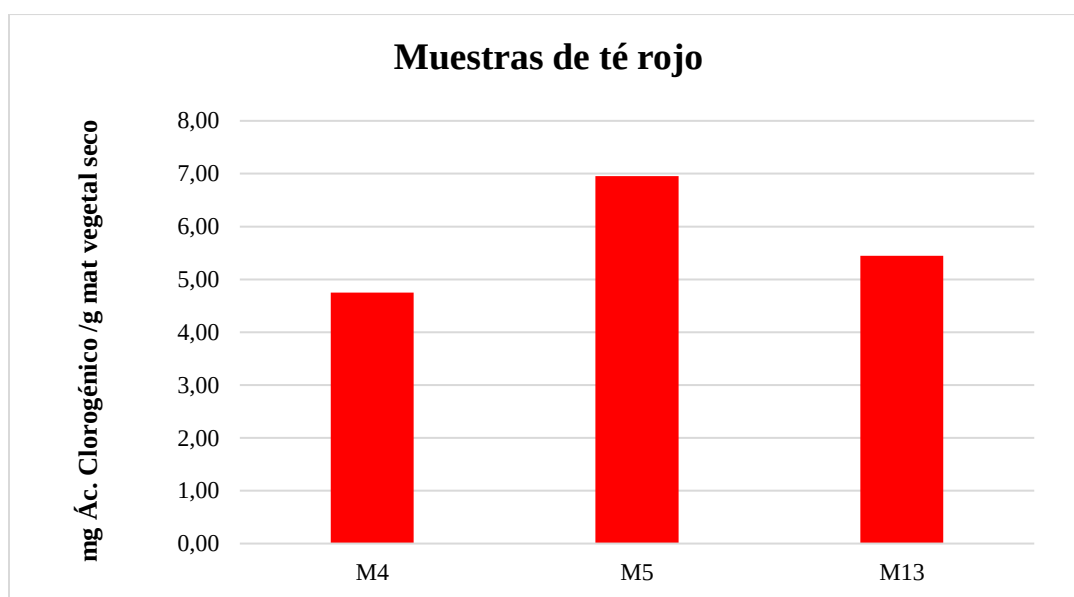
Grafica 20: Cuantificación de ácidos hidroxicinámicos totales expresado como equivalente de ácido clorogénico (EAC: mg ácido clorogénico /g material seco) en muestras de té blanco.



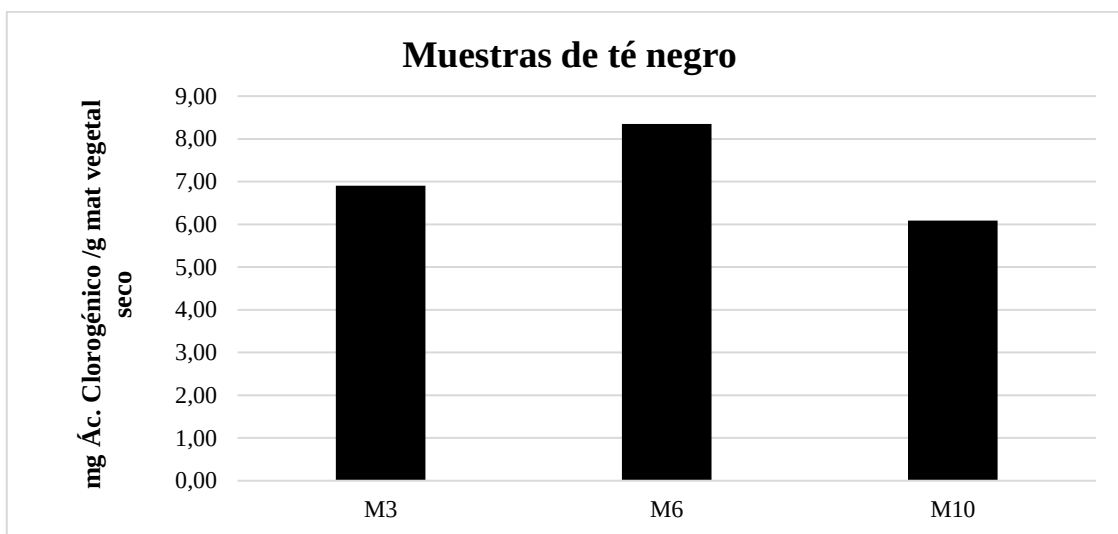
Grafica 21: Cuantificación de ácidos hidroxicinámicos totales expresado como equivalente de ácido clorogénico (EAC: mg ácido clorogénico /g material seco) en muestras de té verde.



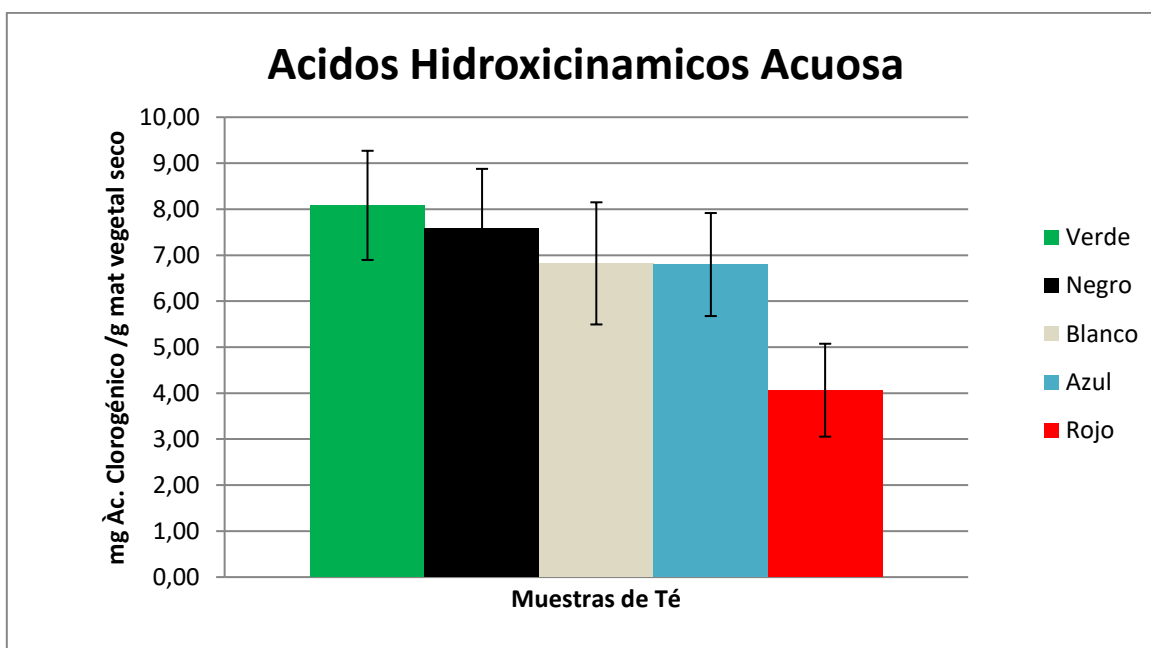
Grafica 22: Cuantificación de ácidos hidroxicinámicos totales expresado como equivalente de ácido clorogénico (EAC: mg ácido clorogénico /g material seco) en muestras de té oolong.



Grafica 23: Cuantificación de ácidos hidroxicinámicos totales expresado como equivalente de ácido clorogénico (EAC: mg ácido clorogénico /g material seco) en muestras de té rojo.



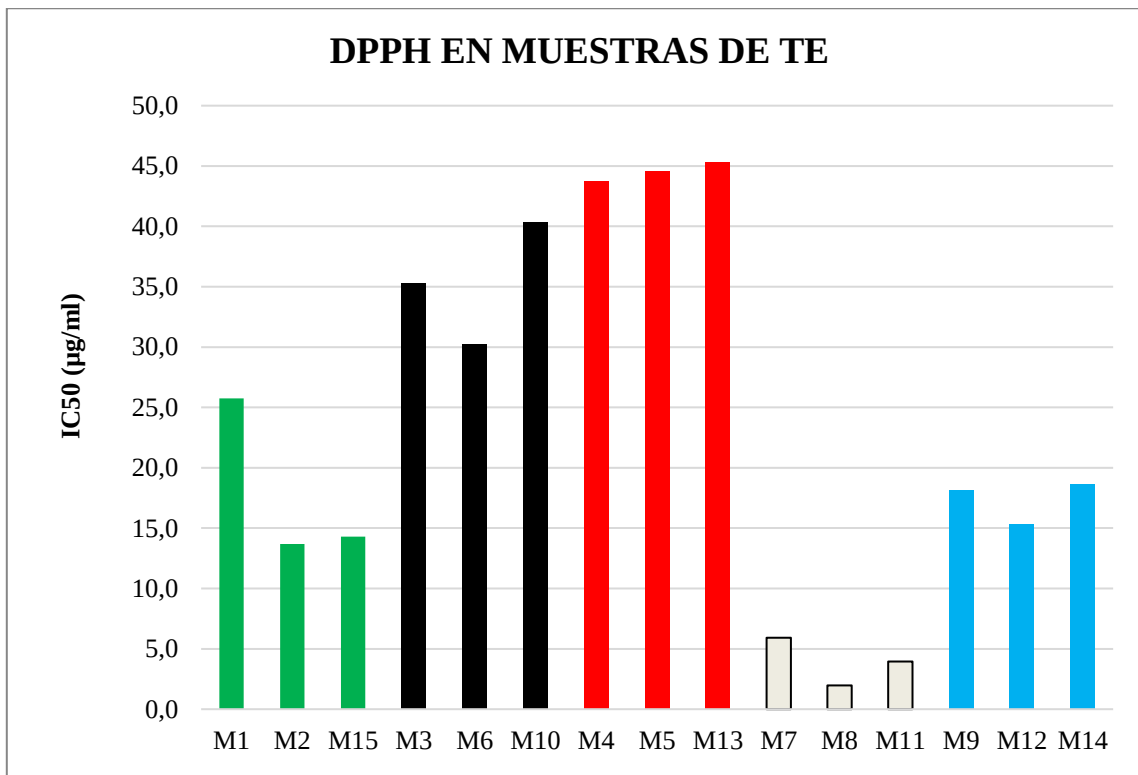
Grafica 24: Cuantificación de ácidos hidroxicinámicos totales expresado como equivalente de ácido clorogénico (EAC: mg ácido clorogénico /g material seco) en muestras de té negro.



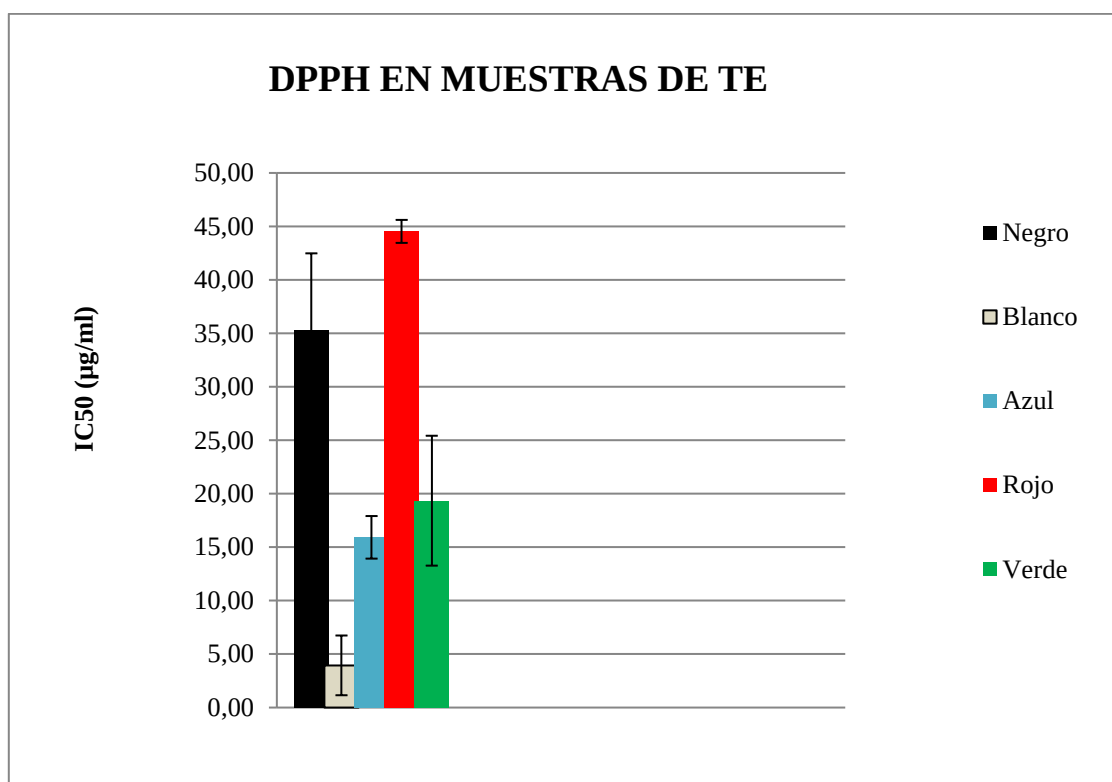
Grafica 25: Cuantificación de ácidos hidroxicinámicos totales de las 15 muestras de té expresado como equivalente de ácido clorogénico (EAC: mg ácido clorogénico /g material seco).

4.1.4.4 Evaluación de actividad antioxidante

Para el análisis de actividad antioxidante se empleó el compuesto DPPH. Se analizaron 15 muestras comerciales constituidas por té blanco, verde, oolong, rojo y negro enumeradas de M1 a M15.



Grafica 26: Cuantificación de la actividad antioxidante empleando el método de DPPH en 15 muestras de té.



Grafica 27: Cuantificación de la actividad antioxidante empleando el método de DPPH para las muestras de té blanco, verde, azul, rojo y negro.

5. DISCUSIÓN

5.1 ANÁLISIS FARMACOBOTÁNICO

5.1.1 ANÁLISIS MACROSCÓPICO

En el análisis de las muestras simples se pueden distinguir tres diferentes tipos de presentaciones: muestras enteras, trozada o fragmentada y en polvo.

5.1.1.1 MUESTRAS SIMPLES (1-15)

Las hojas de las muestras de té blanco eran pequeñas y de tonos claros. Se observó en la muestra N°8 abundantes pelos blancos en la superficie de las hojas, dado que el té blanco se prepara solamente con las hojas seleccionadas más tiernas del brote (con yemas y hojas jóvenes) tal como lo describen Berton, (2008) y Rusak (2008). En la muestra N°11 no se observaron los pelos característicos de hojas (yemas) que deben ser las seleccionadas para elaborar este tipo de té, dado que estos tricomas están ausentes en hojas adultas (Piovan *et al.*, 2014; Namita *et al.*, 2012). En la muestra N°7 no se pudieron observar las características de la hoja por que el material estaba finamente trozado.

Cabe resaltar que, en el CAA **Art 1181** - (Res Conjunta 51/2011 y 107/2011, 21.02.11) no está descrita la denominación de té blanco.

En las hojas de té verde se pudo observar mejor los bordes aserrados de las hojas de té, tal como lo describen Youngken (1951), León (1987), Stevens (2001), Hurrell *et al.*, (2013) y Piovan *et al.*, (2014).

En la muestra N° 2 se observaron fragmentos de tallos. Si bien lo que se utiliza como materia prima para la producción es el primer brote y la o las primeras hojas que le siguen de cada rama superior (Morlachetti, 2014), el Código Alimentario Argentino establece que se debe

cosechar las de las yemas, hojas jóvenes, pecíolos y tallos tiernos **Artículo 1.181 (CAA, Capítulo XV).**

En las muestras de té Oolong, rojo y negro las hojas presentaron un tono más oscuro amarronado. En el proceso de fermentación las hojas son enrolladas y entran en contacto las catequinas con las enzimas polifenoloxidasas, lo que lleva a cambios químicos en las hojas (Costa *et al.*, 2002). Durante la fermentación, estos compuestos se oxidan o condensan en otras grandes moléculas polifenólicas tales como teaflavinas y tearubiginas; estos derivados le aportan el color y sabor. El té Oolong contiene cantidades intermedias de estos productos, y el té negro contiene bajas cantidades de catequinas y alto contenido de los dímeros y polímeros (Wang *et al.*, 2001).

5.1.1.2 MUESTRAS COMPLEJAS

En la muestra N°1 de té verde, naranja y jengibre se pudieron observar a la lupa los restos de cascaras de naranja, rizomas de jengibre y hojas verdes oliva de té.

En la muestra N° 2 de té, vainilla y canela se pudo apreciar restos de la corteza de canela. Si bien era un té muy aromático, especialmente olor a vainilla persistente, no se encontraron restos del fruto, por lo que asumimos que fue agregado en forma de esencia. Las hojas de té eran de color marrón por lo que puede tratarse de un té que se ha sometido a un proceso de fermentación como lo describe Costa *et al.*, (2002).

En la muestra N° 3 de té verde con menta se observaron dos tipos de hojas: unas verdes olivas y amarronadas y fragmentos de hojas verdes con envés pubescente, que según la Farmacopea Argentina VII Ed, (2013) y Hurrell *et al.*, (2008 y 2011), se relaciona con hojas de menta. Se observaron restos de tallos en la muestra, probablemente provenientes de la menta.

En las muestras N° 4 y 6 de té, rosa mosqueta e hibiscus y té rojo, rosa mosqueta e hibiscus se encontraron hojas de té de color marrón oscuro, frutos partidos de rosa mosqueta y flores de Hibiscus, alcanzándose a diferenciar a simple vista los cálices y epicálices carnosos del

hibiscus descritos por Hurrell *et al.*, (2013) y Vivas, (2014), como así también los de frutos enteros de rosa mosqueta (Torres *et al.*, 1998; Hurrell *et al.*, 2013; Vivas, 2014).

En la muestra N° 5 se encontraron hojas de té color verde oliva y hojas punteadas glandulosas laxamente pubescentes correspondiente a cedrón (Barboza *et al.*, 2001; Farmacopea Argentina VII, 2013; Hurrell *et al.*, 2011).

En esta muestra no se observaron arilo carnoso o semillas del fruto de lychee, descritos por Winton y Winton, (1935) y Roberto Nacif *et al.*, (2001); en su lugar se encontraron corpúsculos esféricos blancos, pequeños, muy duros al tacto, y otros amarillos más pequeños que corresponden a encapsulados muy utilizados en la industria alimentaria para proveer sabores y aromas que al contacto con el agua caliente se disuelven.

5.1.2 ANÁLISIS MICROSCÓPICO

En general, en los distintos tipos de tés simples se observó el mismo tipo de tricomas, pero con variaciones en la cantidad.

Así mismo todos los tipos de tés simples presentaron hojas hipostomáticas, es decir; con estomas sólo en la epidermis inferior o abaxial. En todos los casos fueron estomas anomocíticos, que consisten en dos células oclusivas rodeadas por células subsidiarias similares al resto de las células epidérmicas tal como lo describe Wilkinson, (1979).

Cabe mencionar que las esclereidas son células pertenecientes al tejido esclerenquimático o de sostén. En su estadio maduro se caracterizan por ser células muertas con una pared secundaria lignificada que se va engrosando. Se pueden presentar de forma aislada (como idioblastos) como sucede en las hojas de té, o bien, en forma de agregados, vainas o cúmulos. Su función es dar rigidez al tejido y órgano donde se encuentran, en este caso la hoja de té que presenta una consistencia coriácea (Metcalf, 1979).

El análisis microscópico se realizó primero a la muestra de referencia (té verde) que permitió observar los elementos morfológicos presentes en las hojas de té (tricomas, esclereidas, cristales de oxalato de calcio y estomas), para así comprobar los elementos en cada una de las denominaciones como té verde, blanco, Oolong, rojo y negro y al mismo tiempo las muestras complejas mezcladas con hierbas para infusiones.

Mediante un disociado leve se pudieron comprobar cada una de estas denominaciones y formas de presentaciones de la hoja de té (entera, trozada o fragmentada y en polvo) la presencia de las estructuras microscópicas propias y ajenas a las muestras.

En las muestras de té blanco se pudo observar abundantes tricomas eglandulares unicelulares, lo cual es muy común en hojas jóvenes (Piovan *et al.*, 2014).

En la N°8 no se observaron esclereidas; esto puede ser por tratarse de una hoja muy joven ya que las esclereidas son estructuras que van apareciendo en la hoja adulta. Comparando los resultados con la observación en la lupa, las hojas de la muestra N°8 eran pequeñas y se mostraban de color blanco debido a la cantidad de pelos que la cubrían, mientras que la muestra N° 11 no estaba cubierta por pelos.

En ninguna de las 3 muestras se observaron estructuras extrañas que pudieran dar indicio de alguna alteración.

En la muestra N° 1 de té verde se encontró un pelo malpigiáceo el cual es una impureza que apareció en la muestra ya que esta estructura no coincide con las observadas en la muestra de referencia. Esta muestra observada a la lupa presentaba hojas tanto de tono verdes oliva como marrones. En la lupa no se observó material extraño.

En el té Oolong en la muestra N°12 no se observaron drusas; esta muestra no presento mayor diferenciación a la lupa dada su presentación que estaba finamente trozada y contenida en bolsitas.

En la observación microscópica de las muestras N° 5 y 13 de té rojo se observaron materiales extraños.

En las muestras de té negro no se observó ningún material extraño.

5.1.2.1 MUESTRAS COMPLEJAS

5.1.2.1.1 Muestra 1. Té Verde, Naranja y Jengibre

En esta muestra se pudo distinguir el Jengibre analizando el polvillo, lo que permitió observar los granos de almidón, que en el análisis macroscópico no se pudieron distinguir.

En la muestra se encontraron todos los elementos afines con los encontrados en el té de referencia, al igual de las estructuras de naranja y jengibre. Aclarando que en la naranja se observaron ciclocíticos, los cuales son con células oclusivas rodeadas por uno o dos anillos de células subsidiarias (Wilkinson, 1979).

Sin embargo, se encontró una impureza muy parecida a la encontrada en la muestra de té verde N°1.

5.1.2.1.2 Muestra 2. Té, Vainilla y Canela

La muestra reducida a polvo se observó al microscopio y no se pudieron distinguir componentes de la vainilla. Esto permite inferir que el aroma a vainilla fue incorporado como esencia.

5.1.2.1.3 Muestra 3. Té Verde con Menta

En esta muestra se observaron todos los elementos afines con sus componentes.

Resaltamos que los estomas en la menta son diacíticos los cuales están rodeados por uno o más pares de células subsidiarias cuyas paredes comunes están en ángulo recto con respecto a las células oclusivas (Wilkinson, 1979).

5.1.2.1.4 Muestra 4. Té con Rosa Mosqueta e Hibiscus

En esta muestra se observaron todos los elementos afines con sus componentes.

5.1.2.1.5 Muestra 5. Té Blanco, Lychee y Cedrón

Se pudo confirmar que la muestra no contenía Lychee, debido a que no se observó ninguna estructura que fuese afín con el fruto de Lychee, por lo que nuevamente se concluyó que los corpúsculos esféricos blancos pequeños observados en la lupa, correspondían a capsulas que contenían esencia de Lychee, los cuales al contacto con agua caliente se disuelven.

Cabe mencionar que aclarar que en el Cedrón, los estomas de son anomocíticos como los del té, esto se presentan rodeados de células epidérmicas cubiertas por una cutícula muy estriada.

5.1.2.1.6 Muestra 6. Té rojo, Rosa mosqueta e Hibiscus

En esta muestra se observaron todos los elementos afines con sus componentes.

En virtud de los resultados, la presencia abundante de tricomas y las esclereidas con paredes delgadas se dan en los brotes y hojas más jóvenes, mientras que en las hojas subsiguientes más adultas disminuye la cantidad de tricomas y las paredes de las esclereidas se engrosan. En algunas muestras simples y complejas de té, se encontraron elementos ajenos o impurezas que pueden ser resultado de contaminaciones en algún punto del procesado.

A nivel general en las mediciones de las estructuras celulares como: estomas, tricomas, drusas y esclereidas, no se encontraron patrones diferenciales de tamaño entre los diferentes tipos de té que puedan permitir diferenciarlos, teniendo en cuenta que se trata de la misma hoja de té en diferentes estados oxidativos, inclusive en un tipo de se té se pudieron encontrar variaciones en tamaño significativas. Quizás esto correspondan más al estado madurativo de

la hoja, es decir, que en los que se encuentran tamaños más grandes pertenezcan a restos de hojas más viejas.

5.1.3 ANÁLISIS FITOQUÍMICO

5.1.3.1 Análisis cualitativo

El análisis fitoquímico por cromatografía en capa delgada de celulosa (TLC) comprendió la determinación del perfil cromatográfico bidimensional de los polifenoles presentes.

5.1.3.1.1 Análisis cualitativo de los polifenoles (fingerprint de polifenoles): flavonoides y ácidos hidroxicinámicos.

Se observó un perfil de polifenoles caracterizado por la presencia de dos grupos principales de compuestos. Al reaccionar con el reactivo de productos naturales AEDBE, los flavonoides se visualizan de un color anaranjado y los derivados de ácidos hidroxicinámicos de color verde celeste brillante.

5.1.3.1.1.1 Té blanco

En las muestras de té blanco se pudo observar la mayor presencia de flavonoides, revelándose como compuestos anaranjados grandes. Se revelaron también pequeñas manchas correspondiente a los ácidos hidroxicinámicos, que dieron coloración verde-celeste- brillante al UV. Las tres muestras dieron patrones de distribución similares.

En la muestra N°8 se observan pequeñas manchas de color violeta. La muestra que menos concentración de compuestos presentó fue la N°8.

5.1.3.1.1.2 Té Verde

Los cromatogramas muestran la presencia de flavonoides como compuestos principales. Los derivados de ácidos hidroxicinámicos se encuentran presentes, revelándose como

compuestos verdes- celeste – brillante al UV. Su concentración relativa respecto a los flavonoides es menor. La muestra que menos concentración de compuesto reveló fue la N°15.

5.1.3.1.1.3 Té Oolong

Los cromatogramas mostraron un patrón similar de compuestos a los anteriormente mencionados, constituyendo los flavonoides los compuestos principales. Se observaron algunas manchas violetas en las muestras N°9 y 12. La muestra que menos concentración de compuesto reveló fue la N°14 que curiosamente su patrón de distribución era muy parecido a la N°15 de té verde.

5.1.3.1.1.4 Té rojo

Las muestras de té rojo presentaron la menor concentración de compuestos en comparación con el resto de las muestras de té, tanto para flavonoides como para derivados de ácidos hidroxycinámicos. En la muestra N°13 se observó una mancha violeta.

5.1.3.1.1.5 Té negro

En las muestras de té negro se observó una muy reducida presencia de ácidos hidroxycinámicos, no observándose dichos compuestos en la muestra N°3. Los flavonoides se observaron en mayor concentración que en el té rojo.

Esta diferencia dentro de las mismas clases de té es considerada por Pastore R. (2005), quien afirma que la composición química del té varía con el clima, temporada, las prácticas del cultivo y la edad de la hoja.

5.1.3.1.2 Análisis cualitativo de los taninos

Se realizaron cromatografías bidimensionales en TLC con soporte de celulosa, que fueron reveladas con el reactivo de vainillina/HCL; luego del calentamiento los taninos adquieren coloración rojo-fucsia.

5.1.3.1.2.1 Té blanco

En las muestras de té blanco se observan grandes áreas rojo-fucsia. La muestra N°7 es la que presenta menor superficie pigmentada y la muestra N°13 muestra un comportamiento diferente con una gran concentración de compuestos en el punto de siembra. Todas mantuvieron el mismo patrón, apareciendo tres grandes manchas juntas.

5.1.3.1.2.2 Té verde

En comparación con las muestras de té blanco, aquí se observa menor presencia de taninos. La muestra N°1 presentó la menor concentración y la N°15 quedó concentrada en su punto de siembra. Mantuvieron un patrón de tres manchas por muestra.

5.1.3.1.2.3 Té Oolong

Las muestras de este tipo de té, al revelarse, presentaron un patrón similar al de té blanco, a excepción de la N°14 que presentó un perfil parecido a la N°15 del té verde.

5.1.3.1.2.4 Té rojo

En las muestras de té rojo los taninos quedaron concentrados sobre la línea de siembra, observándose muy poco en el resto de la placa de TLC. En comparación con el té verde, presentó menor presencia de compuestos en todas las muestras; la muestra N°13 presentó mayor concentración de taninos que la N°4 y 5.

5.1.3.1.2.5 Té negro

En el té negro se observó la menor presencia de taninos, en comparación con todas las muestras anteriores. La muestra N°6 presentó mayor concentración de compuestos que en la N°3 y 10.

En resumen, las muestras que de mayor a menor concentración de taninos presentaron fueron: té blanco, té Oolong, té verde, té rojo y té negro. En esta instancia se esperaba que el té

Oolong presentara menor concentración de taninos que lo observado en el té verde ya que este presenta una fermentación previa que no se realiza en la producción de té verde.

El mayor contenido de catequina en muestras de té blanco, té Oolong y té verde puede deberse al uso de hojas frescas sin proceso de oxidación en comparación con el té negro, porque durante el proceso de oxidación enzimática la mayoría de los compuestos de catequina pueden ser destruidos. Estos compuestos también actúan como antioxidantes. (Blot *et al.*, 1996; Kohlmeier *et al.*, 1997).

Las catequinas relativas del té verde dependen de cómo se procesen las hojas antes del secado, un cierto grado de fermentación y calentamiento de las hojas de té durante el proceso de fabricación puede dar lugar a la polimerización de compuestos polifenólicos como las catequinas, lo que conduce a cambios conformacionales y, por lo tanto, modifica sus propiedades (Hakim I, 2000; Wu CD, 2002).

5.1.3.2 Análisis cuantitativo

El análisis fitoquímico realizado a las muestras de té comprendió la cuantificación de polifenoles a través de análisis de fenoles totales, taninos, flavonoides y ácidos hidroxycinámicos a 15 muestras comerciales de té (blanco, verde, Oolong, rojo y negro) enumeradas de la N°1 a la 15.

5.1.3.2.1 Cuantificación de los fenoles totales

La cuantificación de fenoles totales expresados como equivalentes de ácido gálico en muestras de té blanco comprendió un promedio de 91,3 EAG sin existir variaciones significativas entre los valores de las diferentes muestras.

En las muestras de té verde se obtuvo un promedio de 66,5 EAG obteniéndose algunas variaciones entre la muestra N°2 que obtuvo mayor concentración (78 EAG) y la de menor concentración N°1 (50 EAG).

En lo que respecta a las muestras de té Oolong se obtuvo un promedio de 58,3 EAG sin grandes diferencias entre las muestras.

En las muestras de té rojo obtuvo un promedio de 27,6 EAG sin grandes diferencias entre las muestras.

En las muestras de té negro se obtuvo un promedio de 30,6 EAG sin variaciones significativas entre las muestras.

En general el té blanco presentó mayor concentración fenoles totales seguido del té verde, Oolong, negro y rojo.

5.1.3.2.2 Cuantificación de taninos

La cuantificación de taninos condensados expresados como Equivalentes de Catequinas correspondiente a té blanco, el promedio comprendió un valor de 56,49 EC para las muestras, sin embargo, en la muestra N°8 se encontró un valor tres veces mayor con respecto a las otras muestras de té blanco N°7 y 11.

En las muestras de té verde se obtuvo un promedio de 66,34 EC, no obstante, en la muestra N°2 se encontró casi el doble de la concentración con respecto a las muestras N°1 y 15.

En lo que respecta a las muestras de Oolong se obtuvo un promedio de 50,67 EC, no encontrándose diferencias significativas entre las diferentes muestras.

Para el té rojo el promedio de las muestras fue de 19,24 EC; sin embargo, las tres muestras presentaron grandes diferencias entre ellas por ejemplo 7,77 EC para N°5; 15,79 EC para la N°4 y 34,15 EC para la muestra N°13.

De forma general en promedio los té con mayor concentración a menor concentración de EC fueron té verde seguido de té blanco, Oolong, rojo y negro, tal como lo describen Wang *et al.*, (2001).

Las cantidades de catequinas son siempre más altas para los tés no fermentados (Fernández *et al.*, 2002).

Zuo *et al.* (2002) informaron que, en general, los tés verdes contienen niveles más altos de catequinas que los tés Oolong. Según estos autores, el contenido de catequinas de pu-erh y los tés negros son muy bajos, lo cual está de acuerdo con el grado de fermentación durante el proceso de fabricación. El té negro es obtenido mediante una fermentación postcosecha, una autooxidación catalizada por polifenol oxidasa, mientras que las hojas para el té verde se someten al vapor para inactivar el polifenol oxidasa antes del secado. El té Oolong se produce por una oxidación parcial de la hoja, intermedio entre el proceso utilizado para el té verde y el del té negro (McKay y *et al.*, 2002).

Cuando las catequinas toman contacto con las polifenoloxidasas, como ocurre cuando se enrollan las hojas del té para la producción del Oolong y del té negro, la oxidación produce estructuras diméricas y poliméricas de los flavanoles dando origen a las teaflavinas (estructuras diméricas) y a las tearrubiginas (estructuras poliméricas), que son los derivados que le aportan el color y sabor característicos al té negro. De esta forma, el té verde contiene una alta concentración de catequinas y baja cantidad de teaflavinas y tearrubiginas, el Oolong contiene cantidades intermedias de estos productos, y el té negro contiene bajas cantidades de catequinas y alto contenido de los dímeros y polímeros. (Wang *et al.*, 2001).

Las catequinas del té constituyen alrededor del 80-90% del total de polifenoles, mientras que el contenido de flavonoles es inferior al 10%. (Tokunaga *et al.*, 2002).

5.1.3.2.3 Cuantificación de flavonoides totales

En la cuantificación de flavonoides totales expresados como Equivalentes de Rutina correspondiente a té blanco el promedio comprendió un valor de 2,48 ER sin diferencias significativas entre las muestras.

Para las muestras de té verde se obtuvo un promedio de 2,03 ER con variable aumento en la concentración para la muestra N°15.

En las muestras de té Oolong se obtuvo un promedio de 2,17 ER con una disminución de concentración en la muestra N°9.

Para el té rojo se obtuvo un promedio de 2,43 ER sin diferencias significativas entre las muestras.

En cuanto al té negro se obtuvo un promedio de 2,33 ER sin diferencias significativas entre las muestras.

De forma general en promedio los té con mayor concentración a menor concentración de ER fueron té blanco seguido de té rojo, negro, Oolong y verde.

Estos resultados no coinciden con los resultados de los análisis cromatográficos de flavonoides donde se puede observar que el té verde tiene mayor presencia de flavonoides que el té rojo y negro.

5.1.3.2.4 Cuantificación de ácidos hidroxicinámicos totales

En la cuantificación de ácidos hidroxicinámicos expresados como equivalente de ácido clorogénico el promedio para el té blanco fue de 6.95 EAC sin variaciones significativas entre las muestras.

Para las muestras de té verde el promedio fue de 7,60 EAC sin diferencias significativas entre las muestras.

En el té Oolong el promedio fue de 6,25 EAC.

Para el té rojo el promedio fue de 5,72 EAC.

Finalmente, para el té negro el promedio fue de 7,11 EAC con leve aumento de la concentración en la muestra N°6.

De forma general en promedio los tés de con mayor concentración a menor de EAC fueron té verde, té negro, té blanco, té Oolong y té rojo.

5.1.3.2.5 Evaluación de la actividad antioxidante

En el método DPPH los resultados experimentales se expresan como el valor IC_{50} , que se define como la cantidad de antioxidante necesario para disminuir la concentración inicial de DPPH en un 50% (Brand *et al.*, 1995; Nenadis *et al.*, 2007), es decir, la concentración de la muestra problema que produce una inhibición del 50% del radical libre DPPH. Por lo tanto, un valor menor de IC_{50} indica mayor actividad antioxidante (Karori *et al.*, 2007; Chaouche, 2013).

La mayor actividad antioxidante se observó en las muestras de té blanco teniendo un IC_{50} de 2,0 ug/ml en la muestra N°8, 4 ug/ml en la muestra N°11 y 5,9 ug/ml en la N°7; estos resultados coinciden con los realizados por Karori *et al.*, (2007). Las siguientes muestras con mayor actividad antioxidante fueron las de té Oolong, té verde, té negro y té rojo, respectivamente. Sin embargo, la diferencia en promedio entre el té verde y Oolong es mínima, de 17,91 ug/mL y 17, 36 ug/mL, respectivamente.

La muestra N°1 de té verde presentó el mayor valor de IC_{50} (25,8 ug/mL), en comparación con las muestras N°2 y 5 con valores de 13 ug/mL y 14,3 ug/mL, respectivamente.

El té Oolong presentó valores de IC_{50} de 18,1 ug/mL, 15,3 ug/mL y 18,6 ug/mL para las muestras N°9, 12 y 14, respectivamente.

Estos resultados están relacionados con el alto contenido de fenoles totales presente en los tés blancos, verde y Oolong, donde la mayor concentración de fenoles totales se encontró en el té blanco. Del mismo modo, en la determinación de taninos condensados el té blanco presentó una concentración de catequinas mayor a las de las tes Oolong, negro y rojo.

La menor actividad antioxidante se presentó en el té negro y té rojo, con valores de IC_{50} de 35,3 ug/mL, 30,2 ug/mL, y 50,4 ug/mL, para las muestras de té negro N°3, 6 y 10 y valores

de IC₅₀ de 43,8 ug/mL, 44,5 ug/mL y 45,3 ug/mL, en las muestras N°4, 5 y 13 de té rojo. Esto guarda relación con los resultados de fenoles totales donde las muestras de té negro y rojo presentaron el menor contenido, y con los resultados de taninos condensados donde el té rojo y negro presentaron menor contenido de catequinas.

Estos resultados son similares a los estudios de Brand (1995) donde reportó mayor poder antioxidante en el té verde seguida de té blanco y té negro. La menor actividad del té negro comparada con el té blanco, verde y Oolong se interpreta como la oxidación de los derivados de las catequinas durante su procesamiento.

Gadow *et al.* (1997) descubren que las hojas jóvenes tienen una mayor actividad antioxidante que las hojas maduras. De estudios anteriores, se descubrió que el té verde contiene una mayor actividad antioxidante que el té negro. (Chan *et al.*, 2007, Almajano *et al.*, 2008).

6. CONCLUSIONES

Para el control de calidad de hojas de *Camellia sinensis* (L) en sus diferentes formas de procesamiento y comercialización (té blanco, verde, Oolong, rojo y negro), se pueden emplear técnicas de fácil realización, bajo costo y escaso tiempo de desarrollo, aplicables en laboratorios de baja complejidad.

La técnica de disociación leve permite establecer los caracteres microscópicos diagnósticos utilizados para el análisis de muestras comerciales de té bajo las formas de material finamente trozado, trozado y hojas enteras.

Las hojas de los té rojo y negro son de color más oscuro que las hojas de té sin fermentar, debido al proceso de oxidación durante su fermentación. La presencia de tricomas simples unicelulares con base curvada, esclereidas irregulares de formas variadas, drusas de oxalato de calcio y estomas anomocíticos son los caracteres anatómicos diagnósticos más importantes para el control de calidad de la hoja de *Camellia sinensis* (L). Estas estructuras se observaron en las muestras complejas juntamente con aquellas que caracterizan a cada especie presente en las mezclas. Se detectó materia extraña producto de contaminación y no se vio adulterada ninguna de las muestras. Sin embargo, componentes adicionales en las muestras complejas como el lichi y la vainilla se deducen agregadas en forma de esencias y/o microencapsulados, utilizados en la industria alimentaria.

El único patrón que podría servir para diferenciar un tipo de té es en el caso del té blanco poseen mayor cantidad de tricomas por deberse a que se utiliza el ápice de la hoja, es decir hojas más jóvenes.

En los diferentes tipos de extractos acuosos de té blancos, verde, Oolong, rojo y negro, sobre un perfil básico se observan variaciones particulares para cada tipo revelándose mayores concentraciones de flavonoides y derivados de ácidos hidroxicinámicos en té blanco, verde y Oolong en comparación con las muestras fermentadas como té rojo y negro.

Para taninos se observó una mayor concentración en té blanco, Oolong y verde en comparación con las muestras fermentadas como té rojo y negro.

En la determinación cuantitativa de fenoles totales, el té blanco presentó la mayor concentración y el té rojo la menor concentración.

En la cuantificación de flavonoides totales, el té blanco presentó la mayor concentración promedio.

En cuanto al té verde, se determinó la menor concentración promedio de flavonoides ya que la muestra N°1 presentó el valor más bajo de todas las muestras, lo que hace que baje el promedio del grupo de té al hacer los cálculos. Del mismo modo, se encontraron algunos tallos en la N°2 por lo que este tipo de órgano no le aporta ningún beneficio al producto ya que los componentes principales se encuentran en la hoja. No se observaron diferencias significativas entre los diferentes tipos de té.

En la cuantificación de ácidos hidroxycinámicos totales el té verde presentó la mayor concentración y el té rojo la menor.

En la cuantificación de taninos el té verde presentó mayor concentración de taninos y el té negro presentó la menor concentración de estos compuestos.

En cuanto a la actividad antioxidante el té que reportó mayor contenido de antioxidantes fue el té blanco y el que menor cantidad presentó fue el té rojo.

En el presente trabajo se observó una correlación directa entre la capacidad antioxidante, el contenido total de fenoles y de taninos de las hojas de *Camellia sinensis*.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Raheem, I.T., El-shebiny, G.A., y Taye, A. (2010). Green tea ameliorates renal oxidative damage induced by gentamicin in rats. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 23 1, 21-8.
- Almajano, M.P., Jimenez, R. y Gordon, M.H. (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. *Food Chemistry*, 108(1), 55-63.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.040>.
- Alonso, J. (2004). *Tratado de fitofármacos y nutraceuticos*. Rosario, Corpus.
- Bakar A., M. F., Mohamed, M., Rahmat, A. y Fry, J. (2009). Phytochemicals and antioxidant activity of different parts of bambangan (*Mangifera pajang*) and tarap (*Artocarpus odoratissimus*). *Food Chemistry*, 113(2), 479 – 483.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.081>.
- Barboza, G.E., Bonzani, N., Filipa, E.M., Luján, M.C., Morero, R., Bugatti, M., Decolatti, N. y Ariza, L. (2001). *Atlas histo-morfológico de plantas de interés medicinal de uso corriente en Argentina*. Museo Botánico Córdoba, Córdoba.
- Baucher, M., Monties, B., Montagu, M. y Boerjan, W. (1998). Biosynthesis and genetic engineering of lignin. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 17(2), 125–197.
<https://doi.org/10.1080/07352689891304203>
- Berton, I. (2008). *Escuela de Té*, Maizal Ediciones, 5-101.
- Blois, M.S. (1958) Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
<http://dx.doi.org/10.1038/1811199a0>
- Blot, W., Chow, W. y McLaughlin, J. (1996). Tea and cancer: a review of the epidemiological evidence. *European journal of cancer prevention: the official journal of the European*

- Cancer Prevention Organisation (ECP) 5(6), 425-38.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9061273/>.
- Bond, T.J (2011). The origins of tea, and cocoa as beverages, 1-24. En Crozier A, Ashihara A, Thomas-Barberan F (eds). Teas, cocoa and coffe. Plant secondary metabolites and health. Oxford, Wiley-Blackwell. Doi: 10.1002/9781444347098.ch1.
- Brand, W., Cuvelier, M. y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology, 28(1), 25-30.
[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- Bratman, S. y Kroll, D. (2001). Natural health bible: The natural pharmacist. Editorial prima. Publishing. USA, 75- 84.
- Cabrera, C., Artacho, R.y Gimenez R (2006). Beneficial effects of green tea a rewiev. J Am Coll Nutr, 25(2), 77-99. Doi: 10.1080/07315724.2006.10719518.
- Cabrera, C., Gimenez, R. y Lopez, C. J. (2003). Determination of Tea Components with Antioxidant Activity. Journal of agricultural and food chemistry, 51(15), 4427-35.
 Doi: 10.1021/jf0300801.
- Caffin, N., D´arcy, B., Yao, L. y Rintoul, G. (2004). Developing an index of quality for Australian tea. Rural Industries Research and Development Corporation.
<https://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/04-033.pdf>
- Cao, S.Y., Zhao, C.N., Gan, R.Y., Xu, X.Y., Wei, X.L., Corke, H., Atanasov, A. G. y Bin, H. (2019). Effects and mechanisms of tea and its bioactive compounds for the prevention and treatment of cardiovascular diseases: An updated review. Antioxidants, 8(6), 166. Doi: [10.3390/antiox8060166](https://doi.org/10.3390/antiox8060166).

- Chan, E., Lim, Y. y Chew, Y. (2007). Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a low and plantation in Malaysia. *Food Chemistry*, 102(4),1214-1222. DOI:[10.1016/j.foodchem.2006.07.009](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.009).
- Chaouche, T., Haddouchi, F., Riadh, K., Medini, F., Abdelhamid, I., Sek, F. y Atik, F. (2013). Antioxidant activity profiling by spectrophotometric methods of phenolic extract of *Prasium majus* L. *Free Radicals Antioxidants*, 3(1), 43-46. DOI:[10.1016/j.fra.2013.03.004](https://doi.org/10.1016/j.fra.2013.03.004).
- Chen, L., Yang, X., Jiao, H. y Zhao, B. (2002) Tea catechins protect against lead-induced cytotoxicity, lipid peroxidation and membrane fluidity in hepG2 cells. *Toxicological Sciences*, 69(1), 149–56. Doi: [10.1093/toxsci/69.1.149](https://doi.org/10.1093/toxsci/69.1.149).
- Chen, C. N., Liang, C. M., Lai, J. R., Tsai, Y. J., Tsay, J. S. y Lin, J. K. (2003). Capillary electrophoretic determination of theanine, caffeine, and catechins in fresh tea leaves and oolong tea and their effects on rat neurosphere adhesion and migration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5(1), 7495–7503. <https://doi.org/10.1093/toxsci/69.1.149>.
- Cheng, T.O. (1999). Antioxidants in wine and tea. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 9(3)157. Doi:[10.1177/014107689909200332](https://doi.org/10.1177/014107689909200332)
- Chirinos, R., Betalleluz-Pallardel, I., Huamán, A., Arbizu, C., Pedreschi, R. y Campos, D. (2009). HPLC-DAD Characterisation of phenolic compounds from andean oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) tubers and their contribution to the antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 113(4), 1243–1251. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.015>.
- Chow, H.H. Cai, Y. Hakim, I., Crowell, J., Shahi, F., Brooks, C., Dorr, R., Hara, Y. y Alberts, D. (2003). Pharmacokinetics and safety of green tea polyphenols after multiple-dose administration of epigallocatechin gallate and polyphenon E in healthy individuals. *Clinical cancer research: an official journal of the American Association for Cancer Research*, 9(9), 3312–9 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12960117/>

- Chow. H.H., Cai, Y., Alberts, D.S., Hakim, I., Dorr, R., Shahi, F., Crowell, J.A., Yang, C.S. y Hara, Y. (2001). Phase I pharmacokinetic study of tea polyphenols following single-dose administration of epigallocatechin gallate and polyphenon. *E. Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*,10(1), 53–8.
- Chung, I.M., Park, M.R., Chun, J.C. y Joong, Y. S. (2003). Resveratrol accumulation and resveratrol synthase gene expression in response to abiotic stresses and hormones in peanut plants. *Plant Science*, 164(1):103–109. Doi:[10.1016/S0168-9452\(02\)00341-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00341-2).
- Código Alimentario Argentino. CAA. (1969). ANMAT. Ministerio de Salud. Capítulo XV, http://www.anmat.gov.ar/sites/default/files/anmat-capitulo_xv_estimulantesactualiz_2018-12.pdf.
- Costa, L. M., Gouveia, S. T. y Nóbrega, J. A. (2002) Comparison of heating extraction procedures for Al, Ca, Mg and Mn in tea samples. *Analitical. Sciences*, 18(3), 313-318. Doi: [10.2116/analsci.18.313](https://doi.org/10.2116/analsci.18.313).
- Crozier, A., Ashihara, H. y Tomás-Barbéran, F. (2011). Teas, cocoa y coffee. *Plant secondary metabolites y health*. Oxford: Wiley-Blackwell, 99-142.
- Damiani, E., Bacchetti, T., Padella, L., Tiano, L., y Carloni, P. (2014). Antioxidant activity of different white teas: Comparison of hot y cold tea infusions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(1), 59-66. Doi:[10.1016/j.jfca.2013.09.010](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.09.010).
- Dao, L. y Friedman, M. (1992). Chlorogenic acid content of fresh and processed potatoes determined by ultraviolet spectrophotometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 2152 – 2150. <https://doi.org/10.1021/jf00023a022>

- De Bernardi, L.A. Perfil del té (*Camellia sinensis*). (s.f.). Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación. Consulta: 05 septiembre 2021. Disponible en: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/regionales/_archivos/000030_Informes/000061_Infusiones/010000_Perfil%20del%20T%C3%A9.pdf
- Decker, E. A. (1997). Phenolics: prooxidants or antioxidants? *Nutritional Reviews*. 55(11) 396–398. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1997.tb01580.x>
- Desmarchelier, C. y Ciccía, G. (1998). Antioxidantes de origen vegetal. *Ciencia Hoy*., 8(44), 32-41. <https://www.cienciahoy.org.ar/ch/hoy44/antiox1.htm>
- Dias, T.R., Tomas, G., Teixeira, N.F., Alves, M.G., Oliveira, P.F. y Silva, B.M. (2013). White tea (*Camellia Sinensis* (L.): Antioxidant properties y beneficial health effects. *International Journal of Food Science, Nutrition y Dietetics (IJFS)*, 2(2), 19-2. https://www.academia.edu/15160166/White_Tea_Camellia_Sinensis_L_Antioxidant_Properties_y_Beneficial_Health_Effects.
- Díaz Napal, G.N., Defago, M., Valladares, G. y Palacios, S. (2010). Response of *Epilachna paenulata* to two flavonoids, Pinocembrin and quercetin, in a comparative study. *Journal of Chemical Ecology*, 36(8), 898–904. Doi: 10.1007/s10886-010-9823-1.
- Duarte M.R. y Menarim D.O. (2006). Morfodiagnose da anatomia foliar e caular de *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, Theaceae, *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 16(4), 545-551
- Duda-Chodak, A., Tarko, T. Satora, P. y Sroka, P. (2008). Antioxidant activity of different kinds of commercially available teas – diversity and changes during storage. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU)*, 11(4), 7–11. <http://www.ejpau.media.pl/volume11/issue4/art-07.html>

- Dufresne, C.J. y Farnworth, E.R. (2001). A review of latest research finding on the health promotion properties of tea. National Library of Medicine. Journal of Nutritional Biochemistry, 12(7), 404-421. Doi: 10.1016/s0955-2863(01)00155-3.
- Duh, P. D., Tu, Y. Y. y Yen, G. C. (1999). Antioxidant activity of water extract of Harnng Jyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). LWT-Food Science y Technology, 32(5), 269-277. <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0548>.
- Embola, C. W., Sohn, O. S., Fiala., y Weisburger, J. H. (2002). Induction of UDP-glucuronosyltransferase 1 (UDP-GT1) gene complex by green tea in male F344 rats. Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association, 40(6), 841-4. Doi: 10.1016/s0278-6915(02)00022-4.
- Eungwanichayapant, PD., y Popluechai, S. (2009). Accumulation of catechins in tea in relation to accumulation of mRNA from genes involved in catechin biosynthesis. Plant Physiol Biochem, 47(2), 94-7. doi: 10.1016/j.plaphy.2008.11.002.
- Farhoosh, R., Gholam, A. y Khodaparast, M. H. H. (2007). Antioxidant activity of various extracts of old tea leaves and black tea wastes (*Camellia sinensis* L.). Food Chemistry, 100(1), 231–236. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814605008605>.
- Farmacopea Argentina. (2013). VII Edición. Volumen III, ANMAT: 1-790.
- Feng, Q., Kumagai, T., Torii, Y., Nakamura, Y., Osawa, T. y Uchida, K. (2001). Anticarcinogenic antioxidants as inhibitors against intracellular oxidative stress. Free radical research, 35(6), 779-88. Doi: 10.1080/10715760100301281.
- Fennema, O. R. (Ed). (2000). Food Chemistry. Third Edition. . Marcel Dekker, Inc., New York <https://ipapasca.unpak.ac.id/pdf/Food%20Chemistry%20by%20Fennema%203rd%20Ed.pdf>.

- Fernandez, P. L., Pablos, F., Martin, M. J. y. Gonzalez, A. G. (2002). Study of catechin and xanthine tea profiles as geographical tracers. *Journal of Agricultural y Food Chemistry*, 50(7), 1833–1839. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0114435>.
- Ferreira, O. y Pinho, S.P. (2012). Solubility of flavonoids in pure solvents. *Industrial & Engineering. Chemistry Research*, 51(18), <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201800113268>.
- Fujiki, H., Watanabe. T., Sueoka. E., Rawangkan A, y Suganuma, M. (2018). Cancer prevention with green tea and its principal constituent, EGCG: from early investigations to current focus on human cancer stem cells. *Molecules y cells*, 41(2), 73–82. <https://doi.org/10.14348/molcells.2018.2227>
- Gadow, A., Joubert, E. y Hansmann, C. F. (1997). Comparison of the antioxidant activity of rooibos tea (*Aspalathus linearis*) with green, oolong and black tea. *Food Chemistry* 60(1), 73 – 77, [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00312-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00312-3).
- Gassner, G. (1973). *Mikroskopische Untersuchung Pflanzlicher Lebensmittel*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 396 pp.
- Gianfredi, V., Nucci, D., Abalsamo, A., Acito. M., Villarini, M., Moretti, M. y Realdon, S. (2018). Green tea consumption and risk of breast cancer and recurrence – a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Nutrients*, 10(12), Doi: [10.3390/nu10121886](https://doi.org/10.3390/nu10121886)
- Gianfredi, V., Vannini, S., Moretti, M., Villarini, M., Bragazzi, NL., Izzotti, A. y. Nucci, D. (2017). Sulforaphane and epigallocatechin gallate restore estrogen receptor expression by modulating epigenetic events in the breast cancer cell line MDA-MB-231: a systematic review and meta-analysis. *Journal of nutrigenetics and nutrigenomics*, 10(3-4), 126-135. Doi: 10.1159/000480636.

- Gomez-Cordoves, C., Bartolome, B., Vieira, W. y Virador, V. (2001) Effects of wine phenolics and sorghum tannins on tyrosinase activity and growth of melanoma cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(3), 1620-4. Doi: 10.1021/jf001116h.
- Graham, H. (1992). Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive medicine*, 21(3), 334–350. [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(92\)90041-E](https://doi.org/10.1016/0091-7435(92)90041-E).
- Hagerman, A.E. (2011). The tannin Handbook. [https://www.academia.edu/25605508/The Tannin Handbook](https://www.academia.edu/25605508/The_Tannin_Handbook) /Ultima revisión 18/10/22.
- Hakim, I., Harris, R. y Weisgerber, U. (2000). Tea intake and squamous cell carcinoma of the skin: Influence of type of tea beverages. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 9(7), 727-31. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10919744/>.
- Halliwell, B. y Gutteridge, J. (1999). *Free radicals in biology and medicine*. 3 ed., Oxford: University Press, Cap. 1-3, 1-245.
- Hatano, T., Edamatsu, R., Hiramatsu, M., Mori, A., Fujita, Y., Yasuhara, T., Yoshida, T y Okuda, T. (1989). Effects of interaction of tannins with co-existing substances. VI. Effects of tannins and related polyphenols on superoxide anion radical and on DPPH radical. *Chemical y Pharmaceutical Bulletin*, 37(8): 2016-2021, <https://doi.org/10.1248/cpb.37.2016>
- Heikel, T.M., Mossa, A.T.H., Marei, G.I.K. y Rasoul, M.A.A. (2012). Cyromazine and Chloropyrifos induced renal toxicity in rats: The ameliorating effect of green tea extract. *Journal of Environmental y Analytical Toxicology*, 2(5), 146-153. Doi: 10.4172/2161-0525.1000146

- Heredia, M. (2005). Descubra el Poder del Té, Buenos Aires, , Grupo Imaginador de ediciones S.A.
- Ho, C.T., Lee, C.Y., y Huang, M.T. (1992). Phenolic Compounds in Food y Their Effects of Health. II. Antioxidants y Cancer Prevention; American Chemical Society, Washington DC. Doi: 10.1021/bk-1992-0507.
- Ho, C.T., Osawa T., Huang M.T. y Rosen R.T. (1994). Food Phytochemicals for Cancer Prevention II: Tea, Spices y Herbs. American Chemical Society, Washington DC. Doi: 10.1021/bk-1994-0547.
- Ho, Y.C.; YU, H.T.; SU, N.W. 2012. Re-examination of Chromogenic Quantitative Assay of Determening Flavonoid contet. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60: 2678-81. <https://doi.org/10.1021/jf2045153>
- Hong, J., Ryu, S., Kim, H., Lee, J., Lee, S., Kim, D., Yun, Y., Ryu, J., Lee, B. y Kim, P. (2000). Neuroprotective effect of green tea extract in experimental ischemia-reperfusion brain injury. Brain research bulletin, 53(6) 743–9. Doi: [10.1016/s0361-9230\(00\)00348-8](https://doi.org/10.1016/s0361-9230(00)00348-8).
- Hoye, A., Davoren, J., Wipf, P., Fink, M. y Kagan, V. (2008). Targeting mitochondria. Accounts of chemical research, 41(1), 87–97. doi: 10.1021/ar700135m.
- Hurrell, J.A., Arenas. P.M. y Pochettino, M.L. (2013). Plantas de dietéticas. Editorial LOLA, Buenos Aires.
- Hurrell, J.A., Ulibarri, E.A., Arenas, P.M. y Pochettino, M.L. (2011). Plantas de herboristería. Editorial LOLA, Buenos Aires.
- Hurrell, J.A., Ulibarri, E.A., Delucchi, G. y Pochettino, M.L. (2008). Plantas aromáticas y condimenticias. Editorial LOLA, Buenos Aires.

- Ihm, S., Jang, S., Kim OR, Chang, K., Oak, M., Lee, J., Lim, D. y Kim, J. (2012). Decaffeinated green tea extract improves hypertension and insulin resistance in a rat model of metabolic syndrome. *Atherosclerosis*, 224(2), 377–383. Doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2012.07.006.
- Jin, D.; Mumper, R.J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis y their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313–52. Doi: 10.3390/molecules15107313.
- Jin, X.H., Ohgami, K., Shiratori, K., Suzuki, Y., Koyama, Y., Yoshida, K., Ilieva, I., Tanaka, T., Onoe, K. y Ohno, S. (2006). Effects of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) extract on lipopolysaccharide-induced inflammation in vitro and in vivo. *Experimental eye research*, 82(5):860-7. Doi: 10.1016/j.exer.2005.10.024.
- Karori, S., Wachira, F., Wanyoko, J. y Ngure, R. (2007). Antioxidant capacity of different types of tea products. *African Journal of Biotechnology*. 6(19), 2287-2296. Doi:[10.5897/AJB2007.000-2358](https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2358).
- Keller, H.A, Delucchi, G. y Romero, H.F. (2011). *Camellia sinensis* (Theaceae) en la Argentina: Naturalización y usos locales. *Sociedad. Argentina de Botanica*. 46(1-2), 145-150.
- Kennedy, D.O. y Wightman, E.L. (2011). Herbal extracts y phytochemicals: Plant secondary metabolites by the enhancement of human brain function. *Advances in Nutrition*. 2(1), 32–50. <https://doi.org/10.3945/an.110.000117>
- Khokhar, S., y Magnusdottir, S.G. (2002). Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(3), 565- 570. <http://dx.doi.org/10.1021/jf010153l>.
- Kim, Y., Goodner, K.L., Park, J.D., Choi, J. y Talcott, S.T. (2011). Changes in antioxidant phytochemicals y volatile composition of *Camellia sinensis* by oxidation during tea

fermentation. Food Chemistry, 129(4),1331-1342.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.012>

Kohlmeier, L., Weterings, K., Steck, S. y Kok, F. (1997). Tea and cancer prevention: an evaluation of the epidemiologic literature. *Nutrition and Cancer*, 27(1): 1-13. Doi: 10.1080/01635589709514494

Kondo, T., Ohta, T., Igura, K., Hara, Y. y Kaji, D. (2002). Tea catechins inhibit angiogenesis in vitro, measured by human endothelial cell growth, migration, and tube formation, through inhibition of VEGF receptor binding. *Cancer Lett.*, 180, 139-144.

Kuriyama, S., Shimazu, T., Ohmori, K., Kikuchi, N., Nakaya, N., Nishino, Y., Tsubono, Y. y Tsuji, I. (2006). Green tea consumption and mortality due to cardiovascular disease, cancer, and all causes in Japan: The Ohsaki study. *JAMA*, 296(10): 1255–65. Doi: 10.1001/jama.296.10.1255.

Kusirisin, W., Srichairatanakool, S., Lertrakarnnon, P., Lailerd, N., Suttajit, M., Jaikang, C. y Chaiyasut, C. (2009). Antioxidative activity, Polyphenolic content and anti-glycation effect of some Thai medicinal plants traditionally used in diabetic patients. *Medicinal chemistry (Sharjah (United Arab Emirates))* 5(2), 139–47. Doi: 10.2174/157340609787582918.

Laurie, S., Miller, V., Grant, S., Kris, M. y Ng, K. (2005). Phase I study of green tea extract in patients with advanced lung cancer. *Cancer chemotherapy and pharmacology*, 55(1) 33–8. Doi: 10.1007/s00280-004-0859-1.

Lee, H., Lee, S.R. y Bae, J.H. (2004). Protective effect of green tea polyphenol EGCG against neuronal damage and brain edema after unilateral cerebral ischemia in gerbils. *Journal of Neuroscience Research*. 77(6):892–900. Doi:[10.1002/jnr.20193](https://doi.org/10.1002/jnr.20193)

Lee, K.W., Lee, H.J. y Lee, C.Y. (2002). Antioxidant activity of black tea vs. green tea. *Journal of Nutrition* , 132(4), 785. Doi: 10.1093/jn/132.4.785.

- León, J. (1987). Botánica de los cultivos tropicales. Inst. Interamericano de cooperación para la agricultura. Servicio Editorial IICA, Lima. 445.
- Leung, L.K., Su, Y.L., Chen, R.Y., Zhang, Z.S., Huang, Y., y Chen, Z.Y. (2001). Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants. *Journal of Nutrition*, 131(9): 2248–5. Doi: 10.1093/jn/131.9.2248.
- Lewin, L. (1998). *Phantastica*. A classic survey on the use and abuse of mind-altering plants. Park Street Press, Rochester, Vermont.
- Lin, Y.S., Tsai, Y.J., Tsay J.S., y Lin J.K. (2003). Factors affecting the levels of tea polyphenols and caffeine in tea leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7), 1864-1873. <https://doi.org/10.1021/jf021066b>.
- Ling, J.J., Mohamed, M., Rahmat, A. y Abu Bakar, M.F. (2010). Phytochemicals, antioxidant properties and anticancer investigations of the different parts of several gingers species (*Boesenbergia rotunda*, *B. pulchella* var *attenuata* y *B. armeniaca*). *Journal of Medicinal Plants Research* 4(1): 27-32.
- Mabry, T. Markham, K. y Thomas, M. (1970). *The Systematic Identification of the Flavonoids*. Springer-Verlag, Berlin and New York: 1-175.
- Makkar, H., Bluemmel, M., Borowy, NK., y Becker, K. (1993). Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of Science of Food and Agriculture* 61: 161-165.
- Mamati, G.E., Liang Y. y Lu J. (2006). Expression of basic genes involved in tea polyphenol synthesis in relation to accumulation of catechins and total tea polyphenols. *Journal of the Science of Food Agriculture* 8(3), 459–464. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2368>.
- Markham, K. (1982). *Tecnicas de Flavonoids Identification*. Academic press, New York: 1-113.

- Martínez C. V. (2021). Elaboración del té blanco. Botanical online <https://www.botanical-online.com/plantas-medicinales/te-blanco-> Fecha de consulta 31/08/2021).
- Martins, A.H.L., Schmidt, H., Garcia, A., Colleta, C., Santos, F., Carpes, F., Silva C. y Carpes, M. (2017). "Supplementation with different teas from *Camellia sinensis* prevents memory deficits and hippocampus oxidative stress in ischemiareperfusion," *Neurochemistry international*, 108, 287–295. <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2017.04.019>.
- McKay, D.L. y Blumberg, J.B. (2002). The role of tea in human health: An update. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(1), 1-13. Doi: [10.1080/07315724.2002.10719187](https://doi.org/10.1080/07315724.2002.10719187).
- Metcalf, C.R. 1979. Some Basic Types of Cells and Tissues. En Metcalfe C.R. y Chalk L. *Anatomy of the Dicotyledons* 2nd ed. Vol. I. Clarendon Press, Oxford: 54-62.
- Mohanlal, S., Parvathy, R., Shalini, V., Mohanan, R., Helen, A. y Jayalekshmy, A. (2012). Chemical indices, Antioxidant activity y anti-inflammatory effect of extracts of the medicinal rice "Njavara" y staple varieties. *Journal of Food Biochemistry*. 37(3), 369-380. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2011.00646.x>
- Morais, S.M., Cavalcanti, E.S.B., Costa, S.M.O. y Aguiar, L.A. (2009). Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19(1b), 315-320. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000200023>.
- Morlachetti, D. (2014). El libro del té Gourmand. Ed Homosapiens, Rosario 120pag.
- Nacz, M. y Shahidi, F. (2004). Review: Extraction and analysis of phenolics in food. *Science Direct, Journal of Chromatography A*, 1054(1-2), 95–111. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.059>.

- Namita, P., Mukesh, R. y Vijay, K. *Camellia sinensis* (Green Tea): A Review. (2012). *Global Journal of Pharmacology* 6 (2): 52-59. <https://meditea.co.id/wp-content/uploads/2017/10/Green-Tea-anti-aging-anti-stroke.pdf>.
- Nasri, H., Ahmadi, A., Baradaran, A., Nasri, P., Hajian, S., Arian, A.P., Kohi, G. y Kopaei, M.R. (2013). Abiochemical study on ameliorative effect of green tea (*Camellia sinensis*) extract against contract media induced acute kidney injury. *Journal of renal injury prevention*, 3(2),47-9. Doi: [10.12861/jrip.2014.16](https://doi.org/10.12861/jrip.2014.16).
- Nenadis, N., Lazariduo, O. y Tsimído, M. (2007). Use of reference compounds in antioxidant activity assessment, *Journal Agriculture of Food Chemistry*, 55(14), 5452-5460. <https://doi.org/10.1021/jf070473q>.
- Ogunleye, A.A., Xue, F. y Michels, K.B. (2009). Green tea consumption and breast cancer risk or recurrence: a meta-analysis. *Breast cancer research and treatment*, 119(2), 477-84 Doi: [10.1007/s10549-009-0415-0](https://doi.org/10.1007/s10549-009-0415-0).
- Osada, K., Takahashi, M., Hoshina, S., Nakamura, S. y Sugano, M. (2001). Tea catechins inhibit cholesterol oxidation accompanying oxidation of low-density lipoprotein in vitro. *ScienceDirect, Comparative Biochemistry and Phisiology: Toxicology y Pharmacology*. 128(2)153 -154. [https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(00\)00192-7](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(00)00192-7).
- Owuor, P. O. y Obanda, M. (1998). The changes in black tea quality due to variations of plucking standard and fermentation time. *Food Chemistry*, 61, pp. 435-441. Owuor, P. O. y Obanda, M. (1998). The changes in black tea quality due to variations of plucking standard and fermentation time. *Food Chemistry*, 61, pp. 435-441. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00092-7)
- Oxinor, P.O. y Obandanda, M. (1998). The changes in black tea quality due to variations of plucking standard and fermentation time, *Food Chemistry*, 61(4) 435-441. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00092-7).

- Oyejide, O.O. y Olushola, L. (2005). Hepatoprotective and antioxidant properties of extract of *Camellia sinensis* (black tea) in rats. *African Journal of Biotechnology*, 4(11), 1432-1438. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/71491>.
- Padma, V.V., Baskaran, R., Roopesh, R.S. y Poornima, P. (2012). Quercetin attenuates lindane Induced oxidative stress in Wistar rats. *Molecular biology reports*, 36(6) 3895- 905. Doi:[10.1007/s11033-012-1516-0](https://doi.org/10.1007/s11033-012-1516-0).
- Pan, X., Zhao, B., Song, Z., Han, S. y Wang, M. (2016). Estrogen receptor alpha36 is involved in epigallocatechin-3-gallate induced growth inhibition of ER-negative breast cancer stem/progenitor cells. *Journal of pharmacological sciences*, 130(2) 85–93. Doi: 10.1016/j.jphs.2015.12.003.
- Pandey, M., Shukla, S. y Gupta, S. (2010). Promoter demethylation and chromatin remodeling by green tea polyphenols leads to re-expression of GSTP1 in human prostate cancer cells. *International journal of cancer*, 26(11) 2520-33. Doi: 10.1002/ijc.24988.
- Pastore R. (2005). Green y White Tea Max: A Closer Look at the Benefits of Green y White Tea. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.696.8743yrep=rep1ytype=pdf>
- Pedreschi, R. y Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antimutagenic and antioxidant properties of phenolic fractions from Andean purple corn (*Zea mays* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(13) 4557–67. Doi: 10.1021/jf0531050.
- Pelus, E., Arnaud, J., Ducros, V., Faure, H., Favier, A. y Roussel, A. (1994). Trace element (Cu, Zn, Fe, Mn, Se) intakes of a group of French men using the duplicate diet technique. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 45(1) 63-70.<https://doi.org/10.3109/09637489409167018>

- Peluso, I. y Serafini, M. (2017). Antioxidants from black and green tea: From dietary modulation of oxidative stress to pharmacological mechanisms. *British journal of pharmacology*, (11) 1195–1208. Doi: 10.1111/bph.13649.
- Pereira, D.M., Valentão, P., Pereira, J.A. y Andrade, P.B. (2009). Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules*, 14(16) 2202–221. Doi: [10.3390/molecules14062202](https://doi.org/10.3390/molecules14062202).
- Pieme, C.A., Penlap, V.N., Ngogang, J. y Costache, M. (2010). In vitro cytotoxicity and antioxidant activities of five medicinal plants of Malvaceae family from Cameroon. *Environmental toxicology and pharmacology*, 29(3) 223–8. Doi: 10.1016/j.etap.2010.01.003.
- Piovan, A., Filippini, R., Dalla, F. y Caniato, R. (2014). Comparative Study of Leaf Morphology, Phenolics y Methylxanthines in *Camellia sinensis* Teas from the Italian Market. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*; 2 (5) 154-160. <https://www.phytojournal.com/archives?year=2014&vol=2&issue=5&ArticleId=261>
- Pisters, K.M.W., Newman, R.A., Coldman, B., Shin, D.M., Khuri, F.R., Hong, W.K., Glisson, B.S. y Lee, J.S. (2001). Phase I trial of oral green tea extract in adult patients with solid tumors. *Journal of clinical oncology: official journal of the American Society of Clinical Oncology*, 19(6) 1830–8. Doi: 10.1200/JCO.2001.19.6.1830.
- Posluszny, L.H., Kolodziej, S.F., y Posluszny, J.A. (2015). Estudio del Proceso de Elaboración de Té Negro. Sector de Conservado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2015/trabajos/C013_COINI2015.pdf
- Pourcel, L., Routaboul, J.M., Cheynier, V., Lepiniec, L. y Debeaujon, I. (2007). Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. *Trends in plant science*, 12(1) 29-36. Doi: 10.1016/j.tplants.2006.11.006.

- Prasad, W.L., Srilatha, Ch., Sailaja, N., Raju, N.K. y Jayasree, N. (2016). Amelioration of Gamma-hexachlorocyclohexane (Lindane) induced renal toxicity by *Camellia sinensis* in Wistar rats. *Veterinary World*. 9(11) 1331-1337. Doi: 10.14202/vetworld.2016.1331-1337.
- Prat Kricun, S. (2011a). Té: procesos de elaboración. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). <https://inta.gob.ar/documentos/te-procesos-de-elaboracion>.
- Prat Kricun, S. (2011b). Contenido de catequinas en cultivares argentinos de té (*Camellia sinensis*), elaborados como té verde Sencha. *Revista de Investigaciones Agropecuarias RIA*, 37(3) 249-255. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/6423>.
- Prat Kricun, S. (2011c). Contenido de catequinas en cultivares argentinos de té (*Camellia sinensis*), elaborados como té negro. *Revista de Investigaciones Agropecuarias RIA*, 37(1) 37-45. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6386/RIA_2011_37_1_p.37-45.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Price, M.L., Van Scoyoc, S. y Butler, L.G. (1978). A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorg hum grain. *Journal of Agricultural and food Chemistry* 26: 1214-1218. <https://doi.org/10.1021/jf60219a031>
- Rahman, R.M., Nair, S.M., Helps, S.C., Shaw, O.M., Sims, N.R., Rosengren, R.J. y Appleton, I. (2005). (-)-Epigallocatechin gallate as an intervention for the acute treatment of cerebral ischemia. *Neuroscience letters*, 382(3) 227–230. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2005.03.018>
- Rains, T.M., Agarwal, S. y Maki, K.C. (2011). Antiobesity effects of green tea catechins: a mechanistic review. *The Journal of nutritional biochemistry*, 22(1) 1–7. Doi: 10.1016/j.jnutbio.2010.06.006.

- Ramos, S. (2008). Cancer chemoprevention and chemotherapy: Dietary polyphenols and signaling pathways. *Molecular Nutrition Food Research*, 52(5)507–526. <http://archive.sciencewatch.com/dr/fbp/2009/pdf/09octfbpRamo.pdf>
- Rani A, Singh K, Sood P, Kumar S, Ahuja PS. (2009). p-Coumarate: CoA ligase as a key gene in the yield of catechins in tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] *Functional & integrative genomics*, 9:271–275. doi: 10.1007/s10142-008-0098-3.
- Ravichandran, R. y Parthiban, R. (1998). The impact of mechanization of tea harvesting in the quality of South Indian CTC teas. *Food Chemistry*, 63 (1), pp. 61-64. https://www.researchgate.net/publication/222481882_The_impact_of_mechanization_of_tea_harvesting_on_the_quality_of_south_indian_CTC_teas.
- Reto, M., Figueira, M. E., Filipe, H. M., & Almeida, C. M. (2007). Chemical composition of green tea (*Camellia sinensis*) infusions commercialized in Portugal. *Plant foods for human nutrition* (Dordrecht, Netherlands), 62(4), 139–144. <https://doi.org/10.1007/s11130-007-0054-8>
- Ricco, R., Sena, G., Vai, V., Wagner, M., Gurni, A. (2002). Taninos condensados de *Ephedra Chilensis* K. Presl (=E. andina Poepp. Ex May.) –Ephedraceae-. Cátedra de Farmacobotánica. Departamento de Farmacología. Facultad de Farmacia y Bioquímica. UBA. Buenos Aires.
- Roberto Nacif. S., Sartory, A.A. y Chamhum, L.C. (2001). Morphological and anatomical development of the litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Brewster). *Fruits* 56 (4): 225–233. doi:10.1051/fruits:2001125
- Rong, T. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols, Review. *Nutrients*, 2(12) 1231–46. Doi: 10.3390/nu2121231.

- Routray, W. y Orsat, V. (2012) Microwave-assisted extraction of flavonoids: A Review. *Food, Bioprocess. Technol*, 5(2) 409–424. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0573-z>
- Rusak, G., Komes, D., Likic, S., Horzic, D., y Kovac, M. (2008). Phenolic content and antioxidative capacity of green and white tea extracts depending on extraction conditions and the solvent used. *Food Chemistry*, 110(4) 852-8. Doi: 10.1016/j.foodchem.2008.02.072.
- Sahoo, A. y Chainy, G.B.N. (1998). Acute hexachlorocyclohexane-induced oxidative stress in rat cerebral hemisphere. *Neurochemical research*, 23(8) 1079-84. Doi: 10.1023/a:1020760119541.
- Samaniego-Sanchez, C., Inurreta-Salinas, Y., Quesada-Granados, J.J., Blanca-Herrera, R., Villalón-Mir M., López-García de la Serrana H. y López Martínez, M.C. (2011). The influence of domestic culinary processes on the Trolox equivalent antioxidant capacity of green tea infusions. *ScienceDirect. Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1) 79-86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.06.003>.
- Sawadogo, W.R., Maciuk, A., Banzouzi, J.T., Champy, P., Figadere, B., Guissou, I.P. y Nacoulma, O.G. (2012). Mutagenic effect, Antioxidant y anticancer activities of six medicinal plants from Burkina Faso. *Natural product research*, 26(6), 575–9. Doi: 10.1080/14786419.2010.534737.
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Remesy, C. y Jiménez, L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical reviews in food science and nutrition*, 45(4) 287–306. Doi: 10.1080/1040869059096.
- Scalbert, A., Monties, B. y Janin, G. (1989) Tannins in Wood: Comparison of Different Estimation Methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37, 1324-1329. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00089a026>

- Schmidt, H.L., A. Garcia, A., o, A., Mello-Carpes, P.B. y Carpes, F.P. (2017) “Green tea supplementation produces better neuroprotective effects than red y black tea in Alzheimerlike rat model. *Food Research International* , 100(1) 442–448. Doi: 10.1016/j.foodres.2017.07.026.
- Scoparo, C., Souza, L., Dartora, N., Sasaki, G., Gorin, P y Lacomini, M. (2011). Analysis of *Camellia sinensis* green and black teas via ultrahigh performance liquid chromatography assisted by liquid–liquid partition and two-dimensional liquid chromatography (size exclusion × reversed phase) *Journal of Chromatography A*, 1222: 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.11.038>.
- Shahidi, F. (2006). Functional foods: their role in health promotion and disease prevention. *Journal of food science*, 6(5) 146-149. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10727.x>
- Shahidi, F., Janitha, P.K. y Wanasundara, P.D. (1992). Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 32(1) 67-103. <https://doi.org/10.1080/10408399209527581>.
- Shankar, E., Kanwal, R., Candamo, M. y Gupta, S. (2016). Dietary phytochemicals as epigenetic modifiers in cancer: Promise and challenges. *Seminars in cancer biology*, 40-41, 82–99. Doi: 10.1016/j.semcancer.2016.04.002.
- Sharangi AB. (2009) Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.)—A review. *Food Research International*, 42(5-6) 529–535. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.01.007>
- Sing, A.K., Seth, P., Anthony, P., Husain, M.M., Madhavan, S., Mukhtar, H. y Maheshwari, R.K. (2002). Green tea constituent epigallocatechin-3-gallate inhibits angiogenic differentiation of human endothelial cells. *Archives of biochemistry and biophysics*, 401(1) 29-37. Doi: 10.1016/S0003-9861(02)00013-9.

- Slivova, V., Zaloga, G., DeMichele, S., Mukerji, P., Huang, Y., Siddiqui, R., Harvey, K., Valachovicova, T. y Sliva, D. (2005). Green tea polyphenols modulate secretion of urokinase plasminogen activator (uPA) and inhibit invasive behavior of breast cancer cells. *Nutrition and Cancer*, 52(1) 66–73. Doi: [10.1207/s15327914nc5201_9](https://doi.org/10.1207/s15327914nc5201_9).
- Sosa, P. M., de Souza, M. A., y Mello-Carpes, P. B. (2018). Green Tea and Red Tea from *Camellia sinensis* Partially Prevented the Motor Deficits and Striatal Oxidative Damage Induced by Hemorrhagic Stroke in Rats. *Neural plasticity*, 2018, 5158724. <https://doi.org/10.1155/2018/5158724>
- Soto-Vaca, A., Gutierrez, A., Losso, J.N., Xu, Z., y Finley, J.W. (2012) Review: Evolution of phenolic compounds from color y flavor problems to health benefits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(27), 6658–6677. <https://doi.org/10.1021/jf300861c>
- Stalikas, C.D. (2007) Review: Extraction, Separation, y detection methods for phenolic acids y flavonoids. *Journal of Separation Science*, 30(18), 3268–3295. <https://doi.org/10.1002/jssc.200700261>
- Steele, V.E., Bagheri, D., Balentine, D.A., Boone, C.W, Mehta, R., Morse, MA., Sharma, S., Sigman, C.C., Stoner, G.D., Wargovich, M.J., Weisburger, J.H., Zhu, S. y Kelloff, G.J. (1999). Preclinical efficacy studies of green y black tea extracts. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 220(4) 210-212. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1373.1999.d01-35.x>.
- Stevens, P.F. (2001). Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Suzuki, M., Tabuchi, M., Ikeda, M., Umegaki, K. y Tomita T. (2004). Protective effects of green tea catechins on cerebral ischemic damage. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*, 10(6) 66–174. .

- Suzuki, T., Yamazaki, N., Sada, Y., Oguni, I. y Moriyasu, Y. (2003). Tissue distribution and intracellular localization of catechins in tea leaves. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 67(12) 2683–6. Doi: 10.1271/bbb.67.2683.
- Takeda, Y. (1994). Differences in caffeine and tannin contents between tea cultivars, and application to Tea Breeding. *Japan Agricultural Research Quarterly* 28(2) 117- 123. https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/jarq/28-2-117-123_0.pdf.
- Thakur, V.S., Gupta, K. y Gupta, S. (2012). Green tea polyphenols causes cell cycle arrest y apoptosis in prostate cancer cells by suppressing class I histone deacetylases. *Carcinogenesis*. 33: 377–384.
- Tokunaga, S., White I.R., Frost, C., Tanaka, K., Kono, S. Tokudome, S., Akamatsu, T., Moriyama, T. y Zakouji, H. (2002). Green tea consumption and serum lipids and lipoproteins in a population of healthy workers in Japan. *Annals of epidemiology*, 12(3) 157-65. Doi: 10.1016/s1047-2797(01)00307-6.
- Torres, M.C., Cativiela, M. y Gattuso, S. (1998). Parámetros de identificación morfo-anatómicos del fruto de *Rosa rubiginosa* L. (rosa mosqueta) (Rosaceae). *La Alimentación Latinoamericana* 31 (221) 37-40.
- Unachukwu, U.J., Ahmed, S., Kavalier, A., Lyles, J.T. y Kennelly, E.J. (2010). White and green teas (*Camellia sinensis* var. *sinensis*): variation in phenolic, methylxanthine, and antioxidant profiles. *Journal of food science*, 75(6): 541-8. Doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01705. x.
- Valenzuela, A. (2004). El consumo té y la salud: Características y propiedades benéficas de esta bebida milenaria. *Revista Chilena de Nutrición*, 31(2) 7-7518 <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182004000200001>.
- Vanka, A. y Vanka, S. (2012). White tea: A contributor to oral health. *Dental Research Journal*, 9(4) 504. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3491343/>

- Vanholme, R., Demedts, B., Morreel, K., Ralph, J. y Boerjarr, W. (2010). Lignin biosynthesis and structure. *Plant Physiology*, 153(3) 895–905. Doi: [10.1104/pp.110.155119](https://doi.org/10.1104/pp.110.155119).
- Varnam, A.H. y Sutherland, J.P. (1996). *Bebidas: tecnología, química y microbiología*. Editorial Acribia. Zaragoza, 487.
- Vinson, J.A. y Dabbagh, Y.A. (1998). Effect of green and black tea supplementation on lipids, lipid oxidation and fibrinogen in the hamster: Mechanisms for the epidemiological benefits of tea drinking. *FEBS Lett* 433: 44–46.
- Vinson, J.A. (2000). Black a green tea and heart disease: a review. *BioFactors* (Oxford, England), 13(1-4) 127-32. Doi: [10.1002/biof.5520130121](https://doi.org/10.1002/biof.5520130121).
- Vinson, J.A., Su, X., Zubik, L. y Bose, P. (2001). Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, (11): 5315-21. Doi: [10.1021/jf0009293](https://doi.org/10.1021/jf0009293).
- Vivas Leguizamón, L.V. (2014). Control de calidad de *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae): estudio farmacobotánico, análisis de polifenoles y actividad antioxidante aplicables en un laboratorio de baja complejidad. Tesis de Maestría, Fac. Ciencias Exactas y Naturales, UBA, 136 pp. [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5824_VivasLeguizam on.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5824_VivasLeguizam%20on.pdf).
- Wagner, H. y Blatt, S. (1996) *Plant Drug Analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas*. II Edition, Springer-Verlag, Berlin. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-00574-9>
- Wang H, Helliwell K. (2001). Determination of flavanols in green and black tea leaves and green tea infusions by high-performance liquid chromatography. *Food Research International*, 34(2-3): 223 – 227. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00156-3](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00156-3).

- Wang, N. (2011). A comparison of Chinese and British tea culture. *The Canadian Asian Culture y History*, 3(2) 13-18. Doi:[10.5539/ach.v3n2p13](https://doi.org/10.5539/ach.v3n2p13).
- Wang X, Liu F, Li J, Yang X, Chen J, Cao J, Wu X, Lu X, Huang J, Li Y, Zhao L, Shen C, Hu D, Yu L, Liu X, Wu X, Wu S, Gu D. (2020). Tea consumption and the risk of atherosclerotic cardiovascular disease and all-cause mortality: The China-PAR project. *European Journal of Preventive Cardiology*, 1-8. Doi: [10.1177/2047487319894685](https://doi.org/10.1177/2047487319894685).
- Wei, K., Wang, L., Zhou, J., He, W., Zeng, J., Jiang, Y. y Cheng, H. (2011). Catechin contents in tea (*Camellia sinensis*) as affected by cultivar and environment and their relation to chlorophyll contents. *Food Chemistry*, 125(1) 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.029>.
- Wei, R., Mao, L., Xu, P., Zheng, X., Hackman, R. y Mackenzie, G. (2018). Suppressing glucose metabolism with epigallocatechin- 3-gallate (EGCG) reduces breast cancer cell growth in preclinical models. *Food & function*, 9(11) 5682–5696. Doi: [10.1039/c8fo01397g](https://doi.org/10.1039/c8fo01397g).
- Wijngaard, H.H., Rößle, C. y Brunton, N. (2009). A survey of Irish fruit y vegetable waste y byproducts as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 116 (1) 202–207. Doi:[10.1016/j.foodchem.2009.02.033](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.033).
- Wilkinson, H.P. 1979. The Plant surface (mainly leaf). En Metcalfe C.R. y Chalk L. *Anatomy of the Dicotyledons* 2nd ed. Vol. I. Clarendon Press, Oxford: 97-165.
- Winton A.L. y Winton K.B. (1935). *The Structure y Composition of Foods* Vol. II. J. Wiley y Sons, INC., London, 904 pp.
- Winton A.L., y Winton K.B. (1939). *The Structure y Composition of Foods* Vol. IV. J. Wiley y Sons, INC., London, 580 pp.

- World Flora Online. (2022) Taxonomic Backbone *Camellia*.
<http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000582676> Ultimo acceso 06/10/2022
- World Health Organization. (2011). Quality control methods for medicinal plant material. Geneva, 187 pp. <http://who.int/medicinedocs/pdf/h1791e.pdf>
- Wu, C.D. y Wei, G. (2002). Tea as a functional food for oral health. . Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.), 18(5), 443–444. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(02\)00763-3](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(02)00763-3)
- Xie, M., von Bohlen, A., Klockenkämper, R., Jian, X., & Günther, K. (1998). Multielement analysis of Chinese tea (*Camellia sinensis*) by total-reflection X-ray fluorescence. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A, 207, 31-38. <https://doi.org/10.1007/s002170050291>
- Yang, C.S., Maliakal, P. y Meng, X. (2002). Inhibition of carcinogenesis by tea. Annual review of pharmacology and toxicology, 42, 25–54
 Doi: [10.1146/annurev.pharmtox.42.082101.154309](https://doi.org/10.1146/annurev.pharmtox.42.082101.154309).
- Yao, L., Liu, X., Jiang, Y., Caffin, N., D'Arcy, B., Singanusong, R., Data, N. y Xu, Y. (2006). Compositional analysis of teas from Australian supermarkets. Food Chemistry, 94(1) 115-122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.009>.
- Youngken, H.W. (1951). Tratado de Farmacognosia. México D.F. Editorial Atlante; 1951;320-3.
- Zarlavsky, GE. (2014). Histología vegetal. Técnicas simples y complejas. Soc. Argentina de Botánica, Buenos Aires.
- Zaveri, N.T. (2006). Green tea and its polyphenolic catechins: Medicinal uses in cancer and noncancer applications. Life Sciences, 78(18) 2073-2080.
<https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.12.006>.

- Zhang, L. Q., Wei, K., Cheng, H., Wang, L. Y., y Zhang, C. C. (2016). Accumulation of catechins and expression of catechin synthetic genes in *Camellia sinensis* at different developmental stages. *Botanical studies*, 57(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s40529-016-0143-9>.
- Zhang, L., Ravipati, A.S., Koyyalamudi, S.R., Chul, S., Reddy, N., Smith, P., Bartlett, J., Shanmugam, K., Münch, G. y Wu, M. (2011). Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants containing phenolic and flavonoid compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(23) 12361–7. Doi: [10.1021/jf203146e](https://doi.org/10.1021/jf203146e).
- Zuloaga, F. O., Belgrano, M. J. Zanotti C. A. (2019). Pentaphylacaceae. Actualización del catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur. *Darwiniana*, 7(2) 208-218. DOI: 10.14522/darwiniana.2019.72.861
- Zuo, Y., Chen, H. y Deng, Y. (2002). Simultaneous determination of catechins, caffeine and gallic acids in green, Oolong, black and pu-erh teas using HPLC with a photodiode array detector. *Talanta*, 57(2), 307-316. [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(02\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(02)00030-9).