



Universidad de Valladolid

Trabajo de Fin de Grado en Nutrición Humana y Dietética

Curso 2024/2025

ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y EFECTOS DE LAS CATEQUINAS DEL TÉ

Autora: Irene Sanjuán de la Mano

Tutor: Raúl Bodas Rodríguez

Índice de contenidos

Resumen.....	3
Palabras clave	3
Abstract	4
Key words.....	4
Siglas y abreviaturas	5
1. Introducción.....	6
1.1 Definición y tipos de té.....	6
1.2 Valor nutricional del té	7
1.3 Las catequinas	8
1.3.1 Concentración de las catequinas en diferentes tipos de té y sus variaciones	9
1.3.2 Actividad biológica de las catequinas del té	10
1.4 Otros componentes del té con bioactividad.....	11
1.5 Propiedades del té	11
1.5.1 Propiedades beneficiosas.....	11
1.5.1.1 Capacidad antioxidante y antiinflamatoria	11
1.5.1.2 Efectos sistémicos derivados de las capacidades antioxidantes y antiinflamatorias.....	12
1.5.2 Potenciales efectos perjudiciales	13
1.6 Justificación del estudio.....	13
1.6.1 Tipos de estudios	14
2. Objetivo.....	15
3. Material y métodos.....	15
4. Resultados.....	17
5. Discusión	22
5.1 Limitaciones	30
5.2 Futuras líneas de investigación	31
6. Conclusiones	31
7. Bibliografía	32
8. Anexos	47

Resumen

Las catequinas son un grupo de polifenoles que se encuentran en varios alimentos, entre los cuales destaca el té, cuya popularidad crece a medida que lo hacen los potenciales efectos beneficiosos derivados de estas moléculas. A pesar de ello, la actividad biológica de estas moléculas en el organismo humano no ha sido completamente esclarecida. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión sistemática consiste en revisar estudios recientes que expliquen cuál es la actividad biológica de las catequinas del té sobre células humanas y sus efectos en el organismo humano. Así, se realizó una búsqueda en PubMed y Scopus acotada en los últimos 15 años con los descriptores "humanos", "catequina", "actividad biológica" y "té". Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión (revisiones sistemáticas y metaanálisis, especie, alimento), se obtuvieron 31 artículos a analizar. Diecisiete estudios tenían a humanos como muestra, trece emplearon diferentes líneas celulares y uno tenía una parte *in vitro* y otra *in vivo*. Las catequinas se emplearon en varias formas (catequinas como tal, té en infusión, polifenol E con EGCG, cápsulas de EGCG) y se obtuvieron valores medios de catequinas totales en plasma de 739 nmol/l. Cuando se consumen catequinas, se da un pico de concentración a las 1,5 - 2,5 horas que va disminuyendo hasta concentraciones indetectables tras 12 horas. Además, esta concentración máxima varía según el tipo de compuesto, la dosis ingerida y otros componentes de la dieta o medicamentos. Se ha visto una relación entre el consumo de catequinas una disminución de la glucosa, adrenalina, noradrenalina, tasa de oxidación lipídica máxima, ácido úrico y amoníaco y una mejora del colesterol y los triglicéridos. Finalmente, algunos estudios parecen indicar el potencial de estas moléculas en el tratamiento de procesos patológicos como la obesidad, la diabetes, la colitis ulcerosa, la hipercolesterolemia, determinados tipos de cáncer y el síndrome metabólico.

Palabras clave

Té, Catequinas, Actividad Biológica, Humanos, Sistemas Microfisiológicos, MeSH.

Abstract

Catechins are a group of polyphenols that can be found in multiple foods, including tea, which is becoming increasingly popular thanks to the possible beneficial effects derived from these molecules. That being said, there isn't enough information to confirm the biological activity of catechins in the human organism. Thus, the main objective of this systematic review is to analyse recent studies explaining the biological activity of tea catechins in human cells and their effects in the human organism. Therefore, a research on PubMed and Scopus was made, using the descriptors "humans", "catechin", "biological activity" and "tea" to find articles published in the last 15 years. After screening the results with the inclusion and exclusion criteria (systematic reviews and metaanalysis, species, food), there were 31 articles to be analysed. Seventeen studies were *in vivo*, thirteen were *in vitro* and one had an experiment *in vitro* and another one *in vivo*. Catechins were used in different ways (catechins as such, infused tea, polyphenol E with EGCG, EGCG capsules) and, on average, the amount of total catechins in blood was 739 nmol/l. When catechins are consumed, there is a concentration peak after 1.5 - 2.5 hours, that decreases until concentration is no longer detectable at 12 hours after ingestion. Furthermore, this concentration varies depending on the compound type, dosage and other diet components or drugs. There is a correlation between catechin intake and a decrease in glucose, adrenaline, noradrenaline, maximum lipid oxidation rate, uric acid, ammonia and an improvement on cholesterol and triglycerides levels. It seems that these molecules may be helpful when treating pathological processes such as obesity, diabetes, ulcerative colitis, hypercholesterolemia, certain types of cancer and metabolic syndrome.

Key words

Tea, Catechins, Biological Activity, Microphysiological Systems, Humans, MeSH.

Siglas y abreviaturas

AUC: Área Bajo la Curva (*Area Under the Curve*).

CG: Catequina galato.

EC: Epicatequina.

ECA: Enzima Convertidora de Angiotensina.

ECG: Epicatequina galato.

ECGC: Epigallocatequina galato.

EGC: Epigallocatequina.

EGCG-3"-OMe: Epigallocatequina-3'-O-metil.

EGC-4'-OMe: Epigallocatequina-4'-O-metil.

EGC-4''-OMe: Epigallocatequina-4''-O-metil.

GC: Galocatequina.

GCG: Galocatequina galato.

HSA: Albúmina del Suero (*Human Serum Albumin*).

LDL: Lipoproteína de baja densidad.

1. Introducción

El té es una de las bebidas más antiguas en todo el mundo (Musial et al., 2020). Fue consumido por primera vez hace cientos de años (FAO, 2024a) y continúa siéndolo en la actualidad –es la segunda bebida más consumida después del agua (FAO, 2024b)–.

El té proviene de la planta *Camellia sinensis* y se le atribuyen propiedades que hacen que esta bebida pueda considerarse beneficiosa para la salud, como sugieren varias revisiones sistemáticas (Zhao et al., 2022; Chieng & Kistler, 2022; Liu et al., 2024).

En 2011, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) emitió un documento en el que, tras estudiar múltiples artículos científicos, se mostraba qué tipo de alegaciones se podían afirmar en relación a las catequinas del té, que se explicarán en el apartado 1.3.

En el momento de emisión de dicho documento, no se podía establecer una relación causa-efecto de las catequinas para la mejora de la vasodilatación dependiente del endotelio, la protección de la piel frente a rayos UV y la función cognitiva normal. Por otro lado, tampoco se podía asegurar que las catequinas mejorasen la presión arterial, la glucemia, la concentración de colesterol LDL, la protección del daño oxidativo frente al ADN y los lípidos, y el descenso de microorganismos gastrointestinales potencialmente patógenos. Además, existen afirmaciones como “sistema cardiovascular”, “tonificación del cuerpo”, “salud inmune” o “boca” que no responden a ninguna declaración según el Reglamento N° 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos (EFSA, 2011).

Esto puso en evidencia la necesidad de que se realizasen más estudios para poder determinar si realmente las catequinas tienen alguno de los efectos mencionados o si se deben a otras sustancias presentes en el té.

1.1 Definición y tipos de té

El té proviene de las hojas secas de la planta *Camellia sinensis* y se suele preparar en agua caliente para ser consumida como bebida estimulante. Según el Real Decreto 1354/1983, de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de té y derivados, se define al té como “las hojas jóvenes y las yemas, sanas y limpias, de las distintas especies del género botánico *Thea*, en buen estado de conservación, convenientemente preparadas para el consumo humano, y poseyendo el aroma y gusto característicos de su variedad y zona de producción”.

Existen varias clasificaciones del té. Una de las más sencillas, de acuerdo con una revisión de Abudurehman et al. (2022), engloba los más de trescientos tipos de té en tres grupos principales: té negro, té oolong y té verde, según su nivel de fermentación (Tabla 1).

Otra clasificación posible es la que proponen Valero et al. (2018), que según el tratamiento que han sufrido las hojas de *Camellia sinensis* habrá un tipo de té diferente: té blanco (hojas jóvenes no oxidadas), té verde (hojas no oxidadas y secadas en ausencia de humedad), té negro (el más oxidado y con más teína) y el té rojo (elaborado con hojas que se comprimen y almacenan durante años para que unas bacterias transformen el té verde en rojo). En esta clasificación, no se encuentra el té oolong como tal. Además, es importante recalcar que un té no deriva de otro.

Conforme a otras clasificaciones (Tang et al., 2019a), se pueden encontrar hasta seis tipos de té, donde, de mayor a menor grado de fermentación serían: té verde (sin fermentar), amarillo (levemente fermentado), blanco (medianamente fermentado), oolong (semi-fermentado), negro (profundamente fermentado) y oscuro (post-fermentado).

Tabla 1. Principales características entre los distintos tipos de té provenientes de la planta *Camellia sinensis*.

	TÉ VERDE	TÉ OOLONG	TÉ NEGRO
DIFERENCIAS	No fermentado.	Parcialmente fermentado.	Fermentación completa.
	Segundo té más producido (20%).	2% de la producción de té mundial.	Mayor producción mundial (78%).
	30-42% del extracto seco son catequinas.	Contiene tésinensinas, un tipo de galocatequinas.	Pigmentos principales: tearubiginas (60% del extracto seco) y teaflavinas.

Fuente: Adaptación de Abudurehman et al. (2022).

En resumen, lo que diferencia principalmente a los distintos tipos de té es el grado de fermentación.

1.2 Valor nutricional del té

El valor nutricional viene determinado por la forma en la que se consume, que es sobre todo como infusión. Por tanto, su composición nutricional será mayoritariamente agua.

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la composición nutricional del té es la presentada en la Tabla 2 (Anexo I). Al tratarse del té en infusión, destaca su contenido de agua. También presenta potasio, magnesio, fósforo y una pequeña cantidad de proteínas, niacina y riboflavina, así como trazas de lípidos, calcio, hierro, yodo, zinc, sodio, selenio, tiamina, vitamina B₆ y folatos.

Por otro lado, en relación con la composición del té negro y té verde (que puede verse en la Tabla 3, Anexo II), cabe destacar que ambos tipos de té presentan cafeína y azúcares en

cantidades muy similares, teanina, aminoácidos, catión potasio y componentes aromáticos. En el caso del té negro, sobre todo destaca la tearubigina –uno de los pigmentos responsables del oscuro color del té negro–, seguido de las catequinas y los azúcares, en ese orden. En el té verde sobresale la epigallocatequina galato y la epigallocatequina, entre otros. Es decir, más del 30% del extracto seco del té verde está compuesto por las catequinas, que se explican a continuación.

1.3 Las catequinas

Muchas de las características positivas del té vienen dadas por la presencia de compuestos químicos, como son las catequinas (Musial et al., 2020).

Las catequinas consisten en un grupo de polifenoles que engloba varias moléculas: catequina, epicatequina (EC), epicatequina galato (ECG), epigallocatequina (EGC), galocatequina (GC), epigallocatequina galato (EGCG) y galocatequina galato (GCG) (Fan et al., 2017).

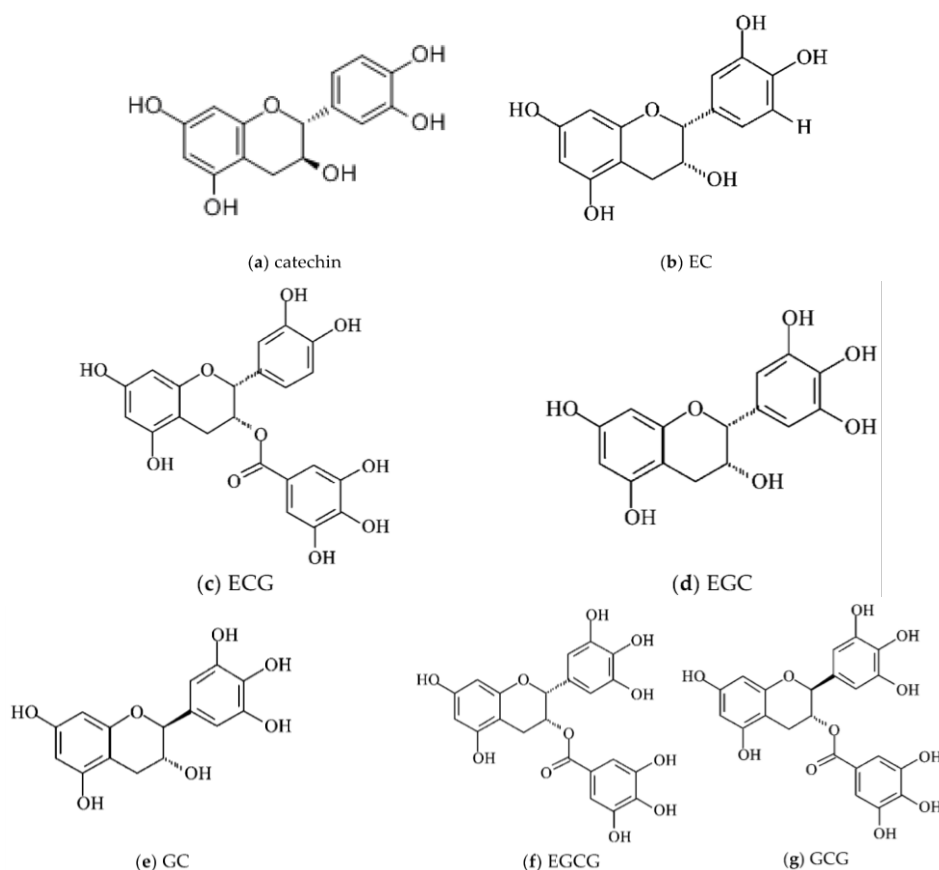


Figura 1. Estructura química de los tipos más importantes de catequinas.

Fuente: Fan et al. (2017).

Algunas catequinas, como ECG, EGCG, CG y GCG, presentan un grupo galoil, que puede conferir ciertas propiedades, como se verá más adelante. Este grupo se forma en las plantas de forma natural (Karas et al., 2017) por la esterificación de algunas catequinas con el ácido gálico, como

por ejemplo EGCG es el resultado de la esferificación de EGC con ácido gálico y ECG de EC (Wen et al., 2025).

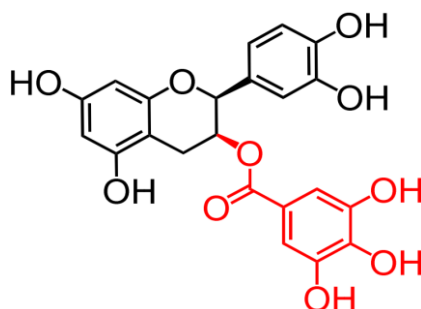


Figura 2. Estructura química de ECG con el grupo galoil en rojo.

Fuente: Peng et al. (2024).

Estas catequinas son solubles en agua; aunque la solubilidad de cada una de las catequinas depende de la temperatura de extracción y de la duración y el tipo de solvente (Vuong et al., 2010). Cuentan con un peso molecular mayor que el de la teanina (174) y de la cafeína (194), con un peso molecular de los principales tipos de catequinas, EC, EGC, ECG y EGCG de 290, 306, 442 y 458, respectivamente (Vuong et al., 2010).

1.3.1 Concentración de las catequinas en diferentes tipos de té y sus variaciones

En un estudio experimental (Wang et al., 2019) examinaron diferentes tipos de té consumidos en China (verde, negro, oscuro, blanco, oolong y amarillo) y observaron que, en las hojas secas, el té oscuro era aquel que presentaba mayor cantidad de EC, ECG y GCG; el amarillo el que más cantidad de EGC mostraba y el negro el que poseía más cantidad de EGCG (Anexo III).

Acorde a una revisión sistemática de Tang et al. (2019b), el té oscuro es el que mayor cantidad de catequina, GC y EC presenta, el oolong el que más cantidad de EGC tiene, el verde es el que tiene más GC y CG, y el amarillo, muy seguido del verde, es el que cuenta con más cantidad de ECG y EGCG (Anexo IV).

La concentración de catequinas puede variar debido a la temperatura con la que se prepara el té. Un estudio experimental de Oracz et al. (2025) analizó cómo afectaba la temperatura y el tiempo de infusión, y concluyeron que el tratamiento térmico perjudica la estabilidad de las catequinas no galoiladas, como son EC y EGC.

1.3.2 Actividad biológica de las catequinas del té

La actividad biológica, de acuerdo con la Real Academia Nacional de Medicina de España, se puede definir como “cualidad o estado de activo; capacidad de producir un efecto o ejercer una acción

(de la biología o relacionado con ella)". Y la biodisponibilidad como "parámetro farmacocinético que representa la extensión y la velocidad con que una sustancia o principio activo alcanzan la circulación general. La extensión se expresa en función del área bajo la curva de concentración plasmática y tiempo y la velocidad, por los valores de concentración máxima y tiempo que tarda en alcanzarse la concentración máxima".

Las catequinas se encuentran en pequeñas cantidades en el té –sobre todo considerando el té como su forma más habitual de consumo, en infusión–, y su biodisponibilidad es baja (Cai et al., 2018).

En primer lugar, las catequinas de las hojas del té varían en función de las condiciones medioambientales del cultivo, la temporada en la que se recolectaron, la respuesta a estímulos externos o durante el almacenamiento, y, sobre todo, la variedad cultivada, como muestra una revisión sistemática de Shi et al. (2023).

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de estudiar la biodisponibilidad de las catequinas es el propio alimento, es decir, el té. Se debe considerar el grado de oxidación de esta bebida, su forma de procesado, el grado de infusión y su preparación (Bazinet et al., 2010).

De acuerdo con el grado de fermentación del té, el nivel de catequinas será diferente, ya que a medida que el té se fermenta, la cantidad de las mismas disminuye (Cabrera et al., 2003). Esto se evidencia en que el té verde es aquel que más catequinas contiene.

También influyen los alimentos que acompañan al té y la forma en la que se consume. Es decir, no es lo mismo consumir el té solo o con azúcar u otro edulcorante, en ayunas o con otros alimentos (Egert et al., 2012). En un estudio realizado en animales, Kapetanovic et al. (2009) observaron que si se administraban catequinas en un estado de ayunas, la absorción era mayor que si se había consumido una comida con anterioridad.

Otro factor que influye de manera determinante en la biodisponibilidad de cualquier sustancia es el individuo. Las variaciones interindividuales pueden hacer que la biodisponibilidad sea mayor o menor y se pueden dar grandes diferencias. Estas variaciones pueden ser la edad o la microbiota (Liu et al., 2018), entre otras.

Por ejemplo, un ensayo clínico de Warden et al. (2001) mostró que las catequinas del té estaban disponibles a lo largo del día, con picos de concentración a las 5 horas tras la ingesta de té negro para EGC, EC y EGCG, y a las 24 horas para ECG.

1.4 Otros componentes del té con bioactividad

La revisión sistemática de Tang et al. (2019b) enumera varios componentes bioactivos del té además de las catequinas, como el ácido gálico, el ácido clorogénico, el ácido elágico, el ácido

galoilquínico, el kaempferol-3-O-glucósido y otros flavonoides. Además, el té presenta pigmentos, como la teaflavina, que pueden presentar propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas o hepatoprotectoras. También existen polisacáridos en el té que podrían contribuir a la capacidad antioxidante, antidiabética, inmunoreguladora, anticancerígena o antiobesogénica del mismo. Los alcaloides del té, como la cafeína, pueden tener capacidad antioxidante, antidiabética y antiobesogénica. Otros componentes bioactivos son los aminoácidos, como el ácido aspártico y glutámico, la arginina, la alanina, la tirosina y la teanina, la cual puede tener efectos positivos en la relajación, desarrollo cognitivo, calidad del sueño, o enfermedades cardiovasculares, entre otras. Finalmente, en la composición del té hay saponinas, que pueden tener efectos protectores del sistema cardiovascular, antioxidantes, inmunorreguladores y anticancerígenos.

1.5 Propiedades del té

Como se ha mencionado con anterioridad, el té cuenta con una serie de características que lo convierten en una bebida interesante a estudiar desde el punto de vista de la salud.

1.5.1 Propiedades beneficiosas

A las catequinas del té se les han atribuido múltiples propiedades, principalmente su capacidad antioxidante, las cuales han sido relacionadas con varios beneficios potenciales.

Estas propiedades supondrían que esta bebida tuviese una gran relevancia en el campo de la nutrición humana porque el té, en sus múltiples variantes, podría contribuir como tratamiento suplementario para tratar algunas patologías que se verán a continuación.

1.5.1.1 Capacidad antioxidante y antiinflamatoria

En primer lugar, hay que destacar el poder antioxidante de las catequinas, probablemente debido a su estructura química (He et al., 2018). Grzesik et al. (2018) estudiaron la capacidad antioxidante de las catequinas en comparación con otras sustancias y pudieron observar que, según el método ABTS (determina la capacidad antioxidante de una muestra) la mayoría de las catequinas son varias veces más eficaces que el Trolox, un análogo de la vitamina E que es capaz de secuestrar radicales libres (Fagundes et al., 2011). Además, las catequinas resultaron tener una alta reactividad contra el blanqueamiento de la fluoresceína inducido por DPPH, más alta que el ácido ascórbico (Grzesik et al., 2018). Esto pone en evidencia su gran capacidad antioxidante.

Esta capacidad podría tener gran importancia a la hora de contribuir al tratamiento de determinados procesos, como el cáncer, según lo reflejado en algunas revisiones sistemáticas (Farhan, 2022) y estudios *in vivo* e *in vitro* (Luo, 2017; Tsang & Kwok, 2010), así como enfermedades neurodegenerativas (Sakurai et al., 2020; Uchida et al., 2024).

El té también presenta cierta capacidad antiinflamatoria (Lowe et al., 2015), la cual podría ser debida al grupo galoil de las catequinas (Peng et al., 2024). Según algunas revisiones, dicha capacidad podría ser de utilidad para contribuir a paliar determinados procesos patológicos, como el cáncer, la artritis reumatoide y osteoartritis, la inflamación vascular, el daño hepático, la isquemia, enfermedades cerebrales y la periodontitis, gracias a catequinas como EGCG (Ohishi et al., 2016).

La epigallocatequina galato participa activamente en la inhibición del factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), lo cual supondría una protección en cuanto a procesos tumorales del pulmón. E incluso, esta catequina protegería frente a otros tipos de cáncer como el de mama, laringe, próstata, hígado o páncreas, entre otros, gracias a una plétora de mecanismos entre los que cabría destacar la apoptosis o la activación de genes supresores de tumores –por ejemplo, la proteína p53–, de acuerdo con una revisión sistemática publicada por Almatroodi et al. (2020).

1.5.1.2 Efectos sistémicos derivados de las capacidades antioxidantes y antiinflamatorias

El té se ha relacionado con diferentes factores de riesgo cardiovascular como el colesterol. Algunos ensayos clínicos aleatorizados han observado que el té podría ayudar a disminuir los niveles plasmáticos de colesterol LDL (Huang et al., 2018).

Una revisión sistemática realizada por Wang et al. (2023a) mostró que la suplementación con catequinas de té verde reducía de forma eficaz la circunferencia de la cintura y el colesterol total, y aumentaba los niveles de colesterol HDL en población con sobrepeso y obesidad. Otros estudios han relacionado estas sustancias con la pérdida de peso y una mejora general relativa a procesos cardiovasculares (Sheik et al., 2015). En este sentido, algunos ensayos clínicos aleatorizados en humanos apuntan que el té es capaz de ayudar a reducir la hipertensión arterial (Wilasrusmee et al., 2024; Romero-Prado et al., 2015).

Asimismo, el consumo de té rico en catequinas se ha relacionado con una disminución de enfermedades metabólicas como la diabetes (Takahashi et al., 2014) y la obesidad (Wang et al., 2014).

Por otro lado, existen estudios que muestran una posible relación entre el consumo de té y la mejora de la depresión debido a múltiples vías (Rothenberg & Zhang, 2019). Otras revisiones sistemáticas indican que esta bebida, gracias a sus compuestos bioactivos como pueden ser EGCG, cafeína o teanina, puede contribuir a la mejora de la depresión, la ansiedad y los trastornos del sueño (Han et al., 2024).

1.5.2 Potenciales efectos perjudiciales

Es importante tener en cuenta, no obstante lo dicho, la existencia de ciertos compuestos que pueden hacer que no se absorban ciertos nutrientes, como puede ser el hierro (Fuzi et al., 2017) al interactuar con los polifenoles del té (Wierzejska, 2014) o la vitamina B1 ya que el té contiene tiaminasas que destruyen dicha enzima (Wiley & Gupta, 2023).

El consumir té puede suponer un problema en personas que sufren déficit de hierro o que estén en riesgo de padecerlo. En cambio, esta capacidad del té puede verse como una ventaja a la hora de tratar a individuos con hemocromatosis, una enfermedad en la que se deposita hierro en los tejidos, para lo cual se recomienda el té negro frente al verde, debido a que interfiere más con la absorción de hierro (Wierzejska, 2014).

Un aspecto que resaltar es el hecho de que cada vez se estudia más el posible efecto prooxidante de las catequinas. Las catequinas del té podrían dañar el ADN según la concentración, el ambiente celular, la presencia de iones metálicos y el tipo celular. Sobre todo, estos efectos estarían relacionados con la generación de especies reactivas del oxígeno por autooxidación, si bien ello parece depender tanto de la concentración de las catequinas como de las condiciones celulares (García-Rodríguez & Kacew, 2025).

En el 2018, la EFSA publicó un documento en el que se recogía la opinión científica del organismo con respecto a la seguridad de las catequinas del té. Se concluyó que la cantidad media diaria de EGCG, la catequina más relevante del té verde, consumida como infusión, se encontraba en un rango de entre 90 a 300 mg/día –de acuerdo con un estudio experimental, hay $32,16 \pm 1,69$ mg de EGCG en una taza de 235 mL (Cabrera et al., 2021)–. Asimismo, se señala que se han constatado casos de daño hepático relacionado con el consumo de infusiones o suplementos a base de té verde descritos con dosis iguales o superiores a 800 mg de EGCG al día debido al aumento de forma significativa de la cantidad de transaminasas del suero (EFSA, 2018).

1.6 Justificación del estudio

Las catequinas, por sus potenciales efectos beneficiosos, tienen un gran interés en la salud, como se ha expuesto anteriormente. Sin embargo, los efectos dependerán de la cantidad de catequinas presentes en el alimento (el té) que efectivamente sean absorbidas y mantengan su actividad. Por lo tanto, es importante tener en cuenta la biodisponibilidad o actividad biológica, es decir, el grado en que el principio activo (en este caso las catequinas) está disponible en el lugar de acción.

El objetivo de esta revisión es responder a la pregunta de cuál es la actividad biológica de las catequinas del té en el organismo humano o en un cultivo celular (en este caso como paso previo a la realización de estudios directamente en humanos)

1.6.1 Tipos de estudios

Para realizar esta revisión sistemática, se han empleado estudios tanto *in vivo* como *in vitro*. Los estudios *in vivo* tienen como muestra humanos con diferentes características y los estudios *in vivo* emplean varias líneas celulares.

Utilizar estudios *in vitro* supone que los resultados obtenidos no se pueden extrapolar con certeza a la población humana, pero sirven para generar una o varias hipótesis que pueden conllevar a posteriores estudios que sí se realicen en humanos.

Para estudiar la actividad biológica de las catequinas del té, la revisión sistemática se ha centrado en estudios en humanos recientes y en estudios *in vitro* realizados con cultivos de células humanas.

2. Objetivo

El objetivo principal de este trabajo consiste en revisar estudios recientes que expliquen cuál es la actividad biológica de las catequinas del té sobre células humanas y sus efectos en el organismo humano.

Como pregunta secundaria, sería oportuna la siguiente: Según los estudios llevados a cabo en los últimos 15 años, ¿qué efectos producen las catequinas en cultivos celulares humanos o en el organismo cultivos celulares humanos?

3. Material y métodos

Para llevar a cabo la búsqueda bibliográfica se han empleado los buscadores PubMed y Scopus. En la definición de la pregunta de interés se utilizó la estructura PICO de la revisión sistemática (Tabla 4). Esta pregunta de interés es: ¿Hay estudios recientes que expliquen cuál es la actividad biológica de las catequinas del té sobre cultivos celulares humanos o en el organismo humano?

Tabla 4. Estrategia PICO para la revisión sistemática.

Población	Cultivos celulares humanos y personas.
Intervención	Aplicación o ingestión de té o de sus catequinas.
Comparación	Falta de aplicación o ingestión de té o de sus catequinas.
Resultados (<i>outcome</i>)	Actividad biológica de las catequinas y los efectos de éstas sobre las células y el organismo humano.

Fuente: elaboración propia.

Debido a que el tema a estudiar es la actividad biológica de las catequinas del té en células y el organismo humano, se han tomado como criterios de inclusión los siguientes: estudios de los últimos 15 años (2010-2025) en humanos de todas las edades. Estos estudios serán en español y/o inglés y se encontrarán disponibles en su totalidad para que puedan ser analizados correctamente. Dichos estudios serán ensayos clínicos y ensayos controlados aleatorizados. Además, estos estudios tratarán sobre el té y sus catequinas.

Por otro lado, los criterios de exclusión serán: estudios previos al 2010, realizados en cualquier ser vivo que no sea humano o cultivos celulares no derivados de humanos. Asimismo, se excluirán aquellos artículos cuyo texto completo no esté disponible. Tampoco se tendrán en

cuenta revisiones sistemáticas, metaanálisis o revisiones narrativas ni estudios que utilicen como muestra alimentos distintos del té.

Con dichos criterios, se procedió a la búsqueda, empleando en PubMed los términos Mesh. Por lo tanto, se utilizaron los siguientes términos y operadores: "Humanos"[Mesh] AND "Catequina"[Mesh] AND "Actividad biológica"[Mesh] AND "Té"[Mesh] (en inglés: "Humans"[Mesh] AND "Catechin"[Mesh] AND "Biological Availability"[Mesh] AND "Tea"[Mesh]), con los filtros de "ensayo clínico" ("*clinical trial*") y "ensayo clínico aleatorizado", con el rango de tiempo de 2010-2025. Se obtuvieron veinte resultados.

En Scopus: humanos AND polifenoles AND catequina AND "actividad biológica" (en inglés: *humans* AND *polyphenols* AND *catechin* AND "*biological activity*"), con los filtros de 2010-2025, limitado a *article* y al idioma inglés, y se obtuvieron 162 resultados.

De los artículos encontrados se retiraron aquellos que por su título y/o resumen no cumpliesen los criterios de inclusión, las revisiones sistemáticas, los que estudiaban alimentos diferentes del té y los estudios *in vitro* realizados con líneas celulares no humanas.

Finalmente, se obtuvieron 31 artículos para analizar.

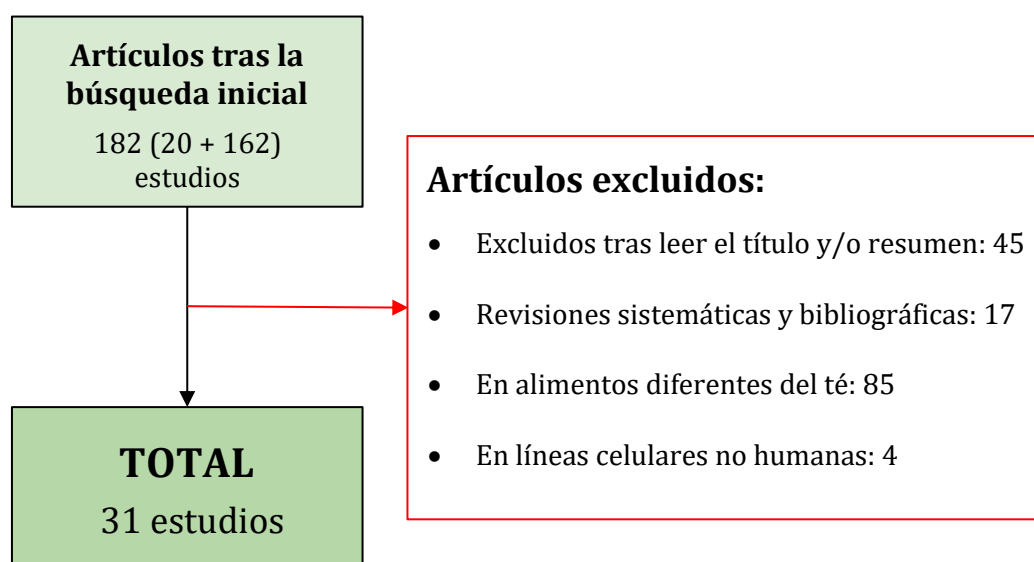


Figura 2. Esquema de los pasos realizados en la selección de los artículos.

Fuente: elaboración propia.

4. Resultados

En total, se analizaron 31 estudios –recogidos en la Tabla 5 de forma resumida y en la Tabla 6 (Anexo V) de forma más completa–, de los cuales 17 son *in vivo* y 13 *in vitro*. Uno de ellos tiene una parte *in vivo* y otra *in vitro* (Hasumura et al., 2024).

Estudios *in vitro*

En cuanto a los estudios *in vitro*, los tipos de cultivos celulares empleados son diversos. Destaca la albúmina del suero (HSA) con cuatro estudios (Li & Hagerman, 2015; Ishii et al., 2010a; Ishii et al., 2010b; Takahashi et al., 2018), seguida por tres estudios con las células Caco-2 (Liu et al., 2017; Yang et al., 2024; Jeong et al., 2019) y dos estudios con las células A549 (Zou et al., 2025; Xie et al., 2024). También se encontraron como muestras fluidos simulados del aparato digestivo (Granja et al., 2017), glioblastoma humano U87 (Djerir et al., 2018), plasma (Tung et al., 2020), células HT-29 y HCT-116 (Lambert et al., 2010) y células similares a los hepatocitos (Hasumura et al., 2024).

Respecto a los suplementos analizados, la mayoría –con un total de ocho estudios– emplearon varios tipos de catequinas (Ishii et al., 2010a; Ishii et al., 2010b; Djerir et al., 2018; Tung et al., 2020; Takahashi et al., 2018; Hasumura et al., 2024; Xie et al., 2024; Jeong et al., 2019). Cinco estudios emplearon EGCG con diferentes grados de pureza (Li & Hagerman, 2015; Granja et al., 2017; Zou et al., 2025; Yang et al., 2024; Lambert et al., 2010). Finalmente, hubo un estudio que utilizó té en infusión (Liu et al., 2017).

Las catequinas utilizadas en los estudios fueron EGCG, EC, ECG, EGC, GCG, CG, GC, entre otras. En aquellos estudios que emplearon EGCG pura, esta pureza oscilaba entre el 80 y 99%. Los estudios que utilizaron infusión de té verde usaron 50 gramos de *Camellia sinensis* en un litro de agua.

Algunos de los parámetros estudiados en estos artículos fueron la actividad inhibitoria de α -amilasa y α -glucosidasa y la afinidad a la albúmina el suero u otras proteínas.

Estudios *in vivo*

De los estudios *in vivo*, once eran ensayos clínicos aleatorizados, con dos transversales (Egert et al., 2012; Churm et al., 2023) y el resto (9) longitudinales (Romero-Prado et al., 2015; Hodges et al., 2020; Nguyen et al., 2012; Renouf et al., 2013; Dryden et al., 2013; Veerman et al., 2022; Tomioka et al., 2023; Tominaga et al., 2024; Yao et al., 2024). Asimismo, siete estudios *in vivo* no eran aleatorizados (Noronha et al., 2024; Wilson et al., 2024; Henning et al., 2020; Mena et al., 2019; Fuzi et al., 2017; Son et al., 2016; Hasumura et al., 2024).

El número de sujetos estudiados entraba en un rango de entre 7 y 350 personas. La media de edad se encontraba en los 33,9 años. Sólo un artículo tenía como población de estudio a menores de 18 años (Yao et al., 2024). Había cuatro estudios cuya muestra eran únicamente hombres (Nguyen et al., 2012; Churm et al., 2023; Hasumura et al., 2024; Henning et al., 2020), cinco cuya muestra eran sólo mujeres (Egert et al., 2012; Yao et al., 2024; Noronha et al., 2024; Fuzi et al., 2017; Son et al., 2016) y nueve donde se estudiaban ambos sexos (Romero-Prado et al., 2015; Hodges et al., 2020; Renouf et al., 2013; Dryden et al., 2013; Veerman et al., 2022; Tomioka et al., 2023; Tominaga et al., 2024; Wilson et al., 2024; Mena et al., 2019).

Diez estudios se realizaron en individuos sanos (Egert et al., 2012; Renouf et al., 2013; Tomioka et al., 2023; Churm et al., 2023; Hasumura et al., 2024; Tominaga et al., 2024; Wilson et al., 2024; Mena et al., 2019; Fuzi et al., 2017; Son et al., 2016), el resto (8) trataban a individuos con diferentes procesos patológicos, como el de Romero-Prado et al. (2015), que estudiaba a jóvenes hipertensos, el de Hodges et al. (2020), que estaba dedicado a individuos con síndrome metabólico, el de Nguyen et al. (2012) y Henning et al. (2020), cuyas muestras eran hombres con cáncer de próstata, el de Dryden et al. (2013) que investigaba a pacientes con colitis ulcerosa, el de Veerman et al. (2022), que estudiaba a pacientes con enfermedades pulmonares intersticiales fibróticas y el de Yao et al. (2024) y Noronha et al. (2024) que estudiaban a personas con obesidad.

El tipo de té empleado, en su mayoría, era té verde, ya sea como infusión (Egert et al., 2012; Romero-Prado et al., 2015; Renouf et al., 2013; Veerman et al., 2022; Hasumura et al., 2024; Fuzi et al., 2017) o en suplementos. En cuanto a los suplementos, hay siete estudios que emplearon catequinas como tal (Hodges et al., 2020; Tominaga et al., 2024; Yao et al., 2024; Noronha et al., 2024; Henning et al., 2020; Mena et al., 2019; Son et al., 2016), dos que usaron polifenol E con EGCG en diferentes cantidades (Nguyen et al., 2012; Dryden et al., 2013) y uno que utilizó cápsulas de EGCG (Churm et al., 2023). Hubo un estudio que utilizó té negro (Tomioka et al., 2023) y otro estudio que evaluó la dieta general (Wilson et al., 2024). La concentración de catequinas de las infusiones o suplementos era de 380,16 mg de media.

Los parámetros más estudiados en los artículos encontrados fueron el área bajo la curva (AUC), las concentraciones de las catequinas en plasma, su tiempo máximo en plasma, la glucemia y la abundancia de determinados géneros bacterianos en la microbiota.

Tabla 5. Estudios analizados (resumen).

SUSTANCIA UTILIZADA	MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO	AUTOR Y AÑO
Té verde en infusión.	Células Caco-2	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Liu et al. (2017)
Té verde en infusión.	n = 24 mujeres	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Egert et al. (2012)
Té verde en infusión.	Células similares a los hepatocitos; 8 hombres	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i>	Hasumura et al. (2024)
Té verde en infusión.	n = 79; 37 hombres y 42 mujeres	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Romero- Prado et al. (2015)
Té verde en infusión.	n = 12; 3 mujeres y 9 hombres	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Renouf et al. (2013)
Té verde en infusión.	n = 12 mujeres	Ensayo clínico no aleatorizado, <i>in vivo</i>	Son et al. (2016)
Té verde en infusión.	n = 26	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Veerman et al. (2022)
Té verde en infusión.	n = 350; 186 mujeres y 164 hombres	Ensayo clínico no aleatorizado, <i>in vivo</i>	Wilson et al. (2024)
Té negro en infusión.	n = 12 mujeres	Ensayo clínico no aleatorizado, <i>in vivo</i>	Fuzi et al. (2017)
Té negro en infusión.	n = 72; 29 hombres y 43 mujeres	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Tomioka et al. (2023)
Extracto de té verde.	Células BEAS-2B y A549	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Xie et al. (2024)
Catequina.	Plasma en ayunas	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Tung et al. (2020)
Suplemento de catequinas.	n = 31 hombres	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Henning et al. (2020)
Suplemento de catequinas.	n = 40	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Hodges et al. (2020)
Suplemento de catequinas.	n = 11; 9 mujeres y 2 hombres	Ensayo clínico no aleatorizado, <i>in vivo</i>	Mena et al. (2019)
Suplemento de catequinas.	n = 7 mujeres	Ensayo clínico no aleatorizado, <i>in vivo</i>	Noronha et al. (2024)

SUSTANCIA UTILIZADA	MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO	AUTOR Y AÑO
Suplemento de catequinas.	n = 201; 81 hombres y 141 mujeres	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Tominaga et al. (2024)
Suplemento de catequinas.	n = 62 niñas	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Yao et al. (2024)
Suplemento de polifenol E (EGCG).	n = 20	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Dryden et al. (2013)
Suplemento de polifenol E (EGCG).	n = 48	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Nguyen et al. (2012)
EGCG.	Fluidos gástricos e intestinales simulados	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Granja et al. (2017)
EGCG.	Células HT-29 y HCT-116	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Lambert et al. (2010)
EGCG.	HSA	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Li & Hagerman (2015)
EGCG.	Células A549	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Zou et al. (2025)
Suplemento de EGCG.	n = 8 hombres	Ensayo clínico aleatorizado, <i>in vivo</i>	Churm et al. (2023)
EGCG, EC.	Células Caco-2	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Yang et al. (2024)
EGCG, ECG, EGC, EC.	Células Caco-2, HepG2 y HBMEC	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Jeong et al. (2019)
EC, EGC, ECG, EGG, EGCG-4'-OMe, EGCG-3"OMe	HSA	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Ishii et al. (2010b)
(-)-C, GC, EC, EGC, CG, GCG, ECG, (-)-EGCG	Células U87	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Djerir et al. (2018)
EC, ECG, EGC, EGCG, (+)-C, (-)-C, CG, GC, GCG, EGCG-3"OMe, EGCG-4"OMe, EGCG-4'-OMe.	HSA	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Ishii et al. (2010a)
EGCG, ECG, GCG, CG, EGC, EC,GC, (+)-C, EGCG-3'-OMe, EGCG-4'-OMe, EGCG-3"-OMe, EGCG-4"-OMe.	HSA	Estudio experimental, <i>in vitro</i>	Takahashi et al. (2018)

(+)-C: (+)-catequina. (-)-C: (-)-catequina. EC: (-)-epicatequina. ECG: (-)-epicatequina galato. EGC: (-)-epigallocatequina. CG: (-)-catequina galato. GC: (-)-galocatequina. GCG: (-)-galocatequina galato. EGCG-3'-O-Me: (-)-epigallocatequina-3'-O-metileter galato. EGCG-3"OMe: (-)-epigallocatequina-3-(3"-O-metil) galato. EGCG-4"OMe: (-)-epigallocatequina-3-(4"-O-metil) galato. EGCG-4'-OMe: (-)-4'-O-metilepigallocatequina-3-galato.

Fuente: elaboración propia.

5. Discusión

Estudios *in vitro*

A continuación, se mencionan los principales resultados observados en los estudios *in vitro*, los cuales se discuten de manera más detallada en las secciones siguientes. Las catequinas que presentan mayor afinidad por HSA son EGCG y GCG (Ishii et al., 2010a; Takahashi et al., 2018), siendo la afinidad de las catequinas con conformación *trans* menor que las *cis* (Ishii et al., 2010a). El anillo B con la estructura pirogalol en EGCG es el responsable de la formación del carbonilo proteico (Ishii et al., 2010b). La EGCG en concentraciones bajas no afecta a la HSA, pero sí en concentraciones algo más elevadas (Li & Hagerman, 2015). La actividad inhibitoria de α -amilasa y α -glucosidasa está correlacionada con la cantidad de catequinas, y el extracto de té verde produce un menor consumo de glucosa a medida que aumenta la temperatura (Liu et al., 2017). Junto con portadores lipídicos, se libera EGCG en un 13-9% en un estómago simulado y en un 19-13% en un intestino simulado, siendo la liberación máxima acumulada del 48-34% (Granja et al., 2017). El nivel de oxidación de LDL es mayor cuando se encuentra unido a la catequina (Tung et al., 2020). Algunos metabolitos de EGCG-cisteína tienen actividad antiinflamatoria y pro-oxidante (Lambert et al., 2010). El aumento de concentración de EGCG conlleva la disminución de la viabilidad celular de células cancerígenas (Zou et al., 2025). La catequina que muestra el mayor nivel de unión con la enzima MT1-MMP es la EGCG (Djerir et al., 2018). El tratamiento con EGCG supone la apoptosis de varias líneas celulares cancerígenas (Yang et al., 2024). La integridad celular de las células HBMEC es 1,14 veces mayor con catequinas que sin ellas (Jeong et al., 2019). Los polifenoles del té verde suprimen la fosforilación de GSK-3 β (Xie et al., 2024). El nivel de urea producido es mayor en condiciones de catequinas y ornitina (Hasumura et al., 2024).

LIBERACIÓN DE CATEQUINAS

En el estudio de Granja et al. (2017) emplearon nanopartículas lipídicas para intentar aumentar la estabilidad de las catequinas en el organismo. En este estudio se valoró la biodisponibilidad de EGCG y se observó que en las primeras 3 horas, en el simulador gástrico, se liberó un 13% y 9% de EGCG para los portadores lipídicos nanoestructurados funcionalizados con ácido fólico –para proteger de la degradación– (NLC-f) y no-funcionalizados (NLC-n), respectivamente. Posteriormente, a lo largo de 5 horas, lo que sería el simulador de intestino delgado, obtuvieron un 19% y 13% de EGCG liberado para NLC-f y NLC-n, respectivamente. Tras 21 horas se produjo una estabilización de la liberación de EGCG, con una liberación máxima acumulada del 48% y 34% para NLC-f y NLC-n, respectivamente. Estos investigadores argumentan que, tras el paso por el

tracto digestivo, el 52% y 66% de EGCG se mantuvo encapsulado en el NLC-f y NLC-n, respectivamente, pudiendo ser absorbidos en el intestino y entrar en la circulación. Es decir, estas nanopartículas mantienen más de la mitad de la cantidad inicial de EGCG tras la administración oral. El hecho de que NLC estuvieran funcionalizados o no, parece no interferir en la estabilidad de las nanopartículas.

Otro estudio preparó nanopartículas de EGCG con metformina (Met-EGCG) por sus posibles efectos anticancerígenos y su facilidad de unión con EGCG, y observaron que Met-EGCG presenta una gran capacidad antioxidante cuando se valora con ABTS y DPPH, derivada de la capacidad antioxidante de EGCG. Además, vieron que Met-EGCG tiene mayor efecto anticancerígeno que EGCG, al inhibir el crecimiento de las células A549 de forma más eficaz. En este estudio concluyen que Met-EGCG se descompone rápidamente en condiciones ácidas, por lo que esta molécula es útil para tratar el medio tumoral ácido (Zou et al., 2025).

INTERACCIÓN CON PROTEÍNAS Y ENZIMAS

Lambert et al. (2010), 2'-cisteinil-EGCG y 2''-cisteinil-EGCG (metabolitos de EGCG-cisteína) pusieron de manifiesto la importancia de una estructura de anillo trihidroxil- intacta para la inhibición de la producción de óxido nítrico. Los resultados muestran que, a diferencia de otros metabolitos de fase II de EGCG –donde sufre, sobre todo, metilación, sulfatación y glucuronidación–, la 2'-cisteinil-EGCG y la 2''-cisteinil-EGCG conservan la capacidad inhibidora del crecimiento de células cancerígenas y antiinflamatoria de la EGCG *in vitro*, y son más prooxidantes en condiciones de cultivo celular que EGCG.

La capacidad antioxidante de las catequinas se ha relacionado con el grupo pirogalol (un tipo de hidroxilo) y se encuentra en el anillo B de las mismas (Wang et al., 2023b). Este grupo, en EGCG, parece ser el responsable de la formación del carbonilo proteico (un marcador de estrés oxidativo) en HSA, ya que, en el estudio de Ishii et al. (2010b), vieron que la formación de éste sólo se detectó en la incubación con pirogalol. Así, es importante tener en cuenta la estructura química de las catequinas para determinar su actividad biológica. En este sentido, hay revisiones sistemáticas que sugieren que las catequinas participan en la homeostasis redox celular, ya sea generando (por autooxidación) o eliminando especies reactivas del oxígeno (García-Rodríguez & Kacew, 2025).

En un estudio que investigó la afinidad de las catequinas por HSA, se observó que dentro de las catequinas *cis* la EGCG era aquella con mayor afinidad, seguida por ECG, EGC y EC, en ese orden. Por otro lado, en cuanto a las catequinas *trans* el orden de afinidad es GCG, CG, GC, (-)-C y (+)-C, teniendo éstas menos afinidad que las *cis*. Para las catequinas metiladas (derivados metilados formados por la modificación de los grupos hidroxilos fenólicos de la fracción galoil de

EGCG con grupos metilo (Jin et al., 2023)), el orden es EGCG, EGCG-4'-OMe, EGCG-3"-OMe y EGCG4-''-OMe (Ishii et al., 2010a).

Las catequinas galoiladas (EGCG, ECG, GCG, CG) tienen mayor afinidad que las no-galoiladas (EGC, EC, GC, C) (Ishii et al., 2010a; Takahashi et al., 2018).

Takahashi et al. (2018) investigaron las interacciones entre HSA y algunas catequinas, y concluyeron que el grupo galoil mejoraba la afinidad por HSA, y por ende, que este grupo es clave en la actividad biológica de las catequinas. Estos autores estudiaron la termodinámica de las catequinas y observaron que la variación de entalpía (ΔH) de la interacción entre etil galato (EtGa) y HSA fue más favorable que la ΔH de interacciones HSA-catequinas sin grupo galoil. Como la afinidad de unión del EtGa era inferior a las afinidades de las catequinas con grupo galoil, los investigadores dedujeron que el grupo galoil mejoraba la afinidad de unión de la HSA.

Un estudio de Djerir et al. (2018) vio que EGCG es la catequina con mayor nivel de unión con la metaloproteinasa de matriz de membrana tipo 1 (MT1-MMP) –una enzima que desencadena la señalización celular y regula la proteólisis–. Ninguna catequina no galoilada demostró una interacción significativa con MT1-MMP. Catequinas con grupo galoil se dirigieron de forma significativa a MTCBP-1, así como al sustrato de superficie celular MT1-MMP LRP-1.

Liu et al. (2017), empleando células Caco-2 (utilizadas como modelo de células del intestino delgado para evaluar la absorción de glucosa intestinal), correlacionaron la actividad inhibitoria de α -amilasa y α -glucosidasa con el contenido de polifenoles y catequinas. Asimismo, vieron que la actividad inhibitoria frente a la α -glucosidasa de EGCG es mayor que la de EGC y que las catequinas galoiladas tienen mayor actividad inhibitoria de α -glucosidasa. El té verde preparado a 100°C mostró la actividad antioxidante y capacidades inhibitorias frente a α -amilasa y α -glucosidasa más altas, mientras que el té verde a 60°C mostró una mejor reducción del consumo intestinal de glucosa. Por consiguiente, la temperatura de elaboración del té podría influir de manera determinante en su actividad antioxidante, actividad enzimática digestiva y consumo de glucosa en adultos diabéticos.

Hasumura et al. (2024) estudiaron el ciclo de la urea y pudieron apreciar cómo la suplementación con catequinas y ornitina incrementa la producción de urea y aumenta los niveles de carbamoil-fosfato sintasa-1 y argininosuccinato sintasa-1 (las cuales contribuyen a eliminar el amoníaco del cuerpo), pero disminuye la aspartato aminotransferasa.

INTERACCIÓN CON LÍPIDOS

Tung et al. (2020) observaron que la catequina libre aumentó el tiempo de retardo de las LDL (es decir, su oxidabilidad) en un 25% y un 50% respectivamente, mientras que la catequina ligada a las LDL lo hizo en un 77% y un 155%. Así pues, la catequina unida fue aproximadamente tres veces más eficaz como antioxidante que la catequina libre. Los investigadores sugieren que esta

unión puede suponer el transporte de sustancias antioxidantes a las células endoteliales y macrófagos.

EFFECTO SOBRE EL METABOLISMO CELULAR

El estudio de Li & Hagerman (2015) estudió la capacidad de EGCG para neutralizar especies carbonilo, lo que protege a las proteínas de la glicación, que produce una alteración en la función fisiológica de las mismas. Encontraron que concentraciones bajas de EGCG (1 y 10 μM) sin glucosa no afecta a la HSA, mientras que 100 μM de EGCG alteró a la HSA en formas cuantitativamente similares a la glicación inducida por glucosa. Es decir, en ausencia de glucosa, altas concentraciones de EGCG dañan proteínas en formas similares a las reacciones de glicación, probablemente por la capacidad pro o antioxidante de EGCG (García-Rodríguez & Kacew, 2025). También concluyeron que EGCG, además de inhibir la glicación, es capaz de revertirla en condiciones fisiológicas.

MUERTE CELULAR Y APOPTOSIS

Hay varios estudios que evidencian cómo las catequinas pueden proteger al organismo de varios procesos patológicos. En el estudio de Jeong et al. (2019) se vio que el α -benzopireno (un hidrocarburo aromático policíclico, cancerígeno del grupo 1, que puede encontrarse en alimentos ahumados o a la parrilla) sin catequinas disminuye la integridad celular de HBMEC (células endoteliales microvasculares cerebrales humanas), mientras que el α -benzopireno con catequinas aumenta la integridad celular un 9-14%, y que la integridad celular de HBMEC con catequinas es 1,14 veces mayor que sin catequinas. Se observó, además, que el consumo de catequinas disminuye la proporción de α -benzopireno que es transportado al cerebro.

Asimismo, se ha visto que la aplicación de las catequinas del té podría ser de utilidad en el tratamiento contra el cáncer. En primer lugar, en un estudio se investigó la regulación de la glucógeno sintasa quinasa-3 beta (GSK-3 β) dentro de la vía de señalización Wnt/ β -catenina, una vía relacionada con el cáncer. Sus autores concluyeron que los polifenoles del té verde suprimen la fosforilación de GSK-3 β para amortiguar la vía Wnt/ β -catenina, obstaculizando así la viabilidad, la formación de colonias, la migración y la invasión de las células que forman el carcinoma de pulmón no microcítico (CPNM), mientras potenciaban la apoptosis y reforzaban la sensibilidad de las células a la radioquimioterapia (Xie et al., 2024).

Finalmente, según Yang et al. (2024), EGCG disminuye la viabilidad de las células Caco-2 y TCA8113 (células del carcinoma escamoso de la lengua humana). Cuando las células Caco-2 son tratadas con 800 $\mu\text{g/mL}$ EGCG durante 48 horas se produce un 60% de apoptosis y cuando TCA8113 son tratadas con 300 $\mu\text{g/mL}$ EGCG durante 48 horas se produce un 75% de apoptosis. El tratamiento con EGCG durante 24 horas desreguló varios compuestos pro-tumorales (ECA,

angiotensina-2 y receptor tipo 1 de angiotensina-2) y reguló al alza dos compuestos antitumorales (ECA-2 y angiotensinógeno).

Estudios *in vivo*

Los efectos generales observados en estos estudios son los siguientes: la toma de té junto con leche u otras proteínas disminuye la biodisponibilidad de las catequinas (Egert et al., 2012). La toma de diferentes flavonoides de la dieta en sujetos hipertensos reduce la tensión diastólica y sistólica, así como la ratio cintura/cadera (Romero-Prado et al., 2015). El polifenol E podría producir una mejor disminución del marcador oxidativo al ADN, IGF-1 y IGFBP-3 (Nguyen et al., 2012). La concentración de metabolitos del té en plasma no varía según la dosis consumida y las catequinas aparecen y desaparecen rápidamente del plasma (Renouf et al., 2013). El tratamiento con polifenol E puede producir una disminución del estado inflamatorio intestinal (Dryden et al., 2013). *Camellia sinensis* puede interferir con nintedanib (Veerman et al., 2022). Las bacterias productoras de butirato aumentan tras tomar té negro (Tomioka et al., 2023). EGCG disminuye las tasas de oxidación lipídica (Churm et al., 2023). Los polifenoles del té disminuyen el ácido úrico (Yao et al., 2024). La toma de catequinas podría disminuir las infecciones del tracto respiratorio superior (Tominaga et al., 2024). El consumo de catequinas y ornitina disminuye la concentración de amoníaco (Hasumura et al., 2024). La suplementación con catequinas del té verde puede hacer que disminuyan algunas bacterias (Noronha et al., 2024). Algunos compuestos fenólicos aumentan su excreción tras tomar suplementos de té verde (Mena et al., 2019). La toma de té puede entorpecer la absorción de hierro (Fuzi et al., 2017). Las concentraciones de algunas catequinas en plasma son máximas tras 1,5-2,5 h después de la ingestión (Son et al., 2016).

ABSORCIÓN DE CATEQUINAS. ÁREA BAJO LA CURVA Y CONCENTRACIÓN EN PLASMA

Tras la ingestión del té o de sus catequinas, estas comienzan a ser absorbidas, muy probablemente en la parte alta del tracto gastrointestinal, produciéndose un incremento de su concentración en plasma (Renouf et al., 2013). En el caso del té verde, se ha observado que se produce un aumento de los niveles plasmáticos totales de EC, EGC, ECG y EGCG hasta alcanzar un pico entre los 90 minutos (Son et al., 2016) y las 2 (Henning et al., 2020) o 2,5 horas (Son et al., 2016) tras el consumo. Posteriormente, se produce una disminución gradual hasta alcanzar niveles indetectables 12 horas después de la ingestión (Son et al., 2016).

Respecto a los valores de las concentraciones máximas de catequinas y sus metabolitos en plasma, estos variaron en función del estudio, del suplemento y de su forma de presentación. En esta revisión, los valores observados de catequinas totales oscilaron entre 1044 nmol/l de máximo en el caso de Henning et al. (2020), quienes utilizaron té verde en comprimidos con

quercetina, y 434 nmol/l de mínimo en el caso de Egert et al. (2012), quienes utilizaron té verde en infusión. Por otra parte, al tomar polifenol E, observaron una concentración media de EGCG de 147 pmol/ml (Nguyen et al., 2012). En el estudio de Renouf et al. (2013), destaca la concentración de EGC en plasma, seguida por EC y EGCG. La suma de EC, EGC, ECG y EGCG fue de $5980,58 \pm 1,47$ $\mu\text{g/ml}$ al consumir té verde con vitamina C y xilitol (Son et al., 2016). El contenido total de polifenoles era de 310 ± 135 mg/ml junto a un tratamiento antihipertensivo (Romero-Prado et al., 2015). En cuanto a la concentración máxima de catequinas totales en plasma, fue de $462 \pm 27,4$ nmol/l ($179 \pm 12,7$, $147 \pm 11,4$, $87 \pm 5,1$ y $48 \pm 3,8$ nmol/l de EGCG, ECG, EGC y EC, respectivamente) tomando únicamente té verde (Egert et al., 2012). La concentración en plasma a las 2 horas de la toma de té verde con quercetina de EGC, EC, EGCG y ECG fue aproximadamente de 386, 350, 135 y 67 nmol/l, respectivamente, con una cantidad de catequinas totales de 1043 nmol/l (Henning et al., 2020).

No obstante, la concentración de metabolitos en el plasma no parece aumentar siempre de forma totalmente proporcional a la cantidad de té consumida. Por ejemplo, Renouf et al. (2013) observaron que EGC-4'-OMe fue el metabolito que mostró valores de tiempo máximo para alcanzar la concentración más alta en plasma más tardíos, específicamente de 172, 110 y 114 minutos para dosis bajas, medias y altas de té verde, respectivamente.

Por otra parte, el AUC dependió tanto de la dosis ingerida como del tipo de catequina. Así, Renouf et al. (2013), quienes utilizaron té verde en infusión, observaron que EGC se detectó tanto en la mayoría de sujetos que tomaron la dosis más baja, como en todos los sujetos que tomaron la dosis media y alta. No observaron diferencias significativas de AUC en dosis medias y bajas. La AUC de EC para dosis bajas fue menor que para las dosis tanto alta como media. Finalmente, la AUC para EGC-4'-OMe no varió entre las diferentes dosis; sin embargo, respecto a EGCG, las dosis alta y baja fueron distintas.

Respecto a la concentración en tejidos diana, como por ejemplo el tejido prostático, se observó que EGCG y ECG aparecía en el 67 y 93% de los sujetos que tomaron té verde con quercetina y en un 75 y 94% en aquellos que consumieron té verde y placebo, respectivamente (Henning et al., 2020).

Los estudios revisados ponen de manifiesto que las catequinas son capaces de interaccionar con algunos de los componentes de la dieta o con determinados medicamentos. En este sentido, un estudio Egert et al. (2012) observaron que tomar té junto a proteínas, como aquellas encontradas de la leche o la soja, puede hacer que disminuya la biodisponibilidad de las catequinas debido a la interacción de éstas con las proteínas durante la fase de absorción.

Por otro lado, las catequinas podrían ser capaces interaccionar con determinados minerales. Así, Fuzi et al. (2017) indicaron que el té puede considerarse un potente inhibidor de la absorción del hierro no hemo. De forma análoga, las catequinas podrían interaccionar con

determinados medicamentos. En este sentido, en el ensayo clínico aleatorizado de Veerman et al. (2022) se observó que consumir esta bebida podría reducir la absorción de nintedanib (un fármaco para tratar el cáncer) en su totalidad.

EXCRECIÓN DE METABOLITOS Y SUSTANCIAS RELACIONADAS

Tras la ingestión del té o sus catequinas se produce un incremento de la excreción de sus metabolitos. Entre las sustancias que se excretan, algunos compuestos fenólicos (trihidroxifenil- γ -valerolactonas, dihidroxifenil- γ -valerolactonas y ácidos hidroxifenil propiónicos) aumentan su excreción por vía urinaria cuando los individuos son suplementados con polifenoles del té verde (Mena et al., 2019). Además, varios conjugados de EGC derivados del metabolismo de flavan-3-oles de polifenoles del té verde estaban correlacionados positivamente con la misma vía de transformación, aunque existen grandes variaciones interindividuales (Mena et al., 2019). No obstante, la interacción con otros compuestos, como la quercetina, puede interferir en el metabolismo y la excreción. Así, Henning et al. (2020) observaron una disminución de los niveles urinarios de EGC y EGC-4'-OMe, y una tendencia al aumento de los niveles plasmáticos de EGC en los individuos que recibieron quercetina en comparación con el grupo placebo.

EFFECTO SOBRE PARÁMETROS PLASMÁTICOS

El consumo de catequinas afecta a varios valores sanguíneos tras el ejercicio físico. Por ejemplo, al consumir EGCG, disminuye la concentración de adrenalina y noradrenalina y la tasa de oxidación lipídica máxima, que puede deberse a una menor estimulación de la lipasa sensible a las hormonas sobre el uso intramuscular de triglicéridos a través de una menor respuesta simpático-adrenal, dada durante el ejercicio. También, los niveles de glucosa tras ingerir EGCG son menores en comparación con el reposo, que podría deberse a un efecto sensibilizador a la insulina por parte de EGCG (Churm et al., 2023).

A pesar de que el consumo de EGCG junto al ejercicio no produjese cambios significativos respecto al placebo en la concentración de glucosa (Churm et al., 2023), cuando se combina el consumo de catequinas con ornitina se ha observado una disminución de dicha concentración, porque las catequinas mejoran el metabolismo lipídico aeróbico y, por consiguiente, la disponibilidad de energía para el ejercicio, disminuyendo el gasto de glucosa. (Hasumura et al., 2024). Además, parece que el consumo de catequinas junto con ornitina hace disminuir el amoníaco, probablemente por un aumento del ciclo de la urea (observado en la parte *in vitro* de este estudio), aunque también puede deberse a la inhibición de la producción de amoníaco en el músculo esquelético y la desintoxicación transitoria del amoníaco mediante la síntesis de glutamina (Hasumura et al., 2024).

Finalmente, se ha visto que la ingestión de flavonoides podría mejorar el colesterol total y el nivel de triglicéridos, según el ensayo clínico aleatorizado de Romero-Prado et al. (2015).

EFFECTO SOBRE LA INFLAMACIÓN

La toma de polifenoles disminuye el ácido úrico, la aspartato aminotransferasa, la γ -glutamyl transferasa y la alanina aminotransferasa de forma significativa (Yao et al., 2024). El descenso de ácido úrico puede ser debido a la actividad inhibitoria de las catequinas sobre la xantina oxidasa y en la regulación de la expresión de transportadores de ácido úrico, según una revisión sistemática (Wu et al., 2020).

El estudio de Nguyen et al. (2012) correlacionó el consumo de polifenol E con una mejor bajada de IGF-1, IGFBP-3, un marcador de daño oxidativo del ADN en los leucocitos y el antígeno prostático específico (PSA) pero no de forma significativa.

Además, como se verá en el apartado siguiente, parte de la actividad antiinflamatoria podría venir mediada indirectamente a través de un efecto sobre la microbiota (Noronha et al., 2024).

EFFECTO SOBRE MICROBIOTA Y RECUENTOS DE BACTERIAS

Tomioka et al. (2023) estudiaron la influencia del té negro en la microbiota y observaron que, en el grupo con *Prevotella* aumentada (sujetos que consumieron té negro), la proporción de sujetos que también tenían recuentos de bacterias productoras mayores era superior que en sujetos con *Prevotella* disminuida. Estos cambios en la composición de la microbiota dieron lugar a modificaciones en la producción de ácidos grasos de cadena corta, de tal manera que los individuos que recibieron té negro mostraron valores menores de concentración de ácido acético en heces (Tomioka et al., 2023).

Noronha et al. (2024) observaron que la suplementación con té verde disminuye los recuentos de bacterias de Firmicutes y Bacteroidetes, los cuales parecen estar relacionados con la obesidad (Houtman et al., 2022; Indiani et al., 2018). También correlacionaron la *Verrucomicrobia* con IL-10, IL-4 y IL-17a tras la intervención, remarcando así el posible rol del té verde a la hora de modular la respuesta inflamatoria (Noronha et al., 2024).

EFFECTO SOBRE EL ORGANISMO EN GENERAL

Diferentes estudios han puesto de manifiesto que la ingestión de té o de sus catequinas puede contribuir a mejorar determinados procesos relacionados con el estado de salud general del individuo, derivados de los efectos sobre determinados parámetros sanguíneos e inflamatorios que se han comentado anteriormente. En el estudio de Romero-Prado et al. (2015), cuyos pacientes consumieron flavonoides de chocolate negro, manzana y té verde, se observó una

reducción de la presión sistólica y diastólica. Este efecto sinérgico entre el tratamiento antihipertensivo y los flavonoles de la dieta parece estar mediado por mecanismos diferentes a los de la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina (ECA), que pueden contribuir a la vasodilatación y por ende disminuyendo la presión arterial. Además, en ese mismo estudio apreciaron una relación entre tomar flavonoides y una disminución de la ratio cintura/cadera.

Por otro lado, el consumo de catequinas también puede mejorar el estado inflamatorio en colitis ulcerosa. En un ensayo clínico se observó cómo en diez sujetos que respondieron al tratamiento con polifenol E su puntuación endoscópica disminuyó al menos un punto. Además, sujetos que tomaron dos cápsulas de 400 mg de EGCG diarias bajaron en tres puntos su puntuación endoscópica. Este efecto podría deberse a que EGCG produce una inhibición de la translocación nuclear de NF- κ B (un modulador de la inflamación), específicamente por la inactivación de la I κ B-quinasa (Dryden et al., 2013).

Finalmente, se ha hipotetizado que el consumo de té verde podría reducir las infecciones del tracto respiratorio superior, aunque los resultados no son concluyentes (Tominaga et al., 2024).

Relación entre estudios *in vivo* e *in vitro*

El estudio *in vitro* de Tung et al. (2020) se concluye que los polifenoles ligados a LDL son mejores antioxidantes que aquellos polifenoles libres. Estas observaciones podrían estar relacionadas con algunos estudios *in vivo* en los que se ha visto que consumir catequinas puede mejorar el colesterol total (Romero-Prado et al., 2015) y aumentar la tasa de oxidación lipídica máxima (Churm et al., 2023).

Respecto al metabolismo de la glucosa, se pueden relacionar dos estudios *in vivo* y uno *in vitro*. En el estudio *in vitro* de Liu et al. (2017) los autores observaron que el aumento en el contenido de catequinas mejoraba los efectos inhibitorios sobre α -amilasa y α -glucosidasa en células Caco-2 y sobre la captación de glucosa. Asimismo, en humanos, tras el ejercicio, se vio cómo el consumo de catequinas disminuye la concentración de glucosa (Churm et al., 2023; Hasumura et al., 2024).

5.1 Limitaciones

Las principales limitaciones tendrían que ver, en primer lugar, con la escasez de estudios recientes realizados en humanos que traten el tema de la biodisponibilidad o actividad biológica de las catequinas del té. En segundo lugar, pero no menos importante, es conveniente destacar la gran variabilidad en cuanto al tipo de sustancia empleada, la dosis, la forma de presentación, los sujetos objeto de estudio (algunos con procesos patológicos) y los objetivos del mismo. Estos

hechos dificultan sobremanera la extracción de conclusiones definitivas extrapolables de manera directa a la población general sana.

5.2 Futuras líneas de investigación

Como futuras líneas de investigación, sería deseable estudiar la actividad biológica de estos compuestos en humanos, tanto en individuos sanos como enfermos, así como valorar de manera más detalladas a qué sustancias atribuir de manera directa la actividad biológica del té.

6. Conclusiones

Las catequinas se absorben probablemente en la parte alta del tracto gastrointestinal y muestran un pico de concentración en el plasma entre 1,5 y 2,5 horas tras su consumo. Gradualmente, la concentración disminuye hasta ser indetectable tras 12 horas.

Es importante tener en cuenta que la concentración de catequinas en plasma depende de varios factores, como el tipo de compuesto, la dosis ingerida y si se consumen junto a otros componentes de la dieta o medicamentos. Algunos estudios sugieren la conveniencia de unir las catequinas a determinados nanotransportadores, capaces de aumentar su biodisponibilidad y actividad biológica. También hay que considerar la estructura química de las catequinas, ya que las galoiladas y las *cis* tienen mejor afinidad por ciertas proteínas, como la HSA, que las no galoiladas y las *trans*.

Una vez consumidas las catequinas, aumenta la excreción de sus metabolitos por vía urinaria. También existen alteraciones en la excreción cuando las catequinas se consumen con otras sustancias, como puede ser la quercetina.

El consumo de té o de sus catequinas se ha relacionado con una mejora de la presión arterial y del estado inflamatorio en la colitis ulcerosa y una disminución de la ratio cintura/cadera.

Cuando las catequinas se ingieren en relación con el ejercicio físico, disminuye la concentración plasmática de glucosa, adrenalina, noradrenalina, la tasa de oxidación lipídica máxima y el amoniaco. Asimismo, consumir catequinas se ha relacionado con una disminución del ácido úrico y una mejora en los niveles de colesterol, tanto el total como el LDL, y triglicéridos.

En relación con la microbiota, el té verde disminuye la cantidad de Firmicutes y Bacteroidetes, mientras que el té negro aumenta la cantidad de bacterias productoras de butirato y *Prevotella*.

Finalmente, hay varios estudios que parecen coincidir en el potencial antitumoral de las catequinas del té, ya sea por su capacidad antioxidante o al potenciar la apoptosis.

7. Bibliografía

Abudurehman, B., Yu, X., Fang, D., & Zhang, H. (2022). Enzymatic Oxidation of Tea Catechins and Its Mechanism. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(3), 942.

<https://doi.org/10.3390/molecules27030942>

Ahmad Fuzi, S. F., Koller, D., Bruggraber, S., Pereira, D. I., Dainty, J. R., & Mushtaq, S. (2017). A 1-h time interval between a meal containing iron and consumption of tea attenuates the inhibitory effects on iron absorption: a controlled trial in a cohort of healthy UK women using a stable iron isotope. *The American journal of clinical nutrition*, 106(6), 1413–1421.

<https://doi.org/10.3945/ajcn.117.161364>

Almatroodi, S. A., Almatroudi, A., Khan, A. A., Alhumaydhi, F. A., Alsahli, M. A., & Rahmani, A. H. (2020). Potential Therapeutic Targets of Epigallocatechin Gallate (EGCG), the Most Abundant Catechin in Green Tea, and Its Role in the Therapy of Various Types of Cancer. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(14), 3146. <https://doi.org/10.3390/molecules25143146>

Araújo, R., Ramalhete, L., Da Paz, H., Ribeiro, E., & Calado, C. R. C. (2020). A Simple, Label-Free, and High-Throughput Method to Evaluate the Epigallocatechin-3-Gallate Impact in Plasma Molecular Profile. *High-throughput*, 9(2), 9. <https://doi.org/10.3390/ht9020009>

Baldrick, F. R., McFadden, K., Ibars, M., Sung, C., Moffatt, T., Megarry, K., Thomas, K., Mitchell, P., Wallace, J. M. W., Pourshahidi, L. K., Ternan, N. G., Corona, G., Spencer, J., Yaqoob, P., Hotchkiss, S., Campbell, R., Moreno-Rojas, J. M., Cuevas, F. J., Pereira-Caro, G., Rowland, I., ... Gill, C. I. R. (2018). Impact of a (poly)phenol-rich extract from the brown algae *Ascophyllum nodosum* on DNA damage and antioxidant activity in an overweight or obese population: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 108(4), 688–700.

<https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy147>

Barrera-Reyes, P. K., Cortés-Fernández de Lara, J., Poquet, L., Redeuil, K., Kussmann, M., Silva-Zolezzi, I., & Tejero, E. M. (2021). Circulating Structurally Related (-)-Epicatechin Metabolite Species and Levels after Sustained Intake of a Cocoa Powder High in Polyphenols Are Comparable to Those Achieved after a Single Dose. *Nutrients*, 13(11), 3829.

<https://doi.org/10.3390/nu13113829>

Bazinet, L., Araya-Farias, M., Doyen A., Trudel, D., Têtu, B. (2010). Effect of process unit

operations and long-term storage on catechin contents in EGCG-enriched tea drink. *Food Research International*, 43(6), 0963-9969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.015>

Boletín Oficial del Estado. BOE-A-1983-15103 Real Decreto 1354/1983, de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de té y derivados. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1983-15103>

Cabrera, C., Giménez, R., & López, M. C. (2003). Determination of tea components with antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(15), 4427–4435. <https://doi.org/10.1021/jf0300801>

Cabrera, M., Taher, F., Llantada, A., Do, Q., Sapp, T., & Sommerhalter, M. (2021). Effect of Water Hardness on Catechin and Caffeine Content in Green Tea Infusions. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(12), 3485. <https://doi.org/10.3390/molecules26123485>

Cai, Z. Y., Li, X. M., Liang, J. P., Xiang, L. P., Wang, K. R., Shi, Y. L., Yang, R., Shi, M., Ye, J. H., Lu, J. L., Zheng, X. Q., & Liang, Y. R. (2018). Bioavailability of Tea Catechins and Its Improvement. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(9), 2346. <https://doi.org/10.3390/molecules23092346>

Cataldo, F. (2014). Green synthesis of silver nanoparticles by the action of black or green tea infusions on silver ions. *European Chemical Bulletin*, 3:280-289. 3. 280-289.

Chieng, D., & Kistler, P. M. (2022). Coffee and tea on cardiovascular disease (CVD) prevention. *Trends in cardiovascular medicine*, 32(7), 399–405. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2021.08.004>

Churm, R., Williams, L. M., Dunseath, G., Prior, S. L., & Bracken, R. M. (2023). The polyphenol epigallocatechin gallate lowers circulating catecholamine concentrations and alters lipid metabolism during graded exercise in man: a randomized cross-over study. *European journal of nutrition*, 62(3), 1517–1526. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03092-1>

Clifford, T., Constantinou, C. M., Keane, K. M., West, D. J., Howatson, G., & Stevenson, E. J. (2017). The plasma bioavailability of nitrate and betanin from *Beta vulgaris rubra* in humans. *European journal of nutrition*, 56(3), 1245–1254. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1173-5>

Romero-Prado, M. M., Curiel-Beltrán, J. A., Miramontes-Espino, M. V., Cardona-Muñoz, E. G., Rios-Arellano, A., & Balam-Salazar, L. B. (2015). Dietary flavonoids added to pharmacological

antihypertensive therapy are effective in improving blood pressure. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, 117(1), 57–64. <https://doi.org/10.1111/bcpt.12360>

García-Rodríguez, M., & Kacew, S. (2025). Green tea catechins: protectors or threats to DNA? A review of their antigenotoxic and genotoxic effects. *Archives of toxicology*, 10.1007/s00204-025-04063-7. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00204-025-04063-7>

Djerir, D., Iddir, M., Bourgault, S., Lamy, S., & Annabi, B. (2018). Biophysical evidence for differential gallated green tea catechins binding to membrane type-1 matrix metalloproteinase and its interactors. *Biophysical chemistry*, 234, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.bpc.2018.01.002>

Dryden, G. W., Lam, A., Beatty, K., Qazzaz, H. H., & McClain, C. J. (2013). A pilot study to evaluate the safety and efficacy of an oral dose of (-)-epigallocatechin-3-gallate-rich polyphenon E in patients with mild to moderate ulcerative colitis. *Inflammatory bowel diseases*, 19(9), 1904–1912. <https://doi.org/10.1097/MIB.0b013e31828f5198>

EFSA ANS Panel (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food), Younes M, Aggett P, Aguilar F, Crebelli R, Dusemund B, Filipic M, Frutos MJ, Galtier P, Gott D, Gundert-Remy U, Lambre C, Leblanc J-C, Lillegaard IT, Moldeus P, Mortensen A, Oskarsson A, Stankovic I, Waalkens-Berendsen I, Woutersen RA, Andrade RJ, Fortes C, Mosesso P, Restani P, Arcella D, Pizzo F, Smeraldi C and Wright M, 2018. Scientific Opinion on the safety of green tea catechins. *EFSA Journal* 2018;16(4):5239, 89 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5239>

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA); Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to *Camellia sinensis* (L.) Kuntze (tea), including catechins in green tea, and improvement of endothelium-dependent vasodilation (ID 1106, 1310), maintenance of normal blood pressure (ID 1310, 2657), maintenance of normal blood glucose concentrations (ID 1108), maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations (ID 2640), protection of the skin from UV-induced (including photo-oxidative) damage (ID 1110, 1119), protection of DNA from oxidative damage (ID 1120, 1121), protection of lipids from oxidative damage (ID 1275), contribution to normal cognitive function (ID 1117, 2812), “cardiovascular system” (ID 2814), “invigoration of the body” (ID 1274, 3280), decreasing potentially pathogenic gastro-intestinal microorganisms (ID 1118), “immune health” (ID 1273) and “mouth” (ID 2813) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2011;9(4):2055. [29 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2011.2055. Available online:

www.efsa.europa.eu/efsajournal

Egert, S., Tereszczuk, J., Wein, S., Müller, M. J., Frank, J., Rimbach, G., & Wolfram, S. (2013). Simultaneous ingestion of dietary proteins reduces the bioavailability of galloylated catechins from green tea in humans. *European journal of nutrition*, 52(1), 281–288.

<https://doi.org/10.1007/s00394-012-0330-8>

Fagundes, D. S., Gonzalo, S., Grasa, L., Castro, M., Arruebo, M. P., Plaza, M. A., & Murillo, M. D. (2011). Trolox reduces the effect of ethanol on acetylcholine-induced contractions and oxidative stress in the isolated rabbit duodenum. *Revista española de enfermedades digestivas*, 103(8), 396–401. <https://doi.org/10.4321/s1130-01082011000800002>

Fan, F. Y., Sang, L. X., & Jiang, M. (2017). Catechins and Their Therapeutic Benefits to Inflammatory Bowel Disease. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(3), 484.

<https://doi.org/10.3390/molecules22030484>

Farhan M. (2022). Green Tea Catechins: Nature's Way of Preventing and Treating Cancer. *International journal of molecular sciences*, 23(18), 10713.

<https://doi.org/10.3390/ijms231810713>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024a). Citado el 15 de abril de 2025. Markets and Trade. Tea. <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities-overview/beverages/tea/en>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024b). Citado el 15 de abril de 2025. Current global market situation and medium-term outlook.

<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd0688en>

Granja, A., Vieira, A. C., Chaves, L. L., Nunes, C., Neves, A. R., Pinheiro, M., & Reis, S. (2017). Folate-targeted nanostructured lipid carriers for enhanced oral delivery of epigallocatechin-3-gallate. *Food chemistry*, 237, 803–810. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.019>

Grzesik, M., Naparło, K., Bartosz, G., & Sadowska-Bartos, I. (2018). Antioxidant properties of catechins: Comparison with other antioxidants. *Food chemistry*, 241, 480–492.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.117>

Han, Z., Wang, L., Zhu, H., Tu, Y., He, P., & Li, B. (2024). Uncovering the effects and mechanisms of tea and its components on depression, anxiety, and sleep disorders: A comprehensive review. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 197(Pt 1), 115191.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115191>

Hasumura, T., Kinoshita, K., Minegishi, Y., & Ota, N. (2024). Combination of tea catechins and ornithine effectively activates the urea cycle: an in vitro and human pilot study. *European journal of applied physiology*, 124(3), 827–836. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05310-4>

He, J., Xu, L., Yang, L., & Wang, X. (2018). Epigallocatechin Gallate Is the Most Effective Catechin Against Antioxidant Stress via Hydrogen Peroxide and Radical Scavenging Activity. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 24, 8198–8206. <https://doi.org/10.12659/MSM.911175>

Henning, S. M., Wang, P., Lee, R. P., Trang, A., Husari, G., Yang, J., Grojean, E. M., Ly, A., Hsu, M., Heber, D., Grogan, T., Li, Z., & Aronson, W. J. (2020). Prospective randomized trial evaluating blood and prostate tissue concentrations of green tea polyphenols and quercetin in men with prostate cancer. *Food & function*, 11(5), 4114–4122. <https://doi.org/10.1039/d0fo00565g>

Hidalgo-Liberona, N., González-Domínguez, R., Vegas, E., Riso, P., Del Bo', C., Bernardi, S., Peron, G., Guglielmetti, S., Gargari, G., Kroon, P. A., Cherubini, A., & Andrés-Lacueva, C. (2020). Increased Intestinal Permeability in Older Subjects Impacts the Beneficial Effects of Dietary Polyphenols by Modulating Their Bioavailability. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(44), 12476–12484. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04976>

Hodges, J. K., Zhu, J., Yu, Z., Vodovotz, Y., Brock, G., Sasaki, G. Y., Dey, P., & Bruno, R. S. (2019). Intestinal-level anti-inflammatory bioactivities of catechin-rich green tea: Rationale, design, and methods of a double-blind, randomized, placebo-controlled crossover trial in metabolic syndrome and healthy adults. *Contemporary clinical trials communications*, 17, 100495. <https://doi.org/10.1016/j.conctc.2019.100495>

Houtman, T. A., Eckermann, H. A., Smidt, H., & de Weerth, C. (2022). Gut microbiota and BMI throughout childhood: the role of firmicutes, bacteroidetes, and short-chain fatty acid producers. *Scientific reports*, 12(1), 3140. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07176-6>

Huang, L. H., Liu, C. Y., Wang, L. Y., Huang, C. J., & Hsu, C. H. (2018). Effects of green tea extract on

overweight and obese women with high levels of low density-lipoprotein-cholesterol (LDL-C): a randomised, double-blind, and cross-over placebo-controlled clinical trial. *BMC complementary and alternative medicine*, 18(1), 294. <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2355-x>

Hurtado-Barroso, S., Martínez-Huélamo, M., Rinaldi de Alvarenga, J. F., Quifer-Rada, P., Vallverdú-Queralt, A., Pérez-Fernández, S., & Lamuela-Raventós, R. M. (2019). Acute Effect of a Single Dose of Tomato Sofrito on Plasmatic Inflammatory Biomarkers in Healthy Men. *Nutrients*, 11(4), 851. <https://doi.org/10.3390/nu11040851>

Indiani, C. M. D. S. P., Rizzardi, K. F., Castelo, P. M., Ferraz, L. F. C., Darrieux, M., & Parisotto, T. M. (2018). Childhood Obesity and Firmicutes/Bacteroidetes Ratio in the Gut Microbiota: A Systematic Review. *Childhood obesity (Print)*, 14(8), 501–509. <https://doi.org/10.1089/chi.2018.0040>

Ishii, T., Minoda, K., Bae, M. J., Mori, T., Uekusa, Y., Ichikawa, T., Aihara, Y., Furuta, T., Wakimoto, T., Kan, T., & Nakayama, T. (2010a). Binding affinity of tea catechins for HSA: characterization by high-performance affinity chromatography with immobilized albumin column. *Molecular nutrition & food research*, 54(6), 816–822. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900071>

Ishii, T., Mori, T., Ichikawa, T., Kaku, M., Kusaka, K., Uekusa, Y., Akagawa, M., Aihara, Y., Furuta, T., Wakimoto, T., Kan, T., & Nakayama, T. (2010b). Structural characteristics of green tea catechins for formation of protein carbonyl in human serum albumin. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 18(14), 4892–4896. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2010.06.021>

Jeong, K. H., Lee, H. J., Park, T. S., & Shim, S. M. (2019). Catechins Controlled Bioavailability of Benzo[a]pyrene (B[α]P) from the Gastrointestinal Tract to the Brain towards Reducing Brain Toxicity Using the In Vitro Bio-Mimic System Coupled with Sequential Co-Cultures. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(11), 2175. <https://doi.org/10.3390/molecules24112175>

Jin, J. Q., Qu, F. R., Huang, H., Liu, Q. S., Wei, M. Y., Zhou, Y., Huang, K. L., Cui, Z., Chen, J. D., Dai, W. D., Zhu, L., Yao, M. Z., Zhang, Z. M., & Chen, L. (2023). Characterization of two O-methyltransferases involved in the biosynthesis of O-methylated catechins in tea plant. *Nature communications*, 14(1), 5075. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40868-9>

Kapetanovic, I. M., Crowell, J. A., Krishnaraj, R., Zakharov, A., Lindeblad, M., & Lyubimov, A. (2009). Exposure and toxicity of green tea polyphenols in fasted and non-fasted dogs.

Toxicology, 260(1-3), 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2009.03.007>

Karas, D., Ulrichová, J., & Valentová, K. (2017). Galloylation of polyphenols alters their biological activity. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 105, 223–240.

<https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.04.021>

Lambert, J. D., Sang, S., Hong, J., & Yang, C. S. (2010). Anticancer and anti-inflammatory effects of cysteine metabolites of the green tea polyphenol, (-)-epigallocatechin-3-gallate. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(18), 10016–10019. <https://doi.org/10.1021/jf102311t>

Li, M., & Hagerman, A. E. (2015). Effect of (-)-epigallocatechin-3-gallate on glucose-induced human serum albumin glycation. *Free radical research*, 49(8), 946–953.

<https://doi.org/10.3109/10715762.2015.1016429>

Liu, G. H., Yao, Z. Q., Chen, G. Q., Li, Y. L., & Liang, B. (2024). Potential Benefits of Green Tea in Prostate Cancer Prevention and Treatment: A Comprehensive Review. *Chinese journal of integrative medicine*, 30(11), 1045–1055. <https://doi.org/10.1007/s11655-024-4100-2>

Liu, S., Ai, Z., Qu, F., Chen, Y., & Ni, D. (2017). Effect of steeping temperature on antioxidant and inhibitory activities of green tea extracts against α -amylase, α -glucosidase and intestinal glucose uptake. *Food chemistry*, 234, 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.151>

Liu, Z., Bruins, M. E., Ni, L., & Vincken, J. P. (2018). Green and Black Tea Phenolics: Bioavailability, Transformation by Colonic Microbiota, and Modulation of Colonic Microbiota. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(32), 8469–8477.

<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02233>

Lowe, G. M., Gana, K., & Rahman, K. (2015). Dietary supplementation with green tea extract promotes enhanced human leukocyte activity. *Journal of complementary & integrative medicine*, 12(4), 277–282. <https://doi.org/10.1515/jcim-2014-0042>

Luo, K. W., Wei Chen, Lung, W. Y., Wei, X. Y., Cheng, B. H., Cai, Z. M., & Huang, W. R. (2017). EGCG inhibited bladder cancer SW780 cell proliferation and migration both in vitro and in vivo via down-regulation of NF- κ B and MMP-9. *The Journal of nutritional biochemistry*, 41, 56–64.

<https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2016.12.004>

- Martínez-Huélamo, M., Vallverdú-Queralt, A., Di Lecce, G., Valderas-Martínez, P., Tulipani, S., Jáuregui, O., Escribano-Ferrer, E., Estruch, R., Illan, M., & Lamuela-Raventós, R. M. (2016). Bioavailability of tomato polyphenols is enhanced by processing and fat addition: Evidence from a randomized feeding trial. *Molecular nutrition & food research*, 60(7), 1578–1589.
<https://doi.org/10.1002/mnfr.201500820>
- Mena, P., Ludwig, I. A., Tomatis, V. B., Acharjee, A., Calani, L., Rosi, A., Brighenti, F., Ray, S., Griffin, J. L., Bluck, L. J., & Del Rio, D. (2019). Inter-individual variability in the production of flavan-3-ol colonic metabolites: preliminary elucidation of urinary metabotypes. *European journal of nutrition*, 58(4), 1529–1543. <https://doi.org/10.1007/s00394-018-1683-4>
- Musial, C., Kuban-Jankowska, A., & Gorska-Ponikowska, M. (2020). Beneficial Properties of Green Tea Catechins. *International journal of molecular sciences*, 21(5), 1744.
<https://doi.org/10.3390/ijms21051744>
- Ndiaye, N. F., Idohou-Dossou, N., Bürkli, S., Diouf, A., Loucoubar, C., Guiro, A. T., Zimmermann, M. B., Wade, S., & Moretti, D. (2020). Polyphenol-rich tea decreases iron absorption from fortified wheat bread in Senegalese mother-child pairs and bioavailability of ferrous fumarate is sharply lower in children. *European journal of clinical nutrition*, 74(8), 1221–1228.
<https://doi.org/10.1038/s41430-020-0601-z>
- Nguyen, M. M., Ahmann, F. R., Nagle, R. B., Hsu, C. H., Tangrea, J. A., Parnes, H. L., Sokoloff, M. H., Gretzer, M. B., & Chow, H. H. (2012). Randomized, double-blind, placebo-controlled trial of polyphenon E in prostate cancer patients before prostatectomy: evaluation of potential chemopreventive activities. *Cancer prevention research (Philadelphia, Pa.)*, 5(2), 290–298.
<https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-11-0306>
- Noronha, N. Y., da Silva Rodrigues, G., Rodrigues, V. F., Nicoletti, C. F., Martins, L. dos S., Diani, L. M., Pereira Delfino, H. B., Augusta de Souza Pinhel, M., Watanabe, L. M., Tavares de Sousa Júnior, W., Morais, D. A., Júnior, F. B., Frantz, F. G., Carlos, D., & Nonino, C. B. (2024). Low-caffeine green tea supplementation reduced lithium serum levels and the relative abundance of microbiota in women with obesity: A case study. *Clinical Nutrition Open Science*, 58, 252–264.
<https://doi.org/10.1016/j.nutos.2024.09.012>
- Ohishi, T., Goto, S., Monira, P., Isemura, M., & Nakamura, Y. (2016). Anti-inflammatory Action of

Green Tea. *Anti-inflammatory & anti-allergy agents in medicinal chemistry*, 15(2), 74–90.

<https://doi.org/10.2174/1871523015666160915154443>

Oracz, J., Królak, K., Kordialik-Bogacka, E., & Żyżelewicz, D. (2025). Optimizing brewing conditions for low-temperature green tea infusions: Insights into functional and nutritional properties. *Food chemistry*, 474, 143241. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143241>

Peng, J., Chen, G., Guo, S., Lin, Z., Li, J., Yang, W., Xiao, G., & Wang, Q. (2024). The Galloyl Group Enhances the Inhibitory Activity of Catechins against LPS-Triggered Inflammation in RAW264.7 Cells. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(16), 2616. <https://doi.org/10.3390/foods13162616>

Pereira-Caro, G., Polyviou, T., Ludwig, I. A., Nastase, A. M., Moreno-Rojas, J. M., Garcia, A. L., Malkova, D., & Crozier, A. (2017). Bioavailability of orange juice (poly)phenols: the impact of short-term cessation of training by male endurance athletes. *The American journal of clinical nutrition*, 106(3), 791–800. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.149898>

Renouf, M., Marmet, C., Guy, P. A., Beaumont, M., Lepage, M., Williamson, G., & Dionisi, F. (2013). Dose-response plasma appearance of green tea catechins in adults. *Molecular nutrition & food research*, 57(5), 833–839. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200512>

Rothenberg, D. O., & Zhang, L. (2019). Mechanisms Underlying the Anti-Depressive Effects of Regular Tea Consumption. *Nutrients*, 11(6), 1361. <https://doi.org/10.3390/nu11061361>

Sakurai, K., Shen, C., Ezaki, Y., Inamura, N., Fukushima, Y., Masuoka, N., & Hisatsune, T. (2020). Effects of Matcha Green Tea Powder on Cognitive Functions of Community-Dwelling Elderly Individuals. *Nutrients*, 12(12), 3639. <https://doi.org/10.3390/nu12123639>

Sheik, R., Priya, V. V., Mohan, S. K. (2015). Effect of Green Tea on Obesity - A Survey. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 33(2), July – August 2015; Article No. 15, Pages: 73-75. <https://globalresearchonline.net/journalcontents/v33-2/15.pdf>

Shi, J., Yang, G., You, Q., Sun, S., Chen, R., Lin, Z., Simal-Gandara, J., & Lv, H. (2023). Updates on the chemistry, processing characteristics, and utilization of tea flavonoids in last two decades (2001-2021). *Critical reviews in food science and nutrition*, 63(20), 4757–4784. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2007353>

Son, Y. R., Park, T. S., & Shim, S. M. (2016). Pharmacokinetics and Plasma Cellular Antioxidative Effects of Flavonols After Oral Intake of Green Tea Formulated with Vitamin C and Xylitol in Healthy Subjects. *Journal of medicinal food*, 19(2), 211–217.

<https://doi.org/10.1089/jmf.2015.3514>

Takahashi, M., Miyashita, M., Suzuki, K., Bae, S. R., Kim, H. K., Wakisaka, T., Matsui, Y., Takeshita, M., & Yasunaga, K. (2014). Acute ingestion of catechin-rich green tea improves postprandial glucose status and increases serum thioredoxin concentrations in postmenopausal women. *The British journal of nutrition*, 112(9), 1542–1550. <https://doi.org/10.1017/S0007114514002530>

Takahashi, T., Nagatoishi, S., Kuroda, D., & Tsumoto, K. (2018). Thermodynamic and computational analyses reveal the functional roles of the galloyl group of tea catechins in molecular recognition. *Public Library of Science ONE*, 13(10), e0204856.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204856>

Tang, G. Y., Meng, X., Gan, R. Y., Zhao, C. N., Liu, Q., Feng, Y. B., Li, S., Wei, X. L., Atanasov, A. G., Corke, H., & Li, H. B. (2019b). Health Functions and Related Molecular Mechanisms of Tea Components: An Update Review. *International journal of molecular sciences*, 20(24), 6196.

<https://doi.org/10.3390/ijms20246196>

Tang, G. Y., Zhao, C. N., Xu, X. Y., Gan, R. Y., Cao, S. Y., Liu, Q., Shang, A., Mao, Q. Q., & Li, H. B. (2019a). Phytochemical Composition and Antioxidant Capacity of 30 Chinese Teas. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 8(6), 180. <https://doi.org/10.3390/antiox8060180>

Tominaga, T., Ikukawa, T., Furushima, D., Nakamura, T. J., & Yamada, H. (2024). An Exploratory Randomized Controlled Study to Investigate Concentration-Dependence of Green Tea Catechin Gargling on Acute Upper Respiratory Tract Infections. *Biological & pharmaceutical bulletin*, 47(7), 1331–1337. <https://doi.org/10.1248/bpb.b24-00113>

Tomioka, R., Tanaka, Y., Suzuki, M., & Ebihara, S. (2023). The Effects of Black Tea Consumption on Intestinal Microflora-A Randomized Single-Blind Parallel-Group, Placebo-Controlled Study. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 69(5), 326–339.

<https://doi.org/10.3177/jnsv.69.326>

Tsang, W. P., & Kwok, T. T. (2010). Epigallocatechin gallate up-regulation of miR-16 and induction of apoptosis in human cancer cells. *The Journal of nutritional biochemistry*, 21(2), 140–

146. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2008.12.003>

Tung, W. C., Rizzo, B., Dabbagh, Y., Saraswat, S., Romanczyk, M., Codorniu-Hernández, E., Rebolledo-Rios, R., Needs, P. W., Kroon, P. A., Rakotomanomana, N., Dangles, O., Weikel, K., & Vinson, J. (2020). Polyphenols bind to low density lipoprotein at biologically relevant concentrations that are protective for heart disease. *Archives of biochemistry and biophysics*, 694, 108589. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2020.108589>

Uchida, K., Meno, K., Korenaga, T., Liu, S., Suzuki, H., Baba, Y., Tagata, C., Araki, Y., Tsunemi, S., Aso, K., Inagaki, S., Nakagawa, S., Kobayashi, M., Kakuma, T., Asada, T., Ota, M., Takihara, T., & Arai, T. (2024). Effect of matcha green tea on cognitive functions and sleep quality in older adults with cognitive decline: A randomized controlled study over 12 months. *Public Library of Science ONE*, 19(8), e0309287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309287>

Valero, T., Rodríguez, P., Ruiz, E., Ávila, J.M., Varela, G. (2018). *La alimentación española. Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Van Doren, W. W., Iqbal, U. H., Helmer, D. A., Litke, D. R., Simon, J. E., Wu, Q., Zhao, D., Yin, Z., Ho, L., Osinubi, O., & Pasinetti, G. M. (2022). Changes in polyphenol serum levels and cognitive performance after dietary supplementation with Concord grape juice in veterans with Gulf War Illness. *Life sciences*, 292, 119797. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2021.119797>

Veerman, G. D. M., van der Werff, S. C., Koolen, S. L. W., Miedema, J. R., Oomen-de Hoop, E., van der Mark, S. C., Chandoosing, P. P., de Bruijn, P., Wijsenbeek, M. S., & Mathijssen, R. H. J. (2022). The influence of green tea extract on nintedanib's bioavailability in patients with pulmonary fibrosis. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 151, 113101. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113101>

Vors, C., Couillard, C., Paradis, M. E., Gigueux, I., Marin, J., Vohl, M. C., Couture, P., & Lamarche, B. (2018). Supplementation with Resveratrol and Curcumin Does Not Affect the Inflammatory Response to a High-Fat Meal in Older Adults with Abdominal Obesity: A Randomized, Placebo-Controlled Crossover Trial. *The Journal of nutrition*, 148(3), 379–388. <https://doi.org/10.1093/jn/nxx072>

Vuong, Q. V., Golding, J. B., Nguyen, M., & Roach, P. D. (2010). Extraction and isolation of

catechins from tea. *Journal of separation science*, 33(21), 3415–3428.

<https://doi.org/10.1002/jssc.201000438>

Wang, S., Moustaid-Moussa, N., Chen, L., Mo, H., Shastri, A., Su, R., Bapat, P., Kwun, I., & Shen, C. L. (2014). Novel insights of dietary polyphenols and obesity. *The Journal of nutritional biochemistry*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2013.09.001>

Wang, Y., Kan, Z., Wan, X., McGinley, J. N., & Thompson, H. J. (2019). Differences in chemical composition predictive of in vitro biological activity among commercially important cultivars of genus *Camellia*. *Food chemistry*, 297, 124950. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.06.017>

Wang, Y., Xia, H., Yu, J., Sui, J., Pan, D., Wang, S., Liao, W., Yang, L., & Sun, G. (2023a). Effects of green tea catechin on the blood pressure and lipids in overweight and obese population-a meta-analysis. *Heliyon*, 9(11), e21228. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21228>

Wang, W., Le, T., Wang, W. W., Yin, J. F., & Jiang, H. Y. (2023b). The Effects of Structure and Oxidative Polymerization on Antioxidant Activity of Catechins and Polymers. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(23), 4207. <https://doi.org/10.3390/foods12234207>

Warden, B. A., Smith, L. S., Beecher, G. R., Balentine, D. A., & Clevidence, B. A. (2001). Catechins are bioavailable in men and women drinking black tea throughout the day. *The Journal of nutrition*, 131(6), 1731–1737. <https://doi.org/10.1093/jn/131.6.1731>

Wen, R., Chai, X., Wang, P., Wu, K., Duan, X., Chen, J. & Li, X. (2025). The structural characteristics of hydroxyl and galloyl groups determine the inhibitory activity of α -amylase in four catechin monomers. *Food Science and Technology*, 222(2025), 117–624. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.117624>

Wierzejska R. (2014). Tea and health--a review of the current state of knowledge. *Przegląd epidemiologiczny*, 68(3), 501–599.

Wilasrusmee, K. T., Sitticharoon, C., Keadkraichaiwat, I., Maikaew, P., Pongwattanapakin, K., Chatree, S., Sriwichitchai, R., & Churintaraphan, M. (2024). Epigallocatechin gallate enhances sympathetic heart rate variability and decreases blood pressure in obese subjects: a randomized control trial. *Scientific reports*, 14(1), 21628. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72269-3>

Wiley, K. D., & Gupta, M. (2023). Vitamin B1 (Thiamine) Deficiency. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Wilson, S. M., Oliver, A., Larke, J. A., Naveja, J. J., Alkan, Z., Awika, J. M., Stephensen, C. B., & Lemay, D. G. (2024). Fine-Scale Dietary Polyphenol Intake Is Associated with Systemic and Gastrointestinal Inflammation in Healthy Adults. *The Journal of nutrition*, 154(11), 3286–3297. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.08.010>

Wu, D., Zhang, W., Lai, X., Li, Q., Sun, L., Chen, R., Sun, S., & Cao, F. (2020). Regulation of Catechins in Uric Acid Metabolism Disorder Related Human Diseases. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 20(18), 1857–1866. <https://doi.org/10.2174/1389557520666200719015919>

Xie, K., Wang, Y., & Chen, Z. (2024). Mechanism of the combined action of green tea polyphenols and concurrent radiochemotherapy in regulating GSK-3 β to treat non-small cell lung cancer through the Wnt β -catenin pathway. *Romanian journal of morphology and embryology = Revue roumaine de morphologie et embryologie*, 65(3), 499–505. <https://doi.org/10.47162/RJME.65.3.12>

Xie, L., Lee, S. G., Vance, T. M., Wang, Y., Kim, B., Lee, J. Y., Chun, O. K., & Bolling, B. W. (2016). Bioavailability of anthocyanins and colonic polyphenol metabolites following consumption of aronia berry extract. *Food chemistry*, 211, 860–868. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.122>

Xie, L., Vance, T., Kim, B., Lee, S. G., Caceres, C., Wang, Y., Hubert, P. A., Lee, J. Y., Chun, O. K., & Bolling, B. W. (2017). Aronia berry polyphenol consumption reduces plasma total and low-density lipoprotein cholesterol in former smokers without lowering biomarkers of inflammation and oxidative stress: a randomized controlled trial. *Nutrition research (New York, N.Y.)*, 37, 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2016.12.007>

Yang, M., Wu, X., He, Y., Li, X., Yang, L., Song, T., Wang, F., Yang, C. S., & Zhang, J. (2024). EGCG oxidation-derived polymers induce apoptosis in digestive tract cancer cells via regulating the renin-angiotensin system. *Food & function*, 15(4), 2052–2063. <https://doi.org/10.1039/d3fo03795a>

Yao, D., Xie, L., Du, K., Yao, X., & Shen, X. (2024). Decaffeinated green tea polyphenols supplementation had no adverse health effects in girls with obesity: a randomized controlled

trial. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 33(1), 111–117.

[https://doi.org/10.6133/apjcn.202403_33\(1\).0012](https://doi.org/10.6133/apjcn.202403_33(1).0012)

Zhao, T., Li, C., Wang, S., & Song, X. (2022). Green Tea (*Camellia sinensis*): A Review of Its Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(12), 3909.

<https://doi.org/10.3390/molecules27123909>

Zou, H., Bian, E., He, J., Wu, W., & Deng, C. (2025). Versatile carrier-free binary nanodrug based on metformin/epigallocatechin gallate nanoparticles: exploring its properties and potential in cancer treatment. *Biomaterials science*, 13(3), 731–742. <https://doi.org/10.1039/d4bm01356e>

8. Anexos

ANEXO I: Composición del té (infusión, sin azúcar).

Tabla 2. Composición del té acorde a las Tablas de Composición de Alimentos Moreiras y col., 2013.

TÉ, INFUSIÓN - SIN AZÚCAR	Por 100 g de porción comestible
Energía (kcal)	0
Proteínas (g)	0,1
Lípidos totales	Tr
- AG saturados (g)	Tr
- AG monoinsaturados (g)	Tr
- Colesterol (mg/1000 kcal)	0
Hidratos de carbono (g)	0
Fibra (g)	0
Agua (g)	99
Calcio (mg)	Tr
Hierro (mg)	Tr
Yodo (µg)	Tr
Magnesio (mg)	1
Zinc (mg)	Tr
Sodio (mg)	Tr
Potasio (mg)	17
Fósforo (mg)	1
Selenio (µg)	Tr
Tiamina (mg)	Tr
Riboflavina (mg)	0,01
Equivalentes de niacina (mg)	0,1
Vitamina B ₆ (mg)	Tr
Folatos (µg)	Tr
Vitamina B ₁₂ (µg)	0
Vitamina C (mg)	0
Vitamina A: equivalentes de retinol	0

(µg)	
Vitamina D (µg)	0
Vitamina E	-

Tr: Trazas.

-. Dato no disponible.

Fuente: Adaptación del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

ANEXO II: Composición del extracto seco del té.**Tabla 3.** Composición del extracto seco del té negro y té verde.

	TÉ NEGRO	TÉ VERDE
COMPONENTE	Sólidos extraídos (peso en %)	
Ácido aspártico	-	0,5
Ácido clorogénico	0,2	-
Ácido gálico	1,1	-
Ácido glutámico	-	0,5
Ácido oxálico	1,5	-
Aminoácidos	3,0	1,5
Arginina	-	0,7
Azúcares	6,9	6,7
Cafeína	7,5	7,4
Catequinas	11,2	-
Catión potasio	4,8	4,0
Componentes aromáticos	0,1	0,1
Epicatequina	-	2,0
Epicatequina galato	-	5,2
Epigallocatequina	-	8,4
Epigallocatequina galato	-	20,3
Flavonoles	-	2,2
Insolubles en alcohol	-	12,2
Lípidos y ceras	4,8	-
Mezcla de ácidos alifáticos	1,2	-
Otros minerales	4,7	-
Pectina	0,2	-
Péptidos	6,0	-
Polisacáridos	4,2	-
Teaflavinas	2,6	-
Teanina	3,5	4,7

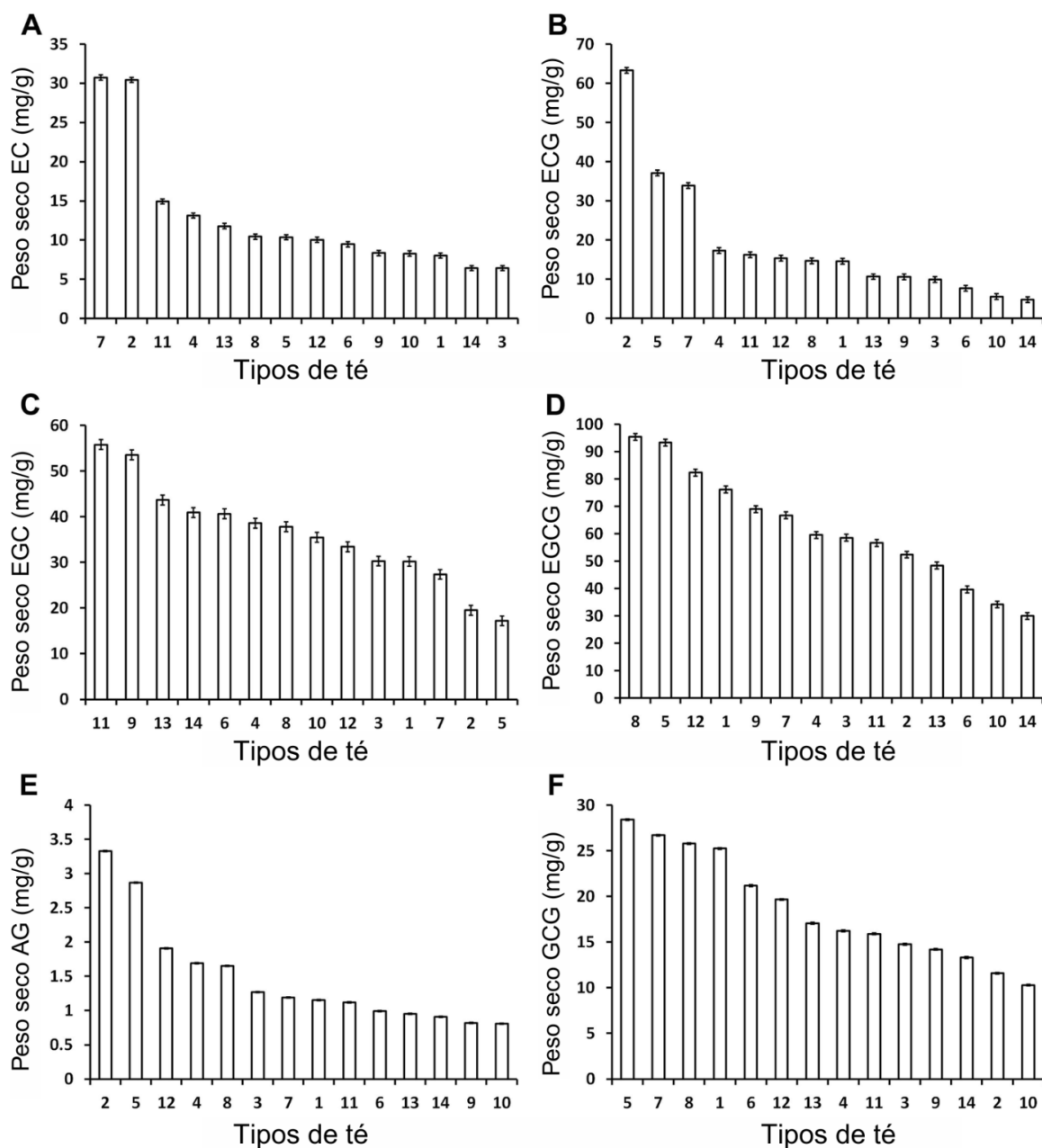
Tearubigina	35,8	-
Teobromina	0,7	-

:- Dato no disponible.

Fuente: Cataldo (2014).

ANEXO III: Cantidad de diferentes catequinas en varios tipos de té.

Cantidad de diferentes catequinas en varios tipos de té (1, 3, 4, 10, 12 y 14 corresponden al té verde; 2, 5 y 7 al oscuro; 6 al blanco; 8 al negro; 11 al amarillo; 9 y 13 al oolong).



AG: ácido gálico. EC: epicatequina. ECG: epicatequina galato. EGC: epigalocatequina galato. EGCG: epigalocatequina galato. GCG: galocatequina galato.

Fuente: Wang et al. (2019).

ANEXO IV: Cantidad de diferentes catequinas en varios tipos de té.

Cantidad de diferentes catequinas (mg/g) en seis tipos de tés representativos de las 6 categorías principales.

FITOQUÍMICOS	Té blanco (Gongmei)	Té verde (Dianqing)	Té amarillo (Junshan Yinzhen)	Té oolong (Fenghuang Shuixian)	Té negro (Yichang Congou)	Té oscuro (Fuzhuan Brick)
Catequina	ND	1,37	1,32	ND	ND	4,93
EC	ND	6,20	5,97	1,58	0,74	10,36
GC	ND	2,74	1,86	2,51	ND	5,54
EGC	8,42	13,66	13,09	31,25	ND	23,43
CG	ND	0,35	ND	ND	ND	ND
ECG	3,14	30,49	35,40	8,44	3,51	10,88
GCG	ND	1,45	ND	ND	0,51	0,93
EGCG	6,01	50,78	59,35	36,70	3,80	10,89
Ác. gálico	2,18	0,94	1,43	3,28	3,55	3,10
Ác. clorogénico	ND	ND	0,37	ND	0,19	0,28
Ác. elágico	ND	1,88	2,14	1,88	2,61	2,21
Kaempferol-3-G	0,50	1,05	1,61	1,19	1,45	1,00
Teaflavina	ND	ND	ND	ND	0,56	0,48
Cafeína	27,47	41,46	39,76	34,77	41,63	27,08

Ác.: ácido. CG: catequina galato. EC: epicatequina. ECG: epicatequina galato. EGC: epigalocatequina galato. EGCG: epigalocatequina galato. GC: galocatequina. GCG: galocatequina galato. ND: no detectado.

Fuente: Adaptación de Tang et al. (2019).

ANEXO V: Tabla de los estudios analizados.**Tabla 6.** Estudios analizados ($\uparrow$ = “aumento”; $\downarrow$ = “descenso”; $\leftrightarrow$ = “sin cambios significativos”).

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
Estudios <i>in vitro</i>					
Djerir et al. (2018)	Estudio experimental	Estudiar el impacto en ensayos celulares y biofísicos de cuatro catequinas no galoiladas junto con sus homólogas galoiladas sobre las funciones mediadas por MT1-MMP y los enlaces moleculares.	Línea celular de glioblastoma humano U87	(-)-C, GC, EC, EGC, CG, GCG, ECG, (-)-EGCG	Las 4 catequinas galoiladas analizadas interactuaron significativamente con la MT1-MMP, siendo la EGCG la que mostró el mayor nivel de unión. Ninguna catequina no galoilada demostró una interacción significativa con MT1-MMP. Catequinas con grupo galoil se dirigen de forma significativa a MTCBP-1, así como al sustrato de superficie celular MT1-MMP LRP-1.
Granja et al. (2017)	Estudio experimental	Diseñar un sistema de administración oral de EGCG basado en portadores lipídicos nanoestructurados (NLC) funcionalizado con ácido fólico para protegerlo de la degradación prematura, permitir una liberación controlada en el medio gastrointestinal y una mejora de la biodisponibilidad de EGCG.	Fluidos gástricos e intestinales simulados	EGCG $\geq$ 80% proveniente del té verde	Primeras 3h (“estómago”): 13% y 9% de EGCG liberado para NLC funcionalizado (NLC-f) y no-funcionalizado (NLC-n), respectivamente. Tras 3h, a lo largo de 5h (“intestino delgado”): 19% y 13% de EGCG liberado para NLC-f y NLC-n, respectivamente. Tras 21h: estabilización de la liberación de EGCG, con una liberación máxima acumulada del 48% y 34% para NLC-f y NLC-n, respectivamente.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
Ishii et al. (2010a)	Estudio experimental	Estudiar las afinidades de unión y evaluar tanto las catequinas de tipo cis (EC, ECG, EGC, and EGCG), trans (catequina con estructura 2,3-trans) y las catequinas metiladas, como la relación entre la estructura química de cada catequina y su afinidad de unión.	HSA	EC, ECG, EGC, EGCG, (+)-C, (-)-C, CG, GC, GCG, EGCG-3"OMe, EGCG-4"OMe, EGCG-4'-OMe	Afinidad a HSA de las catequinas: - cis: EGCG > ECG >> EGC > EC. - trans: GCG > CG >> GC ≥ (-)-C y (+)-C. - metiladas: EGCG > EGCG4'OMe > EGCG3"OMe > EGCG4"OMe. Afinidad de catequinas <i>trans</i> > catequinas <i>cis</i> .
Ishii et al. (2010b)	Estudio experimental	Evaluar la formación de carbonilo proteico en HSA de las catequinas del té y sus análogos, e investigar la relación entre la estructura de las catequinas y sus propiedades pro-oxidantes.	HSA	EC, EGC, ECG, EGG, EGCG-4'-OMe, EGCG-3"OMe	Estabilidad de catequinas: tipo-catecol > tipo-pirogalol. El anillo-B con la estructura pirogalol en EGCG, pero no en el grupo galoil, es el responsable de la formación del carbonilo proteico. La formación del carbonilo proteico en HSA se detectó únicamente en la incubación con pirogalol.
Jeong et al. (2019)	Estudio experimental	Examinar los efectos de las catequinas sobre (1) la citotoxicidad celular del hepatocito y la barrera hematoencefálica inducida por el α-benzopireno utilizando las líneas celulares HepG2 y HBMECs, (2) la bioaccesibilidad del α-	Células epiteliales intestinales humanas (Caco-2), carcinoma hepatocelular de hígado humano	(-)-epigallocatequina-3-galato (EGCG), (-)-epigallocatequina galato (EGCG), ECG, EGC, EC	B[α]P sin catequinas: ↓integridad celular α-benzopireno + catequinas= ↑integridad celular un 9-14%. Integridad de HBMEC: con catequinas = 1,14 veces mayor que sin ellas.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
		benzopireno utilizando el sistema modelo de digestión in vitro, y (3) el transporte del α -benzopireno utilizando un sistema de cultivos celulares secuenciales.	(HepG2) y células endoteliales microvasculares cerebrales humanas (HBMECs)		
Lambert et al. (2010)	Estudio experimental	Determinar si los metabolitos EGCG-cisteína pueden contribuir a la <i>pool</i> de los metabolitos de EGCG biológicamente activos y describir los efectos anticancerígenos, antiinflamatorios y prooxidantes in vitro de 2'-cisteinil-EGCG y 2''-cisteinil-EGCG.	Células cancerígenas HT-29 y HCT-116 del colon humano	EGCG (99% pureza)	2'-cisteinil-EGCG y 2''-cisteinil-EGCG demostraron tener actividad antiinflamatoria y son más pro-oxidantes.
Li & Hagerman (2015)	Estudio experimental	Estudiar la actividad bioquímica de EGCG en un modelo de HSA*/glucosa. *Seroalbúmina humana	HSA	EGCG (>95%)	EGCG no interfiere con medidas fluorescentes ni DNPH. Concentraciones bajas de EGCG (1 y 10 μ M) sin glucosa no afecta a HSA; 100 μ M EGCG alteró HSA en formas cuantitativamente similares a la glicación inducida por glucosa.
Liu et al. (2017)	Estudio experimental	Evaluar los efectos de varias temperaturas de maceración en los componentes	Células Caco-2	50 g de té verde (<i>Camellia sinensis</i>) en 1 L de agua a 20, 40, 60, 80 y 100°C durante 7 min	Actividad inhibitoria de α -amilasa y α -glucosidasa fueron correlacionadas con el contenido de polifenoles y catequinas.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
		principales de las infusiones de té.			Actividad inhibitoria de α-glucosidasa: EGCG > EGC. Catequinas galoiladas: mayor actividad inhibidora de α-glucosidasa. Número de grupos hidroxilo en el anillo B asociado con la actividad inhibidora. Catequinas galoiladas con mayores efectos inhibidores sobre α-amilasa; ECG con mayor actividad inhibidora que EGCG.
Takahashi et al. (2018)	Estudio experimental	Emplear HSA y 12 catequinas como sistema modelo para investigar los mecanismos moleculares por los que las proteínas reconocen las catequinas.	HSA	EGCG, ECG, GCG, CG, EGC, EC,GC, (+)-C, EGCG-3'-OMe, EGCG-4'-OMe, EGCG-3''-OMe, EGCG-4''-OMe	Afinidad de unión: catequinas con grupo galoil (EGCG, ECG, GCG, CG) > sin grupo galoil (EGC, EC, GC, C). Unión de EGCG y ECG impulsada por la entalpía; otras catequinas impulsadas por la entropía. Aunque la unión de CG y GCG también fue impulsada por la entropía, los valores de ΔH para los CG y GCG fueron más favorables que para EC y EGC. ΔH de interacción EtGa-HSA más favorable que ΔH de interacciones HSA-catequinas sin grupo galoil.
Tung et al. (2020)	Estudio experimental	Investigar la unión polifenol-LDL y determinar la efectividad antioxidante in vitro de la unión con un total de	Plasma en ayunas de un hombre con los niveles de	Catequina (flavanol), crisina (flavona), ácido ferúlico (ácido fenólico), genisteína (isoflavona), naringenina (flavanona), pelargonidina	Tiempo de retraso (oxidabilidad de LDL): - Catequina libre: $\uparrow$25-50%. - Catequina-LDL: $\uparrow$77-155%.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
		8 clases de polifenoles.	colesterol en plasma normales	(antocianidina), quercetina (flavonol) y rutina (quercetina-3-O-rutinósido)	La quercetina multiplicó x8 el tiempo de retraso a pH 5,2 y el galato de epigallocatequina por cinco a pH 7,4, en comparación con el control. Energía de unión de EGCG era la más alta entre los polifenoles (-16,7 kcal/mol).
Xie et al. (2024)	Estudio experimental	Investigar la función y los mecanismos moleculares asociados de los polifenoles del té verde (GTP) en la modulación de la señalización de la vía Wnt/ β -catenina a través de la modulación de GSK-3 β en el carcinoma pulmonar no microcítico (CPNM).	Células epiteliales de pulmón humano normal (BEAS-2B) y células de CPNM (A549)	Diversas concentraciones de GTP (0, 100, 200, 300, 400, 500 μ g/mL)	GTP: - obstaculizaron p-GSK-3β, β-catenina activa y Wnt3a. - $\uparrow$ expresión de p-β-catenina. - $\leftrightarrow$ expresiones de GSK-3β y β-catenina totales.
Yang et al. (2024)	Estudio experimental	Elucidar los mecanismos moleculares por los cuales grandes polifenoles, que no pueden entrar en las células, ejercen sus actividades biológicas.	Células Caco-2	EGCG (>99% pureza) Epicatequina (EC) (>95% pureza)	EGCG $\downarrow$ viabilidad de células Caco-2. Células Caco-2 tratadas con 800 μ g/mL EGCG durante 48h $\Rightarrow$ 60% apoptosis. Tto con EGCG durante 24h desreguló los compuestos pro-tumorales ECA, angiotensina-2 y receptor tipo 1 de angiotensina-2 y reguló al alza los compuestos anti-tumorales ECA-2 y angiotensinógeno, sin cambiar de forma significativa el nivel de receptor tipo 2 de angiotensina-2 y otro receptor relacionado (MasR).

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
					EGCG: - 24h: ↔ proteína Bax, p53, Cl-PARP, γ-H2AX y Bcl2. - 48h: ↑ Bax/Bcl2, P-p53, Cl-PARP y γ-H2AX. EGCG ↓ viabilidad de células TCA8113. TCA8113 tratadas con 300 μg/mL EGCG durante 48h => 75% apoptosis.
Zou et al. (2025)	Estudio experimental	Formular un nanofármaco binario sin portador (Met-EGCG) a partir de metformina (Met) y EGCG para potenciar sus actividades antioxidantes y mejorar su biodisponibilidad.	Células A549	5 mL de EGCG 10 mM + 10 μ L de formaldehído 24,4 mM + 10 mg de Met.	EGCG a 20 μg/mL tiene buena viabilidad celular; ↑concentración = ↓viabilidad. Met-EGCG con viabilidad celular ~100%. Tras varios ttos térmicos, Met-EGCG mantuvo su tamaño y forma. Caracterización UV: - -20 a 60°C: curvas de absorción UV no cambiaron significativamente. - 80-100°C: ↓ratio de absorción de EGCG máx a ~310 nm; ↑ratio de absorción de Met máx a ~280 nm = ↑ liberación de Met. Met-EGCG se descomponen rápidamente en condiciones ácidas.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
Estudio <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>					
Hasumura et al. (2024)	Ensayo clínico aleatorizado	Investigar el efecto sinérgico de las catequinas del té y dosis bajas de ornitina en la activación del ciclo de la urea para reducir los niveles de amoniaco (NH ₃) en sangre durante el ejercicio.	Experimento 1 (E1): células similares a los hepatocitos derivadas de células madre pluripotentes humanas Experimento 2 (E2): 8 hombres (31,5 años)	E1: extracto de té verde con EGCG (34,84%), EGC (34,43%), ECG (9,75%), EC (8,54%), GC (6,72%), catequina (2,93%), GCG (1,69%) y CG (1,1%) E2: ambas bebidas con 8,5-10 mg/200ml de cafeína y 43-45,5 kcal/200ml - Bebida control (200 ml) - Bebida test = catequinas del té + ornitina (200 ml) - 538,6 mg/200 ml catequinas - 1592 mg/200ml ornitina	E1: - Nivel de urea producido: catequinas+ornitina > control. - CPS1 y ARG1: ↑ en condiciones de ornitina. - CPS1 y ASS1: ↑ con catequinas+ornitina. - GOT1: - ↓ con catequinas. - ↓ con catequinas+ornitina. - ↓ con ornitina. E2: - Bebida test => ↓NH₃. - ↓AUC_{NH3}: bebida test > placebo. - Lactato: niveles cambiaron con el tiempo; ↔ con bebida test. - Glucosa: - niveles cambiaron con el tiempo. - ↑ con bebida test. - ↔ diferencia de AUC entre test y placebo.
Estudios <i>in vivo</i>					
Churm et al. (2023)	Ensayo clínico aleatorizado	Explorar el impacto de la ingestión aguda de EGCG en las catecolaminas, metabolitos de catecolaminas, variables	n = 8 hombres (22,3±3,3 años)	2 cápsulas de EGCG (≥94%) Placebo: 1450 mg harina de maíz	EGCG: - tasa oxidación lipídica máxima ↓32% (p < 0,05). - glucemia postprandial menor que en reposo.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
		metabólicas sistémicas y cardiovasculares a lo largo de varias intensidades de ejercicio durante el ejercicio cíclico graduado en el hombre.			EGCG y placebo => ↑glucemia desde reposo a máx ratio de consumo de O ₂ . [Adrenalina] y [Noradrenalina] en tasa máxima de oxidación lipídica: placebo > EGCG.
Dryden et al. (2013)	Ensayo clínico aleatorizado	Suprimir el estado inflamatorio debido a células inmunitarias intestinales activadas con Polifenol E oral, dosificado según la cantidad de EGCG.	n = 20 Grupo placebo: 30,7±14,4 años Grupo "activo": 44,9±5 años	Grupo placebo: cápsula de polifenol E con 200 mg de EGCG + placebo, 2 veces/día Grupo "activo": 2 cápsulas diarias de polifenol E con 400 mg de EGCG	Sujetos que respondieron al tto con polifenol E (10/15) => ↓ ≥1 punto su puntuación endoscópica. 2 sujetos del grupo "activo" ↓3 puntos su puntuación endoscópica.
Egert et al. (2012)	Ensayo clínico aleatorizado	Estudiar la influencia de leche desnatada, caseína y proteína de soja sobre la cinética del plasma de flavan-3-oles de té verde (GT) en mujeres jóvenes sanas.	n = 24 mujeres (23-32 años)	Bebida de té verde (GT): 1,75 g de extracto descafeinado (445 mg catequinas totales, 260,1 mg EGCG, 112,6 mg ECG, 42,5 mg EGC, 24,8 mg EC, y 5,3 catequina) disuelto en 300 ml de agua En el grupo "GT+M", 20% del agua se substituyó por leche desnatada, con 2,17g de proteína. Para los otros grupos se adicionó caseinato o proteína de soja para obtener 2,17g de	AUC para catequinas totales, EGCG y ECG mucho menor en té verde+leche y té verde+caseinato. Té verde + proteína de soja = ↓[catequinas totales], ↓[EGCG], ↓[ECG], ↓AUC de EGCG, ↑t _{máx} para EGCG y ECG. Té verde + caseinato = ↑t _{máx} para ECG y EC. Consumo de té verde+leche, caseinato o proteína de soja = ↑AUC de catequinas totales, EGCG y ECG, ↑biodisponibilidad de catequinas no-galoiladas (EGC y EC).

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
				proteína	Té verde+leche/otras proteínas = ↓biodisponibilidad de catequinas.
Fuzi et al. (2017)	Ensayo clínico no aleatorizado	Investigar el efecto de un intervalo de tiempo de 1h de consumo de té en la absorción de hierro no hemo en una cohorte de sujetos femeninos no anémicos y repletos de hierro con el uso de un isótopo estable (^{57}Fe).	n = 12 mujeres (24,8±6,9 años)	3g de té negro (Yorkshire Tea; Bettys and Taylors Group Ltd.) + 200 ml agua	Absorción de hierro mayor cuando se administró té 1 h después que cuando se administró simultáneamente con el té.
Henning et al. (2020)	Ensayo clínico aleatorizado	Determinar el efecto del consumo crónico de quercetina en sobre las concentraciones prostáticas, plasmáticas y urinarias de polifenoles del té verde y el metabolismo de los polifenoles.	n = 31 hombres (43-74 años)	2 cápsulas de extracto de té verde (GT) (32,3±6,8 mg EGC, 115,2±4,8 mg EGCG, 25,0±8,5 mg EC, 29,2±2,3 mg ECG, 5,9 ± 3,9 mg catequina) con quercetina (Q) o placebo (400 mg/cápsula)	EGCG y ECG en 67 y 93% de sujetos que tomaron GT+Q y en 75 y 94% que consumieron GT+placebo, respectivamente. ↔ entre grupos para [EGCG] _{prostática} y [EGC] _{prostática} . EGC y EC en 30 y 2% de sujetos, respectivamente; ↔ entre grupos. Semana 3: 2h tras consumo en ambos grupos = ↑ [EGC] _{plasma} , [EC] _{plasma} , [4'-MeEGC] _{plasma} , [EGCG] _{plasma} , [ECG] _{plasma} , [catequina] _{plasma} .
Hodges et al. (2020)	Ensayo clínico aleatorizado	Establecer recomendaciones basadas en evidencia para las catequinas del té en relación a	n = 40, 20 individuos con sdr	1 g/día con 890 mg de catequinas totales* durante 4 semanas	Se establecieron parámetros para evaluar la espectrometría de algunos compuestos fenólicos.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
		la mejora de la endotoxemia metabólica y la restauración de la función de barrera intestinal.	metabólico y 20 individuos equiparables sanos	*Corresponde a 5 raciones/día de té verde	
Mena et al. (2019)	Ensayo clínico no aleatorizado	Evaluar la excreción urinaria de los compuestos polifenólicos del té verde (GTE) y de los granos de café verde (GCE) tras su consumo diario y simultáneo en forma de comprimidos por sujetos en condiciones de vida libre	n = 11, 9 mujeres y 2 hombres (28±6 años)	Compuestos fenólicos totales: - GTE = 1679±212 µmol/barrita - GCE = 311±8 µmol/barrita	↑ de 6 derivados de epicatequinas. Algunos ácidos fenólicos ↑ su excreción tras suplementación con GTE y GCE . Muchos conjugados de EGC derivados del metabolismo de flavan-3-oles de GTE estaban correlacionados positivamente.
Nguyen et al. (2012)	Ensayo clínico aleatorizado	Determinar la biodisponibilidad de los polifenoles del té verde en el tejido prostático, siendo los criterios de valoración secundarios la medición de la modulación de los biomarcadores sistémicos y tisulares relacionados con el proceso de carcinogénesis prostática.	n = 48 Polifenol E: 63,4±5,9 años Placebo: 61,3±5,7 años	Medicamento de polifenol de E contiene 85-95% de catequinas totales, con 56-72% de EGCG y <1% de cafeína Se utilizaron cápsulas orales estandarizadas para contener 200 mg de EGCG por cápsula	5/15 sujetos con polifenol E: pico de 17,77-59,67 pmol ECG/g. 1/15 sujetos con polifenol E: - EGC: 88,71 pmol/g - epicatequina: 226,74 pmol/g - ECG: 37,35 pmol/g - EGCG: 36,05 pmol/g - EGCG-4''-OMe: 12,33 pmol/g Polifenol E = mejor ↓ (no significativo estadísticamente): - PSA - Marcador de daño oxidativo al ADN - IGF-1

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
					- IGFBP-3
Noronha et al. (2024)	Ensayo clínico no aleatorizado	Evaluar las concentraciones de metales pesados y la abundancia relativa de microbiota antes y después de la suplementación con té verde (GT), centrándose en determinar la utilidad potencial de la suplementación con GT para la desintoxicación de metales pesados.	n = 7 mujeres (34,5±5,4 años)	Cápsulas de extracto de GT: - 5,9±1,5 mg cafeína - 85,7±7,2 mg ECG - 450,7±10,6 mg EGCG - 1009,6±24,6 mg extracto de hoja de GT	Antes de la intervención: - <i>Actinobacteria</i>: correlación positiva con Al, As, Co, Mn, Li y Zn. - <i>Verrucomicrobia</i>: correlación positiva con Al, As, Co, Mn, Li y Zn. - ↔ microbiota y citoquinas antiinflamatorias y proinflamatorias. Después de la intervención: - Firmicutes: correlación negativa con As. - Bacteroidetes: correlación positiva con Mn, Se y Mo. - Proteobacteria: correlación negativa con Co. - <i>Verrucomicrobia</i>: correlación positiva con IL-10, IL-4 y IL-17a. - Creatinina: correlación positiva con Mn, Li y Mo. - Urea: correlación positiva con Mn, Se, Li y Mo. - Proteínas totales: correlación positiva con Al. Suplementación con GT: - ↓ Li. - ↓ Firmicutes y Bacteroidetes.
Renouf et al. (2013)	Ensayo clínico aleatorizado	Investigar el metabolismo y biodisponibilidad de las catequinas en una infusión de	n = 12, 3 mujeres y 9 hombres (22-	Té verde en 3 dosis: - 0,75%: 3 g hojas de té en 400 mL de agua. 180 mg	[Metabolitos] _{plasma} no aumentó en proporción a la dosis de té consumida.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
		té.	49 años)	catequinas totales - 1,25%: 5 g hojas de té en 400 mL de agua. 300 mg catequinas totales - 1,75%: 7 g hojas de té en 400 mL de agua. 415 mg catequinas totales	Catequinas aparecieron (y desaparecieron) rápidamente en plasma. - Dosis baja: t_{max} = 73 min para EGC, 69 min para EC, 68 min para EGCG y 172 min para EGC-4'-OMe - Dosis media: t_{max} = 69 min para EGC, 84 min para EC, 44 min para EGCG y 110 min para EGC-4'-OMe - Dosis alta: t_{max} = 65 min para EGC, 90 min para EC, 54 min para EGCG y 114 min para EGC-4'-OMe EGC aparición en plasma en 11/12 sujetos con la dosis más baja y en 12/12 en dosis media-alta. EGC con diferencias significativas en AUC en dosis baja-media. AUC de EC para dosis baja fue menor que la dosis media-ala. AUC para EGC-4'-OMe no fueron distintas entre dosis. Dosis alta y baja de EGCG fueron diferentes.
Romero-Prado et al. (2015)	Ensayo clínico aleatorizado	Evaluar el efecto de la adición de flavonoides de la dieta (DF) al tratamiento antihipertensivo (basado en	n = 79, 37 hombres y 42 mujeres (20-50 años)	Consumo de DF a partir de: chocolate negro (30 g/día), trozos de manzana roja deshidratada (30 g/día) y dos bolsas de té verde (4 g/día)	Hipertensos con tto antihipertensivo + DF = reducción adicional de TD y TS. DF = Mayor mejora de colesterol total y TG.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
		telmisartán o captopril], en la presión sanguínea, IMC, ratio cintura/cadera, perfil lipídico e inflamación en pacientes jóvenes con hipertensión.		La dosis de DF fue de $425,8 \pm 13,9$ mg de equivalentes de catequinas al día	DF = ↓ ratio cintura/cadera.
Son et al. (2016)	Ensayo clínico no aleatorizado	El objetivo de este estudio era comprobar si el té verde formulado con vitamina C y xilitol (GTVX) podía mejorar la absorción de flavanoles y la actividad antioxidante total (TAC) del plasma en comparación con el té verde solo (GT) en sujetos sanos.	n = 12 mujeres (23-37 años)	Cantidad medida de flavanoles totales = 2542,25 µg	Comprimido de té verde => ↑ niveles plasmáticos totales de flavanoles hasta alcanzar un pico; ↓ gradual hasta niveles indetectables tras 12h. [EC, ECG, EGC, EGCG]_{plasma} niveles máximos entre 1,5-2,5h tras la ingestión de GT; máximo en 1,5h tras el consumo de GT + 10 mg vitamina C + 100 mg de xilitol (GTVX). Concentración máxima: (diferencia significativa) - GT: $5204,32 \pm 0,71$ (2,25h tras ingesta) - GTVX: $5980,58 \pm 1,47$ (2,14h tras ingesta) GTVX: - nivel más alto de capacidad antioxidante a las 3h. - EGCG y EGC se absorbieron rápidamente y aparecieron en la sangre tras 0,5h.
Tominaga et al. (2024)	Ensayo clínico aleatorizado	Investigar la existencia de una reducción dependiente de la concentración de catequinas en la incidencia de infecciones	n = 201, 81 hombres y 141 mujeres (20,9±1,91	Grupo “baja concentración” / BC: 2 barritas con 30,8 mg/dl catequinas totales y 10,9 mg/dl EGCG en 400 ml de agua al día	Semana 12: ITRS en - 6 sujetos (9,1%) en AC. - 7 (10,8%) en BC. - 11 (15,7%) en grupo control.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
		del tracto respiratorio superior (ITRS).	años)	Grupo “alta concentración” / AC: 5 barritas con 76,4 mg/dl catequinas totales y 28,5 mg/dl EGCG en 400 ml de agua al día	(total p = 0,482; AC vs control, p = 0,304; BC vs control, p = 0,455; AC vs BC, p = 0,779).
Tomioka et al. (2023)	Ensayo clínico aleatorizado	Analizar muestras de heces y evaluar el efecto del consumo de té negro durante 12 semanas en la microbiota intestinal.	n = 72, 29 hombres y 43 mujeres (38 - 54 años)	Té negro con 18,5±0,6 mg de polifenoles por cada 100 ml de té Grupo “té negro”: 270±31 mg polifenoles totales al día (catequinas totales = 26,5±0,1 mg) Grupo placebo: té de cebada	Contenido de agua en heces: ↓ en grupo “té negro”. Bacterias productoras de butirato y <i>Prevotella</i> : grupo “té negro” > placebo. [Ác acético] _{fecal} : “grupo té negro” < placebo. Sujetos con poco <i>Faecalibacterium prausnitzii</i> tras 12 semanas: grupo “té negro” > placebo.
Veerman et al. (2022)	Ensayo clínico aleatorizado	Estudiar las interacciones entre nintedanib y extracto de té verde con >60% de EGCG en pacientes con enfermedades pulmonares intersticiales fibróticas.	n = 28, 22 hombres y 6 mujeres (73-60 años). 26 acabaron el estudio.	500 mg extracto de té verde (<i>Camellia sinensis</i>) con 60,7% EGCG, 2 veces/día, con 250 mL de agua	Extracto de té verde + nintedanib => JAUC _{0-12h} de nintedanib del 21% - ↓ en 21/26 pacientes (81%). - 13/26 (50%) ↓ de ≥20%. No se vieron efectos secundarios severos de la interacción medicamento-extracto.
Wilson et al. (2024)	Ensayo clínico no aleatorizado	Estimar la ingesta de polifenoles en la dieta de adultos sanos y examinar su relación con los marcadores de inflamación gastrointestinal y sistémica.	n = 350, 186 mujeres y 164 hombres (40±14 años)	Ingesta media total de polifenoles: ~914±50 mg por 1000 kcal/d	Consumo medio de polifenoles: - ↑ con edad (p < 0,0001). - ↓ con IMC (p = 0,01); sin relación tras ajustar la ingesta de fibra y puntuación del índice de alimentación saludable. - mujeres > hombres (p = 0,01).

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	PREPARACIÓN DEL TÉ	PRINCIPALES EFECTOS OBSERVADOS
Yao et al. (2024)	Ensayo clínico aleatorizado	Probar la seguridad de la ingesta de DGTP*, evaluar el riesgo potencial y explorar una dosis segura de DGTP en niños. *Polifenoles descafeinados del té verde	n = 62 niñas (6-10 años)	Grupo "DGTP": 400 mg/d DGTP	Grupo DGTP: ↓ significativa de - ácido úrico - aspartato aminotransferasa - γ-glutamil transferasa - alanina aminotransferasa ↔ minerales séricos.

Ác: ácido. ARG1: Arginasa 1. ASS1: Argininosuccinato sintasa 1. AUC: área bajo la curva. (+)-C: (+)-catequina. (-)-C: (-)-catequina. CG: (-)-catequina galato. CPS1: carbamoil-fosfato sintasa 1. EC: (-)-epicatequina. ECA: Enzima convertidora de angiotensina. ECG: (-)-epicatequina galato. EGC: (-)-epigallocatequina. EGCG-3'-O-Me: (-)-epigallocatequina-3'-O-metil éter galato. EGCG-3"OMe: (-)-epigallocatequina-3- (3"-O-metil) galato. EGCG-4"OMe: (-)-epigallocatequina-3-(4"-O-metil) galato. EGCG-4'-OMe: (-)-4'-O-metil epigallocatequina-3-galato. GC: (-)-galocatequina. GCG: (-)-galocatequina galato. GOT1: transaminasa glutámico-oxalacética-1 ó aspartato aminotransferasa. GSK-3 β : Glucógeno sintasa quinasa-3 beta. HSA: seroalbúmina del suero. MT1-MMP: Metaloproteinasas de matriz de membrana tipo 1. PSA: Antígeno prostático específico. Sdr: Síndrome. TTO: tratamiento. VCM: Volumen corpuscular medio.

Fuente: elaboración propia.