



Flores amarillas endémicas del estado de Tlaxcala: Usos y posibles aplicaciones como colorantes naturales

Jennifer García Titla¹, Andrei Elena Carrera¹, Evelyn Citlalli Salinas Segundo¹, Arantza Sánchez Orantes¹, Erik Ocaranza Sánchez², Isaí López Márquez³, Sulem Yali Granados Balbuena^{1,2}

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Tlaxcala del Instituto Politécnico Nacional, Guillermo Valle, Tlaxcala, México

²Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional, Carretera Estatal Santa Inés Tecuexcomac-Tepetitla, km 1.5, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, C.P. 90700, México.

³Area Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, Mineral de la Reforma, 42184, Hidalgo, México

Resumen

El color amarillo posee gran relevancia, tanto estética como funcional, debido a su asociación con la vitalidad y su uso extendido en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. En la actualidad, se buscan alternativas naturales a los colorantes amarillo sintéticos, como el Amarillo 6 (Amarillo ocaso), Amarillo 5 (Tartrazina) y Amarillo 4 (Amarillo Oleo), los cuales se han relacionado con reacciones alérgicas, irritación gastrointestinal y, con posibles efectos tóxicos y carcinogénicos. Ante esta problemática, ha surgido un creciente interés por identificar fuentes seguras y sostenibles de pigmentos amarillos naturales, particularmente aquellas derivadas de flores. El estado de Tlaxcala destaca por su amplia diversidad floral con tonalidades amarillas, entre las que se encuentran el mirasol (*Cosmos bipinnatus*), el cempasúchil (*Tagetes erecta*), el árnica mexicana (*Heterotheca inuloides*), la mano de león (*Roldana platanifolia*) y la rosilla (*Bidens ferulifolia*). Estas especies, consideradas benéficas a la salud, son ricas en compuestos bioactivos como carotenoides, flavonoides, ácidos fenólicos y terpenoides. En esta revisión se aborda la botánica de dichas flores, la naturaleza de sus pigmentos y los compuestos responsables de sus propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y neuroprotectoras, que podrían posicionarlas como prometedoras fuentes de colorantes naturales para aplicaciones en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Palabras clave: flores amarillas, Tlaxcala, carotenoides, flavonoides, colorante natural.



Abstract

The colour yellow is highly significant, both aesthetically and functionally, due to its association with vitality and energy and its widespread use in the food, cosmetics and pharmaceutical industries. Currently, natural alternatives are being sought to synthetic yellow colourings, such as Yellow 6 (Sunset Yellow), Yellow 5 (Tartrazine) and Yellow 4 (Oleo Yellow), which have been linked to allergic reactions and hyperactivity in children, gastrointestinal irritation and, in some cases, possible toxic and carcinogenic effects. In response to this problem, there has been growing interest in identifying safe and sustainable sources of natural yellow pigments, particularly those derived from flowers. The state of Tlaxcala is notable for its wide floral diversity with yellow hues, including cosmos (*Cosmos bipinnatus*), marigold (*Tagetes erecta*), Mexican arnica (*Heterotheca inuloides*), lion's paw (*Roldana platanifolia*) and rosilla (*Bidens ferulifolia*). These species, considered beneficial to health, are rich in bioactive compounds such as carotenoids, flavonoids, phenolic acids, and terpenoids. This review addresses the botany of these flowers, the nature of their pigments, and the compounds responsible for their anti-inflammatory, anti-cancer, and neuroprotective properties, which could position them as promising sources of natural colourants for applications in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries.

Keywords: yellow flowers, Tlaxcala, carotenoids, flavonoids, natural dye.



Introducción

Tlaxcala cuenta con una extensión territorial de 3,997 km², y el 17% de su territorio está cubierta por bosques templados, pastizales y matorrales, que sirven de hábitat a diferentes especies de animales, plantas y hongos. Adicionalmente, Tlaxcala es el hogar de 1297 especies de plantas vasculares, en 503 géneros y 119 familias (Castañeda *et al.* 2023).

Muchas especies florales presentan una amplia variedad de colores debido a la presencia de pigmentos naturales, los cuales desempeñan un papel esencial en la biología floral, y en la protección de los tejidos florales frente a la radiación ultravioleta y el estrés oxidativo (Miller *et al.* 2011).

Entre los principales pigmentos naturales presentes en las flores se encuentran las antocianinas (500 - 550 nm), responsables de los tonos rojo, púrpura y azul; las betalainas (480 - 540 nm), que van del rojo a rosado; la clorofila (400 - 700 nm), que aporta tonalidades verdes; los carotenoides (400 - 500 nm), asociados a tonos amarillos y anaranjados; y las chalconas, flavonas y flavonoles, generalmente incoloros, aunque ciertos derivados pueden producir matices amarillos (Miller *et al.* 2011).

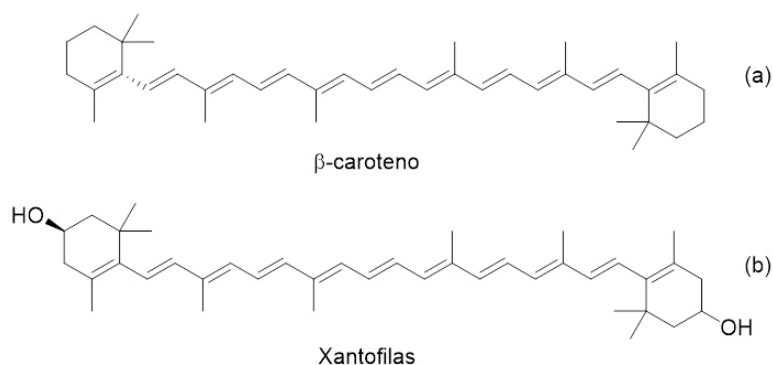


Figura 1. Carotenos: β -caroteno (A) y xantofilas, luteína (B). Recuperado de ChemSpider.

Entre la variedad de flores amarillas existentes en el estado Tlaxcala se encuentran plantas como *Cosmos sulphureus* (Cosmos amarillo), *Tagetes erecta* L. (Cempasúchil), *Heterotheca inuloides* Cass. (Árnica mexicana), *Roldana platanifolia* (Mano de león), Rosilla (*Bidens ferulifolia* (Jacq.) DC.) y *Barkleyanthus salicifolius* (Escobilla, hierba del carbonero) (Lourdes *et al.* 2006).

Diversos estudios han asociado los colorantes artificiales con efectos adversos a la salud, incluyendo reacciones alérgicas, alteraciones gastrointestinales, hiperactividad infantil, citotoxicidad y un posible potencial carcinogénico. Esto ha aumentado el interés por el uso de colorantes amarillos de origen natural.

Debido a lo anterior, el objetivo del presente artículo es analizar el potencial de algunas flores amarillas endémicas del estado de Tlaxcala como fuente de pigmentos naturales, así como explorar su composición química.

Flores amarillas endémicas del estado de Tlaxcala

Tlaxcala es un estado que posee alrededor de 404 especies florales (Fernández y López 2006). Dentro de esta diversidad destacan flores de tonos rojos como una especie de la Flor Nacional de México: la flor de *Dahlia coccinea* Cav. (Dahlia) u otras como *Castilleja tenuiflora* Benth. (Cola de borrego), (Lourdes *et al.*, 2006). También se encuentran flores de color morado, como la *Jacaranda mimosifolia* (Jacaranda), y *Salvia* spp. (Salvia); de color blanco, *Plumeria rubra* (Flor de Mayo), y *Hymenocallis harrisiana* Herb. (Araña). Dentro de los tonos naranja se encuentran especies como *Tropaeolum majus* L. (Capuchina), y *Tagetes lunulata* Ort. (Cocoyaton).

Finalmente, dentro de los tonos amarillo se hallan flores como *Buddleia cordata* (Tepozán), *Senecio sinuatus* (Hediondilla), *Cosmos bipinnatus* Cav. (Mirasol), *Baccharis conferta* (Escobilla), *Tagetes erecta* L. (Cempasúchil), *Heterotheca inuloides* Cass. (Árnica mexicana), *Senecio cinerarioides* (Rosa de San Juan), *Senecio mairertianus* (Jarilla), *Sisyrinchium bracteatum* (Zacate de muela), *Potentilla ranunculoides* (Potentilla rastrera), *Tagetes lucida* Cav. (Pericón) (Lourdes *et al.* 2006), algunas de las cuales se comentarán en la presente revisión.

Cosmos sulphureus (Cosmos amarillo)

Cosmos sulphureus o mayormente conocida como "cosmos amarillo" o "cosmos azufrado", es una flor nativa de México y América Central (Barros *et al.* 2022). Esta especie es comúnmente usada como planta ornamental o en la medicina herbal tradicional (Ortega *et al.* 2023). Dentro de este género, *Cosmos sulphureus* se caracteriza por una gama de tonalidades que abarcan del amarillo al anaranjado (Figura 2) (Hutabarat *et al.* 2016).



Figura 2. Flor de *Cosmos sulphureus*.



Además de su valor ornamental, *Cosmos sulphureus* contiene propiedades medicinales entre ellas; actividad antioxidante, que ayuda a neutralizar radicales libres dañinos en el organismo (Ortega *et al.* 2023); efectos hepatoprotectores (Islam *et al.* 2024); así como actividad antiinflamatoria y antimicrobiana.

Fitoquímicamente, *Cosmos sulphureus* presenta diversos compuestos bioactivos que incluyen; terpenoides (Germacrene A, fitol) y taninos contribuyendo a sus efectos antiinflamatorios y antimicrobianos; flavonoides (rutina, quercetina) y compuesto fenólicos (ácido clorogénico, ácido cafeico) por su fuerte actividad antioxidante reduciendo el estrés oxidativo (Ortega *et al.* 2023); y, por último, carotenoides (luteína) que además de sus beneficios a la salud, como son la protección del sistema inmune y la salud ocular, también aporta su color característico amarillo-anaranjado (Figura 2) (Tang *et al.* 2025).

Varios estudios exploran el potencial del uso de *Cosmos sulphureus* como fuente de amarillos en alimentos. Un estudio sobre recubrimientos comestibles enriquecidos con microcápsulas de extracto de *Cosmos sulphureus* encontró que dicho extracto aportó efectos antioxidantes, mejorando la vida de anaquel y la calidad sensorial de los alimentos. Ortega (2023), confirma la presencia de cromóforos responsables de tonalidades amarillas estables y reporta buenos rendimientos de extracción y actividad antioxidante, lo que respalda su uso como colorante natural. Finalmente, revisiones sobre colorantes naturales señalan a esta flor como una fuente prometedora de pigmentos amarillos seguros y estables, capaces de sustituir colorantes sintéticos (Luzardo *et al.* 2021).

***Tagetes erecta* L. (Cempasúchil)**

Tagetes erecta L. comúnmente conocido como “Cempoal”, o “flor de muerto”, es una flor nativa de México. cuya altura puede llegar hasta 1.8 metros, es una planta erecta, que tiene tallo estriado, a veces acostillado, glabro o pubescente, con hojas de hasta 20 cm de largo, pinnadas (Figura 3).



Figura 3. Flor de Cempasúchil.

Además de sus usos ornamentales, en la medicina se emplea para contrarrestar trastornos gastrointestinales como diarrea y cólicos, también se utiliza como producto complementario al alimento de aves de corral y como colorante alimenticio en productos como carnes (pollo), suplementos nutricionales y cosméticos.

Diversos estudios han reportado que la flor de cempasúchil presenta actividad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana, asociada a la presencia de compuestos polifenólicos, como derivados de los ácidos hidroxibenzoico e hidroxicinámico, flavonoles (especialmente glucósidos de quercetagina) y diversas agliconas (quercetina y patuletina). Además, suele usarse para la extracción de luteína (Figura 4) un carotenoide que proporciona el color característico de sus pétalos (Burlec *et al.* 2021).

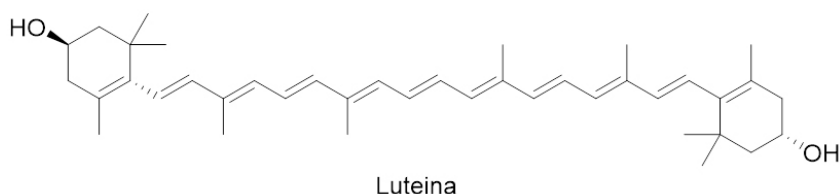


Figura 4. Luteína. Recuperado de ChemSpider.

Diversos estudios, han centrado sus investigaciones en buscar un método para optimizar los rendimientos del pigmento. Por ejemplo, Manzo *et al.* (2022) investigaron el uso de aceite de girasol como disolvente de extracción, evaluando diferentes relaciones sólido-líquido y utilizando la extracción asistida por ultrasonido. El estudio demostró que la utilización de aceite vegetal no solo mejoró el rendimiento de luteína en comparación con los métodos de extracción convencionales, sino que también preservó las propiedades funcionales del pigmento (Manzo *et al.* 2022).

***Heterotheca inuloides* Cass. (Árnica mexicana)**

El árnica mexicana, es una planta perenne, herbácea y de crecimiento vertical de hasta 1.5 m de altura (Figura 5) (Lourdes *et al.* 2006).

En la medicina tradicional mexicana, se considera que *H. inuloides* tiene propiedades humores, por medio de preparados como tés, e infusiones que se han utilizado principalmente como agentes antiinflamatorios y analgésicos (Rodríguez *et al.* 2016).

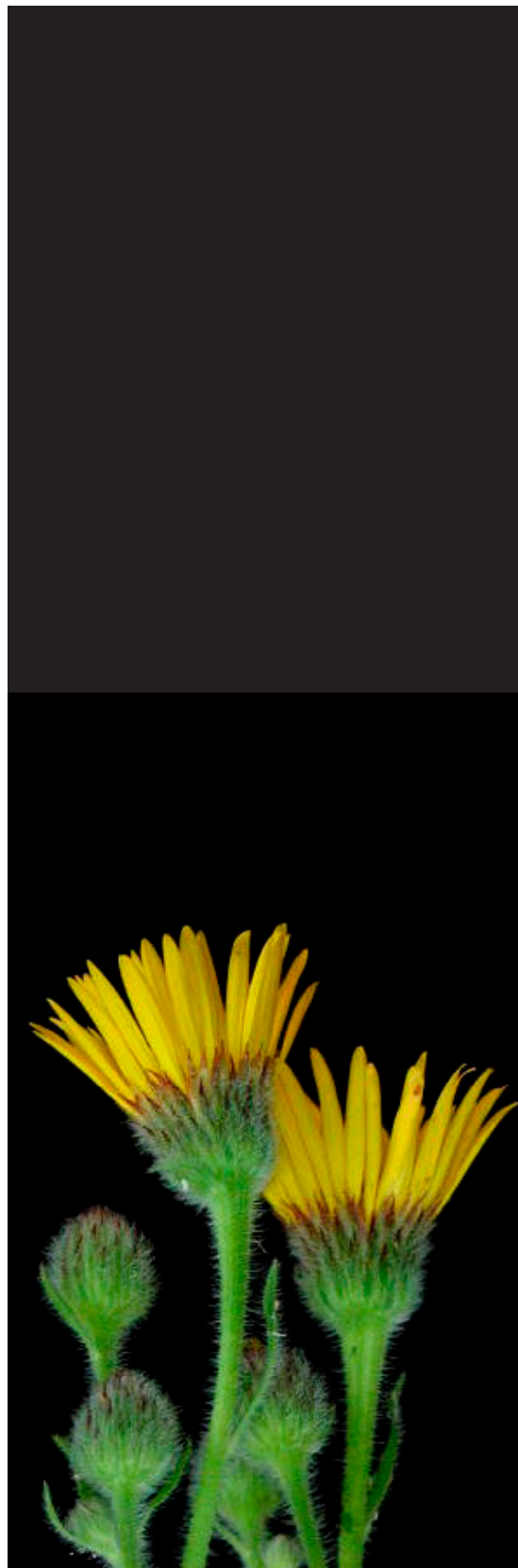


Figura 5. *Heterotheca inuloides* Cass.

Sus compuestos activos son los que le confieren las propiedades medicinales y aromáticas. Estos compuestos están conformados por metabolitos secundarios, mayormente de compuestos fenólicos que son utilizados por la planta contra daño oxidativo y flavonoides que le otorga protección contra patógenos (Nieto *et al.* 2018).

El análisis de sus partes aéreas permitió aislar compuestos como el 7-hidroxicadalenol, el cadalenol, el 4-metoxiisocadalenol, el calacoreno, etc. (Rodríguez *et al.* 2016). De las flores secas se han aislado aglicones y glucósidos (Figura 6) como la luteolina, kaempferol, kaempferol-3,7-dimetil éter, 6-metoxikaempferol-3,7-dimetil éter, quercetina, catequina, entre otros.

El aislamiento y la purificación de estos compuestos se llevó a cabo utilizando diversas técnicas (cromatografía en columna abierta, cromatografía en capa fina, HPLC, etc.) (Rodríguez *et al.* 2016).

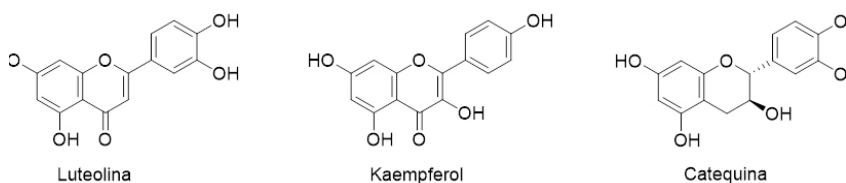


Figura 6. Luteolina $C_{15}H_{10}O_6$ (A), Kaempferol $(C_{15}H_{10}O_6)$ (B) y Catequina $(C_{15}H_{14}O_6)$ (C).

Roldana platanifolia (vv)

Roldana platanifolia o Mano de león, perteneciente al género *Roldana*, es una especie nativa de México, la cual presenta tallos estriado-pilosos y huecos y una altura aproximada de 70 cm (Figura 7) (Lourdes *et al.* 2006).

El género *Roldana* contiene principalmente sesquiterpenos de tipo eremofilano, mientras que oplopanos, plastoquinonas y flavonoides en pequeñas cantidades. El análisis químico de las partes aéreas revela la presencia de estigmasterol, *b*-cariofileno 8R,9R-óxido, tsoongianólidos A, B y D, ligularenólido, ácido clorogénico, *b*-sitosteril glucopiranosido (Figura 8), atribuyéndole sus efectos antiinflamatorios, propiedades antiartríticas, entre otras (Arciniegas *et al.* 2015).

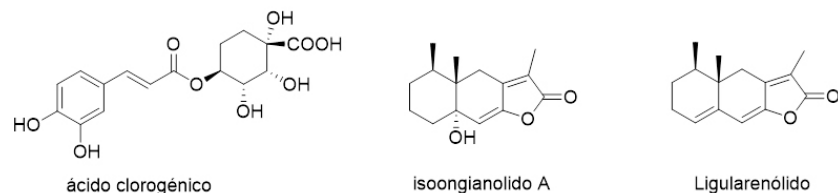


Figura 8. Ácido clorogénico $C_{16}H_{18}O_9$ (A), Ligularenólido $(C_{17}H_{20}O_4)$ (B) y Estigmasterol $(C_{29}H_{48}O)$ (C).



Figura 7. *Roldana platanifolia*.

Bidens ferulifolia (Jacq.) DC. (Rosilla)

La Rosilla, es una planta erecta, cuyo tamaño puede ser entre 30 cm a 2.5 m, su tallo es más o menos tetragono, glabro o algo pubescente y comúnmente ramificado (Figura 9).



Figura 9. *Bidens ferulifolia* (Jacq.)

Algunos estudios indican la presencia de cuatro clases de colorantes principales, los cuales incluyen; antocloros, flavonas, antocianinas y carotenoides. A su vez en la clasificación de antocloros y chalconas se identificó la okanina y la buteína, mientras que para antocianinas y carotenoides se determinó la presencia de cianidinas y luteolina respectivamente (Figura 10) (Walliser *et al.* 2022).

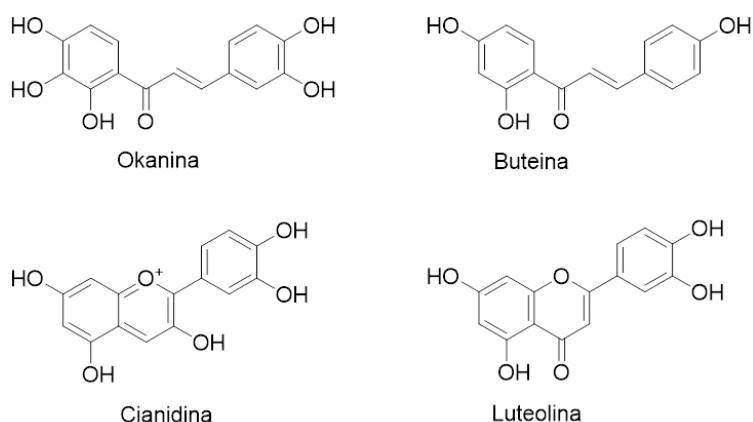


Figura 10. Okanina ($C_{15}H_{12}O_6$) (A), Buteína ($C_{15}H_{12}O_5$) (B), Cianidina ($C_{15}H_{11}O_6$) (C) y Luteolina ($C_{15}H_{10}O_6$) (D).



Tagetes lucida Cav. (Pericón)

Tagetes lucida (Pericón) conocida también como “hierbanís”, “jericón”, o “flor de Santa María”. Su tamaño puede ser de hasta 80 cm de alto, con tallos más o menos ramificados y glabros. Al ser estrujada libera un olor a anís y tiene diversos usos, como: ornamentales; en té como tónico para el tratamiento de diversos padecimientos, entre ellos la diarrea, la disentería, el vómito, el asma, la fiebre tifoidea, las varices y el resfriado; como condimento de elotes y chayotes; como insecticida; y con fines ceremoniales y religiosos (Figura 11).

Tagetes Lucida posee compuestos flavonoides como la quercetagetina, quercetina y patuleina, además de algunos ácidos orgánicos como ácido gálico, ácido tartárico y ácido cafeico (Figura 12) (Villa *et al.* 2020).



Figura 11. *Tagetes Lucida* Cav.

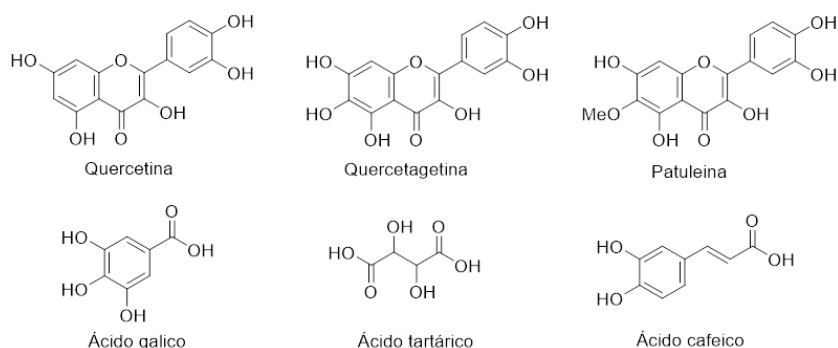


Figura 12. Quercetagetina $C_{15}H_{10}O_9$ (A), Quercetina ($C_{15}H_{10}O_9$) (B), Patuleina ($C_{16}H_{10}O_8$) (C), Ácido gálico $C_7H_6O_5$ (D), Ácido tartárico ($C_4H_6O_6$) (E) y Ácido cafeico ($C_9H_8O_4$) (F).

Aplicaciones como colorantes naturales

Los colorantes han acompañado a la humanidad desde sus orígenes, cuando se obtenían de materiales naturales como tierras, plantas y minerales con fines decorativos, rituales y textiles; con el desarrollo de las sociedades, la necesidad de una mayor diversidad cromática impulsó nuevas fuentes y técnicas de extracción, sentando las bases de la industria textil medieval (Ardila *et al.* 2021). Este escenario cambió en 1854 con la introducción de los colorantes sintéticos tras la síntesis de la malveína por Henry Perkin, cuyo bajo costo permitió su rápida expansión y amplio uso industrial.

Destacando su aplicación en el sector alimenticio, en donde no solo cumplen una función estética, sino que también contribuyen a la preservación y restauración del color original ante el deterioro provocado por variaciones de temperatura (Wong 2018).

No obstante, diversas organizaciones como la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESA) ha vinculado el uso de colorantes artificiales con el aumento de enfermedades como el cáncer y problemas gastrointestinales (Molina *et al.* 2023).

Por ejemplo, para el colorante artificial Tartrazina, en un estudio realizado por Khayyat *et al.* (2017) donde se utilizaron veinte ratas albinas Wistar macho adultas. Los resultados revelaron aberraciones estructurales significativas en el hígado y riñón, además de daño al ADN en leucocitos de las ratas tratadas con tartrazina, en comparación con los controles.

En este sentido, la búsqueda de alternativas más seguras se ha dirigido hacia los colorantes naturales, que destacan no solo por proporcionar propiedades farmacológicas y bioactivas, sino también por representar una excelente alternativa al ser biodegradables, renovables y respetuosos con el medio ambiente (Negi 2025).

Bajo este contexto, las plantas endémicas del estado de Tlaxcala adquieren relevancia como potenciales fuentes de colorantes naturales, principalmente en tonalidades amarillas, ya que, presentan dentro de su composición compuestos bioactivos de gran relevancia, entre los que destacan flavonoides, carotenoides, ácidos fenólicos y terpenoides. Los flavonoides son reconocidos por sus propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas, cardioprotectoras, y antivirales, además de ser considerados indispensables en

aplicaciones farmacéuticas y cosméticas (Panche *et al.* 2016).

Por su parte, los carotenoides sirven como precursores de vitamina A, fortalecen el sistema inmunitario, se encuentran ampliamente vinculados con la salud y el envejecimiento (Amengual 2019). Asimismo, los ácidos fenólicos destacan por su capacidad para controlar los procesos de señalización celular durante la inflamación (Al Jitan *et al.* 2018).

Finalmente, los terpenoides poseen propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y analgésicas gracias a la actividad de monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos, tetraterpenos y compuestos glucósidos (Paduch *et al.* 2007).

Diversas fuentes vegetales han demostrado un alto potencial como colorantes naturales debido a su contenido de compuestos bioactivos. *Curcuma longa* destaca por la presencia de curcumina, un colorante natural aprobado por la FAO con aplicaciones en el teñido textil y como conservante alimenticio. Asimismo, estudios han identificado a *Tagetes erecta* y *Tagetes lucida* como fuentes relevantes de colorantes naturales gracias a su contenido de luteolina, flavonoides y carotenoides, con aplicaciones tanto textiles como en la medicina tradicional. Otras especies como *Cosmos sulphureus*, *Heterotheca inuloides* Cass., *Roldana platanifolia* y *Bidens ferulifolia* también han sido señaladas como candidatas para el aprovechamiento y desarrollo de nuevos colorantes naturales (Melo *et al.* 2025).



Conclusión

El análisis del uso de colorantes a lo largo de la historia evidencia una transición desde el empleo de pigmentos naturales hacia el uso masivo de colorantes sintéticos, impulsado principalmente por su bajo costo y estabilidad. Sin embargo, la evidencia científica que relaciona a diversos colorantes artificiales con efectos adversos en la salud ha motivado la búsqueda de alternativas más seguras y sostenibles. En este contexto, el aprovechamiento de flores y plantas endémicas del estado de Tlaxcala representa una oportunidad relevante para el desarrollo de colorantes naturales, no solo por su capacidad cromática, sino también por su conte-

nido de compuestos bioactivos con propiedades benéficas para la salud y el medio ambiente. De esta manera, el uso de colorantes naturales a partir de flores de Tlaxcala se perfila como una estrategia viable para sustituir colorantes sintéticos, fomentando prácticas más sostenibles y valorizando la biodiversidad regional.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Politécnico Nacional y a la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Campus Tlaxcala, por la formación académica y las oportunidades brindadas para el desarrollo como ingenieros biotecnólogos y en la realización del presente artículo.

Flores amarillas endémicas del estado de Tlaxcala: Usos y posibles aplicaciones como colorantes naturales

Referencias

- Al Jitan S, Alkhoori SA, Yousef LF (2018) Phenolic acids from plants: Extraction and application to human health. En *Studies in Natural Products Chemistry* (pp. 389–417). Elsevier.
- Amengua J (2019) Bioactive properties of carotenoids in human health. *Nutrients*, 11(10), 2388. <https://doi.org/10.3390/nu11102388>
- Ardila LD, Poutou RA, Pedroza AM, Quevedo BE (2021) A brief history of colour, the environmental impact of synthetic dyes and removal by using laccases. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(13), 3813. <https://doi.org/10.3390/molecules26133813>
- Barros AP, Carvalho SA, Souza AC, Ricalde MP, Ataíde JO (2022) Effect of *Cosmos*, *Crotalaria*, *Foeniculum*, and *Canavalia* species, single-cropped or mixes, on the community of predatory arthropods. *Scientific Reports*, 12(1), 16013. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20188-6>
- Burlec AF, Pecio L, Kozachok S, Mircea C, Corciovă A, Vereștiuc L, Cioancă O, Oleszek W, Hăncianu M (2021) Phytochemical Profile, Antioxidant Activity, and Cytotoxicity Assessment of *Tagetes erecta* L. Flowers. *Molecules*, 26(5), 1201. <https://doi.org/10.3390/molecules26051201>
- Castañeda S, Granados RL, Sánchez A (2023) Contribución al conocimiento de las licofitas y los helechos de España, Tlaxcala, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1). <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3123>
- Hutabarat OS, Flachowsky H, Regos I, Miosic S, Kaufmann C, Faramarzi S, Alam MZ, Gosch C, Peil A, Richter K, Hanke MV, Treutter D, Stich K, Halbwirth H (2016) Transgenic apple plants overexpressing the chalcone 3-hydroxylase gene of *Cosmos sulphureus* show increased levels of 3-hydroxyphloridzin and reduced susceptibility to apple scab and fire blight. *Planta*, 243(5), 1213–1224. <https://doi.org/10.1007/s00425-016-2475-9>
- Islam S, Nargis R, Qais N (2024) Medicinal herbs and their metabolites with biological potential to protect and combat liver toxicity and its disorders: A review. *Heliyon*, 10(3), e25340. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25340>
- Lourdes VR, García FR, Lezama PT (2006) Guía botánica del Parque



Nacional Malinche. Tlaxcala-Puebla. UNAM.

Luzardo I, Ramírez AK, Yañez J, Mojica L, Luna DA (2021) Technological Applications of Natural Colorants in Food Systems: A Review. *Foods* (Basel, Switzerland), 10(3), 634. <https://doi.org/10.3390/foods10030634>

Manzoor S, Rashid R, Panda BP, Sharma V, Azhar M (2022) Green extraction of lutein from marigold flower petals, process optimization and its potential to improve the oxidative stability of sunflower oil. *Ultrasonics Sonochemistry*, 85, 105994. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105994>

Melo B, Vilela O, Santos S, Mendes GR, Schwan CL, Aliaño MJ, Fernández G, Murowaniecki D (2025) Potential of new plant sources as raw materials for obtaining natural pigments/dyes. *Agronomy* (Basel, Switzerland), 15(2), 405. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020405>

Miller R, Owens SJ, Rørslett B (2011) *Plants and colour: Flowers and pollination*. Optics & Laser

Technology, 43(2), 282–294. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2008.12.018>

Molina AK, Corrêa RCG, Prieto MA, Pereira C, Barros L (2023) Bioactive natural pigments' extraction, isolation, and stability in food applications. *Molecules* (Basel, Switzerland), 28(3), 1200. <https://doi.org/10.3390/molecules28031200>

Negi A (2025) Natural dyes and pigments: Sustainable applications and future scope. *Sustainable Chemistry*, 6(3), 23. <https://doi.org/10.3390/suschem6030023>

Nieto MI, García JF, Caltzontzin V, Chávez R, Estrada M de la L (2018) Efecto de las condiciones de cultivo en la producción de fenoles, flavonoides totales y su capacidad antioxidante en el árnica (*Heterotheca inuloides*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 21, 4296–4305. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1530>

Ortega RJ, Ceja LF, Vázquez M, Martínez GCG, Medina JR (2023) Characterization

of *Cosmos sulphureus* Cav. (*Asteraceae*): Phytochemical Screening, Antioxidant Activity and Chromatography Analysis. *Plants* (Basel, Switzerland), 12(4), 896. <https://doi.org/10.3390/plants12040896>

Paduch R, Kandefer M, Trytek M, Fiedurek J (2007) Terpenes: substances useful in human healthcare. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 55(5), 315–327. <https://doi.org/10.1007/s00005-007-0039-1>

Panche AN, Diwan AD, Chandra SR (2016) Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5(e47), e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>

Rodríguez JL, Egas V, Linares E, Bye R, Hernández T, Espinosa FJ, Delgado G (2016) Mexican Arnica (*Heterotheca inuloides* Cass. *Asteraceae*: *Astereae*): Ethnomedical uses, chemical constituents and biological properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 195, 39–63. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.11.021>

Tang Q, Li Z, Chen N, Luo X, Zhao Q (2025) Natural pigments derived from plants and microorganisms: classification, biosynthesis, and applications. *Plant Biotechnology Journal*, 23(2), 592–614. <https://doi.org/10.1111/pbi.14522>

Villa PY, Iliná A, Ascacio JA, Esparza SC, Cobos LE, Rodríguez R, Silva SY (2020) Phenolic compounds of *Tagetes lucida* Cav. with antibacterial effect due to membrane damage. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 19(6), 580–590. <https://doi.org/10.37360/blacpma.20.19.6.41>

Walliser B, Marinovic S, Kornpointner C, Schlosser C, Abouelnasr M, Hutabarat OS, Haselmair C, Molitor C, Stich K, Halbwirth H (2022) The (Bio) chemical Base of Flower Colour in *Bidens ferulifolia*. *Plants*, 11(10), 1289. <https://doi.org/10.3390/plants11101289>

Wong DWS (2018) *Colorants. En Mechanism and Theory in Food Chemistry* (2nd ed., pp. 169–218). Springer International Publishing.