

Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Carrera de Farmacia. Cátedra de Práctica Profesional Farmacéutica

Estudiante
Patricia Rocío Kachuk

Control de calidad farmacobotánico de muestras culinarias de cúrcuma comercializadas en la ciudad de Posadas, Misiones

**Trabajo final presentado para obtener el título de grado
“Farmacéutico”**

Directora
María Belén López

Posadas – Misiones – 2025



Esta obra está licenciado bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**CARRERA DE FARMACIA
CÁTEDRA DE PRÁCTICA PROFESIONAL FARMACÉUTICA**

TRABAJO FINAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE GRADO FARMACÉUTICO

**Control de calidad farmacobotánico de
muestras culinarias de Cúrcuma
comercializadas en la ciudad de Posadas,
Misiones**

Autor: Kachuk, Patricia Rocío.

Director: Farm. LÓPEZ MARÍA BELÉN

**Lugar de desarrollo: laboratorio de Farmacobotánica “Dr. Anibal Amat” 5to PISO,
LABORATORIO 21. FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES.
UNAM. FÉLIX DE AZARA 1552
(3300) POSADAS, MISIONES, ARGENTINA.**

2025



AGRADECIMIENTOS

Una vez escuché decir que *“somos el resultado de las personas que pasaron por nuestras vidas”*, y hoy soy lo que soy gracias a cada una de ellas. Comenzaré agradeciendo a Dios, por ser una guía y sostén a lo largo de este camino, brindándome fuerza, claridad y serenidad en cada paso.

A mis padres, Marga y Oscar, por haberme inculcado desde siempre el valor del estudio, la responsabilidad y el esfuerzo. Por su apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera, incluso en los momentos más difíciles, y por acompañarme con paciencia y calma cuando más lo necesitaba.

A mis hermanos, Yami, Meli y Alex, por estar en cada paso, y por ofrecer su ayuda y aliento siempre que lo necesité.

A mis familiares que, aunque no siempre presentes físicamente, me acompañaron de distintas maneras a lo largo de estos años, brindándome su apoyo, cariño y confianza.

A mis amigas, Gio y Mica, por su presencia constante, por escucharme y acompañarme en los momentos más exigentes, y por recordarme siempre la importancia de detenerse, reír y disfrutar del camino.

A mis amigas de la facultad, Anto, Les y Caro, por haber sido compañeras de estudio, de trabajo a lo largo de este camino. Por compartir tantos momentos de esfuerzo, risas y desahogo, y por hacer que esta hermosa carrera fuese mucho más llevadera.

A todos mis compañeros de cursada a lo largo de la carrera, en especial al grupo de quinto año, por el compañerismo, la colaboración y la generosidad que caracterizaron cada instancia compartida.

A mi directora de tesis, Farm. Belén López, por aceptar guiarme en este trabajo, por su paciencia, su buena energía y su constante disposición para acompañarme en cada etapa del proceso. Su orientación y actitud positiva hicieron de este último trayecto una experiencia muy enriquecedora.



A la Cátedra de Farmacobotánica, por la oportunidad y el espacio brindado para el desarrollo de este trabajo, y en especial al profesor Carlos Altamirano, por sus enseñanzas y también por los consejos de vida compartidos durante nuestra estancia en el laboratorio.

A cada uno de mis profesores que fueron una parte importante de esta etapa, especialmente a aquellos de los últimos años, por enseñarnos con tanta dedicación, exigencia y empatía.

A la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales y a la Universidad Nacional de Misiones, por haberme brindado la oportunidad de formarme en una institución pública, gratuita y de calidad.

Esta etapa representó mucho más que la culminación de una carrera: fue un proceso de aprendizaje, de crecimiento y de transformación personal. Hoy miro hacia atrás con gratitud por todo lo vivido y por cada persona que, de alguna manera, formó parte de este camino.



RESUMEN:

Se analizaron productos en polvo de *Cúrcuma spp.* obtenidos en la ciudad de Posadas (Misiones), mediante técnicas micrográficas y cromatografía en capa delgada (TLC) cualitativa, utilizando muestras de referencias bibliográficas y patrones genuinos para contrastar los hallazgos.

Los resultados obtenidos del análisis con TLC confirmaron la presencia de curcuminoides, lo que permitió validar el contenido del rizoma en las muestras. Por su parte, el análisis micrográfico reveló estructuras características del rizoma junto con componentes compatibles con almidones exógenos de bajo costo, indicando adulteración.

De esta forma, queda en evidencia la utilidad de combinar ambas técnicas en el control de calidad de productos naturales, concluyendo que la calidad botánica de las muestras evaluadas se encuentran comprometidas. Esta situación pone en manifiesto el impacto de la ausencia de regulaciones específicas sobre la cúrcuma en polvo comercializada y la falta de control en este producto dispensado a granel.

ÍNDICE GENERAL:

I. INTRODUCCIÓN.....	1
I. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivo específico.....	3
2.3 Hipótesis.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1 Uso de plantas medicinales.....	4
3.2 La cúrcuma (Cúrcuma spp.).....	4
3.2.1 Composición química de Cúrcuma (Cúrcuma spp.).....	7
Figura 2. Estructura de los principales curcuminoides del extracto Cúrcuma longa. L.....	7
3.3 Adulteración de la Cúrcuma spp.....	8
3.4 Autenticidad y adulteración de drogas vegetales: Control de calidad.....	8
3.5 Métodos de detección de adulteraciones de la Cúrcuma spp.....	9
3.5.1 Análisis micrográfico.....	9
3.5.2 Análisis cromatográfico (TLC).....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1. Justificación de la metodología de trabajo.....	12
4.2. Materiales.....	12
4.2.1. Muestras analizadas.....	12
4.2.2. Equipos, reactivos y materiales.....	14
4.3. Técnicas y procedimientos.....	16
4.3.1. Observación microscópica directa.....	16
4.3.1. Observación microscópica directa del polvo.....	18
4.3.2. Tinción de las muestras.....	18
4.3.3. Cromatografía de capa delgada (TLC).....	18
IV. RESULTADOS.....	23
5.1. Análisis macroscópico de las muestras.....	23



5.2. Análisis microscópico.....	24
5.3. Análisis cromatográfico (TLC).....	33
V. DISCUSIÓN.....	35
6.1 Limitaciones del estudio.....	37
VI. CONCLUSIÓN.....	39
Referencias:.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. A: Cultivo de <i>Cúrcuma longa</i> L., se observa sus hojas lanceoladas y con peciolo. Fuente: (Garden Cultura, s.f.). B: Rizomas de <i>Cúrcuma longa</i> L. unidas a la planta madre, de color marrón en el exterior, con tonalidades amarillo-marrón claras en sus extremos. Se observan ramificaciones secundarias. Fuente: (Garden Cultura, s.f.). C: Rizoma de <i>Cúrcuma longa</i> L., con corte transversal que revela un tejido interno de coloración amarillo intenso, característico del género. <i>Cúrcuma</i> en polvo, obtenido por molienda del rizoma seco. Fuente: (Campos, 2022).....	6
Figura 2. Estructura de los principales curcuminoides del extracto <i>Cúrcuma longa</i> L.....	7
Figura 3. A: Patrón. B: Muestra en polvo M1. C: Muestra en polvo M2. D: Muestra en polvo M3. Fuente: Autor.....	13
Figura 4. A: Fase móvil 1. B: Extracto del patrón. C: Extracto de M1. D: Extracto de M3. E: Extracto de M3.....	19
Figura 5. Placa cromatográfica con aplicación de muestra y estándares, previa al desarrollo. Se observa la línea de siembra sobre la fase estacionaria (gel de sílice GF).....	20
Figura 6. Cámara cromatográfica con placa de CCF en proceso de desarrollo. Se observa la fase móvil ascendiendo por capilaridad sobre la fase estacionaria.....	20
Figura 7. Placa de cromatografía en capa fina (TLC) con visualización directa de compuestos, sin aplicación de agentes reveladores.....	21
Figura 8. A: Patrón - extracto seco de <i>Cúrcuma</i> 3:1. B: Muestra 1. C: Muestra 2. D: Muestra 3.....	23
Figura 9. Micrografía óptica en campo claro (40×) corte transversal del rizoma fresco de <i>Cúrcuma</i> spp. A: Tinción con Azul de Toluidina. (a) parénquima de reserva conteniendo gránulos de almidón; (b) idioblasto secretor. B: Tinción con Azul de Toluidina. Haz vascular: (xi) xilema lignificado teñido (azul intenso), (fl) floema no teñido, visible por su disposición.....	25
Figura 10. Micrografía óptica en campo claro (40×) corte transversal del rizoma fresco de <i>Cúrcuma</i> spp. A: (a) Xilema lignificado evidenciado por tinción	

- con azul de toluidina en corte longitudinal; (b) idioblasto secretor. B:
Tinción con Safranina. (ep) Epidermis, (s) súber y (gl) gotas lipídicas.....25
- Figura 11. Micrografía óptica en campo claro (40×) corte transversal del rizoma fresco de *Cúrcuma* spp. A: Tinción con Safranina. Célula parenquimática individual con gota lipídica aislada. B: Célula con contenido fenólico teñido con azul de toluidina..... 26
- Figura 12. Micrografía óptica en campo claro. A: Montaje con hidrato cloral (4x). (a) célula epidérmica con tricoma unicelular, también se observan células parenquimáticas aisladas y agrupadas..... 27
- Figura 13. Micrografía óptica en campo claro. A: Montaje con solución de Lugol (10x). No se observa presencia de estructuras teñidas. B: Montaje con solución de Lugol (10x). células epidérmicas con tricomas unicelulares.. 27
- Figura 14. Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en agua. Los elementos que se observan son: célula parenquimatosa simple; porción de elemento de vaso aislado, con espesamiento helicoidal, en sección longitudinal; fragmento epidérmico y del córtex (vista frontal). Figura 15. A: Micrografía óptica en campo claro (40×), con montaje de solución de Lugol. Célula parenquimatosa de reserva observada en M1, conteniendo gránulos de almidón teñidos con solución de lugol. Fuente: Autor. B: Representación esquemática de células parenquimatosas de reserva agrupadas (a) y aisladas (b), conteniendo gránulos de almidón de *Cúrcuma* spp..... 29
- Figura 16. A: Micrografía óptica en campo claro (40×), con montaje de solución de Lugol. Gránulos de almidón simple teñidos con solución de Lugol, con morfología irregularmente alargadas observados en M1. Fuente: Autor. B: Representación esquemática de los granos de almidón de papa (*Solanum tuberosum* L., Solanaceae) según Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024).... 29
- Figura 17. Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en agua. Se observan: A: a.células parenquimatosas aisladas; b. fragmentos de epidermis y córtex, una gota lipídica; c. un tricoma unicelular adherido al tejido epidérmico. B: d. un elemento de vaso con espesamiento helicoidal.

Figura 18. A: Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en solución de lugol. Se observan granos de almidón con coloración azulada característica. Fuente: autor. B: Representación esquemática de los granos de almidón de Zea mays según Farmacopea Brasileña 7. ^a ed. (2024).....	31
Figura 19. A: Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en agua. Se observa (a) agrupación de células muy pequeñas, junto con (b) células parenquimatosas aisladas y agrupadas.....	32
Figura 20. A: Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en solución de lugol. Las células pequeñas presentan tinción azulada (c), indicativa de la presencia de almidón. Fuente: autor. B: Representación esquemática de los granos de almidón de Oryza sativa según Farmacopea Brasileña, 7. ^a ed. (2024).....	33
Figura 21. Cromatograma en capa fina (TLC) obtenido con fase móvil 1. Se observa la corrida del: A: estándar; B: Muestra 1; C: Muestra 2 y D: Muestra 3. Las manchas visibles bajo luz UV a 365 nm corresponden a curcumina, detoxicurcumina y bidetoxicurcumina.....	33

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Cúrcuma longa</i> L.....	5
Tabla 2. Muestras seleccionadas y codificadas.....	12
Tabla 3. Técnica y Materiales utilizados.....	15

ÍNDICE DE ECUACIONES:

Ecuación 1. Cálculo del factor de retención (R _f) en cromatografía en capa delgada.....	11
---	----

I. INTRODUCCIÓN

La cúrcuma es una planta herbácea, perenne, perteneciente a la familia Zingiberaceae, ampliamente cultivada en regiones tropicales y subtropicales de Asia, en especial India y China. Su rizoma constituye uno de los ingredientes botánicos más populares, utilizados y vendidos como suplemento dietético, componente en la medicina herbal y condimento especiado (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023; Yang, J. et al. 2021; You et al., 2022).

Su uso se remonta a sistemas médicos antiguos como la medicina ayurvédica y china, donde se ha utilizado para el tratamiento de flatulencias, ictericia, enfermedades dermatológicas, dificultades menstruales, hematuria, en hemorragia y cólicos, diurético y hepatoprotector (Sumiyoshi, M., & Kimura, Y. 2009). En la actualidad, la cúrcuma ha sido objeto de múltiples estudios, en los cuales se ha podido comprobar su actividad antiinflamatorio, antiangiogénico, antioxidante, cicatrizante y anti cancerígeno (Clapé Laffita & Alfonso Castillo, 2012; Sriphong, Phatthanawiwat, & Sotanaphun, 2006; Alonso, 2020). Donde se ha demostrado que dicha actividad biológica se le atribuye a su componente activo: la curcumina (Kocaadam & Şanlıer, 2017).

No obstante, diversas investigaciones han reportado adulteraciones del producto por almidones de bajo costo (como almidón de mandioca o arroz), polvos minerales (como tiza) o colorantes sintéticos (amarillo matanil), lo cual no solo conlleva un fraude económico, sino también pone en riesgo la seguridad del consumidor (You et al., 2022). Esta problemática se ve agravada por la ausencia de marcos regulatorios específicos en muchos países, incluyendo Argentina, donde el Código Alimentario Argentino (CAA, 2025) no establece parámetros definidos para la cúrcuma comercializada como polvo.

Ante este escenario, surge la necesidad de aplicar metodologías de análisis para verificar la calidad del polvo seco comercializado como cúrcuma. En particular, las técnicas farmacognósticas ofrecen herramientas valiosas: la micrografía óptica que nos permite la identificación de los elementos botánicos del rizoma (células parenquimáticas, vasos, gránulos de almidón, idioblastos secretor, trucomas) (Juvatkar, s.f.; Sun, Tang & Li, 2023). Asimismo, la cromatografía en capa delgada



(TLC), la cual nos permite detectar la presencia de compuestos característicos del rizoma de *Cúrcuma spp.*, los curcuminoides, comparando el perfil químico de las muestras en estudio con un patrón de referencia (Agência Nacional de Vigilância Sanitária [ANVISA], 2024; Sgariglia, Soberón, Sampietro, & Vattuone, 2010).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la calidad de diferentes muestras en polvo de cúrcuma comercializadas en la ciudad de Posadas, Misiones. Se aplicó de manera conjunta el examen microscópico y el análisis cromatográfico (TLC) a fin de verificar la pureza y autenticidad de dichas muestras. La combinación de estas técnicas complementarias permitió detectar adulteraciones tanto a nivel estructural (micrografía) como a nivel de perfil químico, proporcionando una evaluación integral de la calidad botánica de la cúrcuma comercializada localmente.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar la calidad y la autenticidad de muestras comerciales de polvo de cúrcuma (*Curcuma spp.*) comercializadas en la ciudad de Posadas, Misiones, mediante el uso de métodos farmacobotánicos, con el fin de detectar posibles adulteraciones.

2.2 Objetivo específico

- ✓ Adquirir y acondicionar las muestras comerciales en polvo, rotuladas como “curcuma”
- ✓ Realizar el examen micrográfico cualitativo estructural y anatómico de los polvos de *Cúrcuma spp.*
- ✓ Analizar las muestras en polvo de *Cúrcuma spp.* mediante cromatografía en capa delgada (TLC).
- ✓ Contrastar los hallazgos microscópicos y cromatográficos de las muestras con referencias bibliográficas y patrones genuinos.

2.3 Hipótesis

Si las muestras en polvo de *Cúrcuma spp.* obtenidas en la ciudad de Posadas, Misiones, presentan evidencia de adulteración, entonces se podría proponer más rigurosidad en los controles.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Uso de plantas medicinales

Desde tiempos inmemoriales, la humanidad ha utilizado una serie de conocimientos, técnicas y prácticas basadas en teorías, creencias y experiencias propias de diferentes culturas y religiones, explicables o no, con el fin de la prevención, el mantenimiento de la salud y tratamiento de enfermedades físicas o mentales (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). Dentro de estas prácticas tradicionales, se distinguen dos enfoques principales: la medicina popular, que se basa en el tratamiento espiritual y herbarios, y la medicina herbaria, que se centra específicamente en el uso de hierbas con fines medicinales (Rodrigo R, 2024.). Es importante mencionar que la OMS las reconoce como medicinas complementarias, alternativas, no ortodoxas o no convencionales (Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, s.f.).

Las plantas medicinales constituyen la primera herramienta que se utilizó para aliviar las dolencias del hombre, constituyen la base fundamental de estos sistemas terapéuticos (Alonso Osorio, s.f.). La actividad biológica de las plantas, se ha demostrado con diversos estudios, se relaciona principalmente con los metabolitos secundarios presentes en ellas, entre los que se destacan polifenoles, terpenos, alcaloides, entre otros (González Mera, González Falcón, & Morera Córdova, 2019).

Para comprender mejor, es necesario diferenciar dos conceptos clave: se denomina *droga vegetal* a la parte de la planta medicinal utilizada en terapéutica, mientras que los *principios activos* son las sustancias químicas o sus mezclas responsables de la acción farmacológica y que, por tanto, se emplean con fines terapéuticos. (Farmacopea Argentina 7ma ed. [FA 7ma ed.], 2013).

3.2 La cúrcuma (*Cúrcuma spp.*)

Descripción botánica y taxonómica

La cúrcuma (*Cúrcuma spp.*) es una planta herbácea, perenne, erecta, frondosa, perteneciente a la familia Zingiberaceae (véase la Tabla 1 para la clasificación taxonómica completa de *Cúrcuma longa* L.), que contiene aproximadamente 80 especies (Yang, et al. 2021).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Cúrcuma longa* L.

Subreino: Tracheobionta

Sub-división: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Subclase: Zingiberidae

Orden: Zingiberales

Familia: Zingiberaceae

Género: *Cúrcuma*

Especie: *longa*

Nombre científico: *Cúrcuma longa*.

Fuente: Shivkanya et al., 2022.

Se le conoce como cúrcuma común, cúrcuma, azafrán indio, cúrcuma de raíces largas, cúrcuma larga o Jengibre amarillo (Espinosa-Plascencia & Bermúdez-Almada, 2022).

Puede medir hasta un metro de altura, presenta hojas largas, lanceoladas y pecioladas con un color verde uniforme (Figura 1.A). Al ser un triploide estéril por lo tanto es poco frecuente que florezca, pero cuando lo hace, se observan flores agrupadas en brácteas, sin semillas. El rizoma es tuberoso, con piel áspera y segmentada de color marrón amarillento en el exterior, y un interior de color naranja, (Figura 1.B y 1.C). El rizoma primario es ovoide o piriforme mientras, que el secundario es más cilíndrico; estos últimos los que contienen más materia colorante amarilla, observado en la Figura 1.B. (Evans, 2002; Prasad & Aggarwal, 2011; Saiz de Cos, 2014)



Figura 1. A: Cultivo de *Cúrcuma longa* L., se observa sus hojas lanceoladas y con peciolo. Fuente: (Garden Cultura, s.f.). **B:** Rizomas de *Cúrcuma longa* L. unidas a la planta madre, de color marrón en el exterior, con tonalidades amarillo-marrón claras en sus extremos. Se observan ramificaciones secundarias. Fuente: (Garden Cultura, s.f.). **C:** Rizoma de *Cúrcuma longa* L., con corte transversal que revela un tejido interno de coloración amarillo intenso, característico del género. Cúrcuma en polvo, obtenido por molienda del rizoma seco. Fuente: (Campos, 2022)

En la monografía de *Curcuma longa* (2001) destaca la importancia de la cúrcuma en Asia, India, China y otros países con el clima tropical y subtropical, donde la raíz seca o fresca se utiliza como colorante alimenticio, así como también en la medicina tradicional ayurvédica y china para el tratamiento de flatulencias, ictericia, enfermedades dermatológicas, dificultades menstruales, hematuria, en casos de hemorragia y cólicos, además de como diurético y hepatoprotector (Sumiyoshi, & Kimura, 2009).

En la actualidad, la cúrcuma ha sido objeto de múltiples estudios, en los cuales se ha podido comprobar su actividad antiinflamatoria, antiangiogénica, antioxidante, cicatrizante y anticancerígena (Clapé Laffita & Alfonso Castillo, 2012; Sriphong, Phatthanawiwat, & Sotanaphun, 2006). Dicha actividad biológica se le atribuye a su componente activo: la curcumina (Kocaadam, & Şanlıer, 2017).

Las investigaciones más recientes también han demostrado que la cúrcuma presenta efectos prometedores en el tratamiento de enfermedades metabólicas como la diabetes mellitus, al reducir los niveles de glucosa en sangre, mejorar la sensibilidad a la insulina y proteger órganos blanco, como el hígado, los riñones y el páncreas del estrés oxidativo y la inflamación (Karlłowicz-Bodalska, et. al., 2017).

3.2.1 Composición química de Cúrcuma (*Cúrcuma spp.*)

El rizoma seco de cúrcuma (*Cúrcuma spp.*) se caracteriza por su elevado contenido de compuestos fenólicos, entre los cuales destaca la curcumina, principal polifenol curcuminóide presente en *Curcuma spp.* Esta molécula se acompaña de otros compuestos de estructura similar, como la demetoxicurcumina y la bisdemetoxicurcumina, que en conjunto forman el complejo conocido como azafrán indio o jengibre amarillo. Se puede observar la estructura de la curcumina y sus compuestos que lo acompañan en la figura 2 (Alvis, Arrazola, & Martínez, 2012).

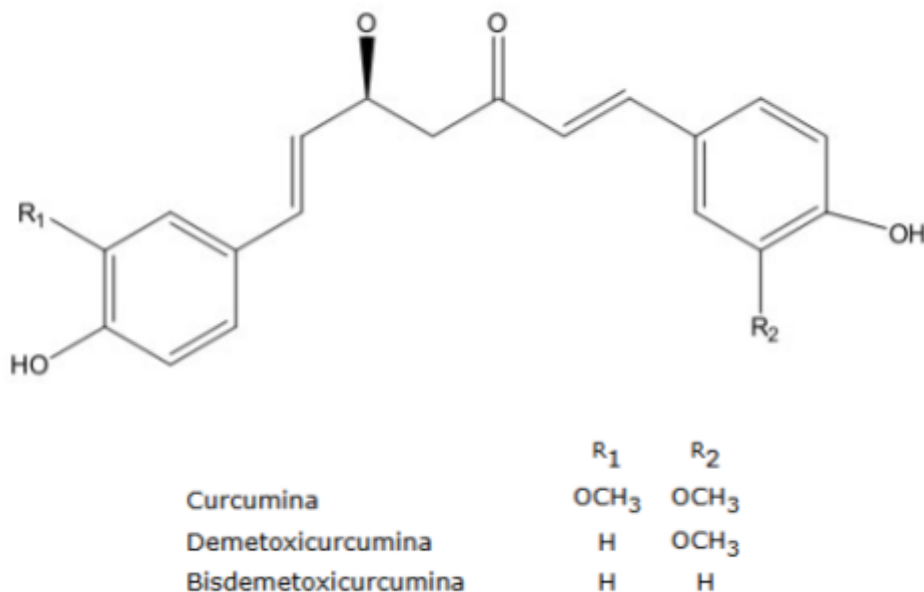


Figura 2. Estructura de los principales curcuminoides del extracto *Cúrcuma longa*. L.

Fuente: Alvis, Arrazola, & Martínez, (2012).

Asimismo, se identifica un aceite esencial abundante en sesquiterpenos (turmerona, atlantona y curcumenol), monoterpenos (borneol, alcanfor, terpineno, entre otros), además hidrocarburos terpénicos (felandreno, sabineno, cineol y tumerol) (Clapé Laffita & Alfonso Castillo, 2012).

3.3 Adulteración de la *Cúrcuma spp.*

La raíz constituye uno de los ingredientes botánicos más populares utilizados y comercializados como suplemento dietético, componente en la medicina herbal y condimento especiado, tanto en humanos como en animales.

A menudo se vende en forma de extracto seco o polvo de raíz, lo que la hace susceptible a contaminación y adulteración con ingredientes con tamaño y apariencia similar de partículas (You et al., 2022). Como se menciona en la Farmacopea Brasileña 7.^a ed (2024) podemos encontrar en el polvo células parenquimatosas repletas de granos de almidón y granos de almidón aislados y/o agrupados entre otros elementos pertenecientes al rizoma. Sin embargo, estudios anteriores han demostrado que a la cúrcuma en polvo la reemplazan o mezclan con compuestos minerales como el polvo de tiza y tintes o almidones de menor costo, como de mandioca, arroz, entre otros. Estos últimos pueden diferenciarse fácilmente mediante un análisis microscópico.

Este tipo de adulteración es motivada por intereses económicos, debido a que generan enormes ganancias financieras al disminuir los costos de producción y, en algunos casos, permite ofrecer productos más baratos.

Sin embargo, el problema recae en que algunas adulteraciones no solo influyen en el coste, sino que representan un riesgo para la salud. Por ejemplo, se encontró polvo de cúrcuma contaminada con cromato de plomo, lo cual ocasionó casos documentados de envenenamiento con plomo. Además, se demostró que utilizan comúnmente como adulterante el amarillo de matanil (colorante azoico amarillo), donde su consumo se ha asociado con problemas de neurotoxicidad (You et al., 2022).

3.4 Autenticidad y adulteración de drogas vegetales: Control de calidad

Como se ha mencionado, el uso de plantas medicinales se extiende hasta la actualidad, destacando en los últimos años la *Cúrcuma spp.* por sus diversas actividades farmacológicas, en especial por su actividad antiinflamatoria.

Esto ha causado preocupación por los productos naturales vendidos a granel que pueden afectar la salud de la población cuando se desconoce su composición. Por ello, encontramos la necesidad de realizar un estudio donde se pueda proporcionar dicha información a los consumidores. (Sales Melo et al., 2021)

En este contexto, el fraude alimentario se puede definir como cualquier intervención en alimentos, tales como dilución, sustitución, falsificación, encubrimiento, etc., afectando así su calidad y seguridad. La causa principal del fraude suele ser económico, ya que los adulterantes utilizados tienen bajo costo o se emplean sustancias químicas para enmascarar la calidad del producto (Beas, Escobar, Gras & Ronco, 2022; Platonova, 2024).

Se considera que unos 49 mil millones de dólares es el costo global anual que tiene el fraude alimentario, y cerca del 10% de los productos comprados presentan algún tipo de adulteración. Esto es más frecuente en la producción de especias, donde las prácticas higiénico-sanitarias y el control del proceso son más limitadas y precarias, favoreciendo la contaminación con materiales extraños o, de forma intencional, el uso de materiales de aspecto similar pero más económicas con el objetivo de incrementar las ganancias. (Sales Melo et al., 2021)

Las especias en polvo son más propensas a la adulteración, debido a que el proceso de molienda se obtiene una estructura más fina y homogénea, lo que facilita la mezcla con adulterantes sin que sea evidente a simple vista. Por ello, resulta fundamental implementar métodos analíticos específicos y complementarios que permitan detectar estas adulteraciones de manera efectiva y garantizar la autenticidad del producto. En este estudio se emplea el análisis microscópico que permite la identificación morfológica de adulterantes y se complementa con la cromatografía, que corrobora la presencia de principios activos y compuestos característicos de la especie. De esta forma, no solo se busca proteger al consumidor de posibles riesgos sanitarios, sino que también busca preservar la integridad de productos con reconocido potencial medicinal. (Bouzabata, 2015; Sriphong, Phatthanawiwat, & Sotanaphun, 2006)

3.5 Métodos de detección de adulteraciones de la *Cúrcuma* spp.

3.5.1 Análisis micrográfico

El análisis micrográfico constituye un método fundamental para identificar componentes de drogas vegetales y el origen de materiales biológicos, empleando para ello materiales de referencia estándar (Tokumoto, et al., 2018). Esta técnica representa una de las herramientas analíticas más confiables y convenientes para

la verificación de calidad de la droga, permitiendo la caracterización de elementos botánicos que confirmen la autenticidad del material vegetal, especialmente en el reconocimiento de especies descritas en farmacopeas y literaturas especializadas (Patel et al., 2017).

También facilita la evaluación de pureza y detección sistemática de adulterantes mediante el examen de características histológicas específicas, empleando reactivos de tinción y técnicas de preparación que permiten la visualización diferencial de estructuras celulares y sus componentes. Esto hace que sea una metodología valiosa en el control de drogas pulverizadas (Juvatkar, s. f.; Sun, Tang & Li, 2023).

3.5.2 Análisis cromatográfico (TLC)

La cromatografía es un método que nos permite separar sustancias mediante un proceso de migración diferencial en un sistema que comprende dos fases. Una *fase móvil* que fluye continuamente en una dirección dada, y la *fase estacionaria* que permanece fija. La separación se lleva a cabo mediante diferentes mecanismos, como adsorción, disolución y partición, filtración y permeación o tamices moleculares, intercambio iónico. (FA 7ma ed., 2013)

En las diferentes técnicas aplicadas en cromatografía, tenemos la cromatografía en capa delgada (TLC). Es una técnica de cromatografía líquida, de alto rendimiento y con una gran versatilidad de aplicación en diferentes ámbitos, que suelen llevarse a cabo con el fin de autenticación y control de calidad de los medicamentos a base de plantas, hierbas alimenticias y especias, e incluyen el control forense (Kowalska & Sajewicz, 2022).

El mecanismo de separación de la TLC se basa en adsorción, donde la fase móvil se mueve por capilaridad a través de la fase estacionaria (adsorbente) aplicada como una capa fina y uniforme sobre un soporte inerte, como el vidrio, plástico o lámina de aluminio (Quiroga, 2023). El adsorbente está constituido por una capa uniforme y delgada de un material finamente pulverizado que puede ser de origen mineral (gel de sílice, alúmina, etc) u orgánico (celulosa, poliamidas, etc). Mientras que la fase móvil está compuesta por mezclas de solventes orgánicos o soluciones acuosas según su monografía. Además, se requiere de una cámara cromatográfica de material inerte y transparente con la cubeta de fondo plano, una

tapa que cierre herméticamente y permita la saturación del ambiente con los vapores de la fase móvil y un adecuado tamaño para las placas (FA 7ma ed., 2013).

En el caso de que los compuestos separados no sean coloridos (pigmentos), es necesario revelar la posición de los mismos, para ello existen dos tipos de métodos:

- Método químico: consiste en provocar una reacción química entre un reactivo revelador y los compuestos de la placa para formar complejos coloreados.
- Métodos físicos: se utiliza para compuestos que absorben entre 254-365 nm; en este caso, se añade al adsorbente un indicador fluorescente, de tal forma que, al exponer a la placa bajo la lámpara ultravioleta, se revele la posición del compuesto. (Méndez, Peñieres Carrillo & Ortega Jiménez, 2023)

Posterior a que las placas hayan secado, se identifica la posición de cada molécula y se mide la distancia recorrida. Se expresa el factor de retención o valor R_f para cada una de las moléculas y se compara con la identificación de las moléculas con el R_f estándar. El R_f se calcula dividiendo la distancia que recorre un soluto por la distancia que recorre el solvente, según la relación establecida en (1). Obteniendo un número entre 0 y 1 que representa al R_f . Este valor se ve afectado por varios factores, como: el tipo de fase estacionaria, la polaridad del solvente, la temperatura y concentración de solvente (Mahadevarao Premnath, & Zubair, 2024; Nichols, s.f.).

Ecuación 1. Cálculo del factor de retención (R_f) en cromatografía en capa delgada.

$$R_f = \frac{\text{Distancia recorrida por el soluto}}{\text{Distancia recorrida por el frente del solvente}}$$

De esta forma, se logra separar mediante cromatografía los componentes y, a su vez, permite detectarlos con mayor especificidad y de manera inequívoca (Sgariglia, Soberón, Sampietro & Vattuone, 2010).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Justificación de la metodología de trabajo

Este trabajo adopta un enfoque experimental de carácter descriptivo-analítico, con un componente cualitativo predominante, orientado a la detección e identificación de constituyentes específicos en las muestras objeto de estudio. El propósito es determinar la presencia de adulterantes y evaluar la autenticidad del material comercial disponible.

Dado que se evalúa un número limitado de muestras (3 muestras comerciales), se optó por una aproximación descriptiva individual que permite caracterizar cada unidad, prescindiendo de análisis estadísticos, que requerirían de un tamaño muestral mayor para generar conclusiones válidas.

4.2. Materiales

4.2.1. Muestras analizadas

Con el objetivo de evaluar la calidad del polvo de cúrcuma disponible en el mercado, se adquirieron tres muestras provenientes de diferentes establecimientos de la ciudad de Posadas, Misiones.

Se utilizaron dos materiales de referencia: el extracto seco de cúrcuma (3:1) (Parafarm) con Certificado de Análisis (CoA) como patrón estándar para análisis comparativos, y el rizoma fresco de *Cúrcuma spp.*, identificado y seccionado, destinado para el análisis farmacobotánico.

Las muestras fueron codificadas según se detalla en la Tabla 2 para facilitar su identificación durante el análisis:

Tabla 2. Muestras seleccionadas y codificadas.

Tipo de muestra		Código asignado		Procedencia
Rizoma	Fresco	de	Muestra fresca	<i>Cúrcuma spp.</i>

Extracto seco de cúrcuma 3:1 (Figura 3.A)	Material de referencia/patrón	Droguería Saporiti
Muestra de cúrcuma en polvo 1 (Figura 3.B)	M ₁	Herboristería y dietética “Hogar”
Muestra de cúrcuma en polvo 2 (Figura 3.C)	M ₂	Dietética “Grandiet”
Muestra de cúrcuma en polvo 3 (Figura 3.D)	M ₃	Mercado Modelo “La Placita”

Debemos destacar que cada una de ellas se conservó en su envase original a temperatura ambiente, en lugar seco, hasta el momento de su análisis.

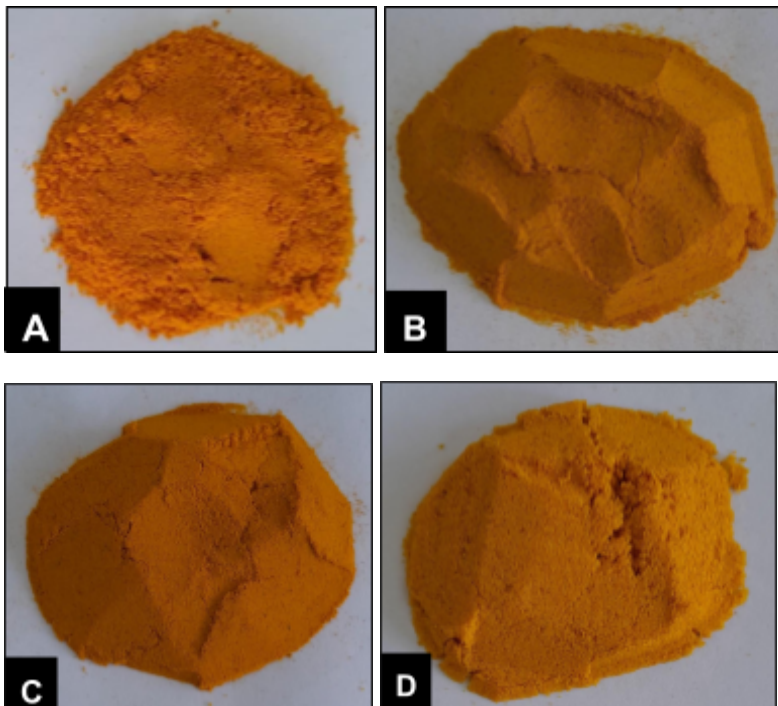


Figura 3. A: Patrón. B: Muestra en polvo M₁. C: Muestra en polvo M₂. D: Muestra en polvo M₃. Fuente: Autor.

4.2.2. Equipos, reactivos y materiales

Equipos principales:

- Microscopio óptico binocular, provisto de objetivos de 4x, 10x, 40x y 100x, apto para observaciones de diversos rangos
- Sistema de cromatografía en capa delgada (TLC) compuesto por cámara de desarrollo de vidrio con tapa, pipetas capilares para la aplicación de muestras y lámpara ultravioleta de doble longitud de onda (265/365 nm), marca CAMAG®, destinada a la visualización de compuestos fluorescentes

Reactivos y solventes:

- **Solución de Lugol:** solución de yoduro de potasio y yodo que tiñe selectivamente los gránulos de almidón, permitiendo la identificación del almidón perteneciente a la cúrcuma y sus posibles agregados como agentes adulterantes (Martín-Sánchez, Martín-Sánchez & Pinto, 2013).
- **Hidrato cloral:** clarificante, la observación microscópica se torna más clara y se obtiene una imagen más detallada (ANVISA, 2024).
- **Safranina:** este colorante tiñe los tejidos lignificados y estructuras celulares, como los núcleos, que permite identificar vasos conductores y células esclerenquimáticas. (Bond, Donaldson, Hill y Hitchcock, 2008).
- **Azul de toluidina:** es un colorante metacromático que diferencia componentes químicos intracelulares, permitiendo la observación de paredes con lignina, ácidos nucleicos y compuestos fenólicos (Sridharan y Shankar, 2012).
- **Fase móvil:** cloroformo, etanol y ácido acético (95:5:0,5).
- **Metanol (MeOH):** solvente de extracción.
- **Agua destilada y etanol 70 %:** para realizar la limpieza de los materiales necesarios y para diluir.

Materiales de Vidrio y accesorios:

- Portaobjetos y cubreobjetos de vidrio.
- Frascos de vidrio con tapón de goma para la extracción.
- Pipetas Pasteur de vidrio (Pasteur pipettes).

- Varillas de agitación.
- Placas de cromatografía en capa delgada de Sílica Gel Whatman AISil G ®, cortadas según la necesidad.
- Capilares de aplicación, utilizadas para la aplicación de volúmenes controlados en la placa.
- Lápiz grafito HB, utilizado para marcar las líneas guía en las placas de TLC.
- Guantes descartables de nitrilo, gafas de seguridad y barbijos (EPP utilizados durante la manipulación de solventes, reactivos y reveladores).

Documentación y resultados: para la captura de imágenes microscópicas se empleó una cámara digital integrada al microscopio, conectada a un ordenador. Asimismo, se utilizó una cámara fotográfica digital de 12 megapíxeles para el registro de apariencia macroscópica de las muestras, así como de las placas cromatográficas reveladas.

Cabe destacar que, previo al inicio de las actividades experimentales, todos los equipos fueron debidamente calibrados o sometidos a revisión, con el fin de garantizar su correcto funcionamiento. En el caso del sistema de cromatografía, se verificó la uniformidad en la migración de las fases móviles mediante el empleo de una muestra de prueba. Para el microscopio, se utilizó preparados de control para realizar el ajuste.

También debe destacarse que los reactivos de revelado se prepararon el mismo día del experimento para preservar su eficacia.

En la tabla 3, se listan todos los materiales empleados, agrupados según la técnica aplicada.

Tabla 3. Técnica y Materiales utilizados

Técnica	Materiales
Observación	<ul style="list-style-type: none">• Gillette.• Placas de Petri.
Microscópica Directa	<ul style="list-style-type: none">• Microscopio con lentes de 4X, 10X y 40X.• Portaobjetos y cubreobjetos.

	<ul style="list-style-type: none">● Hipoclorito de sodio, agua, hidrato de cloral
Tinción de las Muestras	<ul style="list-style-type: none">● Safranina● Azul de Toluidina● Lugol
Cromatografía en Capa Delgada	<ul style="list-style-type: none">● Balanza analítica Denver Instrument APX-200®● Viales de vidrio con tapón de goma● Agitador mecánico AMC 20®● Metanol● Placas de Petri, Espátulas metálicas● Estufa DALVO modelo B.M.R● Campana de gases● Cámara de cromatografía● Fase estacionaria: Silicagel Whatman AISil G®● Fase móvil: Tolueno: acetato de etilo
Revelador	<ol style="list-style-type: none">1. Anisaldehído sulfúrico al 10%2. UV-Vis3. UV 365

4.3. Técnicas y procedimientos

4.3.1. Observación microscópica directa

Con el propósito de reconocer los elementos histológicos característicos del rizoma de la *Cúrcuma spp.*, se realizaron diferentes cortes transversales a mano alzada del rizoma. De esta forma, se registraron sus estructuras como referencia comparativa. Los cortes se montaron inicialmente con agua para observar su estructura al estado natural; posteriormente, fueron sometidos a tratamiento de decoloración y tinción con el fin de mejorar la visualización de elementos específicos, como se indica más adelante (Evans, 2002).

Las observaciones se realizaron con microscopio óptico de campo claro, siguiendo los protocolos estándar de histología vegetal. Se inició el análisis con un objetivo de 4x para obtener una visión preliminar, y continuando con objetivos de mayor aumento (10 x y 40 x) para examinar detalles finos, como los gránulos de almidón y las células vegetales que lo caracterizan. Durante el procedimiento se ajustaron el diafragma, la iluminación y el contraste, optimizando resolución a medida que se cambiaba de aumento.

1. **Montaje con agua:** para poder observar las estructuras en su forma natural, sin alteraciones, se utilizó agua en primera instancia. Sin embargo, debido al alto contenido celular y la presencia de material coloreado, no fue posible una visualización clara, por lo cual se procedió al uso del hipoclorito de sodio.
2. **Montaje con hipoclorito de sodio:** se remojaron los cortes en una solución de hipoclorito de sodio al 50% el tiempo necesario para eliminación de los compuestos mencionados con anterioridad, obteniendo un corte decolorado. Posteriormente se lavó con agua para eliminar el excedente de la solución y se llevó a cabo la observación (FA 7ma ed., 2013; Evans, 2002). De esta forma se distinguieron elementos botánicos con mayor claridad.
3. **Montaje con solución de lugol:** como se explicó anteriormente, el lugol tiñe selectivamente los gránulos de almidón, permitiendo la identificación de las células que contienen almidones.
4. **Montaje con safranina:** este colorante tiñó a los tejidos lignificados y estructuras celulares, como los núcleos, que permitió identificar vasos conductores y células esclerenquimáticas. (Bond, Donaldson, Hill & Hitchcock, 2008)
5. **Montaje con azul de toluidina:** es un colorante metacromático que diferencia componentes químicos intracelulares, que permitió la observación de paredes con lignina, ácidos nucleicos y compuestos fenólicos (Pradhan Mitra y Loqué, 2014).

4.3.1. Observación microscópica directa del polvo

Una vez reconocidas las estructuras histológicas del rizoma, se procedió a la observación con el microscopio óptico las diferentes muestras del polvo seco de *Cúrcuma spp.* obtenidas, tomando como referencia los elementos histológicos de la *Cúrcuma spp.* descritos en la Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024).

Se empleó una pequeña cantidad de cada muestra y se montó entre un portaobjeto y un cubreobjeto limpio, para facilitar la observación y evitar desplazamientos del material durante el procedimiento. Para observar las estructuras en su estado natural (sin modificar sus componentes químicos) y realizar una primera observación, las muestras se montaron en agua.

4.3.2. Tinción de las muestras

Con el objeto de resaltar detalles anatómicos específicos, el patrón y las muestras M_1 , M_2 y M_3 fueron sometidos al procedimiento ya descrito, esta vez utilizando dos tipos de montaje: hidrato cloral (clorhidrato) y solución de lugol.

4.3.3. Cromatografía de capa delgada (TLC)

Como método de separación e identificación de las curcuminas (curcumina, demetoxicurcumina, bisdemetoxicurcumina), sustancias características de *Cúrcuma spp.*, se utilizó cromatografía en capa delgada.

Para confirmar la presencia de curcuminoides, se prepararon extractos metanólicos de las muestras en polvo de *Cúrcuma spp.* (M_1 , M_2 , M_3) y del extracto seco de cúrcuma (patrón) (Figura 4).

Se pesaron $0,500 \text{ g} \pm 0,001 \text{ g}$ de las muestras y del patrón, los materiales se transfirieron a viales limpios de vidrio, incorporando 5 mL de metanol (MeOH) como solvente extractor. Los viales se taparon y sometieron a agitación mecánica constante mediante el agitador magnético por un lapso de 30 minutos a temperatura ambiente, con el fin de favorecer la disolución de los compuestos solubles, principalmente curcuminas. Transcurrido el tiempo, se dejó reposar y, acto seguido, los extractos se aplicaron en la placa cromatográfica, según lo indica la Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024).

Se preparó la fase móvil (Figura 4.A) mezclando cloroformo, etanol y ácido acético en la proporción de (95:5:0,5), obteniendo un volumen final de 10 ml, suficiente para efectuar la corrida cromatográfica.

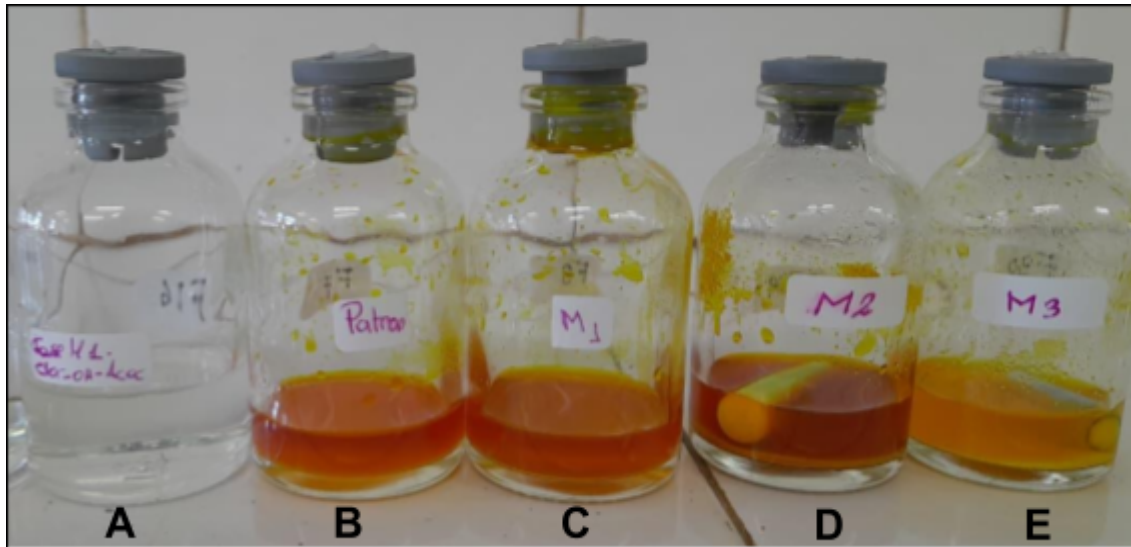


Figura 4. A: Fase móvil 1 (cloroformo:etanol:ácido acético, 95:5:0,5). **B:** Extracto metanólico del patrón. **C:** Extracto metanólico de M_1 . **D:** Extracto metanólico de M_2 . **E:** Extracto metanólico de M_3 .

Fuente: Autor.

Como soporte se empleó una placa de sílice GF (5 cm de ancho x 7 cm de alto). Se trazó una línea a 1 cm del borde inferior y en los laterales de la placa, realizando la siembra con una micropipeta de vidrio, aplicando 10 μ L de cada extracto sobre las líneas guía dejando una distancia mínima 1 cm entre cada aplicación. El orden fue, de izquierda a derecha: Patrón (extracto seco de Cúrcuma), M_1 , M_2 y M_3 . Cada punto se aplicó cuatro veces consecutivas, permitiendo el secado entre aplicaciones, con el fin de acumular la cantidad requerida de material (Figura 5) (FA 7ma ed., 2013).



Figura 5. Placa cromatográfica con aplicación de muestra y estándares, previa al desarrollo. Se observa la línea de siembra sobre la fase estacionaria (gel de sílice GF).

Fuente: Autor

Se dispuso de la cámara con suficiente volumen de la fase móvil para obtener una capa de 1 cm de altura (Figura 6). La cámara se cerró durante 15 minutos con el fin de conseguir un ambiente saturado con los vapores de la fase móvil.

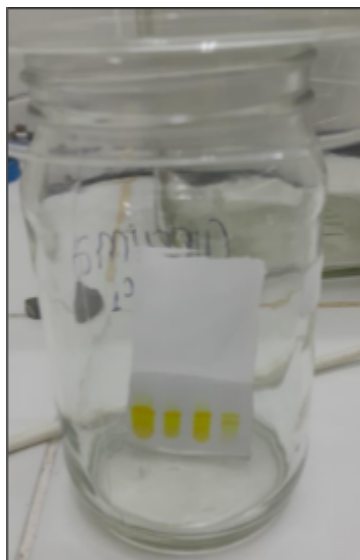


Figura 6. Cámara cromatográfica con placa de CCF en proceso de desarrollo. Se observa la fase móvil ascendiendo por capilaridad sobre la fase estacionaria.

Fuente: Autor.

Con la placa seca se introdujo en la cámara, asegurando el contacto con la fase móvil. El desarrollo se realizó con las cámaras cerradas, deteniendo la elución

cuando el frente del solvente recorrió aproximadamente tres cuartos de la longitud de la placa. El proceso tuvo una duración cercana a los 10 minutos.

En ese momento, las placas fueron retiradas, se marcó con suavidad la posición alcanzada por el frente del solvente y se dejaron secar al aire en un ambiente ventilado. Se observó una coloración amarilla en las trayectorias recorridas por los distintos extractos, destacando el contenido de pigmentos del rizoma (ver figura 7).

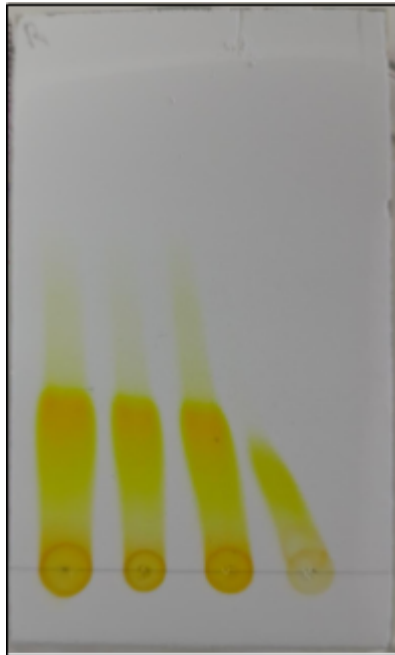


Figura 7. Placa de cromatografía en capa fina (TLC) con visualización directa de compuestos, sin aplicación de agentes reveladores.

Fuente: Autor.

Cabe aclarar que el procedimiento se realizó bajo campana de gases, debido a la presencia de vapores tóxicos provenientes de la fase móvil.

Para la evaluación del cromatograma, según lo plantea la Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024), se procedió a la observación bajo radiación UV (356 nm). Se observaron tres manchas verde fluorescente, cuyos valores de referencia esperados fueron:

- **Bisdemetoxicurcumina:** $R_f \approx 0,4$ (tercio inferior de la placa)
- **Demetoxicurcumina:** $R_f \approx 0,6$ (parte media de la placa)

- **Curcumina:** $R_f \approx 0,7$ (tercio superior de la placa)

Una identificación positiva requiere de la presencia de las tres bandas características con valores de R_f coincidentes con los patrones de referencia.

V. RESULTADOS

5.1. Análisis macroscópico de las muestras

Para realizar el análisis macroscópico, se utilizó como punto de referencia el extracto seco de cúrcuma 3:1, que presenta un color amarillo brillante, intenso y homogéneo. Posee un aroma suave, con notas similares al jengibre, sabor picante y levemente amargo, y una textura de polvo suelto (Figura 8.A). Cabe destacar que, al tratarse de un extracto concentrado, sus propiedades organolépticas resultaron más pronunciadas que las esperadas en polvos comerciales.

En contraste, las muestras comerciales (Figura 8) se describen de la siguiente forma:

- M_1 : Color amarillo ligeramente atenuado, aroma y textura similares al estándar, pero con menor intensidad gustativa.
- M_2 : Propiedades organolépticas intermedias entre M_1 y el estándar, manteniendo características próximas a la referencia.
- M_3 : Color y aroma considerablemente más tenues, incluso que M_1 . Sabor notablemente más suave.

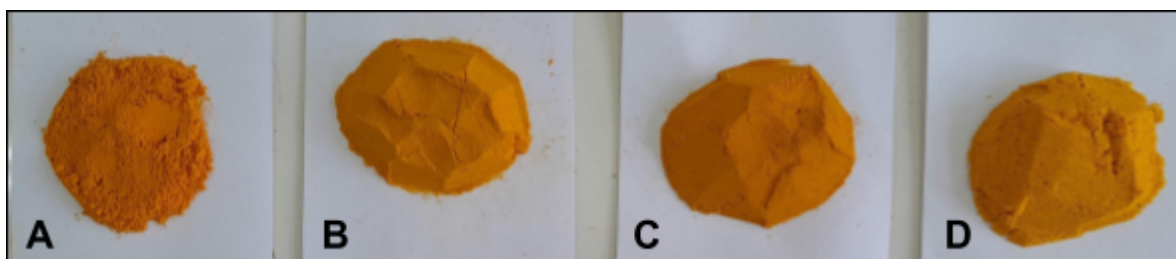


Figura 8. **A:** Patrón - extracto seco de Cúrcuma 3:1. **B:** Muestra 1. **C:** Muestra 2. **D:** Muestra 3.

Fuente: Autor.

Las observaciones realizadas indican que M_2 presenta mayor semejanza con el patrón de referencia, tanto en intensidad de su color como por su aroma, aunque ligeramente en menor grado. En cambio, M_1 y M_3 exhiben tonalidades más claras y aromas atenuados, que podría indicar la presencia de materiales inertes de bajo costo.

5.2. Análisis microscópico

El análisis microscópico de los cortes transversales del rizoma *Cúrcuma spp.* nos permitió identificar sus estructuras anatómicas características y sus gránulos de almidón, de esta forma se establecieron los criterios diagnósticos para el reconocimiento en las muestras pulverizadas y poder diferenciar los gránulos no pertenecientes al rizoma. En los cortes se diferenciaron claramente la epidermis, el córtex parenquimático y el cilindro central con haces vasculares bien desarrollados.

Tanto el parénquima cortical como el del cilindro central estuvieron constituidos por células parenquimáticas de reserva, observando una mayor cantidad de gránulos de almidón en el córtex (Figura 9.A).

En la figura 10.B se distingue la epidermis, el súber con algunas gotas lipídicas y el parénquima cortical. Se observaron idioblastos secretores de aceite, con mayor cantidad en el cilindro central que en el córtex, constituidos por una célula secretora central de forma circular conteniendo una prominente gota amarilla, rodeada radialmente por células parenquimáticas especializadas (Figura 9.A y 10.A). También se reveló la presencia de células especializadas que contenían compuestos fenólicos (figura 11:B) y células parenquimáticas conteniendo gotas lipídicas aisladas (Figura 11.A).

La tinción de toluidine reveló la presencia de haces vasculares lignificados, correspondiente al xilema, y alrededor ella, sin presentar tinción por carecer de lignificación, se identificó el floema en concordancia con su posición anatómica (Figura 9.B).

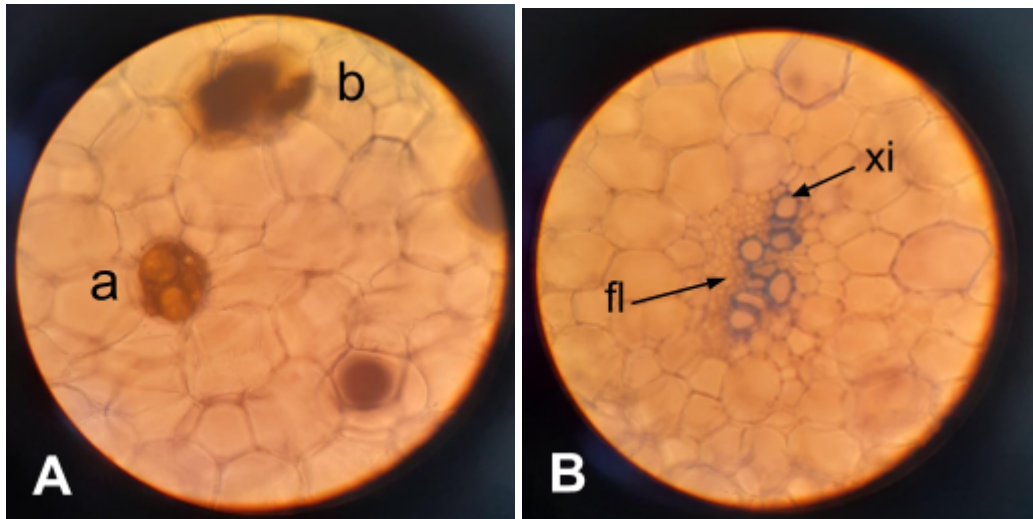


Figura 9. Micrografía óptica en campo claro (40×) corte transversal del rizoma fresco de *Cúrcuma* spp. **A:** Tinción con Azul de Toluidina. (a) parénquima de reserva conteniendo gránulos de almidón; (b) idioblasto secretor. **B:** Tinción con Azul de Toluidina. Haz vascular: (xi) xilema lignificado teñido (azul intenso), (fl) floema no teñido, visible por su disposición.

Fuente: Autor.

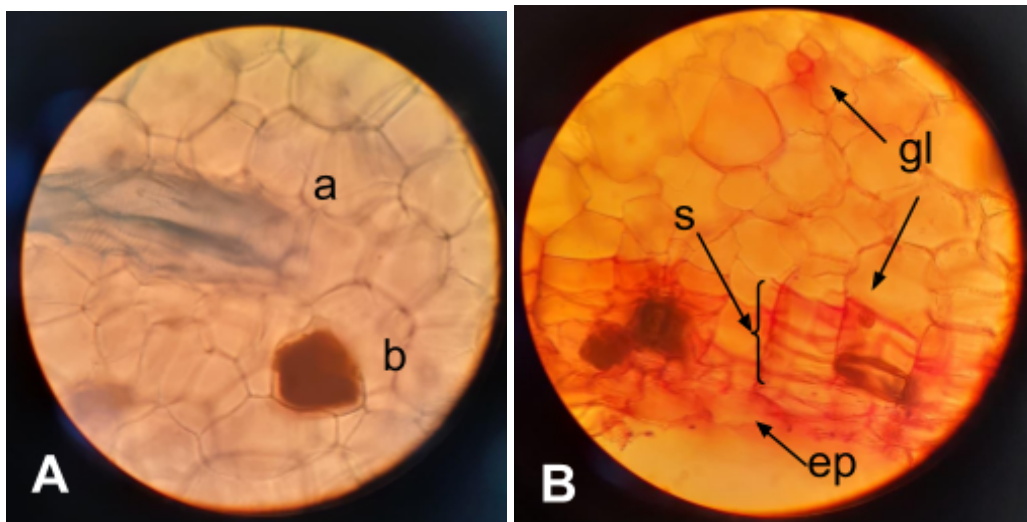
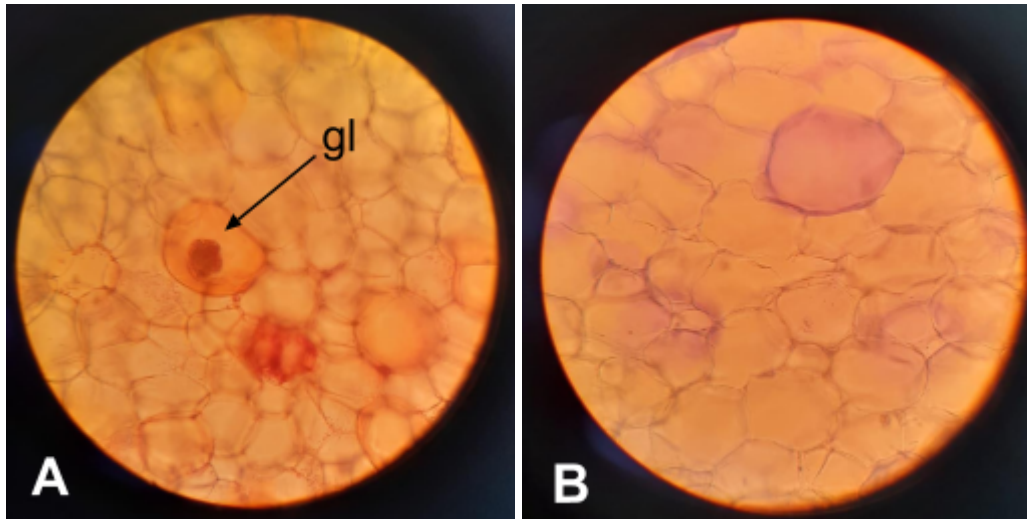


Figura 10. Micrografía óptica en campo claro (40×) corte transversal del rizoma fresco de *Cúrcuma* spp. **A:** (a) Xilema lignificado evidenciado por tinción con azul de toluidina en corte longitudinal; (b) idioblasto secretor. **B:** Tinción con Safranina. (ep) Epidermis, (s) súber y (gl) gotas lipídicas.

Fuente: Autor.



*Figura 11. Micrografía óptica en campo claro (40×) corte transversal del rizoma fresco de *Cúrcuma* spp. **A:** Tinción con Safranina. Célula parenquimática individual con gota lipídica aislada. **B:** Célula con contenido fenólico teñido con azul de toluidina.*

Fuente: Autor.

Estándar:

El análisis micrográfico del extracto de cúrcuma reveló la presencia de elementos botánicos característicos, como fragmentos epidérmicos con tricomas unicelulares, células parenquimatosas agrupadas y aisladas (figura 12.A).

Además, para corroborar que el estándar utilizado no se encuentre contaminado, se aplicó solución de lugol como reactivo específico para la detección de almidón. Como era de esperarse, no evidenció estructuras amiláceas, lo cual puede indicar ausencia de contaminación (Figura 13.A y 13.B).

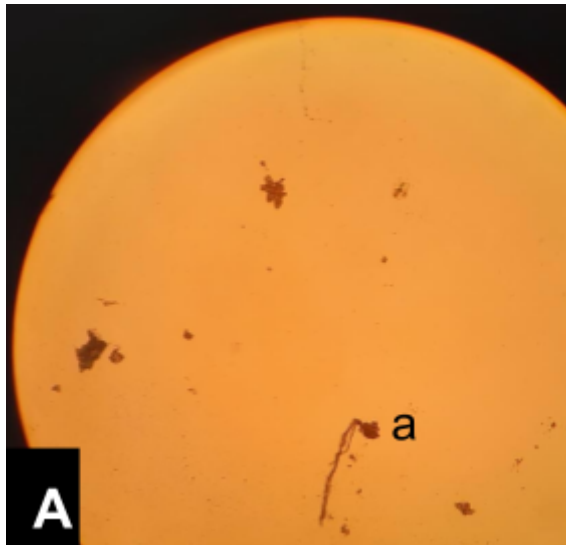


Figura 12. Micrografía óptica en campo claro. A: Montaje con hidrato cloral (4x). (a) célula epidérmica con tricoma simple, también se observan células parenquimáticas aisladas y agrupadas.

Fuente: Autor.

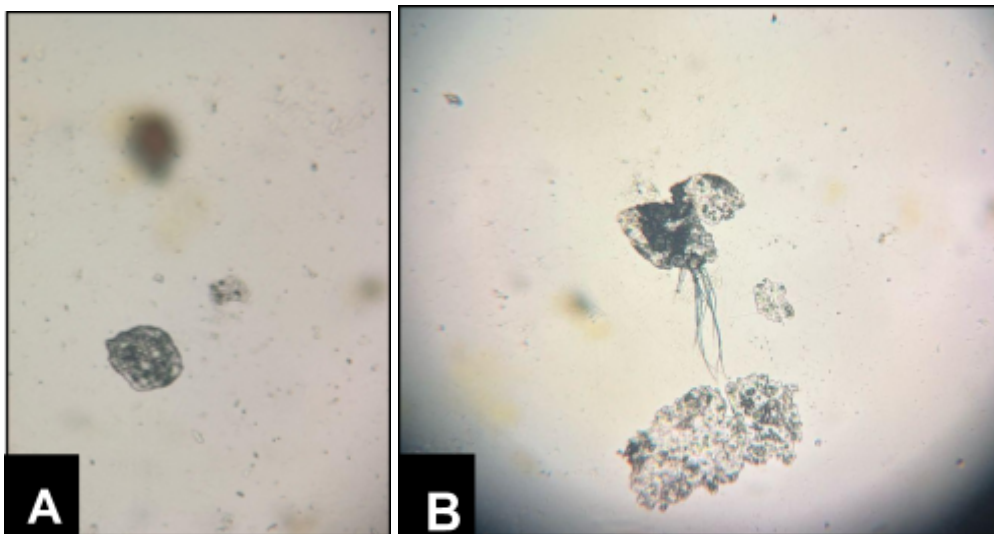


Figura 13. Micrografía óptica en campo claro. A: Montaje con solución de Lugol (10x). No se observa presencia de estructuras teñidas. B: Montaje con solución de Lugol (10x). células epidérmicas con tricomas simples.

Fuente: Autor.

Muestra 1:

En la M_1 , se identificaron elementos botánicos característicos de *Cúrcuma spp.* que podemos observar en la figura 14, tales como: vasos aislados, células parenquimatosas simples, fragmentos epidérmicos y del córtex.

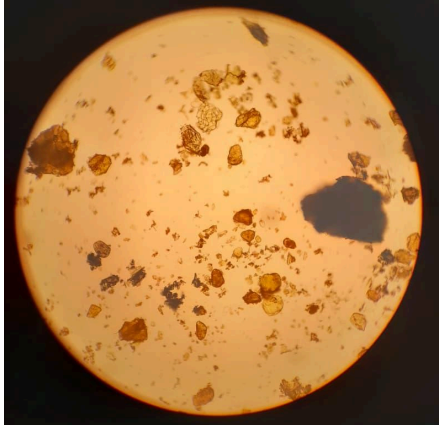


Figura 14. Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en agua. Los elementos que se observan son: célula parenquimatosa simple; porción de elemento de vaso aislado, con espesamiento helicoidal, en sección longitudinal; fragmento epidérmico y del córtex (vista frontal). Fuente: Autor.

Como se mencionó, en la figura 15.A se identificó una célula parenquimatosa de reserva conteniendo gránulos de almidón teñido por la solución de Lugol. Estos granos presentan formas variadas con laminación bien definida e hilo excéntrico, características que concuerdan con las descripciones establecidas en la *Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024)*. Además reveló la presencia abundante de estructuras que reaccionaron positivamente con la solución de Lugol, confirmando que son granos de almidón simple de morfología irregularmente alargada (Figura 16.A).

Al comparar morfológicamente las estructuras de almidón observadas, se constató que las presentes en la figura 16.A no corresponden al almidón característico del rizoma. En cambio, muestran mayor similitud con los granos de almidón de papa (Figura 16.B), según las características descritas en la *Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024)*.

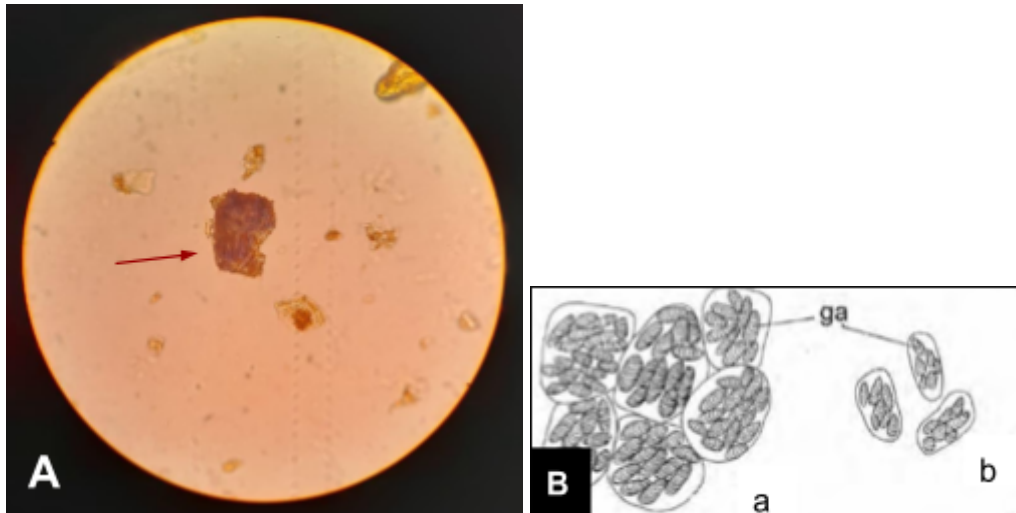


Figura 15. **A:** Micrografía óptica en campo claro (40×), con montaje de solución de Lugol. Célula parenquimatosa de reserva observada en M_1 , conteniendo gránulos de almidón teñidos con solución de lugol. Fuente: Autor. **B:** Representación esquemática de células parenquimatosas de reserva agrupadas (a) y aisladas (b), conteniendo gránulos de almidón de *Cúrcuma* spp.

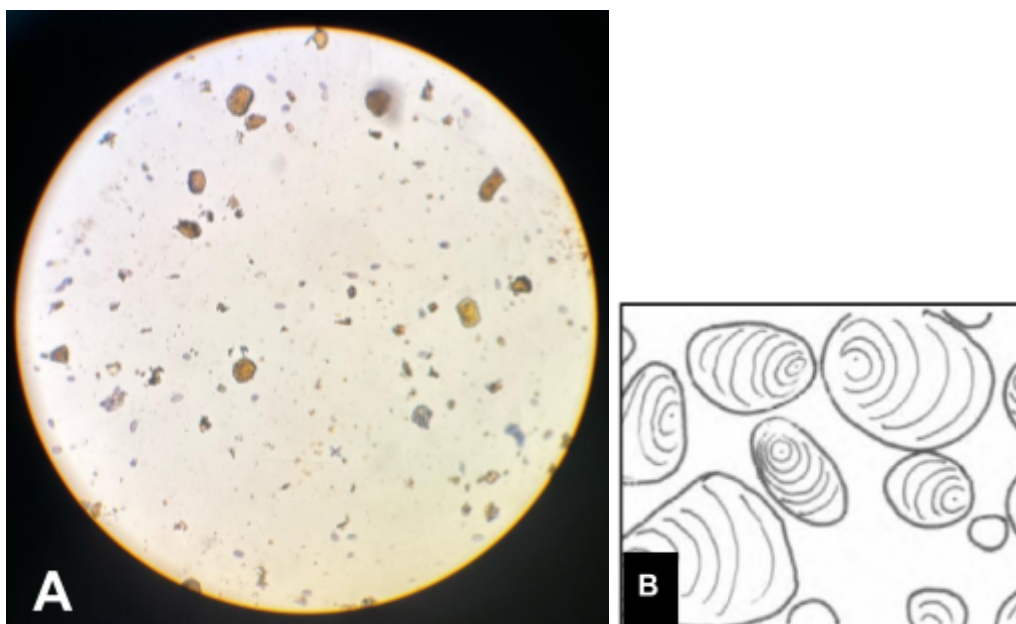


Figura 16. **A:** Micrografía óptica en campo claro (40×), con montaje de solución de Lugol. Gránulos de almidón simple teñidos con solución de Lugol, con morfología irregularmente alargadas observados en M_1 . Fuente: Autor. **B:** Representación esquemática de los granos de almidón de papa (*Solanum tuberosum* L., Solanaceae) según Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024)..

Muestra 2:

En la M₂ se observaron células parenquimáticas aisladas o agrupadas, algunas de reserva, que contenían granos de almidón o gotas lipídicas. También se observó la porción de elemento de vaso aislado con espesamiento helicoidal, fragmentos de epidermis y del córtex con una gota lipídica (figura 17).

Al teñir la muestra con lugol, se reveló la presencia de gránulos de almidón con morfología distinta a la de la cúrcuma (Figura 18.A). Se observaron que poseen un tamaño mayor, con una forma poliédrica, de contorno poco anguloso, irregularmente redondeado, siendo ovoides o piriforme, los cuales se asemejan a los granos de almidón de maíz (figura 18.B) (ANVISA; 2024).

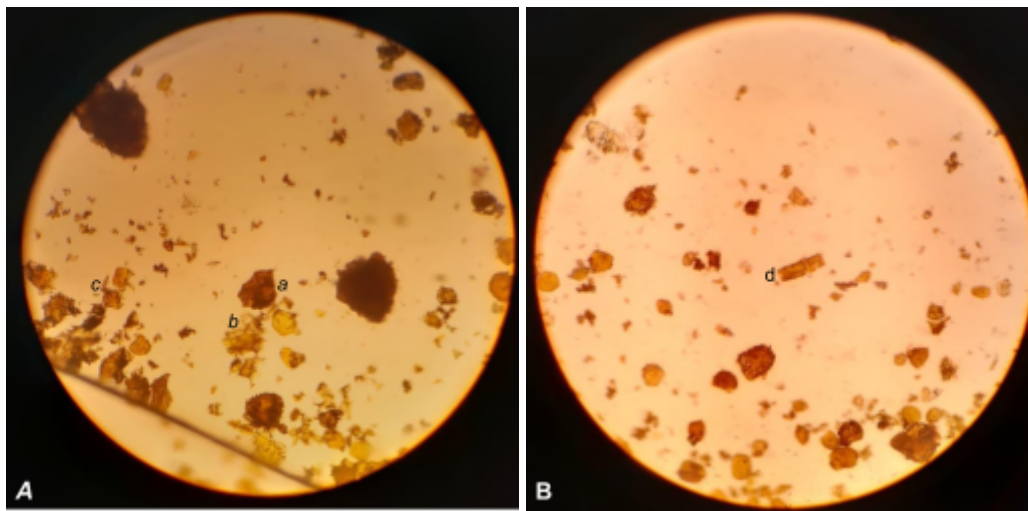


Figura 17. Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en agua. Se observan: A: a.células parenquimatosas aisladas; b. fragmentos de epidermis y córtex, una gota lipídica; c. un tricoma unicelular adherido al tejido epidérmico. B: d. un elemento de vaso con espesamiento helicoidal.

Fuente: Autor.

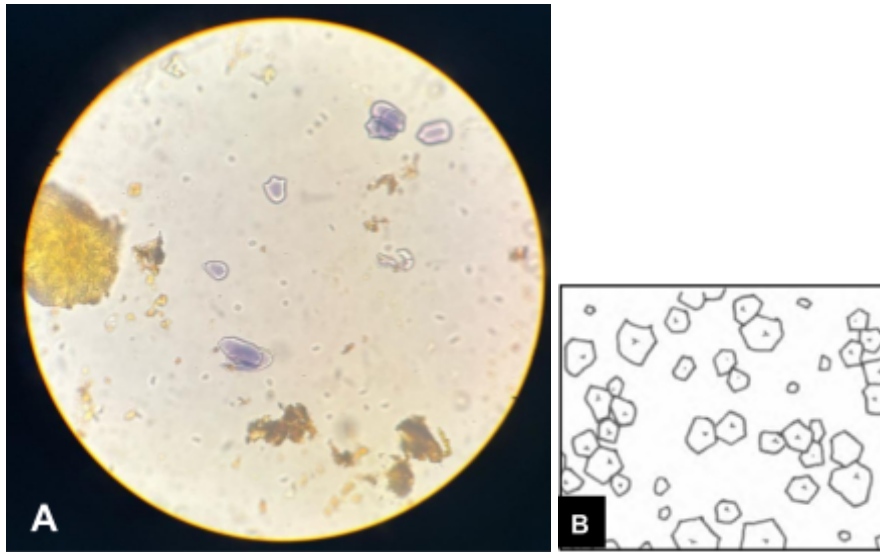


Figura 18. A: Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en solución de lugol. Se observan granos de almidón con coloración azulada característica. Fuente: autor. B: Representación esquemática de los granos de almidón de Zea mays según Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024).

Muestra 3:

Por su parte, M₃ presenta gránulos de almidón con morfología y tamaño diferentes a los característicos de la cúrcuma. Se observan granos pequeños, poliédricos, reunidos en grupos aparentemente sin hilo visible (Figura 20.B). Esta morfología contrasta marcadamente con los gránulos característicos de la cúrcuma y resulta semejante al almidón del arroz (Figura 20.C).

Además, si comparamos con las observaciones realizadas en M₁ y M₂ que mostraban abundantes estructuras anatómicas de la raíz, mientras que en M₃ predominaron las estructuras de almidón (Figura 19).

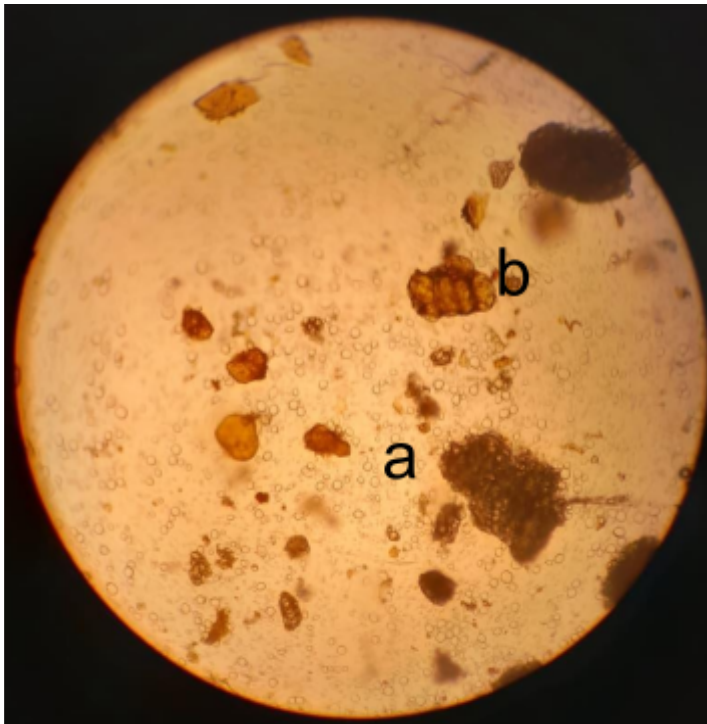
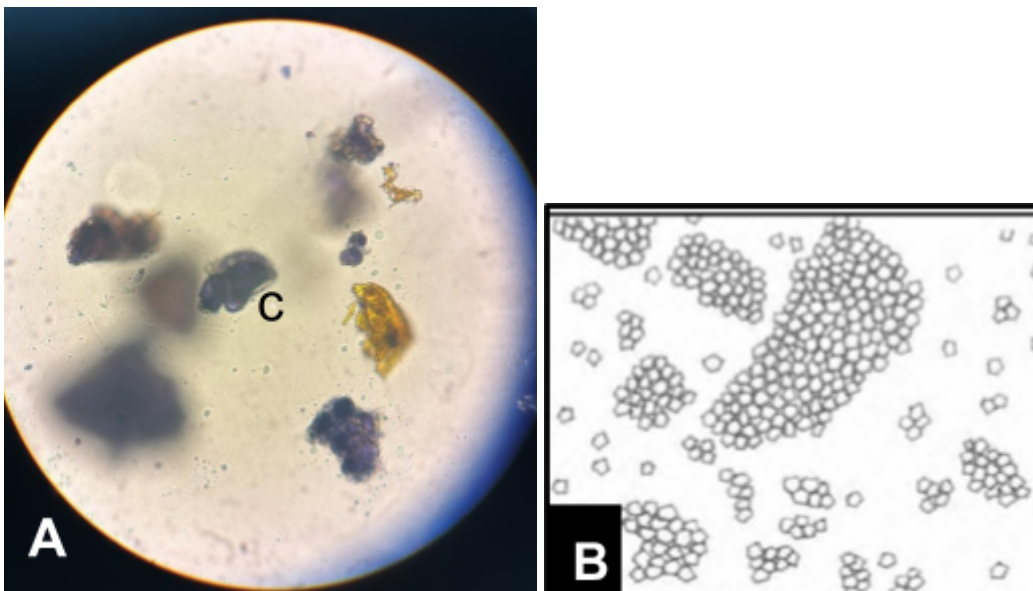


Figura 19. A: Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en agua. Se observa (a) agrupación de células muy pequeñas, junto con (b) células parenquimatosas aisladas y agrupadas.

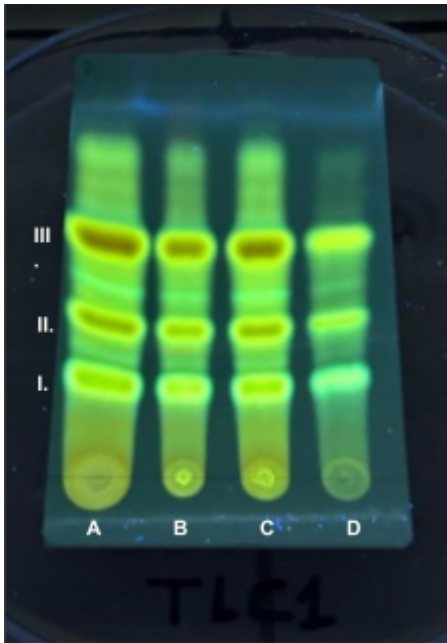
Fuente: autor



*Figura 20. A: Micrografía óptica en campo claro (10×), con montaje en solución de lugol. Las células pequeñas presentan tinción azulada (c), indicativa de la presencia de almidón. Fuente: autor. B: Representación esquemática de los granos de almidón de *Oryza sativa* según Farmacopea Brasileña, 7.^a ed. (2024).*

5.3. Análisis cromatográfico (TLC)

El cromatograma se visualizó bajo radiación UV (365 nm) según especificaciones de la Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024). El patrón de referencia mostró tres manchas verdes fluorescentes (Figura 21.I, II y III) con valores de Rf característicos:



*Figura 21. Revelado bajo lámpara UV (365nm) del cromatograma en capa fina (TLC) obtenido con fase móvil 1. Se observa la corrida correspondiente a: **A:** estándar; **B:** Muestra M1; **C:** Muestra M2 y **D:** Muestra M3. Las manchas visibles bajo luz UV a 365 nm corresponden a curcumina, demetoxicurcumina y bidetoxicurcumina.*

***I.** Bisdemetoxicurcumina; **II.** Demetoxicurcumina; **III.** Curcumina.*

Fuente: Autor.

Se calculó el valor de R_f una sola vez para las manchas observadas en M_1 y M_2 (Figura 21.B y 21.C), dado que ambas coincidieron en la distancia de migración sobre la placa cromatográfica:

$$R_f = \frac{2,2 \text{ cm}}{6,2 \text{ cm}} = 0,35 \approx 0,4$$

$$R_f = \frac{3 \text{ cm}}{6,2 \text{ cm}} = 0,48 \approx 0,5$$

$$R_f = \frac{4,3 \text{ cm}}{6,2 \text{ cm}} = 0,69 \approx 0,7$$

En cuanto a M_3 y el patrón de referencia (Figura 21.A y 21.D), se observó una leve inclinación en la trayectoria de ambos, lo cual podría haberse debido a un defecto técnico (por ejemplo, la falta de hermeticidad de la cámara). No obstante, se consideró que dicha desviación no afectó significativamente la interpretación cualitativa. Se midió la distancia recorrida desde el centro de cada mancha y, tomando el mismo criterio del cálculo anterior, se utilizaron las mismas distancias, obteniéndose el mismo R_f para ambas:

$$R_f = \frac{2,3 \text{ cm}}{6,3 \text{ cm}} = 0,37 \approx 0,4$$

$$R_f = \frac{3,1 \text{ cm}}{6,3 \text{ cm}} = 0,49 \approx 0,5$$

$$R_f = \frac{4,4 \text{ cm}}{6,3 \text{ cm}} = 0,7$$

Las tres muestras analizadas presentaron el perfil cromatográfico esperado, con factores de retención coincidentes con los compuestos de referencia, a excepción de M_1 y M_2 , que mostraron una ligera desviación. En ambas se obtuvo un valor de R_f (0,5), levemente inferior al valor de referencia (0,6).

Además, se observó que en M_1 las bandas se localizaron en las posiciones correctas, pero con una intensidad cromática ligeramente atenuada respecto al patrón. En el caso de M_2 el perfil resultó prácticamente idéntico al estándar, con bandas bien definidas e intensidad comparable. Por su parte, M_3 presentó las tres bandas características, pero con intensidad considerablemente reducida en comparación con el patrón.

VI. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mediante el análisis macroscópico, microscópico y cromatográfico confirmaron la hipótesis planteada. Las tres muestras comerciales analizadas mostraron adulteración con almidones exógenos de bajo costo, confirmando la problemática de fraude comercial y la deficiencia en los controles de calidad en el mercado.

Las propiedades organolépticas atenuadas observadas en las muestras en el análisis macroscópico, especialmente la disminución del color amarillo característico y la reducción en la intensidad aromática, constituyeron los primeros indicadores de adulteración. La atenuación de estas características se correlacionó con la dilución de los curcuminoides (compuestos responsables de las propiedades mencionadas) mediante la adición de materiales inertes de bajo costo.

Entre los adulterantes más comunes encontrados en muestras analizadas de cúrcuma en polvo se encontró el almidón, dado que no presenta propiedades terapéuticas (es inerte), tiene bajo costo y aporta volumen; de esta forma se diluyó la cantidad del rizoma, disminuyendo los costos de producción. Esto se confirmó mediante el análisis micrográfico, que reveló la presencia de gránulos de almidón con estructuras incompatibles con *Cúrcuma spp.*, en las tres muestras analizadas:

- **M₁** presentó gránulos de almidón irregularmente alargados característicos de *Solanum tuberosum* (papa).
- **M₂** mostró gránulos poliédricos de mayor tamaño, descripción compatible con el almidón de *Zea mays* (maíz).
- **M₃** exhibió predominancia de gránulos pequeños, poliédricos y agrupados, característicos de *Oryza sativa* (arroz), cuyo grado de adulteración fue más evidente debido a la reducción de estructuras anatómicas del rizoma.

Estos hallazgos son consistentes con el trabajo realizado por Melo et al. (2021) quienes analizaron diez muestras de polvo de cúrcuma comercializadas en las ciudades de Campina Grande y Pocinhos (Paraíba). En este estudio, detectaron adulteración con almidón mediante la adición de solución de lugol, obteniendo una reacción positiva en cuatro de las diez muestras analizadas. Si bien emplearon una metodología diferente (prueba química vs. análisis microscópico), ambos estudios confirmaron la presencia de almidón como adulterante común en productos

comerciales de cúrcuma en polvo. Esto evidenció que la práctica fraudulenta no se limita a una región específica, sino que constituye un problema más generalizado en el mercado.

El análisis cualitativo por cromatografía en capa delgada (TLC) permitió identificar las posiciones de las manchas correspondientes a los compuestos de interés, obteniendo valores de R_f acordes a lo establecido en Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024), con excepción de las muestras M1 y M2, cuyo valor obtenido fue de (0,5), levemente inferior al valor de referencia (0,6). Sin embargo, al comparar el cromatograma obtenido con el estudio realizado por Sen, Mohanty y Vuppu (2017), quienes emplearon TLC para confirmar la presencia de curcuminoides, se observó una alta similitud en la disposición de las bandas. Por lo tanto, se consideró que el cromatograma obtenido en este análisis confirmó la presencia de los tres curcuminoides principales: curcumina, demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina, lo cual evidenció variaciones en la intensidad de las bandas.

Si bien estos resultados obtenidos por TLC nos aseguraron la presencia de compuestos activos, no permitieron establecer la calidad integral del producto, debido a que la técnica no evidenció adulterantes, como los almidones exógenos, que fueron detectados por microscopía. En este sentido, la complementariedad entre técnicas resultó esencial: el TLC aportó información sobre principios activos, pero debió contrastarse con estudios micrográficos para evaluar la calidad del producto.

Este estudio evidenció una problemática a nivel comercial. La adulteración con almidones de bajo costo constituyó un fraude económico directo, donde los consumidores pagaban por cúrcuma en polvo puro, pero recibían un producto diluido con materiales inertes. Esto podría generar riesgos a la salud ante personas con alergias alimentarias específicas, aumentar el riesgo de contaminación cruzada, y conllevar a una disminución del valor biológico y pérdida de confianza ante el producto.

Un aspecto relevante que emergió de este estudio fue la carencia de marcos regulatorios específicos en el Código Alimentario Argentino para la cúrcuma comercializada como polvo individual. Aunque la normativa contempla el rizoma deshidratado y su incorporación en preparaciones como el curry, no establece

parámetros definidos respecto a las proporciones o tipos de almidones que podrían considerarse aceptables. Adicionalmente, la práctica comercial de venta a granel, frecuentemente sin etiquetado adecuado ni sistemas de trazabilidad, propiciaba condiciones favorables para la adulteración y complicaba los procesos de control de calidad. La detección de almidones no declarados en las muestras pudo haber estado directamente relacionada con la ausencia de normativas específicas, lo que subrayó la necesidad de desarrollar criterios reglamentarios que aseguraran la autenticidad de productos vegetales en polvo.

6.1 Limitaciones del estudio

El presente estudio presentó varias limitaciones metodológicas. En primer lugar, sólo se pudo obtener muestras de polvo a granel fraccionadas, sin incluir productos de cúrcuma en polvo envasados industrialmente con etiquetado comercial completo, en los cuales se especifica que el único ingrediente es la cúrcuma en polvo; ya que los mismos, presentaban una baja disponibilidad al momento de la obtención del producto en la ciudad de Posadas.

Hubiera sido ideal evaluar la posibilidad de un mayor tamaño de muestra y asegurar la inclusión de productos industrializados envasados, lo cual habría permitido una caracterización más completa y representativa del panorama de calidad de cúrcuma en polvo disponible.

Por otro lado, los análisis realizados fueron exclusivamente cualitativos, por lo que no fue posible establecer el porcentaje o cantidad exacta de almidón exógeno presente en cada muestra, y con ello la evaluación de la magnitud de la adulteración.

El estudio se centró en la detección de almidones exógenos y la identificación de elementos botánicos. No obstante, en trabajos futuros se podría abordar otros estudios, como la propuesta por Sen, Mohanty y Vuppu (2017), quienes evaluaron la presencia cromato de plomo la adulterante y establecieron que los adulterantes más comunes junto con el almidón fueron la tiza (carbonato de calcio) y colorantes como amarillo metanilo y anilina, que pueden ser detectados mediante reacciones químicas.



Otra de las limitaciones fue la falta de timol como sustancia de referencia para realizar la segunda corrida cromatográfica indicada en la Farmacopea Brasileña 7.^a ed. (2024), utilizada para verificar la pureza mediante la presencia de zingibereno ($R_f = 0,8$) y otros timoles. Asimismo, este compuesto debía emplearse como control negativo, dado que indicaba la ausencia de contaminación cruzada o adulteración.

VII. CONCLUSIÓN

El presente estudio de control de calidad realizado sobre muestras de cúrcuma en polvo comercializadas en establecimientos locales de la ciudad de Posadas, mediante análisis macroscópico, microscópico y cromatográfico, dejó en evidencia que la calidad botánica de las muestras se encontraba comprometida por la dilución de los materiales vegetales ajenos a la especie. Esto se evidenció con los resultados, que demostraron diferencias significativas tanto en su aspecto físico como en la composición interna, ya que las tres muestras presentaron agregados de almidones exógenos con morfologías diferentes en el análisis microscópico. La técnica de TLC confirmó la presencia de curcuminoides en todas las muestras, aunque con variaciones en intensidad de las bandas. No obstante, el TLC no permitió detectar adulterantes, lo que puso en manifiesto la necesidad de aplicar metodologías complementarias.

La ausencia de regulación específica sobre cúrcuma en polvo en el Código Alimentario Argentino, junto con la comercialización informal del producto, planteó un riesgo para la calidad y salud del consumidor. Se recomienda establecer criterios normativos que contemplen la autenticidad botánica, la composición química y los límites aceptables de almidones y otros compuestos exógenos.

Como perspectiva futura, se plantea la necesidad de ampliar el tamaño muestral, considerando otros puntos de venta e incorporar productos de cúrcuma en polvo envasados industrialmente, con el objetivo de estimar la prevalencia de adulteración. Asimismo, sería adecuado abordar la detección de otros adulterantes inorgánicos y colorantes sintéticos mediante reacciones químicas específicas. Estos enfoques permitirían comprender la magnitud del problema, obtener un diagnóstico más preciso, y aportar herramientas concretas para fortalecer el control de calidad del producto.

Referencias:

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). (2013). *Farmacopea Argentina* (7^a ed.). Ministerio de Salud de la Nación. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/farmacopea-argentina/libro>
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). (2023). *Segundo suplemento de la Farmacopea Argentina: Actualizaciones de los volúmenes II, III y IV de la séptima edición*. Disposición 10593/2023. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/disposicion-10593-2023-3943>
[12](#)
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). *Farmacopeia Brasileira 7^a edição: volume II - Plantas medicinais - versão RDC nº 940/2024*.
- Alonso Osorio, M. J. (s. f.). ¿Qué es la fitoterapia?. *Colegio de Farmacéuticos de Barcelona*. Recuperado el 22 de julio de 2025, de <https://www.farmaceuticonline.com/es/fitoterapia-plantas-medicinales/>
- Alvis, A., Arrazola, G., & Martínez, W. (2012). Evaluación de la actividad y el potencial antioxidante de extractos hidro-alcohólicos de cúrcuma (*Cúrcuma longa*). *Información Tecnológica*, 23(2), 11–18. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642012000200003&script=sci_arttext
- Beas, S., Escobar, N., Gras, N., & Ronco, A. M. (2022, 26 de septiembre). Adulteración y fraude alimentario: Una perspectiva global. *Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile*. Recuperado el 19 de agosto de 2025, de <https://inta.uchile.cl/noticias/201097/adulteracion-y-fraude-alimentario-una-perspectiva-global>
- Bond, J., Donaldson, L., Hill, S. y Hitchcock, K. (2008). Tinción fluorescente de safrana de las paredes de las células de madera. *Bioteconia e histoquímica*, 83(3-4), 161–171. <https://doi.org/10.1080/10520290802373354>

- Bouzabata, A. (2015). Microscopic analysis of *Curcuma longa* L. using multivariate test. *International Journal of Pharmacognosy*, 2(4), 173–177. https://www.researchgate.net/publication/279996120_Microscopic_analysis_of_Curcuma_longa_L_using_multivariate_test
- Bruneton, J. (1993). *Farmacognosia: Fitoquímica. Plantas medicinales* (Á. Villar del Fresno, E. Carretero Accame & M. Rebuerta Lizabe, Trads., 2ª ed.). Editorial ACRIBIA, S.A.
- Campos, L. (2022, 1 de julio). Cúrcuma la poderosa planta medicinal. *Fitoterapia campos*. Recuperado el 21 de agosto de 2025 de <https://fitoterapiacampos.com/curcuma-la-poderosa-planta-medicinal/>
- Clapé Laffita, O., & Alfonso Castillo, A. (2012). Avances en la caracterización farmacotóxica de la planta medicinal *Curcuma longa* Linn. *MEDISAN*, 16(1), 1–10. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192012000100013
- Código Alimentario Argentino [CAA]. (2025). Capítulo VII – Especies, condimentos y productos afines. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). http://anmat.gov.ar/codigoa/Capitulo_VII.pdf
- Cúrcuma longa* (cúrcuma). Monografía. (2001). *Alternative Medicine Review*, 6 Supl, S62–S66. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11591174/>
- Espinosa-Plascencia, A., & Bermúdez-Almada, M. del C. (2022). Conociendo la cúrcuma (*Curcuma longa* L.) y sus propiedades beneficiosas para la salud. *Revista de Alimentación y Ciencia de los Alimentos*, 3(3). Recuperado el 2 de agosto de 2025, de <https://alimentacionycienciadelosalimentos.cucba.udg.mx/index.php/RAYCA/article/view/5>
- Evans, W. C. (2002). *Trease y Evans farmacognosia* (13ª ed., J. Cabo Torres, Trad.). Interamericana McGraw-Hill.
- Garden Cultura. (s.f.). Cúrcuma. Recuperado el 21 de agosto de 2025 de <https://www.gardencultura.com/huerta-y-huerto/curcuma/>

- González Mera, I. F., González Falcón, D. E., & Morera Córdova, V. (2019). Secondary metabolites in plants: Main classes, phytochemical analysis and pharmacological activities. *Revista Bionatura*, 4(4), 11–20. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2019.04.04.11>
- Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (s. f.). *Medicina tradicional*. Recuperado el 22 de julio de 2025, de <https://www.incmnsz.mx/opencms/contenido/investigacion/comiteEtica/medicin>
- Juvatkar, P. (s. f.). *Evaluation of crude drug: Microscopic evaluation* [Presentación de diapositivas]. Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/evaluation-of-crude-drug-microscopic-evaluation/251354553>
- Karłowicz-Bodalska, K., Han, S., Freier, J., Smolenski, M. y Bodalska, A. (2017). *Curcuma longa* como hierba medicinal en el tratamiento de complicaciones diabéticas. *Acta poloniae pharmaceutica*, 74(2), 605–610. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29624265/>
- Khajeh Pour, S., Blanton, C., Ghimire, B., & Aghazadeh-Habashi, A. (2023). *Desarrollo de un método LC-MS/MS rápido, sensible y selectivo para cuantificar los niveles de curcumina en orina humana sana: Efecto de la pimienta sobre la biodisponibilidad de la curcumina*. *Food Science & Nutrition*, 11(12), 7732–7741. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3691>
- Kocaadam, B., & Şanlıer, N. (2017). Curcumin, an active component of turmeric (*Curcuma longa*), and its effects on health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(13), 2889–2895. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1077195>
- Kowalska, T., & Sajewicz, M. (2022). Thin-Layer Chromatography (TLC) in the Screening of Botanicals-Its Versatile Potential and Selected Applications. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(19), 6607. <https://doi.org/10.3390/molecules27196607>
- Mahadevarao Premnath, S., & Zubair, M. (2024). Cromatografía. En StatPearls. Publicación StatPearls. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38261673/>

- Martín-Sánchez, M., Martín-Sánchez, M. T., & Pinto, G. (2013). Reactivo de Lugol: Historia de su descubrimiento y aplicaciones didácticas. *Educación Química*, 24(1), 31–36. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)71932-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)71932-6)
- Méndez, A. M., Peñieres Carrillo, J. G., & Ortega Jiménez, F. (2023). *Cromatografía en capa fina y columna* (monografía). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. https://ru.cuautitlan.unam.mx/retrieve/16449c20-525d-4885-8526-9b526f0e937b?utm_source=
- Melo, M. K. S., Oliveira, A. C., Silva, V. C. M., Silva, E. S., Oliveira, M. A., & Oliveira, M. E. (2021). Análise de adulteração da *Cúrcuma longa* L. em pó comercializada em Campina Grande – PB e Pocinhos -PB. *Research, Society and Development*, 10(7), e16233107308. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16233>
- Nichols, L. (s.f.). 2.3C: *El factor de retención*. *LibreTexts Química*. Recuperado el 21 de agosto de 2025, de [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_Lab_Techniques_\(Nichols\)/02%3A_Chromatography/2.03%3A_Thin_Layer_Chromatography_\(TLC\)/2.3C%3A_The_Retention_Factor](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_Lab_Techniques_(Nichols)/02%3A_Chromatography/2.03%3A_Thin_Layer_Chromatography_(TLC)/2.3C%3A_The_Retention_Factor)
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 9 de agosto del 2023. Medicina tradicional. Recuperado el 22 de julio de 2025, de <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/traditional-medicine>
- Patel, M. T., Purohit, K., & Patel, M. R. (2017). Evaluación microscópica: una herramienta esencial para la autenticación de drogas crudas. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 6(17), 1372–1386. <https://doi.org/10.20959/wjpr201717-10374>
- Platonova, M. (2024, 29 de mayo). ¿Qué es el fraude alimentario y cómo lo detectan los especialistas en ciencia nuclear? *Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)*. Recuperado el 2 de agosto de 2025, de <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-el-fraude-alimentario-y-como-lo-detectan-los-especialistas-en-ciencia-nuclear>

- Pradhan Mitra, P. y Loqué, D. (2014). Tinción histoquímica de elementos secundarios de la pared celular de *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Visualized Experiments*, (87), 51381. <https://doi.org/10.3791/51381>
- Prasad, S., & Aggarwal, B. B. (2011). Cúrcuma, la especie dorada. En I. F. Benzie & S. Wachtel-Galor (Eds.), *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. (2ª ed., cap. 13). CRC Press/National Center for Biotechnology Information. [Cúrcuma, la especia dorada - Medicina herbal - NCBI Bookshelf](#)
- Quiroga, P. (2023). Cromatografía en capa fina (TLC) [Capítulo]. SEDICI - *Repositorio Institucional UNLP*. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/150635/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?isAllowed=y&sequence=1&utm_source=
- Rodrigo, R. (2024, 25 de Julio). Medicina Tradicional: Definición, historia y ejemplos. *Estudyando*. <https://estudyando.com/medicina-tradicional-definicion-historia-y-ejemplos/>
- Saiz de Cos, P. (2014). *Cúrcuma I (Curcuma longa L.)*. En E. Pérez-Urria Carril (Tutora), *Reduca (Biología). Serie Botánica*, 7(2), 84–99. Universidad Complutense de Madrid. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/abdc6b15-a0a0-45f6-b53d-054735502289/content>
- Sales Melo, M. C. de, Rodrigues, P. de L., Melo Silva, V. C. de, Araújo Viriato, M. S. de, & Araújo, E. A. de. (2021). Adulteration analysis of *Curcuma longa L.* powder sold in Campina Grande – PB and Pocinhos – PB. *Research, Society and Development*, 10(7), e11010716233. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16233>
- Sen, A., Mohanty, P. S., & Vuppu, S. (2017). Detección de adulterantes alimentarios en polvos de chile, cúrcuma y cilantro por métodos físicos y químicos. *Revista de Investigación de Farmacia y Tecnología*, 10(9), 3057–3060. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2017.00542.X>
- Sgariglia, M. A., Soberón, J. R., Sampietro, D. A., & Vattuone, M. A. (2010). Cromatografía: conceptos y aplicaciones. *Revista Arakuku*, 2(1), 1–6.

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/75465/CONICET_Digital_Nro.3655a360-b03b-44c8-8519-bc747d073f7c_A.pdf?sequence=2

- Shivkanya, Singh, A., Kumar, A., Yadav, K., & Pandey, K. (2022, 24 de marzo). A Comprehensive Review on the Therapeutic Potential of *Curcuma longa* Linn. in Relation to its Major Active Constituent Curcumin. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 820806. <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2022.820806/full>
- Spegazzini, E. D. (2007). *La micrografía en la identidad de los vegetales*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 6(5), 165. Recuperado el 19 de agosto de 2025, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85617508015>
- Sridharan, G. y Shankar, A. A. (2012). Azul de toluidina: una revisión de su química y utilidad clínica. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 16(2), 251–255. <https://doi.org/10.4103/0973-029X.99081>
- Sriphong, L., Phatthanawiwat, P., & Sotanaphun, U. (2006). A convenient TLC method for the quality control of turmeric. *Planta Medica*, 72(3), 250. <https://doi.org/10.1055/s-2006-950005>
- Sumiyoshi, M., & Kimura, Y. (2009). Effects of a turmeric extract (*Curcuma longa*) on chronic ultraviolet B irradiation-induced skin damage in melanin-possessing hairless mice. *Phytomedicine*, 16(12), 1137–1143. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.06.003>
- Sun, S., Tang, W., & Li, B. (2023). Authentication of Single Herbal Powders Enabled by Microscopy-Guided In Situ Auto-sampling Combined with Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry. *Analytical chemistry*, 95(19), 7512–7518. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.2c05517>
- Tokumoto, H., Shimomura, H., Hakamatsuka, T., Ozeki, Y., & Goda, Y. (2018). Fluorescence Coupled with Macro and Microscopic Examinations of Morphological Phenotype Give Key Characteristics for Identification of Crude

Drugs Derived from Scorpions. *Biological & pharmaceutical bulletin*, 41(4), 510–523. <https://doi.org/10.1248/bpb.b17-00801>

Yang, J., Wang, Y., Bao, Y., Wang, J., Sun, X., Li, M., Chen, X., Zhou, H., & Cao, Y. (2021, 15 de Julio). Simiao Wan attenuates monosodium urate crystal-induced arthritis in rats through contributing to macrophage M2 polarization. *Journal of Ethnopharmacology*, volume 275. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114123>

You, H., Gershon, H., Goren, F., Xue, F., Kantowski, T., & Monheit, L. (2022). Analytical strategies to determine the labelling accuracy and economically-motivated adulteration of “natural” dietary supplements in the marketplace: Turmeric case study. *Food Chemistry*, 370, 131007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131007>

**Formulario de autorización de depósito de tesis/trabajo final integrador en la
 Comunidad Ciencias Médicas y de la Salud del RIDUNaM
 (Repositorio Institucional Digital de la UNaM)**

Por intermedio de la presente, el abajo firmante, AUTOR de la Tesis/TFI (Grado) titulada/o
**“Control de calidad farmacobotánico de muestras culinarias de Cúrcuma comercializadas
 en la ciudad de Posadas, Misiones”**

Da FE de la autoría y originalidad de la obra mencionada, que fue dirigida por Farm. López,
 María Belén. Presentada y defendida en la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y
 Naturales de la Universidad Nacional de Misiones (FCEQyN-UNaM), el (fecha) 31/10/2025,
 Acta/Expdte. N°197519 con el fin de obtener el título de FARMACÉUTICO.

Tildar según corresponda

- Tesis de Posgrado
 Doctorado Maestría Trabajo Final Integrador
 Tesis de Grado

Derechos patrimoniales

Como autor, expreso mi conformidad en cuanto a la cesión gratuita de los derechos de
 reproducción y circulación de esta obra, en forma NO EXCLUSIVA, a la FXX-UNaM. Dicha
 reproducción y circulación se podrá realizar, una o varias veces, en cualquier soporte, para
 todo el mundo, con fines sociales, educativos y científicos.





En virtud del carácter no exclusivo de esta cesión, el autor podrá reproducir y comunicar
 libremente la tesis o trabajo final integrador, a través de los medios que estime oportunos.

Condiciones de acceso en línea

- Autorizo el depósito de la tesis o trabajo final integrador en forma inmediata
 Autorizo el depósito del documento con embargo por el plazo de _____ meses a
 partir de la defensa de la misma.

Condiciones de uso de la tesis/TFI

Será puesta a disposición pública bajo las siguientes condiciones de uso:

	(BY) Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciente (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).
	(NC) No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
	(SA) Permite trabajos derivados — Siempre que se mantenga la misma licencia.
	Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual (by-nc-sa): No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Referencias:

- CC (Licencias Creative Commons).
 BY (Atribución).
 NC (No comercial).
 SA (Compartir igual).

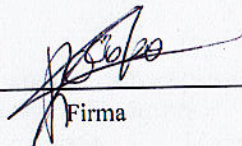
Dados personales (llenar un cuadro por cada autor)

Apellido y Nombres	Kachuk Patricia Rocío
Teléfono/Celular	3755554116
Correo electrónico	rociopatriciaak@gmail.com

Apellido y Nombres	López, María Belén
Teléfono/Celular	3757671432
Correo electrónico	mariabelenlm0@gmail.com

Apellido y Nombres	
Teléfono/Celular	
Correo electrónico	

Se firma la presente en la Ciudad de Posadas a los 31 días del mes de Octubre de 2025.-


 Firma

DNI: 46871752
 Tipo y N° Documento

Kachuk Rocío
 Aclaración


 Firma

39.637.611
 Tipo y N° Documento

Lopez Belen
 Aclaración

 Firma

 Tipo y N° Documento

 Aclaración