

Café: rompiendo el paradigma de su potencial en la salud, más allá de la bebida

Gustavo Castillo-Herrera¹, M. Ochoa-Becerra¹, Juan Carlos Mateos-Díaz² y Ever Sánchez^{3*}

¹ Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C., CIATEJ, 44270, Guadalajara, México.

² Vinculación y Transferencia de Tecnología, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C., CIATEJ, 44270, Guadalajara, México.

³ Investigador por México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – Instituto de Investigaciones Sociológicas de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” del estado de Oaxaca (IxM-CONACYT - IISUABJO).

* Autor de correspondencia: esanchez@iisuabjo.edu.mx

Resumen

Palabras clave:

café, compuestos bioactivos, diabetes.

El café es una bebida preparada a partir de granos de café tostado de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* var., robusta. Esta bebida es conocida a nivel mundial por su efecto estimulante asociado a la cafeína, pero también presenta propiedades bioactivas de interés, las cuales son atribuidas a la presencia de compuestos como el ácido clorogénico, principalmente. La cafeína puede pasar fácilmente a través de membranas y barreras biológicas y tener efectos en el sistema nervioso central, en el corazón, incluso en los sistemas gastrointestinal y respiratorio; mientras que el ácido clorogénico presenta un potencial antiinflamatorio y antioxidante importante. Ambas moléculas intervienen en el metabolismo de las grasas y azúcares, modulando marcadores relacionados con la diabetes mellitus tipo 2 (DM2), lo que le da al café un beneficio en salud -más allá de su consumo tradicional como bebida- con un impacto económico mayor y convirtiéndose en un aliado en la salud de los mexicanos. Este documento presenta una exploración alternativa e innovadora para el aprovechamiento de las semillas de café, más allá de uso común, considerando la cultura cafetícola en la Región Pacífico sur (Chiapas, Guerrero y Oaxaca). La reflexión de este trabajo surge a partir de recorridos de trabajo en Chiapas, Guerrero y Oaxaca, donde se colectaron semillas de café, así como el análisis o trabajo en laboratorio de las semillas colectadas.

Introducción

El cafeto es un arbusto o árbol pequeño, perennifolio de alta importancia económica que pertenece a la familia Rubiaceae (Clifford &

Enfoques Transdisciplinarios:
Ciencia y Sociedad, 1(1), 177-189.
ISSN. 3061-709X. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12812011>

Recibido: 22 abril 2023
Revisado: 25 de mayo 2023
Aceptado: 12 de junio 2023
Publicado: 24 de julio 2023



Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia CC BY-NC-SA 4.0. Para ver una copia de esta licencia visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Ramírez-Martínez, 1991). Los miembros de la familia Rubiaceae son, en gran parte, tropicales o subtropicales, compuestos de casi 400 géneros y 4,800-5,000 especies (Bridson, 1994). El cafeto es una planta resistente, por lo general, su tiempo de vida es alrededor de los 10 a 15 años. El cafeto consiste en un tronco vertical, con ramas primarias, secundarias y terciarias laterales. Estas ramas son denominadas retoños cuando se encuentran en la etapa de desarrollo y tallos cuando se encuentran completamente madurados. Su fruto es una drupa carnosa y ovoide de color rojo brillante que contiene dos semillas (Farah & Dos Santos, 2014).

De las diferentes especies de cafetos, dos de ellas son las más aprovechadas comercialmente: *Coffea arabica* (Arábica) y *Coffea canephora* var. robusta, representando el 75% y el 25%, respectivamente, de la producción mundial de café (Bondam *et al.*, 2022; ICO, 2022). Las características generales de estas dos especies se resumen en la Tabla 1. El proceso de la preparación del café comienza con la eliminación de los componentes externos del fruto, dejando únicamente granos de café verde. Los componentes externos del fruto son desechos de la producción de café, y estos incluyen a la pulpa, el mucílago y la cascarilla o pergamino (Oliveira & Franca, 2015).

Tabla 1. Información general y descripción de las dos principales especies de café cultivadas

Características	Especie	
	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>
Temperatura óptima	15 – 24 °C	20 – 30 °C
Precipitación óptima	1500 – 2000 mm	2000 – 3000 mm
Elevación óptima	1000 – 2000 m	0 – 700 m
Tiempo de flor a cereza madura	9 meses	10 – 11 meses
Forma de grano	Plano	Ovalado
Cafeína en grano	0.8 – 1.4 %	1.7 – 4 %
Primera floración	4 – 5 años	2 – 3 años
Rendimiento (kg/ha)	1500 - 3000	2300 - 4000
Típica característica de la bebida	Acidez	Amargor

(Hečimović & Komes, 2011).

En la Región Pacífico sur, que incluye los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca, la producción de café y la cultura cafetícola es muy significativa. De ella dependen principalmente campesinos y grupos indígenas que, pese a plagas y enfermedades que afectan a la planta, mantienen su esperanza en la producción del aromático. En el ámbito de la producción, comercialización y transformación de la semilla, los estados presentan, a veces, similitudes y diferencias. Una variable común es la pobreza, desigualdad social y vulnerabilidad que permea en las zonas productoras de café, contradictorio a la derrama económica que deja para los estados.

Este artículo busca, por una parte, presentar el contexto social en el que se desarrolla la producción de café en Chiapas, Guerrero y Oaxaca, donde los productores (campesinos e indígenas) y organizaciones locales tienen un papel central. Por otra, a partir del análisis en laboratorio del café recolectado en los estados de interés, se presenta una perspectiva que busca romper con los paradigmas más convencionales, es decir, se observa a las semillas de café como un potencial en el ámbito biomédico, para beneficio en la salud humana, contra algunas enfermedades específicas. Esta otra oportunidad traería más beneficios a los productores ya que tendrían un nuevo mercado para la comercialización.



Situación social de la producción de café en la región Pacífico sur (Chiapas, Guerrero y Oaxaca)

En México la producción de café es una actividad estratégica porque de ella dependen aproximadamente 30 grupos indígenas y pequeños productores:

...su producción emplea a más de 500 mil productores de 15 entidades federativas y 480 municipios. La producción mexicana de café cereza fue en promedio de 899 mil toneladas en el periodo 2017-2021; Chiapas es el principal estado productor, aporta el 41 por ciento del volumen nacional, seguido por Veracruz (24 por ciento) y Puebla (15.3 por ciento)". (SADER, 2022, párr., 3)¹

El grano es fundamental para pequeños productores y campesinos que tienen en las actividades de siembra, cosecha y venta su principal ingreso. La importancia social y económica de la cafecultura es que de ella viven cerca de 3 millones de mexicanos: entre productores, transformadores y comercializadores, principalmente (SADER, 2020). Además, su cultivo favorece al medio ambiente beneficiando la conservación de la biodiversidad y sus ecosistemas. El café mexicano es uno de los mejores del mundo (Ochoa, 2021), de excelencia y calidad debido a un conjunto de elementos en los que destacan las condiciones de la tierra, el clima y la altura donde se producen. En estados como Chiapas (Ocozocoautla, San Cristóbal de las Casas, Copainalá, Comitán, Ángel Albino Corzo, Pichucalco, Bochil, Palenque, Ocosingo, Yajalón, Motozintla y Tapachula), Oaxaca (Pluma Hidalgo) y Veracruz algunos granos están protegidos por la Denominación de Origen (DOM): este es un distintivo que garantiza la originalidad del producto a partir de un territorio o región, historia, identidad y cultura, así como las características geográficas del medio donde se produce, lo que identifica ciertas propiedades específicas del aromático (SADER, 2020; Olano, 2022).²

De la producción de café dependen más de medio millón de familias de los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca. Los pequeños productores cuentan con pocas extensiones de tierra o parcelas donde mantienen sus plantas, comúnmente menos de cinco hectáreas. A pesar de que Chiapas, Guerrero y Oaxaca son entidades principales en la producción, aunado a la riqueza cultural, biodiversa en flora y fauna, así como rica en la producción agrícola, estos estados también se consideran como los más vulnerados y pobres del país. Los problemas comunes que enfrentan los cafecultores de estos estados son: afectaciones por plagas y enfermedades, manejo adecuado de cultivos, asistencia técnica, valor agregado, comercialización, precio, mercado, organización, coyotes, entre otros.

¹ Oaxaca es uno de los 15 estados productores, ocupando el cuarto puesto.

² Según el Diario Oficial de la Federación (2000) "La zona geográfica que abarcará la Declaración de Protección de la Denominación de Origen CAFE VERACRUZ será el Estado de Veracruz. [...] Para los efectos de la presente declaración de protección se establece como zona geográfica el Estado de Veracruz" (p. 1). Siguiendo a Cruz (2020), con referencia a DOF 2020: "En tal norma se hacen las especificaciones con que cumple esta denominación. Es decir, se aplica al café verde y café puro tostado, en grano o molido, logrado con los granos de Coffea Arábica, en sus diversas variedades, cultivado desde los 750 a los 1,400 msnm en 842 comunidades de 82 municipios veracruzanos que se ubican en la zona montañosa donde se unen la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur. Entre las regiones que cuentan con una mayor producción según datos de Agro 2000, Revista Industrial del Campo, se encuentran: Coatepec, Córdoba, Huatusco, Misantla y Atzalan, las cuales aportan un estimado que 84% mientras que las cinco regiones restantes Tezonapa, Zongolica, Papantla, Los Tuxtlas y Chicontepec, el 16%" (párr. 16-17).



La crisis del café se ha visto potencializada por la presencia de situaciones ambientales: cambio climático, plagas y enfermedades. Otro elemento que encontramos, que merma la producción, es la renovación de plantaciones, aunque también identificamos el esfuerzo por replantar a través de las propias variedades que se identifican [localmente]³. (Sánchez & Flores, 2019, pp. 193-194)

Algunas situaciones particulares por entidad:

a) Chiapas

- En la entidad la cadena productiva se integra del pequeño productor, organización de productores locales, empresas comercializadoras y el mercado.
- Las principales variedades son Bourbon, Mundo Novo y Caturra. Se observa una baja organización de los pequeños productores, lo que incide en la producción, acopio, venta del café y precio, este último queda sujeto al entorno local-regional y su relación con el mercado.
- También se observa poca tecnología en las actividades de siembra, cosecha y procesamiento.
- Las principales problemáticas relacionadas con el cultivo son las plagas y enfermedades, así como los cambios bruscos de temperatura, esta última se asume que es consecuencia del cambio climático.

b) Guerrero

- Existen algunas organizaciones locales y regionales, las que promueven la renovación de plantas por afectaciones de roya. El Consejo Estatal del Café (CECAFÉ) y Luz de la Montaña son algunas de las organizaciones más visibles.
- Los productores que no están organizados dependen del coyote para la comercialización de la semilla y del gobierno para asistencia técnica (paquete tecnológico).
- En el tema de la comercialización se observó que los acaparadores (coyotes) compran el café entre 20 y 25 pesos por kilo, y bajo procesos de descascarillado, tostado y molido lo revenden en 130 pesos, aproximadamente.
- Existe poca tecnología para tostar y moler. El secado del café se hace en los patios.
- Los productores consideran necesario formar catadores sensoriales (para especializar el café y reconocer su calidad).
- Los productores consideran como opción trabajar con los subproductos de la semilla.

c) Oaxaca

- Oaxaca presenta una organización comunitaria de café sólida. Existen, por ejemplo, las siguientes organizaciones: Unión de Comunidades de la Región del Istmo (UCIRI), Unidad Ecológica para el Sector Café Oaxaqueño (UNECAFE), Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca (CEPCO), Organización productora de café de grupos indígenas de la región (las siglas representan sus etnias: Mixe, Chinanteco, Chatino y Zapoteco - MICHIZA), entre otros.
- Los cafecultores son el sector productivo más organizado; sin embargo, el 80% de los productores no pertenecen a una organización.
- Un 40% son productoras mujeres, ellas son las cabezas de la producción ya sea porque están solas o porque sus maridos migraron.
- Se observa el interés de jóvenes por renovar la actividad productiva. No siempre es así, hay casos en los que los jóvenes buscan migrar en busca de un mejor futuro.
- Hay producción que tiene el distintivo de la Dominación de Origen y de Comercio Justo.
- Los productores libres venden a los coyotes.
- No hay capacitación tecnológica, los caminos a zonas productoras de café muchas veces impiden una buena comercialización y el apoyo tecnológico.

³ Cursiva nuestra.

Compuestos bioactivos del café

El café posee compuestos bioactivos que poseen una alta concentración de antioxidantes como la familia de ácidos hidroxicinámicos (cafeico, clorogénico, cumárico, ferúlico y sinápi-co), además posee cafeína, ácido nicotínico, melanoidinas, cafestol y trigonelina (figura 1), que también poseen actividad antioxidante significativa (Draženka Komes, Arijana Bušić, 2014).

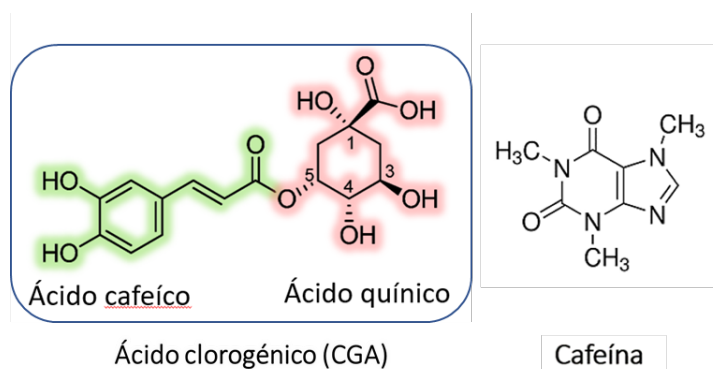


Figura 1. Principales compuestos bioactivos presentes en café verde

El ácido clorogénico (CGA) es un éster formado entre el ácido cafeico y el ácido quínico, y es el principal compuesto fenólico en el café, aislado de las hojas y frutos de estas plantas dicotiledóneas. Este compuesto, además de ser reconocido como un potente antioxidante, también tiene la capacidad de disminuir la liberación de glucosa en el torrente sanguíneo después de un alimento, incluso puede ayudar a prevenir enfermedades crónicas como la diabetes mellitus tipo 2, la enfermedad de Parkinson y la enfermedad hepática (Daraee, A., Ghoreishi, S. M., & Hedayati, A. 2019; Bonita, Mandarano & Shuta, 2007).

Pero lamentablemente este compuesto se ve afectado desde la cosecha, el secado, pero más aún, durante el tostado del mismo, como se observa en la tabla 2, ya que al ser un compuesto antioxidante, el aire y la temperatura que se utilizan en el proceso de tostado degradan al ácido clorogénico y, por ende, disminuye su potencial bioactivo. De ahí que dé pie a la controversia en torno al café, respecto a si es benéfico a la salud o no.

Tabla 2. Contenido de ácido clorogénico en granos de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* de afectados por diferentes grados de tostado.

Grado de tostado	(mg ácido clorogénico / g de café)	
	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>
Medio	31	41
Oscuro	24	29

*El contenido total del ácido clorogénico fue determinado por Hečimović et al., (2011) mediante la suma también de ácido quínico y cafeico mediante HPLC.



Para entender un poco más sobre el ácido clorogénico y su función como un compuesto antioxidante, ayudando en la prevención de algunas enfermedades, es necesario entender un poco más el proceso de oxidación, lo que sugiere iniciar con entender que existen compuestos o moléculas en los organismos que reaccionan con el oxígeno, y que se conocen como especies reactivas de oxígeno (ROS). Estos compuestos se generan a manera de subproductos indeseables durante la respiración celular, y en mayor cantidad cuando la actividad metabólica se encuentra alterada o por encima de las condiciones fisiológicas incrementando la cantidad de ROS generados.

Por ejemplo, durante la diabetes mellitus el metabolismo del cuerpo se ve alterado, lo que conduce a una mayor producción de estos subproductos (ROS) y otros componentes, ocasionando una disfunción de la cadena respiratoria, aumentando entonces la producción de ROS y así sucesivamente estableciendo un “ciclo vicioso” que conduce a una disfunción progresiva y un daño en las células. Esto puede llevar a complicaciones como enfermedades cardiovasculares, enfermedad renal crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, osteoartritis, cataratas, enfermedades neurodegenerativas y cáncer. Debido a esto, es importante incluir compuestos antioxidantes en la dieta, como el ácido clorogénico, los cuales pueden ser capaces de atrapar e inhibir a las ROS, reduciendo el estrés oxidativo y entonces disminuir la generación de estos subproductos indeseables (Belenguer-Varea *et al.*, 2019; Betteridge, 2000).

Es por ello que en este artículo se realizó la determinación del contenido de compuestos bioactivos presentes en granos de café verde de la región Pacífico sur de México, que permiten tener un panorama del potencial antidiabetes de los extractos de café.

Metodología

Colecta de materia prima

En el caso de Chiapas, se visitaron las fincas productoras de café en la Región del Soconusco. También se visitó la Región Frailesca, donde se trabajó con la población Nuevo Paraíso, municipio de la Concordia. Se contó con el apoyo de la organización Unión Ramal Santa Cruz. En el estado de Guerrero se trabajó con los municipios y regiones productores de Atoyac de Álvarez y Malinaltepec. La primera reunión de trabajo fue en Paraje de Montero, en Malinaltepec, Guerrero. En el mismo municipio, población de Tierra Colorada, donde se visitó a la organización Luz de la Montaña, la principal en la región. Finalmente se realizó un recorrido y se trabajó con productores de café en el municipio de Atoyac de Álvarez. En Oaxaca se recolectó del café Pluma Hidalgo –con Denominación de Origen-, perteneciente a la población Pluma Hidalgo, en la Costa del Pacífico oaxaqueño. En un recorrido de trabajo de campo se visitaron las poblaciones de Guadalupe y Ocotál – Buena Vista- en el municipio de Santiago Lachiguiri. Accedimos a las comunidades y sus productores con apoyo de la asociación Unión de Comunidades Indígenas de la Región del Istmo (UCIRI).



Caracterización de materia prima

Una vez obtenido el café de los estados (10 kg de cada región arriba mencionada) se procedió a caracterizarse bromatológicamente siguiendo las normas adecuadas para cada análisis como: NMX-F-083-1986 (humedad), NMX-F-607-NORMEX-2013 (cenizas), NOM-086-SSA1-1994 (grasas), NMX-F-608-NORMEX-2011 (proteínas) y por diferencia se cuantificó el contenido de carbohidratos totales, sumado a la determinación de fibra cruda mediante NMX-F-613-NORMEX-2008.

Obtención de extractos

Los extractos se obtuvieron por lixiviación, pesando 200 gramos de café, a los cuales se les agregaron 600 mL de agua caliente a 95°C y moliéndose completamente. Enseguida esta mezcla se mantuvo en agitación y a temperatura constante de 95° C por un tiempo de 20 minutos. Después se procedió a filtrar el extracto y al retenido se le agregaron 600 ml más de agua caliente y de manera similar se mantuvo en agitación durante 20 minutos. Se realizó el mismo proceso hasta obtener tres extractos, mismos que se mezclaron para formar uno solo extracto total y después centrifugarse a 12,000 rpm mediante una centrífuga de mesa serie SL 40R marca Thermo Scientific, lo que permitió conocer el contenido inicial de bioactivos.

Caracterización de los extractos

El análisis de cafeína y de ácido clorogénico en los extractos se realizó mediante cromatografía de líquidos utilizando un HPLC Waters ACQUITY con detección de matriz de fotodiodos (PDA) (Waters 2998) a 325 nm para CGA y CA a 275 nm. La separación cromatográfica se logró utilizando una columna Agilent Zorbax RX C-18 (4.9 mm x 250 mm) con un tamaño de poro de 5 μ m. Las muestras, junto con dos soluciones estándar (cafeína y ácido 5-clorogénico: 1 mg/mL), se analizaron utilizando las siguientes fases móviles: (A) ácido fórmico al 0.1 % en agua; (B) 0.1% de ácido fórmico en acetonitrilo con un gradiente de elución de tiempo 0 min (5 %B), 12.5 min (10 %B), 22.5 min (10 %B) y 60 min (30 %B) en un flujo velocidad de 1 ml / min. Todos los CGA tenían un espectro visible ultravioleta (UV) similar por detección de PDA.

Potencial Biológico: Inhibición de marcadores relacionados con DM2

Ensayo de inhibición de la α -amilasa

Para el ensayo de α -amilasa se agregaron 500 μ L de cada extracto o control positivo (acarbose 1 mM) a 500 μ L de 13 U/mL-1 solución de α -amilasa (tipo VI-B del páncreas porcino en PBS 0.02 M pH 6.9) y se incubaron en tubos de ensayo a 25 °C durante 10 min. Luego, se agregaron 500 μ l de solución de almidón soluble al 1% (en PBS preparado y hervido durante 15 minutos) a cada tubo y se incubaron durante otros 10 minutos. Finalmente, se añadió 1 ml de reactivo de color de ácido dinitrosalicílico (DNS) y los tubos se colocaron en un baño de agua a 100 °C durante 5 minutos. La mezcla se diluyó con 10 ml de agua



destilada y la absorbancia se midió a 520 nm usando un lector de placa de pocillos múltiples Infinite® F Plex (Tecan Trading AG). El porcentaje de inhibición se calculó a partir del blanco y el control enzimático para cada muestra. Los valores de IC50 se calcularon usando Graph Pad Prism 4.0.

Ensayo de inhibición de la α -glucosidas

Para el ensayo de α -glucosidasa se añadieron 50 μ L de cada extracto o control positivo (acarbosea 1 mM) a 100 μ L de solución de 1-U-1- α -glucosidasa (en PBS 0.1 M pH 6.9) y se incubaron durante 10 min. Los 50 μ L de una solución 5 mM de p-nitrofenil- α -D-glucopiranosido se añadieron a cada pocillo y se incubaron a 25 °C durante 5 min. La absorbancia se midió a 405 nm utilizando un lector de placa de pocillos múltiples Infinite® F Plex (Tecan Trading AG). El porcentaje de inhibición se calculó a partir del blanco y el control enzimático para cada muestra. Los valores de IC50 se calcularon usando Graph Pad Prism 4.0.

Ensayo de inhibición de dipeptidil dipeptidasa IV (DPP-IV)

La inhibición de DPP-IV se midió usando el ensayo de proteasa DPP-IVGLO® (G8351, Promega, Madison, WI). Se agregaron 50 μ L de reactivo DPP-IVGLO® a una placa blanca y opaca de 96 pocillos que contenía 50 μ L de blanco, 40 μ L de control enzimático o 40 μ L de cada muestra. Los extractos de pulpa de café se prepararon en soluciones buffer a diferentes concentraciones (0.005 a 1 mg/mL). El blanco contenía sólo tampón y reactivo DPP-IVGLO®, mientras que el control enzimático y las muestras contenían tampón, reactivo DPP-IVGLO® y 10 μ L de enzima humana DPP-IV purificada (10 ng mL⁻¹). La luminiscencia se midió después de mezclar e incubar a 26 °C durante 30 minutos usando un lector de placas multipocillo SpectraMax i3x (Molecular Devices LLC). El porcentaje de inhibición se calculó a partir del blanco y el control enzimático para cada muestra. Los valores de IC50 se calcularon usando Graph Pad Prism 4.0.

Resultados y discusión

Se logró obtener el análisis proximal de los diferentes granos de café de cada estado, además del contenido de cafeína y ácido clorogénico, como se muestra en las figuras 2, 3 y 4; en donde se pueden observar el efecto en composición de compuestos bioactivos tal vez por sus diferencias geográficas y de manejo de cultivo. Por ejemplo, se observa que una de las muestras de café del estado de Chiapas presenta, en promedio, un contenido mayor de ácido clorogénico (11 mg/g) que los de Oaxaca (6.5 mg/g) y Guerrero (7.2 mg/g), pero estos últimos muestran un mayor contenido de cafeína: Oaxaca (8 mg/g) y Guerrero (10 mg/g) mientras que Chiapas (7 mg/g), lo que permitiría diversificar e incluso combinar los materiales para enriquecer los tipos de bioactivos que se deseen. Esto evidencia también las diferentes prácticas agrícolas en cada región, como se mencionó arriba y donde, por ejemplo, Guerrero no despulpa para secar el grano, contrario a Oaxaca y Chiapas.

Figura 2. Caracterización de grano y extracto de café de Guerrero



Atoyac de Álvarez

Análisis bromatológico	
Determinación	Concentración (% seco)
Humedad	10.56 ± 0.02
Cenizas	4.43 ± 0.02
Grasas (extracto etéreo)	6.51 ± 0.02
Proteínas (N X 6.25)	10.07 ± 0.03
Carbohidratos totales	68.44 ± 0.05
Fibra cruda	36.01 ± 0.50
Cafeína	10.10 ± 0.29
Ácido clorogénico	7.19 ± 0.23



Malinaltepec

Análisis bromatológico	
Determinación	Concentración (% seco)
Humedad	9.14 ± 0.00
Cenizas	5.21 ± 0.02
Grasas (extracto etéreo)	6.48 ± 0.01
Proteínas (N X 6.25)	10.68 ± 0.02
Carbohidratos totales	68.49 ± 0.01
Fibra cruda	30.15 ± 0.05
Cafeína	10.43 ± 0.29
Ácido clorogénico	7.25 ± 0.28

Figura 3. Caracterización de grano y extracto de café de Oaxaca



Pluma Hidalgo

Análisis bromatológico	
Determinación	Concentración (% seco)
Humedad	7.27 ± 0.01
Cenizas	3.16 ± 0.05
Grasas (extracto etéreo)	10.95 ± 0.02
Proteínas (N X 6.25)	11.03 ± 0.05
Carbohidratos totales	67.59 ± 0.13
Fibra cruda	30.43 ± 0.01
Cafeína	7.43 ± 0.72
Ácido clorogénico	6.81 ± 0.10



Santiago Nuyoo

Análisis bromatológico	
Determinación	Concentración (% seco)
Humedad	8.86 ± 0.01
Cenizas	2.98 ± 0.02
Grasas (extracto etéreo)	6.95 ± 0.03
Proteínas (N X 6.25)	11.69 ± 0.03
Carbohidratos totales	69.53 ± 0.01
Fibra cruda	38.42 ± 0.01
Cafeína	9.32 ± 0.07
Ácido clorogénico	6.34 ± 0.11

Figura 4. Caracterización de grano y extracto de café de Chiapas

Análisis bromatológico		
Determinación	Concentración (% húmedo)	Concentración (% seco) calculado
Humedad	62.99 ± 0.05	-
Cenizas	1.45 ± 0.04	5.37 ± 0.15
Grasas (extracto etéreo)	3.21 ± 0.00	11.86 ± 0.02
Proteínas (N X 6.25)	4.20 ± 0.04	15.53 ± 0.17
Carbohidratos totales	28.17 ± 0.04	64.23 ± 0.32
Fibra cruda	14.33 ± 0.04	30.97 ± 0.13
Cafeína	2.67 ± 0.12	7.21 ± 0.05
Ácido clorogénico	4.24 ± 0.09	11.46 ± 0.17

Región del Soconusco

Análisis bromatológico		
Determinación	Concentración (% húmedo)	Concentración (% seco) calculado
Humedad	56.26 ± 0.02	-
Cenizas	1.93 ± 0.03	8.44 ± 0.13
Grasas (extracto etéreo)	2.44 ± 0.05	10.67 ± 0.22
Proteínas (N X 6.25)	6.90 ± 0.05	30.18 ± 0.33
Carbohidratos totales	32.47 ± 0.01	18.27 ± 0.01
Fibra cruda	12.43 ± 0.002	54.37 ± 0.09
Cafeína	5.10 ± 0.06	11.67 ± 0.13
Ácido clorogénico	3.17 ± 0.010	7.25 ± 0.18

Región Frailesca

Potencial Biológico: Inhibición de marcadores relacionados con DM2

En particular, la α -amilasa y la α -glucosidasa son enzimas clave vinculadas con DM2. Su inhibición tiene un impacto en la disponibilidad de azúcares para ser absorbidos en la digestión. La inhibición de estas enzimas puede usarse como una estrategia en el tratamiento temprano de DM2. Se ha informado que el ácido clorogénico posee fuertes actividades inhibitoras de la α -amilasa y la α -glucosidasa (Van Quan *et al.*, 2019).

De manera similar a la α -amilasa y la α -glucosidasa, la enzima DPP-IV juega un papel esencial en el tratamiento temprano de la DM2. DPP-IV, ya que es una proteasa responsable de la degradación del péptido similar al glucagón tipo 1 (GLP-1). Con el uso de inhibidores farmacológicos de esta enzima se han logrado niveles reducidos de hiperglucemia y hemoglobina A1C, que tienen un importante potencial antidiabético (Bower *et al.*, 2014).

En este sentido, Nyambe y Williamson (2018) reportaron valores de inhibición de α -amilasa de 10.68 mg/mL IC50 con extractos de ácido clorogénico (CGA). Muy por encima del valor de uno de los extractos que se obtuvieron en este estudio, en donde concentración de 3 mg/mL presenta un porcentaje de inhibición del 52% α -amilasa y del 70% de α -glucosidasa; además, este mismo extracto mostró un porcentaje de inhibición por encima del 80% de dipeptidil dipeptidasa IV.

Además, los resultados del análisis DPP-IV indican que todos los extractos inhibieron DPP-IV de manera similar, lo que sugiere que el ácido clorogénico podría ser el principal componente responsable de la inhibición en el extracto.

Hoy en día la terapia de DM2 implica el uso de medicamentos como inhibidores de enzimas gástricas para disminuir la absorción de glucosa en el intestino (Johnson *et al.*, 2011). Sin embargo, los resultados obtenidos demuestran que el extracto de café contiene compuestos bioactivos con el potencial de inhibir estas enzimas, convirtiéndose en una fuente natural de inhibidores y que coadyuvan en la atención del padecimiento, así que con esta



caracterización inicial de los granos y con una evaluación simple *in vitro* se puede tener un panorama del potencial de café.

Conclusiones

La producción de café en Chiapas, Guerrero y Oaxaca beneficia a más de medio millón de familias, entre ellas poblaciones indígenas, mujeres y jóvenes, distribuidos en pequeños productores y campesinos que depositan en la siembra, cosecha, comercialización y transformación la esperanza de una mejor condición de vida. La importancia de la producción de café no sólo radica en los beneficios sociales y económicos de las unidades familiares de los estados productores, incide también en el medio ambiente y en los ecosistemas locales. Pese a su importancia económica y cultural, los estados de Chiapas, Guerrero y Chiapas se encuentran entre los estados más pobres del país, en ese sentido, es importante explorar nuevas innovaciones sociales tecnológicas que aporten otros valores agregados del aromático más allá de su consumo convencional. El campo biomédico ofrece esta posibilidad y quizá con la eventualidad de establecer relaciones directas con los productores, asegurando ganancias que pueden beneficiar a todos en diferentes ámbitos de la vida social.

Se identifica que, en particular, el café producido en los estados de la Región Pacífico sur (Chiapas, Guerrero y Oaxaca) presenta un potencial respecto al contenido de compuestos bioactivos, principalmente en antioxidantes, mismos que mostraron un posible potencial antidiabetes. Lo que pudiera despertar el interés de la industria farmacéutica hacia el cafeto como una fuente de bioactivos interesantes que amplíen el beneficio del café, más allá de la bebida, lo que pudiera verse reflejado en un comercio justo y beneficiando a los productores e impulsando el cultivo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada con los fondos del CONACYT, México (FORDECYT 292474).

Referencias

- Belenguer-Varea, Á., Tarazona-Santabalbina, F. J., Avellana-Zaragoza, J. A., Martínez-Reig, M., Mas-Bargues, C., & Inglés, M. (2019). Oxidative stress and exceptional human longevity: Systematic review. *Free Radical Biology and Medicine*, 149, <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2019.09.019>.
- Betteridge, D. J. (2000). What is oxidative stress? *Metabolism: Clinical and Experimental*, 49 (2), 3-8. [https://doi.org/10.1016/S0026-0495\(00\)80077-3](https://doi.org/10.1016/S0026-0495(00)80077-3)
- Bondam, A. F., Diolinda da Silveira, D., Pozzada dos Santos, J., & Hoffmann, J. F. (2022). Phenolic compounds from coffee by-products: Extraction and application in the food and



- pharmaceutical industries. *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 123, pp. 172–186). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.013>
- Bonita, J. S., Mandarano, M., & Shuta, D. (2007). Coffee and cardiovascular disease: In vitro, cellular, animal, and human studies. *Pharmacological Research*, 55(3), 187–198. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.006>.
- Bower, A. M., Real Hernandez, L. M., Berhow, M. A., & De Mejia, E. G. (2014). Bioactive compounds from culinary herbs inhibit a molecular target for type 2 diabetes management, dipeptidyl peptidase IV. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62 (26), 6147-6158. <https://doi.org/10.1021/jf500639f>.
- Bridson, D. M. (1994). Additional Notes on Coffea (Rubiaceae) from Tropical East Africa. *Kew Bulletin*, 49(2), 331–342. <https://doi.org/10.2307/4110270>
- Clifford, M. N., & Ramirez-Martinez, J. R. (1991). Phenols and caffeine in wet-processed coffee beans and coffee pulp. *Food Chemistry*, 40 (1), 35-42. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(91\)90017-I](https://doi.org/10.1016/0308-8146(91)90017-I).
- Daraee, A., Ghoreishi, S. M., & Hedayati, A. (2019). Supercritical CO₂ extraction of chlorogenic acid from sunflower (*Helianthus annuus*) seed kernels: Modeling and optimization by response surface methodology. *The Journal of Supercritical Fluids*, 144, 19-27.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2000). *DECLARATORIO general de protección a la denominación de origen Café Veracruz*. Diario Oficial de la Federación https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063661&fecha=31/12/1969&print=true. Última consulta: 11 de junio de 2023.
- Draženka Komes, A. (2014) Chapter 3 - Antioxidants in Coffee. *En Processing and Impact on Antioxidants in Beverages* (pp. 25-32). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404738-9.00003-9>.
- Farah, A., & Dos Santos, T. F. (2014). The Coffee Plant and Beans: An Introduction. *En Coffee in Health and Disease Prevention* (5-10). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00001-2>.
- Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., & Komes, D. (2011). Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chemistry*, 129(3), 991–1000. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.059>.
- Johnson, M. H., Lucius, A., Meyer, T., & Gonzalez De Mejia, E. (2011). Cultivar evaluation and effect of fermentation on antioxidant capacity and in vitro inhibition of α -amylase and α -glucosidase by highbush blueberry (*vaccinium corombosum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (16), 8923-8930 <https://doi.org/10.1021/jf201720z>.
- International Coffee Organization. (2022). *Statistics*. https://www.ico.org/new_historical.asp?section=Statistics
- Nyambe-Silavwe, H., & Williamson, G. (2018). Chlorogenic and phenolic acids are only very weak inhibitors of human salivary α -amylase and rat intestinal maltase activities. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.038>.



- Ochoa, Andrea (2021). Los estados con mejor café en México, uno de los principales productores. *ADmagazine*. <https://www.admagazine.com/estilo-de-vida/estados-en-mexico-en-los-que-produce-mas-cafe-20200920-7456-articulos>. Última consulta: 11 de junio de 2023.
- Olano, Magdiel (2022). ¿Conoces los cafés mexicanos con Denominación de Origen? *La campiña sembramos realidad*. <https://revistalacampina.mx/2022/02/16/conoces-los-cafes-mexicanos-con-denominacion-de-origen/>.
- Oliveira, L. S., & Franca, A. S. (2015). Chapter 31 – An Overview of the Potential Uses for Coffee Husks. En *Coffee in Health and Disease Prevention* (283-291). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00031-0>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *El cultivo de café en México*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cultivo-de-cafe-en-mexico>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). *El café una producción en manos sabias*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-cafe-una-produccion-en-manos-sabias?idiom=es>.
- Sánchez, E., & Flores, M.L (2019). Condiciones Sociales de la producción de café en Chiapas, Oaxaca y Guerrero. En *Producción y aprovechamiento del café: prospección sistémica de la cadena de valor en los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero*. México: CIATEJ, Juan Pablos Editor. Pp. 173-197.
- Quan, N., Tran, H.-D., Xuan, T., Ahmad, A., Dat, T., Khanh, T., & Teschke, R. (2019). Momiclactones A and B Are α -Amylase and α -Glucosidase Inhibitors. *Molecules*, 24(3), 482. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/molecules24030482>