

## CONOCIENDO LA CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) Y SUS PROPIEDADES BENEFICIOSAS PARA LA SALUD

Angelica Espinosa-Plascencia; María del Carmen Bermúdez-Almada\*

Laboratorio de Análisis Biológicos, Coordinación de Ciencia de los Alimentos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No.46. La Victoria, CP 83304. Hermosillo, Sonora, México. \*Correo-e: [cbermudez@ciad.mx](mailto:cbermudez@ciad.mx)

Recibido: 21/oct/2022 Aceptado: 21/dic/2022 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v3i3.5>

### Resumen

Esta revisión presenta un panorama amplio de la planta *Curcuma longa* L. (*C. longa*), desde su taxonomía, composición química del rizoma y características fisicoquímicas, propiedades anti-parasitarias, antimicrobianas y antiinflamatorias. En medicina, la cúrcuma puede emplearse en estrategias preventivas o terapéuticas por su eficacia y seguridad farmacocinética, coadyuvando en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, neurovegetativas, metabólicas, articulares y de protección del sistema digestivo. La curcumina uno de los principales componentes de *C. longa*, tiene un fuerte potencial inhibitorio a distintos microorganismos. Se han desarrollado formulaciones en gel o emulsión y productos nanotecnológicos que permiten una mayor absorción para distintos tratamientos en humanos, ya que la cúrcuma posee poca solubilidad en agua y para incrementar su biodisponibilidad y absorción se suministra disuelta en lípidos que la protegen de las condiciones ácidas del estómago. En la industria alimenticia la cúrcuma se emplea como especia y colorante y en la textil como colorante natural. El objetivo de este trabajo fue analizar las características, las propiedades funcionales y la capacidad antimicrobiana de *C. longa*, con el propósito de aportar información reciente sobre los beneficios a la salud que proporciona su consumo.

**Palabras clave:** Cúrcuma, curcumina, actividad antimicrobiana, aplicaciones en la industria.

## KNOWING THE TURMERIC (*Curcuma longa* L.) AND ITS BENEFICIAL PROPERTIES FOR HEALTH

### Abstract

This review presents a broad overview of the *Curcuma longa* L. (*C. longa*) plant, from its taxonomy, chemical composition of the rhizome and physicochemical characteristics, antiparasitic, antimicrobial and anti-inflammatory properties. In medicine, turmeric can be used in preventive or therapeutic strategies due to its efficacy and pharmacokinetic safety, contributing to the treatment of cardiovascular, neurovegetative, metabolic, joint and digestive system protection diseases. Curcumin, one of the main components of *C. longa*, has a strong inhibitory potential to different microorganisms. Gel or emulsion formulations and nanotechnological products have been developed that allow greater absorption for different treatments in humans, since turmeric has little solubility in water and to increase its bioavailability and absorption it is supplied dissolved in lipids that protect it from the acidic conditions of the stomach. In the food industry turmeric is used as a spice and colorant and in textiles as a natural colorant. The objective of this work was to analyze the characteristics, functional properties and antimicrobial capacity of *C. longa*, in order to provide recent information on the health benefits provided by its consumption.

**Keywords:** Turmeric, curcumina, antimicrobial activity, industry applications.

## Introducción

La *Curcuma longa* L. (*C. longa*), es una planta herbácea, perenne, erecta, frondosa, perteneciente a la familia *Zingiberaceae*. Puede medir hasta un metro de altura, posee un tallo corto, hojas oblongas (alargadas) y puntiagudas y flores amarillas en forma de embudo. Sus rizomas poseen un aspecto similar al del jengibre (*Zingiber officinale*), pero su interior es amarillo anaranjado, tienen forma oblonga, ovalada, piriforme (forma de pera) con ramificaciones cortas. La cúrcuma es originaria del sur tropical de Asia (India) o del sudeste asiático, donde se encuentran las áreas de mayor cultivo. También se cultiva ampliamente en algunas regiones de África y en casi toda la India, particularmente en Punjab, Bengala Occidental, Maharashtra, Karnataka, Tamil Nadu y Kerala. Se le conoce con los nombres de: Cúrcuma común, Cúrcuma, Azafrán indio, Cúrcuma de raíces largas, Cúrcuma larga o Jengibre amarillo. En la India se le conoce como “Haldi”; en Malasia, Indonesia y la India ha sido ampliamente estudiada por su importancia económica y en otros países del sudeste asiático se ha utilizado como saborizante, especia y como colorante pues posee un color amarillo-naranja intenso (Araújo y Leon, 2001; Chanda y Ramachandra, 2019; Kharat et al., 2017; Lim, 2016).

La *C. longa* se desarrolla en climas cálidos y húmedos, con precipitaciones entre 1 500-2 000 mm al año y temperaturas entre 18-30°C. Esta planta es higrófila y crece en un ambiente soleado o con sombra parcial, en un suelo arenoso y arcilloso bien drenado, en altitudes por debajo de 1 500 m sobre el nivel del mar (Araújo y Leon, 2001; Lim, 2016). El rizoma de la planta que es donde se encuentran los curcuminoides tiene una dimensión máxima de 7 cm de largo por 2,5 cm de ancho. La planta necesita aproximadamente de 8 a 10 meses para madurar (González-Albadalejo et al., 2015). La taxo-

nomía de *C. longa* se presenta en el cuadro 1 y las características de la planta y rizomas se observan en la figura 1.

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de *Curcuma longa*

<b>Sub-reino:</b> Tracheobionta
<b>Sub-división:</b> Spermatophyta
<b>División:</b> Magnoliophyta
<b>Sub-clase:</b> Zingiberidae
<b>Orden:</b> Zingiberales
<b>Familia:</b> Zingiberaceae
<b>Género:</b> <i>Curcuma</i>
<b>Especie:</b> <i>longa</i>
<b>Nombre científico:</b> <i>Curcuma longa</i>

Shivkanya et al., 2022

El objetivo de esta revisión fue analizar las características, las propiedades funcionales y la capacidad antimicrobiana de *C. longa*, con el propósito de aportar información reciente sobre los beneficios a la salud que proporciona su consumo.

## Características fisicoquímicas de la cúrcuma

El rizoma seco de la *C. longa* es la fuente de la especia cúrcuma también conocida como azafrán de la India. Se caracteriza por contener compuestos fenólicos como la curcumina, que posee numerosos grupos funcionales químicamente reactivos que interactúan en distintas vías bioquímicas, donando o aceptando enlaces H, en unión catiónica y en la reacción de Michael (Chanda y Ramachandra 2019; Kharat et al., 2017).

Del rizoma seco y pulverizado de la *C. longa* se deriva la cúrcuma, cuyo compuesto químico más abundante y biológicamente más activo es la curcumina con un 81 % (diferuloilmetano) (1E, 6E)-1,7-bis (4-hidroxi-3-metoxifenil) hepta-1,6dieno-3,5-diona), junto con otros curcuminoides que son la dimetoxicurcumina con el 15-19 % y el bisdimetoxicurcumina con 2,2 - 6,6 %

y la más reciente denominada ciclo-curcumina, que juntas conforman el complejo conocido como cúrcuma o azafrán indio,

que son responsables del color amarillo que presenta. Además, existen otros componentes curcuminoides en un 2,5 % como el



**Figura 1.** Características físicas de *Curcuma longa*  
A) Planta en su hábitat natural, B) Rizoma de *C. longa* que es la parte médicamente importante,  
C) Rizoma seco y pulverizado empleado para uso medicinal y culinario  
Adaptación de Shivkanya et al., 2022

curcumenol, curdiona, isocurcumenol, curcumol, estigmasterol, zingibereno y cúrcumeno. También, la raíz de la cúrcuma contiene fibra (3,5 %), aceites (4,6 %), minerales (3,2 %), proteínas (5,8 %), grasas (4,7 %), hidratos de carbono (63,7 %) y agua (12 %) (González-Albadalejo et al., 2015; Kawasaki et al., 2018; Stohs et al., 2020).

La cúrcuma tiene un bajo peso molecular de  $368,39 \text{ g/mol}^{-1}$  y un punto de fusión de  $183 \text{ }^\circ\text{C}$ , toma un color amarillo cuando se encuentra en un medio ácido ( $\text{pH } 2,5 - 7$ ) y rojo en un medio básico ( $\text{pH } >7$ ), es soluble en solventes orgánicos como dimetilsulfóxido, etanol, metanol, hexano y acetona, y es prácticamente insoluble en agua a temperatura ambiente a pH neutro o ácido (Omonte y Bustamante, 2022).

Referente al efecto de la temperatura, la curcumina es estable a temperaturas bajas y moderadas ( $<80 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ), esto hace que se mantenga estable a temperatura ambiente. Se descompone a altas temperaturas (González-Albadalejo et al., 2015).

La curcumina es soluble en etanol, álcalis, acetona, ácido acético y cloroformo y poco soluble en agua. La solubilidad de la curcumina en agua se ha estimado en  $11 \text{ ng/mL}^{-1}$ . Por ello, se han desarrollado diversas formulaciones para mejorar la disolución, con la finalidad de obtener una mejor biodisponibilidad. Algunos procedimientos reportados para la administración de curcumina incluyen micelas, liposomas, complejos de fosfolípidos, microemulsiones, nanoemulsiones, emulsiones, nanopartículas de lípidos sólidos, portadores de lípidos nanoestructurados, nanopartículas de biopolímeros y microgeles. Todos ellos aumentan la biodisponibilidad de la curcumina y también la permeabilidad óptima en el intestino delgado previniendo una posible degradación en el tracto gastrointestinal (Stohs et al., 2020).

A pesar de su eficacia y seguridad, el potencial terapéutico de la curcumina aún está en debate debido a una biodisponibilidad relativamente pobre en humanos, incluso cuando se administra en dosis altas ( $12 \text{ g/día}^{-1}$ ). Aunque la curcumina ha mostrado una

biodisponibilidad deficiente, debido a su inestabilidad química, muchos estudios *in vivo*, particularmente estudios preclínicos, todavía se centran en el efecto terapéutico de la curcumina, pero se requieren más ensayos a gran escala, incluyendo placebos, para una evaluación profunda de su biodisponibilidad y efectos en humanos (Dei y Ghidoni, 2019; Giordano y Tommonaro, 2019).

Un estudio realizado por Antony et al. (2008), en el cual se empleó la formulación patentada, BCM-95<sup>®</sup> CG (una mezcla de curcumina combinada con los componentes no curcuminoides de la cúrcuma) se probó en un grupo de personas voluntarias con el objetivo de estimar la biodisponibilidad de la curcumina en la sangre. El aumento en la biodisponibilidad relativa de BCM-95<sup>®</sup> CG fue de aproximadamente 6,93 veces en comparación con la curcumina libre y aproximadamente 6,3 veces en comparación con una fórmula de curcumina-lecitina-piperina.

Algunas investigaciones se han enfocado en el estudio de curcuminoides cuyas modificaciones en su estructura química les confiere una mayor actividad biológica para ser empleados en el tratamiento de numerosas enfermedades, con una menor toxicidad para los humanos comparado con otros compuestos (Araújo y Leon, 2001).

Estudios realizados en ratas albinas evidenciaron que la *C. longa*, no presentó toxicidad aguda a dosis de 5 000 mg/kg<sup>-1</sup>, asimismo a dosis de 1 000 mg/kg<sup>-1</sup> en forma repetida no se evidenció efecto tóxico observable, en comparación con el grupo control (Aggarwal et al., 2016). En otro estudio la administración de aceite esencial de *C. longa* a ratas en una dosis única de 5 g/kg<sup>-1</sup> no produjo efecto tóxico y a dosis de 1 g/kg<sup>-1</sup> no provocó aberración cromosómica o micronúcleos en las células de la médula ósea de las ratas, y no produjo algún daño en el ADN (Liju et al., 2013).

Condorhuamán et al. (2022), reportaron que el rizoma pulverizado de *C. longa* y la curcumina con una pureza de 95 %, administradas durante cinco meses a ratas albinas con un peso de 20 a 25 g presentaron una dosis letal media (DL<sub>50</sub>) superior a 2 000 mg/kg<sup>-1</sup>, y no se presentó toxicidad evidente comparada con los parámetros hematológicos y bioquímicos del grupo control.

Se han identificado distintos elementos moleculares de la curcumina, incluidos factores de transcripción y crecimiento, proteínas quinasas, citoquinas y otros, demostrando la efectividad de la curcumina contra diferentes tipos de células cancerosas (Akram et al., 2010).

No se puede hablar de una dosis única de cúrcuma o curcumina que sea efectiva, pero existen reportes científicos que avalan sus propiedades anticancerígenas ya que el uso clínico de la curcumina todavía está bajo investigación, tanto en monoterapia como en combinación con otros medicamentos. En un ensayo clínico en fase I, la curcumina se utilizó sola en 15 pacientes con cáncer colorrectal como una formulación oral. Los autores informaron la ausencia de toxicidad, sin embargo, dos pacientes presentaron diarrea significativa, y dos pacientes mostraron estabilidad en la enfermedad después de dos meses de tratamiento con curcumina.

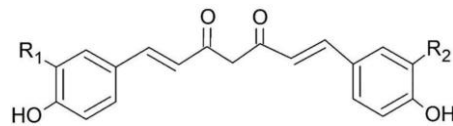
En otro ensayo clínico de monoterapia (fase II) se administró curcumina en una formulación oral a 25 pacientes con cáncer de páncreas avanzado. A pesar de los bajos niveles de curcumina presentes en el plasma (22-41 ng/mL<sup>-1</sup>), dos pacientes mostraron actividad biológica clínica. En un paciente se observó una enfermedad estable durante más de 18 meses y en otro paciente, se tuvo una regresión tumoral (73 %). Se ha informado de la evaluación de la curcumina mezclada con otros fármacos como quimio-terapéutico o adyuvante a los tratamientos estándar del

cáncer. El efecto terapéutico de una combinación de curcumina con IMATINIB (inhibidor de la tirosina cinasa) se evaluó en 50 pacientes con leucemia mieloide crónica. El tratamiento mixto fue más efectivo que el IMATINIB solo, pero se requiere de estudios adicionales para confirmar la eficacia de la combinación experimental.

También, una combinación de curcumina con anticuerpos monoclonales anti-EGFR en pacientes con CCEc (carcinoma cutáneo de células escamosas) ha sido propuesto como una estrategia altamente efectiva en el control de la enfermedad. La cúrcuma es un compuesto polifenólico que solo o combinado con otros agentes, podría representar una alternativa efectiva para la terapia del cáncer (Giordano y Tommonaro, 2019).

El consumo de la cúrcuma se considera seguro a las concentraciones necesarias para ejercer un efecto beneficioso en la salud. Ensayos clínicos han sugerido que los seres humanos tienen una alta tolerancia a la curcumina sin causar algún efecto tóxico cuando se ingieren en niveles de  $8 \text{ g/día}^{-1}$ , inclusive la ingesta de  $12 \text{ g/día}^{-1}$  puede tolerarse sin manifestar una toxicidad (Chanda y Ramachandra, 2019; Kharat et al., 2017). La figura 2 muestra la estructura química de la curcumina, en su molécula la cadena principal es alifática, insaturada y el grupo arilo puede estar o no sustituido.

La presencia de grupos cromóforos hace a la curcumina fotosensible. La degradación fotoquímica del compuesto es independiente del estado físico o entorno químico en el que se encuentre; mientras que la composición, cinética y los productos de degradación si dependen de su estado físico (González-Albadalejo et al., 2015). En la figura 3 se presenta el perfil de nutrientes de la *C. longa* mostrando los macro y micronutrientes con valores promedio.

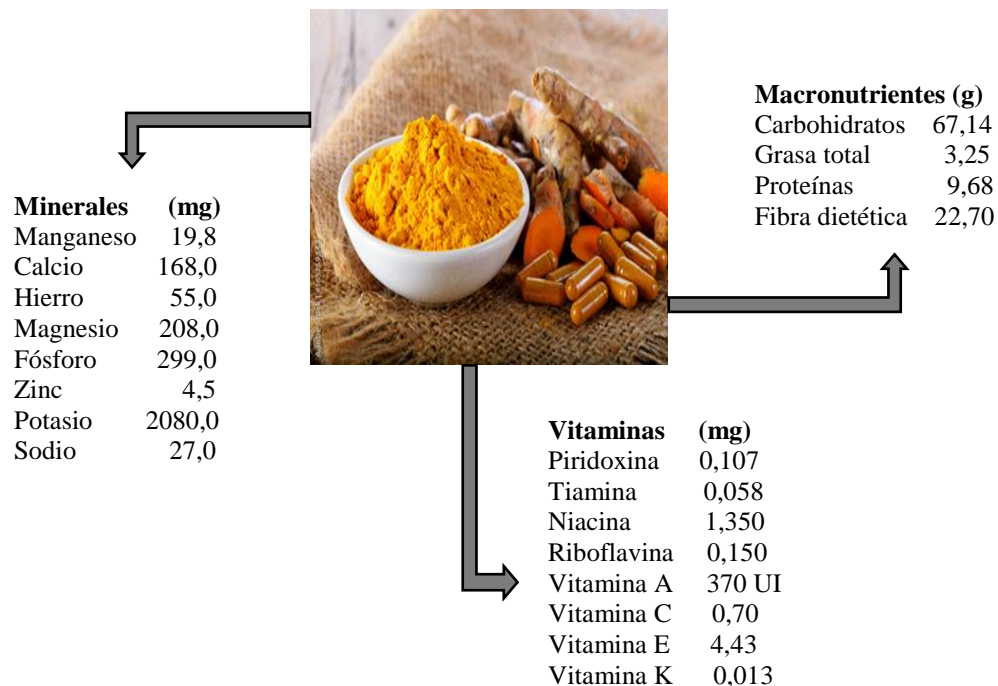


**Figura 2.** Estructura química de los curcuminoides  
Curcumina:  $R_1=OCH_3$ ;  $R_2=OCH_3$   
Desmetoxicurcumina:  $R_1=OCH_3$ ;  $R_2=H$   
Bisdesmetoxicurcumina:  $R_1=H$ ;  $R_2=H$   
da Silva et al., 2018

### Propiedades de la cúrcuma y su utilización en la medicina

En el mundo existe una tendencia a incorporar la fitoterapia como una opción eficiente para la salud. Algunas plantas poseen principios activos con distintas acciones biológicas, que pueden ser utilizadas para tratar diversas patologías (Cárdenas et al., 2021). El sistema tradicional de medicina indígena describe el uso de plantas que contienen compuestos y metabolitos secundarios útiles para la formulación de medicamentos y para la estimulación del sistema inmune con la finalidad de reforzar al organismo incrementando la inmunidad para combatir las infecciones (Gangal et al., 2020).

Al suprimirse el sistema inmunológico se aumenta la susceptibilidad a contraer enfermedades. La acción antiinflamatoria que ejerce la cúrcuma puede ser debida a una combinación de tres diferentes propiedades: a) reducción de la producción de histamina que induce la inflamación; b) incremento y prolongación de la acción de la hormona suprarrenal antiinflamatoria natural del cuerpo, el cortisol; c) la mejora de la circulación, eliminando las toxinas de las pequeñas articulaciones donde los desechos celulares y los compuestos inflamatorios quedan atrapados con frecuencia (Akram et al., 2010).



**Figura 3.** Composición química de *Curcuma longa*  
Adaptación de Shivkanya et al., 2022

Las propiedades antioxidantes y farmacológicas de algunas plantas pertenecientes a la familia *Zingiberaceae*, como la *C. longa* se han estudiado por poseer principalmente polifenoles, distintos componentes bioactivos como curcuminoides (curcumina) y aceites esenciales (monoterpenos) (Cárdenas et al., 2021).

Desde la antigüedad la cúrcuma en polvo ha sido utilizada en medicina tradicional en el tratamiento de diversas enfermedades como las digestivas. En la India se utiliza el polvo de cúrcuma para tratar trastornos biliares, anorexia, coriza (inflamación de la mucosa de las fosas nasales), tos, heridas diabéticas, trastorno hepático, reumatismo y sinusitis. En la medicina hindú antigua, la cúrcuma se utilizaba ampliamente para el tratamiento de esguinces e hinchazón causada por lesiones, mientras que en la medicina tradicional China, se emplea para tratar

enfermedades asociadas con dolores abdominales (Araújo y Leon, 2001; Itlal et al., 2020; Kharat et al., 2017). La curcumina aplicada tópicamente ha demostrado su potencial efecto antimicrobiano contra dermatofitos, hongos patógenos y levaduras en conejillos de india (Akram et al., 2010).

Entre otras de las propiedades terapéuticas atribuidas a la cúrcuma está su potencial como antiinflamatorio debido a la inhibición de la fosfolipasa 2, la ciclooxigenasa y la lipooxigenasa, logrando un efecto oxidativo similar al de la vitamina E, previniendo la peroxidación lipídica (Omonte y Bustamante, 2022). También la cúrcuma tiene propiedades antimicrobianas y antiparasitarias. Además, se ha reportado su uso en el tratamiento de artritis reumatoide, esclerosis múltiple y psoriasis, ya que logra modular la señalización de citoquinas proinflamatorias (Cárdenas et al., 2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha recomendado una ingesta diaria admisible de curcuminoides como aditivos alimentarios en el rango de 0-3 mg/kg<sup>-1</sup>. Los curcuminoides y los productos de la cúrcuma se han considerado seguros por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos. La ingesta promedio de cúrcuma en la dieta india es de aproximadamente 2-2,5 g para un individuo con un peso de 60 kg, que corresponde a una ingesta diaria de aproximadamente 60-100 mg de cúrcuma (Sivasekaran et al., 2021).

Un estudio clínico prospectivo realizado por Cheng et al. (2001), en 25 pacientes con cinco diferentes enfermedades malignas evaluó la seguridad de la curcumina. La dosis inicial empleada fue de 500 mg/día<sup>-1</sup> aumentando ésta a 1 000, 2 000, 4 000 y 8 000 mg/d<sup>-1</sup>, ya que no se presentaron efectos adversos. Los resultados indicaron que no hubo toxicidad relacionada con la curcumina después de la administración oral de 8 000 mg/día<sup>-1</sup> durante tres meses.

Estudios recientes revelan múltiples beneficios de la cúrcuma y su capacidad de actuar contra enfermedades cardiovasculares, neurovegetativas, metabólicas y articulares, tiene efecto contra la anemia, diabetes y artritis, además tiene propiedades cicatrizantes, antiulcerosas y de protección del sistema digestivo, entre otras (Omonte y Bustamante, 2022). La curcumina puede unirse a metales pesados como cadmio y plomo reduciendo así su actividad, esta propiedad de la curcumina explica su acción protectora al cerebro (Akram et al., 2010).

La curcumina es un compuesto no mutagénico y no genotóxico, pero si se ha comprobado que algunas plantas pertenecientes a la familia *Zingiberaceae* contienen compuestos supresores de la actividad de mutágenos y carcinógenos en algunos tipos de células tanto *in vitro* como *in vivo*. Wang et

al. (2022), reportaron que la cúrcuma en la dieta puede contrarrestar eficazmente el estrés oxidativo hepático inducido por la aflatoxina B<sub>1</sub>. La curcumina posee la capacidad de eliminar radicales libres. Estudios realizados reportaron que la curcumina inhibió la proliferación celular y el crecimiento tumoral de cáncer de colon y próstata (Akram et al., 2010).

También, los polifenoles curcuminoides intervienen en diversos procesos a nivel neuronal, cardiovascular y hepático. Sin embargo, uno de los principales problemas con la cúrcuma es su baja biodisponibilidad, al no ser soluble en agua a pH neutro o ácido, haciéndola poco biodisponible, por lo que es excretada. Con base en lo anterior, es mejor suministrar la cúrcuma disuelta en algún lípido, para una mayor biodisponibilidad y protección de las condiciones ácidas del estómago, lográndose una mayor absorción de la curcumina libre, que es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica (Sivasekaran et al., 2021).

En la actualidad, la incidencia de casos de hígado graso no alcohólico está aumentando gradualmente, las causas de esta enfermedad se han relacionado con los hábitos en el estilo de vida, que incluyen la ingesta excesiva de alimentos calóricos y la falta de actividad física. Generalmente, esta enfermedad está acompañada de un estilo de vida sedentario, obesidad, diabetes y síndrome metabólico. El estrés oxidativo provoca un desequilibrio entre la producción de especies de oxígeno reactivas (ROS) y la activación de antioxidantes en el cuerpo, lo que genera diversos trastornos metabólicos, entre ellos el hígado graso no alcohólico. Las plantas contienen una gran variedad de fitoquímicos con propiedades antioxidantes que remueven efectivamente las ROS. En un estudio realizado por Mun et al. (2019), empleando ratones machos de siete semanas de edad, alimentados *ad libitum* durante ocho sema-

nas, con dietas altas en grasa, suplementadas con extractos de *C. longa* en agua caliente en concentraciones de 300 a 900 mg/kg/peso corporal/día, mostraron ser efectivos en la prevención del hígado graso no alcohólico. Se consideró que el mecanismo de hepatoprotección contra la acumulación de lípidos y el estrés oxidativo pudo deberse a que los compuestos del extracto de *C. longa* provocaron una modulación de la absorción de ácidos grasos. Este hallazgo podría contribuir al desarrollo de terapias efectivas para prevenir el desarrollo de hígado graso.

### Potencial antimicrobiano de la cúrcuma

Diversos estudios han reportado que la curcumina posee actividades antimicrobianas de amplio espectro, antivirales y antifúngicas. Dicha propiedad se ha utilizado para diseñar nuevos agentes con actividades antimicrobianas modificadas y aumentadas mediante la síntesis de derivados relacionados con la curcumina. Incluso se ha estudiado como un agente antimicrobiano adecuado para materiales textiles (Zorofchian et al., 2014). La figura 4 muestra algunas de las aplicaciones de la *C. longa* como agente antimicrobiano y su utilización en la industria textil como colorante y en la elaboración de nuevos antimicrobianos y geles para uso tópico.

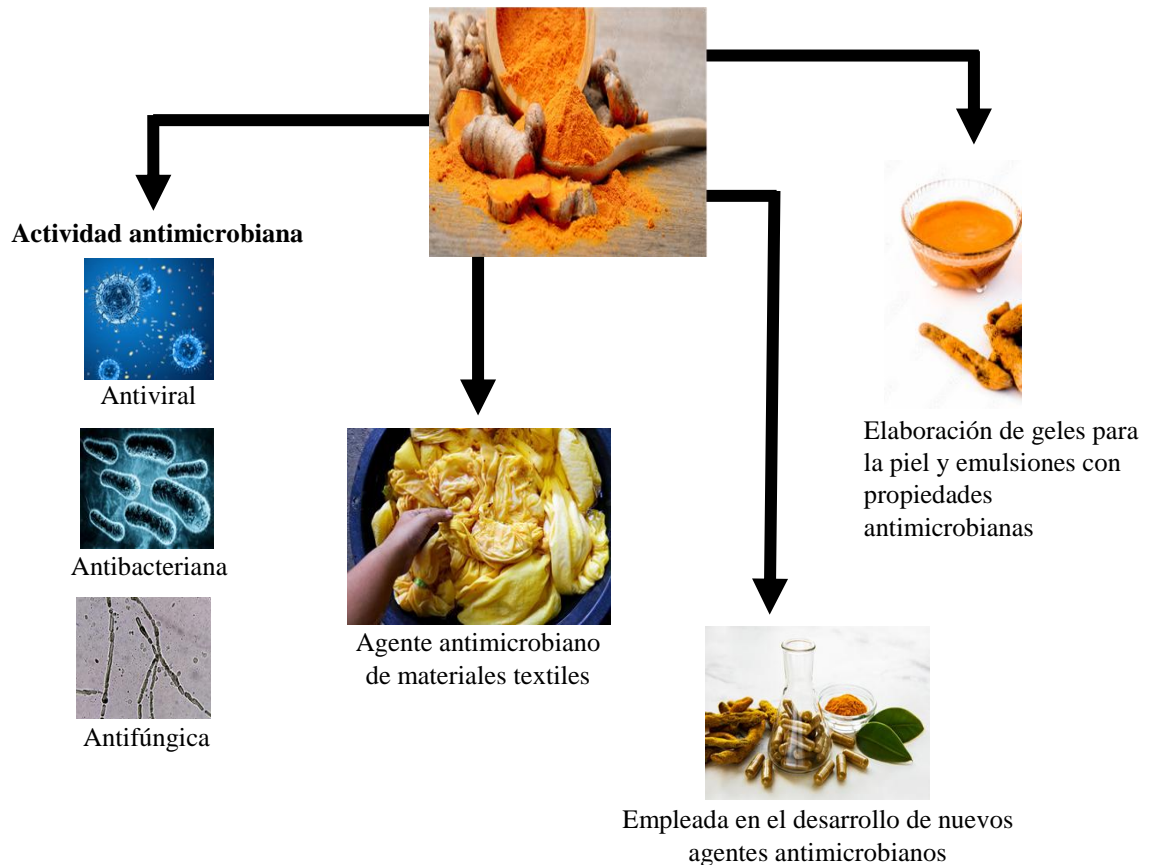
**Actividad bactericida.** El reino vegetal proporciona una abundante fuente de plantas medicinales que poseen diversos compuestos fenólicos bioactivos, terpenoides y alcaloides. Entre las propiedades antimicrobianas de la curcumina de forma libre se ha reportado su acción contra una amplia gama de microorganismos, incluidas las bacterias Gram positivas, *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus epidermidis* y Gram negativas, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Yersinia enterocolitica* y

*Shigella dysenteriae*. Además, se demostró que el procedimiento de extracción de los curcuminoides influye críticamente en las propiedades antimicrobianas que poseen los extractos contra patógenos transmitidos por los alimentos, bacterias coliformes fecales y *Salmonella* (da Silva et al., 2018).

*Helicobacter pylori* es una bacteria que coloniza el epitelio gástrico y causa infecciones severas al hospedero. Los tratamientos con antibióticos son costosos y el incremento de resistencia bacteriana ha obligado a buscar otras alternativas de tratamiento contra esta bacteria. Investigaciones realizadas *in vitro* utilizando extractos de *C. longa* a una concentración de 100  $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ , demostró un potencial efecto antioxidante y antiinflamatorio ante una infección con *H. pylori* (Ybalmea-Gómez et al., 2021). La curcumina mostró una actividad antimicrobiana significativa con valores en la Concentración Mínima Inhibitoria de 5 a 50  $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$  contra 65 aislados clínicos de *H. pylori* (Zorofchian et al., 2014).

Los extractos de cúrcuma se han utilizado para la formulación de geles empleados para la inhibición de la bacteria *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* (*Actinobacillus actinomycetemcomitans*) que es causante de periodontitis (inflamación que afecta los tejidos de soporte de los dientes). En una investigación sobre la eficacia antibacteriana del extracto de cúrcuma en gel, afirmaron que ésta es eficaz, provocando una inhibición catalogada como fuerte. Una concentración al 50 % de extractos de cúrcuma en la formulación de geles orales fue eficaz contra *A. actinomycetemcomitans*, generando zonas de inhibición de 10,8 mm, clasificada como inhibición fuerte. Los geles con extractos de cúrcuma también se han empleado como antiinflamatorios y contra infecciones causadas por *Staphylococcus aureus*, como lo ha reportado Mubarak et al. (2021).





**Figura 4.** Esquema que muestra las diversas actividades antimicrobianas de la curcumina  
Adaptación de Zorofchian et al., 2014

Un estudio realizado por Núñez et al. (2020), demostró que la curcumina en bajas concentraciones (menores a  $125 \mu\text{g/mL}^{-1}$ ) tuvo un efecto antibacteriano sobre cepas de *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, argumentando que los efectos podrían depender de las cepas utilizadas. Los autores sugirieron que se requiere de más estudios en México para confirmar la efectividad de curcumina y realizar una estandarización del método analítico, tomando en consideración el contexto biológico.

**Actividad fungicida.** El potencial inhibitorio que ejerce *C. longa* como fungicida se debe a que contiene flavonoides, saponinas y aceites volátiles con una alta capacidad de inhibir el crecimiento de los hongos. La curcumina tiene el potencial de producir altera-

ciones en la membrana celular así como de inhibir la síntesis de ergosterol (modulador de la fluidez y permeabilidad de la membrana), de la succinato deshidrogenasa (SDH) y de la nicotinamida adenina dinucleótico (NADH) oxidasa. El extracto etanólico de *C. longa* a una concentración de  $1,0 \text{ mg/mL}^{-1}$  mostró un fuerte efecto inhibitorio en hongos patógenos como *Fusarium chlamydosporum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium oxysporium*, *Fusarium graminearum* y *Fusarium tricinctu*. También, se le ha atribuido a la curcumina actividad antifúngica contra *Aspergillus niger*, *Candida albicans* y *Penicillium notatum* (da Silva et al., 2018; Itlal et al., 2020).

El mecanismo de acción antifúngica de los terpenoides y curcuminoides contenidos en la *C. longa* se lleva a cabo en el sitio de

los hidrocarburos cíclicos de la membrana celular. Los terpenoides interfieren en la permeabilidad de la membrana celular, provocando un incremento en la permeabilidad y pérdida de la capacidad celular. Mientras que los curcuminoides afectan el potencial de la membrana e interrumpen la integridad de la misma. La curcumina forma interacciones electrostáticas y/o hidrofóbicas con la membrana celular fúngica y la pared celular causando la interrupción de la membrana (Diastuti et al., 2019).

**Actividad antiviral.** Distintos compuestos extraídos de la *C. longa* han demostrado tener actividad antiviral. Richart et al. (2018), reportaron que la curcumina y sus derivados (galio-curcumina y Cu-curcumina) fueron efectivos antivirales en el tratamiento del virus de inmunodeficiencia humana (VIH), el virus de la hepatitis B y C, del

herpes simple 1 y 2 (HSV-1) y (HSV-2), contra el virus de la gripe, zika, chikungunya y virus del papiloma humano.

Chen et al. (2010), reportaron que la actividad del virus de la influenza en un cultivo celular se redujo en un 90 % aplicando un tratamiento con 30 mM de curcumina. La curcumina demostró tener actividad antiviral contra el virus de Epstein-Barr y el VIH al unirse al sitio activo de la proteasa. De acuerdo a estudios de modelado *In silico*, se comprobó que es un poderoso inhibidor de la integrasa del VIH, al unirse a residuos ácidos en el sitio catalítico de la integrasa, limitando su interacción con sus sustratos (Shivkanya et al., 2022). El cuadro 2 muestra algunas de las actividades de la curcumina ante distintos virus que afectan a los humanos.

**Cuadro 2.** Actividad de la Cúrcuma y curcumina contra distintos tipos de virus

Virus	Compuesto Antiviral	Actividad Antiviral
Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH)	Curcumina	Inhibe la expresión genética dirigida por LTR (Repetición Terminal Larga viral) en el VIH-1 Inhibe la enzima integrasa del VIH-1 Inhibe la acetilación de la proteína Tat
Influenza	Curcumina	Inhibe la hemaglutinación
Virus de Herpes Simple VHS-1 y VHS-2	Curcumina	Reduce la replicación de VHS-1 y VHS-2 Protección significativa en un modelo con ratones
Coxsackievirus	Curcumina	Inhibe la replicación del virus mediante desregulación del Sistema Ubiquitin-Proteosoma (UPS)
Virus de la Hepatitis B (VHB)	Extracto acuoso de Cúrcuma	Supresión de la replicación del VHB por incremento en el nivel de p53
Virus de la Hepatitis C (VHC)	Curcumina	Disminución de la replicación del VHC mediante la supresión de la vía Akt-SREBP-1 (proteína-1 reguladora de la unión de elementos dependientes de la síntesis de ácidos grasos)
Virus del Papiloma Humano (VPH)	Curcumina	Inhibe la expresión de oncoproteínas virales de E6 y E7
Virus del Papiloma Humano (VPH)	Curcumina	Efecto de baja regulación en la transcripción de VPH-18
Virus de la Encefalitis Japonesa (VEJ)	Curcumina	Reducción en la producción de partículas infectivas virales
Virus Linfotrópico Humano de Células tipo T-1 (HTLV-1)	Curcumina	Baja regulación de la proteína JunD en líneas celulares T infectadas con HTLV-1

Adaptación de Zorofchian et al., 2014

Análisis recientes han demostrado el potencial terapéutico de *C. longa* contra el agente etiológico causante de la COVID-19 y su capacidad para modular la cascada de citoquinas en pacientes con COVID-19, lo que ha generado mucho interés en *C. longa* para el tratamiento de esta enfermedad. El contenido en la cúrcuma de otros compuestos incluso con más potencial antiviral que la curcumina, podrían servir como agente terapéutico o al menos, como protector contra el SARS-CoV-2, al tener potencial para provocar especialmente la inhibición de la proteasa principal y la proteína espiga del virus, como se ha señalado en el estudio realizado por Emirik (2020).

### Utilización de la cúrcuma en la industria alimenticia y textil

Existe una inseparable relación entre la alimentación y la salud, destacando los beneficios de las vitaminas, minerales, ácidos grasos, probióticos, prebióticos o fitoquímicos contra distintas enfermedades. Compuestos vegetales como los carotenoides, fenoles, alcaloides y compuestos nitrogenados, han demostrado tener una influencia en el sistema inmunológico de los organismos (Cárdenas et al., 2021).

En la industria alimenticia se estima que en el año 2018, el mercado global de las especias para uso culinario superó los 6,5 mil millones de dólares, mostrando un incremento en la demanda de especias como la cúrcuma, cuya proyección en el mercado mundial para el año 2022 fue de 94,3 millones de dólares (Gordon, 2020; Patra et al., 2018). La cúrcuma es utilizada en la industria alimenticia como saborizante y colorante natural (Wang et al., 2022).

La kombucha es una bebida preparada mediante un proceso controlado en el que se utilizan infusiones de tés azucarados y fermentados, utilizando cultivos simbióticos de

bacterias y levaduras. Entre los microorganismos utilizados se encuentran levaduras de los géneros *Pichia*, *Candida*, *Brettanomyces*, *Saccharomyces*, y *Zygosaccharomyces*, así como bacterias productoras de ácido acético (*Acetobacter xylinum*). En la preparación de kombucha se ha sustituido el té negro (*Camellia sinensis*) por la cúrcuma en la fermentación, con la finalidad de aumentar la biodisponibilidad de nutrientes y así incrementar el valor funcional y nutricional de la bebida. Entre los beneficios adjudicados a esta bebida con cúrcuma se encuentra su acción como antibacteriano, antioxidante y mejorador de la microflora intestinal, lo que facilita la absorción de nutrientes en el sistema digestivo.

Una investigación realizada por Zubaidah et al. (2021), mostró que las cuentas microbianas más elevadas las obtuvieron a una concentración de 1,2 % de cúrcuma ( $2,0 \times 10^7$  UFC/mL<sup>-1</sup>), después de 12 días de fermentada la kombucha, observándose una reducción microbiana cuando se incrementó la concentración de cúrcuma a 2 % ( $1,1 \times 10^7$  UFC/mL<sup>-1</sup>), mientras que en la kombucha preparada con té negro el recuento microbiano fue de  $1,3 \times 10^8$  para el mismo tiempo de fermentación. Los autores argumentaron que esta disminución en las cuentas microbianas se atribuye a las diferencias en las materias primas que proporcionan diferentes nutrientes como el contenido de azúcar, vitaminas y minerales que afectan el crecimiento microbiano.

Respecto a la utilización de *C. longa* en la industria, se puede mencionar que el sector textil es considerado un generador de contaminantes y tiene un impacto ambiental negativo por los efluentes líquidos que se vierten al ambiente. El teñido durante el proceso textil genera contaminación debido a que requiere el uso no solo de colorantes, sino también de varios productos especiales conocidos como auxiliares del teñido.

Además, los colorantes textiles artificiales persisten mayor tiempo en el ambiente.

En este sentido, la *C. longa* ha sido utilizada como una alternativa ecológica al uso del colorante sintético en textiles, por ser más ecológica y no genera daño en la naturaleza, al ser menos contaminante en las aguas residuales y ofrecer las mismas características de teñido que los colorantes sintéticos. La cúrcuma se utiliza como colorante amarillo de lana, algodón, sedas, papel y cueros finos (Arévalo y Sanaguano, 2021).

Pero no solo eso, se ha reportado que las fibras de las hojas y los tallos de las plantas de cúrcuma contienen aceite y otros compuestos que tienen actividades antimicrobianas y antiinsecticidas y la resistencia a la tracción de las fibras es similar a las del yute. Las fibras mostraron tener actividad antimicrobiana contra bacterias Gram positivas y Gram negativas, por lo que se considera que las fibras de cúrcuma podrían ser utilizadas en la industria textil para múltiples aplicaciones (Ilangovan et al., 2018).

## Conclusión

Desde la antigüedad la cúrcuma (*C. longa*) se ha considerado una planta medicinal y culinaria en diversas partes del mundo por tener propiedades farmacológicas considerables y elementos esenciales en su composición. A la curcumina, uno de sus principales componentes se le ha atribuido una amplia variedad de efectos beneficiosos para la salud humana. La cúrcuma tiene diversas aplicaciones en la industria alimentaria y en la textil, como colorante y antimicrobiano, sin embargo, su aporte principal se encuentra en la medicina tradicional y la actual, por la eficacia y seguridad farmacológica que ofrece, convirtiéndola en el objetivo central de diversas investigaciones científicas y estudios clínicos, en los cuales se han

comprobado los beneficios que ofrece el rizoma de esta planta para la salud humana. Esta revisión permite visualizar un panorama amplio relacionado con *C. longa*, desde su taxonomía, eficacia, diversidad de usos y aplicaciones en la industria alimenticia y textil y en la médica como coadyuvante en terapias o tratamiento de enfermedades bacterianas, virales o fúngicas.

## Referencias

- Aggarwal, M.L., Chacko, K.M., & Kuruvilla, B.T. (2016). Systematic and comprehensive investigation of the toxicity of curcuminoid essential oil complex: A bioavailable turmeric formulation. *Molecular Medicine Reports*, 13(1), 592-604. <https://doi.org/10.3892/mmr.2015.4579>
- Akram, M., Uddini, S., Ahmed, A., Usmanghani, K., Hannan, A., Mohiuddin, E., & Asif, M. (2010). *Curcuma longa* and curcumin: A review article. *Romanian Journal of Biology Plant Biology*, 55(2), 65-70.
- Antony, B., Merina, B., Iyer, V.S., Judy, N., Lennertz, K., & Joyal, S. (2008). A pilot cross-over study to evaluate human oral bioavailability of BCM-95CG (Biocurcumin), a novel bioenhanced preparation of curcumin. *Indian Journal Pharmacology Science*, 70(4), 445-449. <https://doi.org/10.4103/0250-474X.44591>
- Araújo C.A.C., & Leon L.L. (2001). Biological Activities of *Curcuma longa* L. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 96(5), 723-728. <http://doi.org/10.1590/s0074-02762001000500026>
- Arévalo, G. D.F. y Sanaguano, A.H.D. (2021). Obtención de colorante natural a partir de cúrcuma (*Curcuma longa* Linn) para la industria textil. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. Tesis de maestría. Pp.23-25, 55.
- Cárdenas, G.G.R., Elizondo, L.J.H., Bazaldúa, R.A.F., Chávez, M.A., Pérez, H.R.A., Ameyalli J. Martínez, D.A.J., López, V.S.M., Rodríguez, R.J., Sánchez, C.R.M., Castillo, V.U., & Rodríguez, L.O.E. (2021). Benefits of Cardamom (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton) and Turmeric (*Curcuma longa* L.) Extracts for Their Applications as Natural Anti-Inflammatory Adjuvants. *Plants*, 10(1908), 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants10091908>
- Chandra, S., & Ramachandra, T.V. (2019). Phytochemical and pharmacological importance

- of turmeric (*Curcuma longa*): A review. *Research & Reviews: A Journal of Pharmacology*, 9(1), 16-23. <https://www.researchgate.net/publication/333842858>
- Chen, D.Y., Shien, J.H., Tiley, L., Chiou, S.S., Wang, S.Y., Chang, T.J., & Hsu, W.L. (2010). Curcumin inhibits influenza virus infection and haemagglutination activity. *Food Chemistry*, 119(4), 1346-1351. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.011>
- Cheng, A. L., Hsu, C. H., Lin, J. K., Hsu, M. M., Ho, Y. F., Shen, T. S., Ko, J.Y., Lin, B.R., Ming-Shiang, W., Yu, H.S., Jee, S.H., Chen, G.S., Chen, T.M., Chen, C.A. Lai, M.K., Pu, Y.S., Pan, M.H., Wang, Y. J., Tsai, C.C., & Hsieh, C.Y. (2001). Phase I clinical trial of curcumin, a chemopreventive agent, in patients with high-risk or pre-malignant lesions. *Anticancer Research*, 21 (4B), 2895-2900. [https://www.researchgate.net/publication/11642081\\_Phase\\_I\\_clinical\\_trial\\_of\\_curcumin\\_a\\_chemopreventive\\_agent\\_in\\_patients\\_with\\_high-risk\\_or\\_pre-malignant\\_lesions](https://www.researchgate.net/publication/11642081_Phase_I_clinical_trial_of_curcumin_a_chemopreventive_agent_in_patients_with_high-risk_or_pre-malignant_lesions)
- Condorhuamán, F.M., Arroyo, A.J.L., y Zamudio, M.K. (2022). Toxicidad del rizoma pulverizado de *Curcuma longa* L. y curcumina. *Ciencia e Investigación*, 25(1), 23-28. <https://doi.org/10.15381/ci.v25i1.23471>
- da Silva, A.C., de Freitas, S.P.D., do Prado, S.J.T, Leimann, F.V., Bracht, L., & Hess, G.O. (2018). Impact of curcumin nanoformulation on its antimicrobial activity. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.004>
- Dei, C.M. & Ghidoni, R. (2019). Dietary curcumin: Correlation between bioavailability and health potential. *Nutrients*, 11, 2147. <http://dx.doi.org/10.3390/nu11092147>
- Diastruti, H., Asnani, A., & Chasani, M. (2019). Antifungal activity of *Curcuma xanthorrhiza* and *Curcuma soloensis* extracts and fractions. IOP Conf. Series: *Materials Science and Engineering* 509, 012047. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012047>
- Emirik, M. (2020). Potential therapeutic effect of turmeric contents against SARS-CoV-2 compared with experimental COVID-19 Therapies: In Silico Study. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 40(5), 2024-2037. <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1835719>
- Gangal, N., Nagle, V., Pawar, Y., Gaikwad, M., & Dasgupta, S. (2020). Reconsidering traditional medicinal plants to combat COVID-19. *Advanced International Journals of Research (AIJR)*, 34(1), 1-6. <https://doi.org/10.21467/preprints.34>
- Giordano, A. & Tommonaro, G. (2019). Curcumin and Cancer. *Nutrients*, 11, 2376. <https://doi.org/10.3390/nu11102376>
- González-Albadalejo, J., Sanz, D., Claramunt, R.M., Lavandera, J.L., Alkorta, I., & Elguero, J. (2015). Curcumin and curcuminoids: chemistry, structural studies, and biological properties. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 81(4), 278-310. [https://analesranf.com/wp-content/uploads/2015/81\\_04/8104\\_02.pdf](https://analesranf.com/wp-content/uploads/2015/81_04/8104_02.pdf)
- Gordon, A. (2020). Market & technical considerations for spices: Nutmeg & mace case study. En A. Gordon. (Ed.), *Food safety and quality systems in developing countries* (367-414). Amsterdam, Netherlands: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814272-1.00009-7>
- Ilangonvan, M., Guna, V., Hu, Ch., Nagananda, G.S., & Reddy, N. (2018). *Curcuma longa* L. plant residue as a source for natural cellulose fibers with antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 112, 556-560. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.042>
- Iltal, H.A., Hussein, J.H., & Abeer, F.A-R. (2020). Antifungal activity of the two medicinal plants (*Curcuma longa* L. and *Boswellia carteri* Birdwood) against *Fusarium* species isolated from maize sedes. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 12(3), 408-414. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.03.063>
- Kawasaki, K., Okuda-Hanafusa, C., Aoyagi, M., Taoka, K., Yamamoto, N., Muroyama, K., & Yamamoto, Y. (2018). Inhibitory effect of the compounds from the water extract of *Curcuma longa* on the production of PGE2 and NO in a macrophage cell line stimulated by LPS. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 82(12), 2109-2117. <https://doi.org/10.1080/09168451.2018.1511366>
- Kharat, M., Du, Z., Guodong, Z.G., & McClements, D.J. (2017). Physical and Chemical Stability of Curcumin in Aqueous Solutions and Emulsions: Impact of pH, Temperature, and Molecular Environment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 1525-1532. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04815>
- Liju, V.B., Jeena, K., & Kuttan, R. (2013). Acute and subchronic toxicity as well as mutagenic evaluation of essential oil from turmeric (*Curcuma longa* L). *Food Chemical Toxicology*, 53, 52-61. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.027>
- Lim, T. K. (2016). *Curcuma longa*. En T.K. Lim (Ed.), *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volumen 12, Modified Stems, Roots, Bulbs* (241-362). Switzerland: Springer Interna-

- tional Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5_1)
- Mubarak, Z., Wahyu, E., Sari, W.E., & Sunnati, S. (2021). Gel Formulation and Evaluation of Antimicrobial Activity of Turmeric (*Curcuma longa* L.) from Aceh, Indonesia against *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. *Journal of International Oral Health*, 13(5), 508-513. <https://www.jioh.org/text.asp?2021/13/5/508/327864>
- Mun, J., Kim, S., Yoon, H-G., You, Y., Kim, O-K., Choi, K-Ch., Lee, Y-H., Lee, J. Park, J., & Jun, W. (2019). Water Extract of *Curcuma longa* L. ameliorates non-alcoholic fatty liver disease. *Nutrients*, 11, 2536. <https://doi.org/10.3390/nu11102536>
- Núñez, S.A.A., Cerecero, A.P., Sánchez, V.L.O., Robles, N.J.B., & Bermeo, E.J.R. (2020). Antimicrobial effect of curcumin on *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. *Nova Scientia*, 12(25):1-13. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2474>
- Omote R.L.A., y Bustamante, G.Z. (2022). Actividad Antioxidante, Antibacteriana y Citostática de Extractos de Cúrcuma (*Curcuma Longa*). *Gaceta Médica Boliviana*, 45(1), 12-16. <https://doi.org/10.47993/gmb.v45i1.323>
- Patra, J.K., Das, G., Lee, S., Kang, S-S., & Shin, H-S. (2018). Selected commercial plants: A review of extraction and isolation of bioactive compounds and their pharmacological market value. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 89-109. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.001>
- Richart, S.M., Li, Y.L., Mizushima, Y., Chang, Y.Y., Chung, T.Y., Chen, G.H., & Hsu, W.L. (2018). Synergic effect of curcumin and its structural analogue (Monoacetylcurcumin) on anti-influenza virus infection. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(3), 1015-1023. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.12.006>
- Shivkanya, F., Jyoti, M., Aditi, Ch., Mahendran, S., Nur, N.I.M.R., Yasmin, B., Vetrivelan, S., Kumarappan, Ch., Lakshmi, T., Rusli, N., Yuan, S.W., Kathiresan, V.S., Pei, T.L., Dhanalekshmi, U.M., Vinoth, K., Abul, K.A., & Neeraj, K.F. (2022). A Comprehensive review on the therapeutic potential of *Curcuma longa* Linn. in relation to its major active constituent curcumin. *Frontiers in Pharmacology*, 13(820806):1-27. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.820806>
- Sivasekaran, K., Stanleay P., Kumar, A., & Sivankalai, K.S. (2021). *Curcuma Longa* (Medicinal Plant) Research: A Scientometric Assessment of Global Publications Output with Reference to Web of Science. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12 (5), 1477-1496. <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i5.2115>
- Stohs, S.J., Chen, O., Ray, S.D., Ji, J., Bucci, L.R., & Preuss, H.G. (2020). Highly bioavailable forms of curcumin and promising avenues for curcumin-based research and application: A review. *Molecules*, 25(6), 1397. <https://doi.org/10.3390/molecules25061397>
- Wang, Y., Liu, F., Liu, M., Zhou, X., Wang, M., Cao, K., Jin, S., Shan, A., & Feng, X. (2022). Curcumin mitigates aflatoxin B<sub>1</sub>-induced liver injury via regulating the NLRP<sub>3</sub> inflammasome and Nrf<sub>2</sub> signaling pathway. *Food and Chemical Toxicology*, 161(112823), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.112823>
- Ybalmea-Gómez, Y., Feliciano, S.O., Yglesias, R.A., Llana, C.R., y Gutiérrez, G.O. (2021). Efecto antiinflamatorio y antioxidante *in vitro* de *Curcuma longa* sobre macrófagos murinos durante la infección por *Helicobacter pylori*. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 73(3), e702. [https://www.researchgate.net/publication/358187187\\_Efecto\\_antiinflamatorio\\_y\\_antioxidante\\_in\\_vitro\\_de\\_Curcuma\\_longa\\_sobre\\_macrofagos\\_murinos\\_durante\\_la\\_infeccion\\_por\\_Helicobacter\\_pylori](https://www.researchgate.net/publication/358187187_Efecto_antiinflamatorio_y_antioxidante_in_vitro_de_Curcuma_longa_sobre_macrofagos_murinos_durante_la_infeccion_por_Helicobacter_pylori)
- Zorofchian, M. S., Abdul, K. H., Hassandarvish, P., Tajik, H., Abubakar, S., & Zandi, K. (2014). A Review on antibacterial, antiviral, and antifungal activity of curcumin. *BioMed Research International*, Article ID 186864, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/186864>
- Zubaidah, E., Nisak, Y. K., Wijayanti, S. A., & Christianty, R.A. (2021). Characteristic of microbiological, chemical, and antibacterial activity of turmeric (*Curcuma longa*) kombucha. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 924,1. IOP Publishing. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/924/1/012080>