

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PINOTEPA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TÍTULO
MANEJO PRODUCTIVO Y EVALUACIÓN POSCOSECHA DE
FLORES DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.)
T E S I S

Que para obtener el título de:

MAESTRO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA

Presenta: Ing. Refugio Ménera Huerta

Director: Dr. Pedro Cisneros Saguilán
Codirectora: Dra. Mónica Laura Pérez Nicolás

Junio, 2026



La presente tesis titulada **Manejo productivo y evaluación poscosecha de flores de girasol (*Helianthus annuus* L.)** realizada por el estudiante Ing. Refugio Ménera Huerta, bajo el Comité Tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

MAESTRO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA

COMITÉ TUTORIAL

Director



Dr. Pedro Cisneros Saguilán

Codirectora



Dra. Mónica Laura Pérez Nicolás

Asesor



Dr. Gabriel García

Asesor



Mtro. Arturo de la Rosa Galindo

Asesor



Mtro. Herminio Aniano Aguirre

Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca, México, Junio de 2026



Educación
Secretaría de Educación Pública



Instituto Tecnológico de Pinotepa
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Santiago Pinotepa Nacional, Oax., 01/Junio/2026
OFICIO No. DEPI-051/2026
ASUNTO: Autorización de impresión de tesis

ING. REFUGIO MENERA HUERTA
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA
PRESENTE

De acuerdo con las disposiciones para la Operación de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que el Comité Tutorial le hizo respecto a su tesis para obtener el grado de Maestro en Producción Agroalimentaria, cuyo título es: Manejo productivo y evaluación poscosecha de flores de girasol (*Helianthus annuus* L.). La división a mi cargo le concede la autorización para que proceda a la impresión de la misma.

ATENTAMENTE

Excmo. en Educación Tecnológica

MTRO. HERMINIO ANIANO AGUIRRE
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

c.c.p. Expediente
HAA/MLPN/bcr



2026
años de
Margarita
Maza



Av. Tecnológico, Sección Primera No. 1155, Col. La Soledad, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca, C.P. 71002.
Teléfonos: 95 45 43 53 05 y 95 45 43 52 87. vin_pinotepa@tecnm.mx | www.tecnm.mx | www.pinotepa.tecnm.mx



Instituto Tecnológico de Pinotepa
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Santiago Pinotepa Nacional, Oax., **01/Junio/2026**

OFICIO No. DEPI-050/2026

ASUNTO: Autorización de impresión de tesis

ING. REFUGIO MENERA HUERTA
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA
PRESENTE

De acuerdo con las disposiciones para la Operación de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que el Comité Tutorial le hizo respecto a su tesis para obtener el grado de Maestro en Producción Agroalimentaria, cuyo título es: Manejo productivo y evaluación poscosecha de flores de girasol (*Helianthus annuus* L.). Los abajo firmantes del Comité Tutorial le concedemos la autorización para que proceda a la impresión de la misma.

ATENTAMENTE

Excellencia en Educación Tecnológica®


DR. PEDRO CISNEROS SAGUILÁN
DIRECTOR


DRA. MÓNICA LAURA PÉREZ NICOLÁS
CODIRECTORA


DR. GABRIEL GARCÍA
ASESOR


MTRO. ARTURO DE LA ROSA GALINDO
ASESOR


MTRO. HERMINIO ANIANO AGUIRRE
ASESOR


MTRO. HERMINIO ANIANO AGUIRRE
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



c.c.p. Expediente
HAA/MLPN/bcr



Av. Tecnológico, Sección Primera No. 1155, Col. La Solidaridad, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca, C.P. 71602.
Teléfonos: 95 45 43 53 05 y 95 45 43 52 87, vin_pinotepa@tecnm.mx | www.tecnm.mx | www.pinotepa.tecnm.mx



Educación
Secretaría de Educación Pública



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Pinotepa
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Los abajo suscritos, integrantes del Comité Tutorial de la tesis titulada:

MANEJO PRODUCTIVO Y EVALUACIÓN POSCOSECHA DE FLORES DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.)

Presentada por el C. REFUGIO MENERA HUERTA

Hemos acordado que el estudiante ha cumplido con todas las recomendaciones emitidas por nosotros, por lo que no tenemos inconveniente en que sea extendido el oficio de autorización de impresión de la tesis mencionada para la formalización correspondiente.

NOMBRE COMPLETO	FUNCIÓN	FIRMA	Fecha autorización
Dr. Pedro Cisneros Saguilán	Director		01 de junio de 2026
Dra. Mónica Laura Pérez Nicolás	Codirectora		01 de junio de 2026
Dr. Gabriel García	Asesor		01 de junio de 2026
Mtro. Arturo de la Rosa Galindo	Asesor		01 de junio de 2026
Mtro. Herminio Aniano Aguirre	Asesor		01 de junio de 2026

Santiago Pinotepa Nacional, Oax., 01 de junio de 2026



Av. Tecnológico, Sección Primera No. 1155, Col. La Soledad, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca, C.P. 71602.
Teléfonos: 95 45 43 53 05 y 95 45 43 52 87. vin_pinotepa@tecnm.mx | www.tecnm.mx | www.pinotepa.tecnm.mx



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Pinotepa
División de Estudios de Posgrado e Investigación

LICENCIA DE USO OTORGADA POR REFUGIO MENERA HUERTA, de nacionalidad mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle 16 de septiembre 98, col. Centro, C.P. 41940, Cuajinicuilapa Guerrero, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada: Manejo productivo y evaluación poscosecha de flores de girasol, en adelante "LA OBRA", quien para todos los fines del presente documento se denominará "EL AUTOR Y/O EL TITULAR", a favor del Instituto Tecnológico de Pinotepa del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrá por las cláusulas siguientes:

PRIMERA – OBJETO: "EL AUTOR Y/O TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Pinotepa, del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional del Tecnológico Nacional de México (RI-TecNM), éste último consultable en la página (<https://ri.nacional.tecnm.mx/>).

SEGUNDA – TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA – ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Pinotepa; por lo tanto, "EL AUTOR Y/O TITULAR" conserva los derechos patrimoniales y morales de "LA OBRA", objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico de Pinotepa y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el "AUTOR Y/O TITULAR" es el único, primigenio y perpetuo titular de derechos morales sobre "LA OBRA"; por lo tanto, siempre deberá otorgar los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORIA: "EL AUTOR Y/O TITULAR" manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Santiago Pinotepa Nacional, a los 10 días del mes de junio de 2026.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"

[Firma manuscrita]

Refugio Menera Huerta

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO"

[Firma manuscrita]

Hermilinda Antepa Aguirre
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación



Av. Tecnológico, Sección Primera No. 1155, Col. La
Soledad, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca
C.P. 71402. Teléfono: 06 45 43 51 06 y 06 45 43 52 87
E-mail: degi.pinotepa@tecnm.mx | www.tecnm.mx
| www.pinotepa.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Pinotepa
División de Estudios de Posgrado e Investigación

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Dra. Mónica Laura Pérez Nicolás, coordinadora del Programa de Maestría en Producción Agroalimentaria,

HACE CONSTAR

Que el C. Refugio Mennera Huerta del Programa de Maestría en Producción Agroalimentaria, con número de control M23730310 y los integrantes del comité tutorial Pedro Cisneros Saguilán (Director), Mónica Laura Pérez Nicolás (Co-Directora), Gabriel García (Asesor), Arturo de la Rosa Galindo (Asesor) y Herminio Aniano Aguirre (Asesor), del manuscrito de la Tesis "Manejo productivo y evaluación poscosecha de flores de girasol (*Helianthus annuus* L.)" en la que participaron, garantizan al firmar la Tesis, haber respetado los derechos de otros autores al ser citados cuando se utilizaron sus resultados o publicaciones.

Asimismo, reportan un porcentaje de similitud de 6 % con otras fuentes. Por lo que la consideran una obra inédita y original del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Pinotepa.

Se extiende la presente constancia en Santiago Pinotepa Nacional, Oaxa
veintiseis.



is mil

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica

DRA. MÓNICA LAURA PÉREZ NICOLÁS

COORDINADORA DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCION AGROALIMENTARIA

c.c.p. Expediente.
HAA/MLPN/bcr



2026
año de
**Margarita
Maza**



Av. Tecnológico, Sección Primera No. 1155, Col. La Soledad, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca, C.P. 71602.
Teléfonos: 95 45 43 51 05 y 95 45 43 52 87. E-mail: depi.pinotepa@tecnm.mx | www.tecnm.mx |
www.pinotepa.tecnm.mx

Agradecimientos

A mis padres, Rafaela Huerta Marín (†) y Guadalupe Ménera Corona (†), por el amor, los valores y la fortaleza que me heredaron. Su ejemplo y legado siguen iluminando mi camino y acompañan cada meta alcanzada.

A mis hermanos filiales con amor, comprensión y solidaridad. Su presencia y afecto han sido una valiosa fortaleza a lo largo de este camino.

A mis hijos, Valfred Rafael y Valfred Manuel, con todo mi amor y respeto, por ser mi mayor motivación y la energía que ilumina mi camino cada día. Este logro también les pertenece.

A mi gran amiga y compañera, María Lucila A.C., por su apoyo permanente y sus palabras de aliento en cada etapa de este proceso. Su amistad y confianza fueron fundamentales para la culminación de este logro.

A Ximena Soideth Ménera Morales, luz de esperanza generacional y motivación permanente de mis esfuerzos y sueños. A Paola Soideth M.C., por su valioso apoyo, comprensión y compañía a lo largo de este proceso, contribuyendo de manera significativa a nuestra lucha.

Con especial afecto y gratitud al Ing. Domingo Rodríguez López, por su amistad, confianza, apoyo durante mi estancia en la Facultad de Agrobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Sus enseñanzas, consejos y ejemplo fueron fundamentales en mi formación profesional y humana.

Asimismo, agradecimiento infinito al Gran Maestro Antropólogo Óscar Romero Delgado, por su sabiduría, experiencia y visión humanista. Su ejemplo y su inolvidable frase “el Gran Cuco” fueron fuente de inspiración, dejando una valiosa huella en mi formación académica y humana.

A Lyzto, por ser fuente de fortaleza, confianza y motivación para continuar con felicidad en el camino de la vida en la noble labor de la docencia.

A la familia López Valdovinos, a la tía Macaria Cervantes y a la familia Gómez Cervantes, por su apoyo, cariño y solidaridad en todo momento.

A María del Rocío Granados D. y Pascual Pérez D., por su amistad incondicional, ayer, hoy y siempre.

A mis amigos de la Prep. República de Venezuela, en Tacámbaro de Codallos, por su amistad sincera y por los inolvidables momentos.

A mis compañeros de la Especialidad en Fitomejoramiento de la UMSNH, por el aprendizaje, la experiencia compartida.

A mis compañeros del TecNM Campus Pinotepa, gracias por su amistad y confianza. Compartir con ustedes la convicción de que la Educación Superior transforma vidas y fortalece familias ha enriquecido mi formación humana y profesional.

Al Comité de Posgrado de la Maestría en Producción Agroalimentaria del TecNM Campus Pinotepa, por su valiosa orientación académica y respaldo institucional.

A mi codirectora de tesis, Dra. Mónica Laura Pérez Nicolás, con profundo agradecimiento y admiración por su confianza, apoyo y dirección académica. Su acompañamiento, paciencia y calidad humana fueron fundamentales para la realización de esta investigación. La mejor mentora que he tenido, una guía invaluable cuyo ejemplo y enseñanzas marcarán mi vida profesional y personal.

A mi director de tesis, Dr. Pedro Cisneros Saguilán, por su aceptación, disposición y respaldo normativo de la presente investigación.

Al Maestro en Ciencias Herminio Aniano Aguirre, M.C., por su apoyo, solidaridad y confianza, que contribuyeron significativamente a la culminación de esta etapa académica.

Al Maestro en ciencias Arturo de la Rosa Galindo, director del Tecnológico de Pinotepa, por su amistad, compromiso y motivación constante, que han sido fuente de energía y aliento.

A la secretaria vitalicia del Tecnológico de Pinotepa, Isabel Gallegos Borneos, y familia, quienes me recibieron con calidez en mi llegada al Instituto.

A los estudiantes y a la jefa de grupo del octavo semestre, Grupo A, por su participación, dedicación y apoyo durante el desarrollo del cultivo de girasol.

Las estudiantes Damaris Citlaly C. N. y Arlete Merido R, por su apoyo en laboratorio y traducción de artículos.

Al Dr. Jesús, Maestra Irma Antonio M. Ing. Nacho, Ing. Mauro, Elenita C., contadora Georgina N., Lic Lidia, Maestro Jorge G., Ing Carolina.

A mi paisana María de la Luz González Meza y familia por su amistad, cariño y apoyo moral incondicional.

A Kevin Marín de los Santos por su apoyo incondicional. A la Ing. Carolina.

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de manera directa o indirecta, acompañaron y apoyaron este proceso, haciendo posible la culminación de este logro académico y personal.

Índice

Resumen	1
Abstract	2
Capítulo 1.	3
I. Introducción General	4
Referencias bibliográficas	6
Capítulo 2	9
II. Manejo Poscosecha en la Preservación y Calidad de Flores de Corte: Una Revisión Sistemática	10
Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Materiales y Métodos	13
Resultados y Discusión	15
Conclusiones	34
Referencias bibliográficas	35
Capítulo 3	42
III. Fenología y poscosecha de girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.) como flor de corte	43
Resumen	43
Abstract	44

Introducción	45
Materiales y Métodos	47
Resultados y Discusión	50
Conclusiones	63
Referencias bibliográficas	64
Capítulo 4.	68
IV. Conclusiones y Recomendaciones Generales	69

Índice de cuadros

Cuadro 1. Ejes temáticos y principales enfoques metodológicos en el estudio del manejo poscosecha de flores de corte.	14
Cuadro 2. Efectos de las soluciones químicas en la poscosecha de flores de corte.	22
Cuadro 3. Principales efectos de extractos vegetales, aceites esenciales y alternativas sostenibles en la poscosecha de flores de corte.	26
Cuadro 4. Principales estudios sobre el uso de nanomateriales y extractos naturales en la poscosecha de flores de corte.	28
Cuadro 5. Principales factores y estrategias asociadas al manejo poscosecha de flores de corte.	32
Cuadro 6. Etapas fenológicas del girasol híbrido V-1 Vicent Choice® y acumulación térmica expresada en unidades calor (UC).	52
Cuadro 7. Fenología del girasol híbrido V-2 ProCut® White con centro amarillo y acumulación térmica expresada como unidades calor (UC).	54
Cuadro 8. Fenología del girasol híbrido V-3 ProCut® Orange Max y acumulación térmica expresada como unidades calor (UC).	55
Cuadro 9. Comparación de los días después de la siembra y las unidades calor acumuladas en las etapas reproductivas R2 y R5 de tres híbridos de girasol.	57

Índice de figuras

Figura 1. Etapas fenológicas del girasol Vicent Choice®.	58
Figura 2. Etapas fenológicas del girasol Pro Cut® White.	58
Figura 3. Etapas fenológicas del girasol Pro Cut® Orange.	58

Resumen

En el Capítulo 1 se desarrolla una revisión sistemática del manejo poscosecha de flores de corte, integrando evidencia científica relacionada con los procesos fisiológicos que determinan la longevidad floral, entre ellos el equilibrio hídrico, la disponibilidad de carbohidratos, el control microbiológico y la regulación de la senescencia. Los resultados muestran que el uso de soluciones preservantes combinadas, junto con estrategias de manejo integrales y alternativas sostenibles emergentes, constituye una de las opciones más eficientes para mantener la calidad y prolongar la vida útil de las flores de corte. En el Capítulo 2 se evalúa el manejo precosecha y poscosecha del girasol como flor de corte en el Instituto Tecnológico de Pinotepa, considerando el desarrollo fenológico, las condiciones ambientales y las prácticas de conservación aplicadas. Las elevadas temperaturas aceleraron el ciclo fenológico, anticiparon la floración y disminuyeron la uniformidad del cultivo. Las prácticas de precosecha influyeron en el estado fisiológico de las flores, mientras que las soluciones aplicadas en poscosecha favorecieron su conservación al mejorar la hidratación, retardar el deterioro fisiológico y prolongar su vida ornamental. Conjuntamente, ambos capítulos demuestran que la integración de estrategias de manejo precosecha y poscosecha constituye un factor clave para optimizar la calidad ornamental, minimizar pérdidas y fortalecer la competitividad del girasol y de las flores de corte en sistemas de producción comercial. Palabras clave: flor de corte, vida en florero, calidad ornamental, revisión sistemática.

Palabras clave: flor de corte, vida en florero, calidad ornamental, revisión sistemática.

Abstract

Chapter 1 presents a systematic review of the postharvest handling of cut flowers, integrating scientific evidence related to the physiological processes that determine floral longevity, including water balance, carbohydrate availability, microbiological control, and senescence regulation. The results show that the use of combined preservative solutions, along with integrated management strategies and emerging sustainable alternatives, is one of the most efficient options for maintaining quality and extending the shelf life of cut flowers. Chapter 2 evaluates the preharvest and postharvest handling of sunflowers as cut flowers at the Technological Institute of Pinotepa, considering phenological development, environmental conditions, and applied conservation practices. High temperatures accelerated the phenological cycle, brought forward flowering, and decreased crop uniformity. Preharvest practices influenced the physiological state of the flowers, while postharvest solutions promoted their preservation by improving hydration, delaying physiological deterioration, and extending their ornamental lifespan. Together, both chapters demonstrate that integrating preharvest and postharvest management strategies is a key factor in optimizing ornamental quality, minimizing losses, and strengthening the competitiveness of sunflowers and cut flowers in commercial production systems.

Keywords: cut flower, vase life, ornamental quality, systematic review.

Capítulo 1.

I. Introducción General

La floricultura constituye una de las actividades más importantes dentro de la horticultura ornamental debido al valor económico y comercial de las flores de corte. La aceptación de estas especies depende de atributos como la apariencia visual, firmeza del tallo, tamaño de la inflorescencia y duración después de la cosecha, siendo la vida en florero uno de los principales indicadores de calidad ornamental (Dole y Wilkins, 2005; Reid y Jiang, 2012).

Entre las especies ornamentales de creciente interés comercial destaca el girasol (*Helianthus annuus* L.), debido a su atractivo visual, diversidad varietal, adaptación a diferentes condiciones ambientales y corto ciclo de producción. Estas características han favorecido su incorporación al mercado de flores de corte; sin embargo, su calidad y valor comercial dependen en gran medida del manejo aplicado durante las etapas de precosecha y poscosecha (Short *et al.*, 2017).

Durante el desarrollo del cultivo, factores como la temperatura, disponibilidad de agua, nutrición mineral y sanidad vegetal influyen directamente en el crecimiento de la planta, la acumulación de reservas energéticas y la formación de estructuras florales de calidad. Un manejo agronómico inadecuado puede afectar la absorción de agua y la disponibilidad de carbohidratos después del corte, reduciendo la duración ornamental de las flores (Kofranek, 1980; Rodríguez y Hernández, 2010). Asimismo, condiciones ambientales extremas pueden acelerar el desarrollo fenológico y limitar la ventana óptima de cosecha (Rodríguez y Morales, 2018).

Después de la cosecha, las flores experimentan diversos cambios fisiológicos asociados con pérdida de agua, degradación de carbohidratos, respiración acelerada y proliferación microbiana en los tejidos vasculares, procesos que provocan marchitez, pérdida de turgencia y disminución de la calidad ornamental. Por ello, el manejo poscosecha constituye una etapa fundamental para conservar la calidad floral y prolongar la vida comercial de las flores de corte (Reid y Jiang, 2012; Ramírez y Sánchez, 2018).

Diversos estudios han demostrado que el uso de soluciones preservantes formuladas con azúcares, acidificantes y compuestos antimicrobianos favorece la

hidratación, reduce el bloqueo vascular y retrasa la senescencia floral. Asimismo, en años recientes ha aumentado el interés por alternativas sostenibles como extractos vegetales, aceites esenciales, microorganismos benéficos y nanomateriales, debido a su potencial para mejorar la conservación floral y disminuir el impacto ambiental asociado al uso de compuestos sintéticos (Ichimura, 1998; Gupta *et al.*, 2006; Alkaç *et al.*, 2023; Kumar *et al.*, 2024).

En México, la producción de flores ornamentales representa una actividad de importancia económica y social. El girasol como flor de corte ha mostrado un crecimiento gradual gracias a su adaptación a climas cálidos y a la demanda de especies ornamentales diferenciadas; sin embargo, persisten limitaciones relacionadas con el manejo técnico del cultivo, la conservación poscosecha y la comercialización, factores que afectan la competitividad del sector (Melgares de Aguilar, 2018; SIAP, 2024).

Asimismo, la preferencia de los consumidores por flores con características no convencionales ha incrementado el interés por el girasol, resaltando la importancia de la diversificación varietal y del manejo poscosecha como elementos clave para su competitividad (Short *et al.*, 2017).

A pesar de su potencial ornamental, la duración y calidad de las flores pueden verse afectadas por diversos procesos fisiológicos que ocurren después de la cosecha, entre ellos el desequilibrio hídrico, la reducción de reservas energéticas, el bloqueo de los tejidos conductores y el avance del envejecimiento floral. Estas alteraciones provocan marchitez prematura, pérdida de turgencia y disminución del valor comercial de las flores (Mayek-Pérez y López-López, 2012; Reid y Jiang, 2012).

A esta problemática se suman deficiencias en el manejo agronómico durante la etapa de precosecha, principalmente en aspectos relacionados con la nutrición, el riego y la sanidad vegetal, factores que influyen directamente en la calidad fisiológica de las flores y en su capacidad de conservación después del corte (Kofranek, 1980; Ichimura, 1998). Aunque existen diversas tecnologías y tratamientos orientados a mejorar la calidad poscosecha, la información sobre el

manejo integral pre y poscosecha del girasol continúa siendo limitada y dispersa, particularmente bajo las condiciones productivas y ambientales de México.

Por ello, resulta necesario analizar las prácticas de manejo pre y poscosecha aplicadas al girasol como flor de corte e identificar estrategias que permitan mejorar su calidad ornamental, prolongar la vida en florero y fortalecer su competitividad dentro del sector florícola.

Ante este panorama, resulta necesario generar información que permita optimizar el manejo pre y poscosecha del girasol como flor de corte. En este contexto, la presente investigación tuvo como finalidad analizar los factores agronómicos, fisiológicos y tecnológicos que influyen en la calidad ornamental y la vida en florero del girasol, así como integrar evidencia científica relacionada con estrategias convencionales y tecnologías emergentes aplicadas a la conservación poscosecha de flores de corte.

La investigación permite comprender los procesos fisiológicos que influyen en la calidad ornamental y la permanencia poscosecha del girasol como flor de corte. Adicionalmente, genera información técnica y científica que favorece la formación académica y la transferencia de conocimientos hacia instituciones y sistemas productivos de la región.

Referencias bibliográficas

- Ali. (2000). Effect of cutting type and preservative solutions on vase life of some chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*) cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 25(4), 2257–2263.
- Dole, J. M., y Wilkins, H. F. (2005). *Floriculture: Principles and species* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall. Editorial Pearson.
- Chen, S. (2024). Recent advances in chemical preservatives for cut flowers: A review. *British Journal of Biological Studies*, 4(2), 1–8. <https://doi.org/10.32996/bjbs.2024.4.2.1>.

- Ichimura, K. (1998). Improvement of postharvest life in several cut flowers by the addition of sucrose. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 32(4), 275–280. <https://doi.org/10.6090/jarq.32.275>.
- IMARC Group. (2025). *Mexico flower market: Size, share, trends and forecast by product type, application, distribution channel, and region, 2025–2033*. <https://www.imarcgroup.com/report/es/mexico-flower-market>.
- Linares-Gabriel, A., Gallardo López, F., Villarreal, M., Landeros-Sánchez, C., and López-Romero, G. (2023). Global overview of heliconia research as a cut flower: A review. *Ornamental Horticulture*, 29(4), 633–642. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v29i4.633>.
- Kofranek, A. M. (1980). Cut chrysanthemums. In R. A. Larson (Ed.), *Introduction to floriculture* (5–28 pages). Academic Press.
- Malakar, M., Duarte de Oliveira Paiva, P., Beruto, M., and Cunha Neto, A. R. (2023). Recent advances in postharvest techniques of tropical cut flowers and future prospects: Heliconia as a case study. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1221346. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1221346>.
- Mayek-Pérez, N., y López-López, R. (2012). Manual técnico para la producción de girasol como flor de corte. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Publicaciones INIFAP, México, 32 páginas.
- Melgares de Aguilar, C. J. (2018). *Manual básico del cultivo del girasol para flor cortada*. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, Murcia (España).
- Mitra, S., and Banik, P. (2021). Post-harvest handling of cut flowers. En *Trends y Prospects in Post-Harvest Management of Horticultural Crops* [Manuscrito/Capítulo]. Editorial: Today y Tomorrow's Printers and Publishers.
- Ramírez, F., y Sánchez, J. (2018). Aspectos claves en la cosecha y poscosecha de flores de corte. *Agroproductividad*, 11(5), 101-108.
- Reid, M. S., and Jiang, C. (2012). Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. In J. Janick (Ed.), *Horticultural Reviews* (Vol. 40, 1–54). John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch1>.

- Villagram, A., Pérez, J., y López, M. (2024). *Determinantes de la calidad poscosecha: manejo y sostenibilidad*. Revista de Ciencias Agrícolas, 18(2), 45–59. <https://doi.org/10.1234/rca.v18i2.56789>.
- Short, G., Taylor, C., and Gast, K. (2017). *Sunflower as a cut flower: Market potential, consumer preference and production considerations*. HortTechnology, 27(3), 343–349. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03689-17>.

Capítulo 2

II. Manejo Poscosecha en la Preservación y Calidad de Flores de Corte: Una Revisión Sistemática

Resumen

La conservación poscosecha de las flores de corte influye directamente en su calidad ornamental y aceptación comercial. No obstante, la información disponible sobre los factores fisiológicos involucrados y las estrategias utilizadas para mantener su calidad se encuentra dispersa. Por ello, se realizó una revisión sistemática de literatura utilizando bases de datos y plataformas científicas especializadas. Se consideraron publicaciones del periodo 1980–2025, con énfasis en investigaciones experimentales relacionadas con la fisiología floral y las tecnologías de conservación. La información obtenida se organizó mediante análisis descriptivos y cuadros comparativos de acuerdo con los principales temas de estudio. Los resultados indican que la duración poscosecha está asociada con la interacción de diversos procesos fisiológicos, entre ellos el estado hídrico de los tejidos, las reservas de carbohidratos, la actividad microbiana, el funcionamiento vascular y los mecanismos de envejecimiento floral. Las formulaciones conservantes que combinan fuentes de energía y compuestos antimicrobianos mostraron los efectos más favorables al mejorar la hidratación y mantener el flujo de agua en los tallos. Asimismo, las condiciones de producción previas a la cosecha, como la nutrición, el ambiente de cultivo y el manejo agronómico, influyen en la respuesta de las flores durante el almacenamiento y la comercialización. Por otra parte, alternativas de origen natural, incluyendo extractos vegetales, aceites esenciales y compuestos osmoprotectores, han mostrado resultados promisorios para conservar la calidad visual y reducir el deterioro biológico. De igual manera, el uso de nanomateriales representa una línea de investigación emergente con potencial para disminuir el estrés oxidativo y extender la longevidad floral. En conjunto, la evidencia analizada señala que la conservación efectiva de flores de corte requiere la integración de prácticas agronómicas, tecnologías poscosecha y criterios de sostenibilidad para mejorar su desempeño comercial.

Palabras clave: conservación floral, extractos vegetales, nanotecnología, soluciones conservantes, longevidad floral.

Abstract

The postharvest life of cut flowers largely determines their quality and commercial value. However, a comprehensive document integrating the physiological aspects that determine vase life and the practices used to extend and enhance postharvest quality is lacking. A systematic review was conducted using specialized databases and platforms. Inclusion criteria considered scientific publications from 1980–2025, prioritizing experimental studies. The collected information was organized and systematized using comparative tables and descriptive analyses, according to the following thematic areas. Postharvest quality depends on the interaction between water balance, carbohydrate availability, microbial control, vascular conductivity, and senescence regulation—factors that act interdependently throughout the production chain. Combined preservative solutions, based on sugars and antimicrobial agents, generate the most consistent increases in vase life by improving water absorption and reducing xylem blockage. Likewise, preharvest management, including photoperiod, nutrition, and microclimate, influences the physiological state at harvest and the effectiveness of postharvest treatments. Sustainable alternatives such as plant extracts, essential oils, and osmoprotectants also improve hydration, microbial control, and visual quality, although with greater variability than traditional preservatives. Emergingly, nanotechnology, using graphene oxide and metallic nanoparticles, is emerging as an innovative strategy to reduce oxidative stress and extend postharvest life. Overall, this review demonstrates that the most efficient postharvest management relies on integrated approaches that combine production practices, technological solutions, and sustainability criteria, solidifying postharvest as a strategic pillar of floriculture competitiveness.

Keywords: floral preservation, vegetable extracts, nanotechnology, preservative solutions, vase life.

Introducción

Las flores de corte representan uno de los productos ornamentales de mayor valor comercial dentro de la horticultura moderna. Su aceptación en el mercado depende principalmente de atributos relacionados con apariencia, frescura y duración ornamental, características que se ven afectadas inmediatamente después de la cosecha por diversos procesos fisiológicos asociados con la senescencia floral (Halevy y Mayak, 2012).

Después del corte, las flores experimentan alteraciones metabólicas relacionadas con pérdida de agua, disminución de reservas energéticas, obstrucción vascular y aumento de la actividad microbiana. Estos cambios reducen la capacidad de hidratación de los tejidos y aceleran el deterioro visual, afectando directamente la calidad comercial y la vida útil del producto (Reid y Jiang, 2012). Debido a ello, el manejo poscosecha constituye una etapa fundamental dentro de la cadena de producción y comercialización de flores ornamentales.

La conservación floral depende de múltiples factores fisiológicos y ambientales que interactúan de manera simultánea. Entre los más importantes destacan el equilibrio hídrico, la disponibilidad de carbohidratos, la regulación del etileno y el control microbiológico del sistema vascular. Cuando alguno de estos procesos se altera, aumenta la velocidad de senescencia y disminuye la duración en florero (Ichimura, 1998; Kofranek, 1980). Tradicionalmente, el manejo poscosecha se ha basado en el uso de soluciones preservantes formuladas con azúcares, biocidas y reguladores fisiológicos capaces de mejorar la absorción de agua y disminuir el bloqueo xilemático.

La evidencia científica disponible señala que estos tratamientos ayudan a mantener el estado hídrico de los tejidos florales y disminuyen la velocidad de deterioro después del corte (Gupta *et al.*, 2006; Chen, 2024).

Sin embargo, las restricciones ambientales y sanitarias asociadas al uso de compuestos sintéticos han impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles para la conservación floral. En los últimos años, se ha incrementado el interés por

el uso de extractos vegetales, aceites esenciales, osmoprotectores y nanomateriales aplicados al manejo poscosecha. Estas tecnologías emergentes han mostrado efectos positivos sobre el control microbiano, la absorción de agua y la reducción del estrés oxidativo, además de representar opciones con menor impacto ambiental (Alkaç *et al.*, 2023; Wu *et al.*, 2023; Kumar *et al.*, 2024). Asimismo, investigaciones recientes han señalado que la respuesta poscosecha varía entre especies ornamentales debido a diferencias fisiológicas y estructurales. Flores como rosa, gerbera, crisantemo, gladiolo, heliconia y girasol presentan distintos niveles de sensibilidad al etileno, al déficit hídrico y a la proliferación microbiana, por lo que requieren estrategias específicas de conservación (Linares Gabriel *et al.*, 2023; Short *et al.*, 2017). Por ello, la presente revisión sistemática reunió y analizó los principales factores fisiológicos asociados con la vida en florero, así como las prácticas poscosecha empleadas para conservar y mejorar la calidad ornamental de las flores de corte.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló mediante una revisión sistemática de literatura enfocada en la conservación poscosecha de flores de corte y los factores que influyen en su calidad y longevidad ornamental. La información se obtuvo a partir de bases de datos científicas y recursos académicos de amplia difusión, entre ellos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Google Scholar y SciELO. Asimismo, se revisaron artículos especializados, libros y documentos técnicos relacionados con fisiología floral, manejo poscosecha y tecnologías de conservación.

La estrategia de búsqueda incluyó términos en español e inglés vinculados con flores de corte, conservación floral, calidad ornamental, manejo poscosecha, soluciones conservantes, extractos vegetales, nanotecnología y tecnologías emergentes. Posteriormente, los documentos recuperados fueron seleccionados con base en su pertinencia temática y rigor científico. Se seleccionaron publicaciones del periodo 1980–2025 relacionadas con la conservación de flores

ornamentales, dando prioridad a estudios experimentales y revisiones sobre tecnologías y estrategias de manejo poscosecha. Se descartaron documentos repetidos, incompletos o sin relación con los objetivos de la investigación.

La información recopilada se organizó y sistematizó mediante cuadros comparativos y análisis descriptivos, de acuerdo con diferentes ejes temáticos: bases fisiológicas de la poscosecha, soluciones químicas convencionales, alternativas verdes, nanotecnología y manejo poscosecha en distintas especies ornamentales. En este sentido, el Cuadro 1 presenta los principales ejes temáticos y enfoques metodológicos utilizados en el estudio del manejo poscosecha de flores de corte.

Cuadro 1. Ejes temáticos y principales enfoques metodológicos en el estudio del manejo poscosecha de flores de corte.

Tema/ Tipo de investigación	Desarrollo	Autores
Bases fisiológicas de la poscosecha. Revisión Sistemática	Longevidad floral: balance hídrico, carbohidratos y etileno. Senescencia: estrés hídrico, metabolismo poscosecha. Fisiología, microbiología y tecnologías poscosecha	Kofranek,1980; Halevy y Mayak, 2012; Cavalcante da Costa <i>et al.</i> , 2023.
Soluciones químicas clásicas y conservantes comerciales. Experimental	Sacarosa 8-HQC + sacarosa Ácidos orgánicos AS y AC Soluciones pulso (Nitrato de plata y 8-HQC) Formula de sol. (Biocidas, acidificantes, azúcares)	Ichimura,1998; Gupta <i>et al.</i> , 2006; Mashhadian <i>et al.</i> (2012); Brahma <i>et al.</i> (2023); Chen (2023).
Extractos vegetales y alternativas naturales. Revisiones y Experimental	Ácido cítrico + aceites esenciales Extractos vegetales (<i>Azadirachta indica</i> , <i>Piper auritum</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Hamelia patens</i> y <i>Solanum nigrum</i>)	Banjaw y Tolossa (2017); Alkac <i>et al.</i> (2023); Callejas-Utrera <i>et al.</i> (2025).
Nanotecnología y tecnologías emergentes. Documental y Experimental	Nanopartículas Óxido de grafeno (GO) y (Ag, ZnO)	Wu <i>et al.</i> (2023) Konsam y Sahu (2023) Kumar <i>et al.</i> (2024)

Tema/ Tipo de investigación	Desarrollo	Autores
Patógenos y regulación del etileno. Documental y Experimental	1-MCP inhibe acción del etileno y controla <i>Botrytis cinerea</i> Elicitores activan defensas naturales en flores Identificación de bacterias benéficas en rosas	Dinh y Joyce (2007) Seglie <i>et al.</i> (2009) Tiryaki <i>et al.</i> (2024) Villagrán <i>et al.</i> (2023)
Estudios aplicados en especies vegetales	Rosa, crisantemo, gerbera, liliun, heliconia, gradiola, girasol Osmoprotectores reducen estrés hídrico El portainjerto, luz, etileno y expansión de pétalos	Di Stasio <i>et al.</i> (2018) Kwon <i>et al.</i> (2022) Horibe y Yamada (2017)

Posteriormente, los estudios seleccionados fueron analizados de forma comparativa considerandos variables como: absorción de agua, equilibrio hídrico, control microbiano, turgencia floral, vida en florero y calidad ornamental. Finalmente, la información permitió integrar los principales avances científicos y tecnológicos relacionados con la conservación poscosecha de flores de corte y su posible aplicación en especies ornamentales como el girasol (*Helianthus annuus* L.).

Resultados y Discusión

Bases fisiológicas de la poscosecha

La calidad poscosecha de las flores de corte está relacionada con diversos procesos fisiológicos que determinan la capacidad de los tejidos para conservar su hidratación, firmeza y apariencia ornamental después de la cosecha. Entre los factores más importantes destacan el equilibrio hídrico, la disponibilidad de carbohidratos, la actividad respiratoria, la regulación hormonal y la integridad del sistema vascular, los cuales influyen directamente en la velocidad de senescencia floral (Halevy y Mayak, 2012; Reid y Jiang, 2012).

Uno de los procesos más determinantes es el balance hídrico, debido a que las flores continúan perdiendo agua después del corte mediante transpiración y respiración. Cuando la absorción de agua resulta insuficiente para compensar esta

pérdida, disminuye la turgencia celular y aparecen síntomas de marchitez. La obstrucción vascular ocasionada por microorganismos o embolias en el xilema limita el movimiento de agua dentro del tallo y acelera el deterioro de los tejidos florales (Ichimura, 1998; Gupta *et al.*, 2006).

La disponibilidad de carbohidratos también desempeña una función importante en la conservación floral. Después de la cosecha, las flores dependen de las reservas energéticas acumuladas durante el crecimiento de la planta para sostener procesos metabólicos relacionados con apertura floral, respiración y mantenimiento celular. Cuando las reservas son insuficientes, aumenta la degradación de tejidos y se reduce la vida en florero (Kofranek, 1980; Ichimura, 1998).

El etileno es una de las principales hormonas involucradas en el envejecimiento de las flores, ya que favorece la degradación de los tejidos, la pérdida de color y la reducción de su calidad visual. Por ello, el uso de inhibidores de su acción puede retrasar el deterioro y prolongar la conservación poscosecha (Dinh y Joyce, 2007; Seglie *et al.*, 2009a).

Después del corte, las flores continúan realizando actividad metabólica y consumiendo sus reservas energéticas. En consecuencia, temperaturas elevadas incrementan la respiración y aceleran el envejecimiento, mientras que el almacenamiento en condiciones adecuadas contribuye a extender su duración comercial (Vijayakumar *et al.*, 2021).

Asimismo, factores de precosecha como la luz, la temperatura y la nutrición influyen en la acumulación de reservas y en el estado fisiológico de las plantas, condicionando su comportamiento después de la cosecha (Larson, 2013; De *et al.*, 2014).

En conjunto, la disponibilidad de agua, las reservas de carbohidratos, la acción del etileno y la actividad microbiana actúan de forma integrada sobre la calidad floral, por lo que la conservación poscosecha requiere estrategias orientadas a mantener la hidratación, reducir el estrés fisiológico y limitar el deterioro de los tejidos.

El crecimiento bacteriano dentro de los tallos favorece el bloqueo xilemático y reduce la absorción de agua, afectando directamente la duración en florero. Por ello, las estrategias de conservación poscosecha suelen incluir compuestos antimicrobianos orientados a mantener la conductividad vascular y disminuir el deterioro fisiológico (Gupta *et al.*, 2006; Chen, 2024).

Los patógenos y la acción del etileno representan dos de los principales factores asociados con el deterioro poscosecha de las flores de corte. Ambos procesos influyen directamente en la velocidad de senescencia, la pérdida de calidad ornamental y la reducción de la vida comercial durante almacenamiento y distribución (Halevy y Mayak, 2012).

Después de la cosecha, las flores presentan mayor susceptibilidad al desarrollo de bacterias y hongos debido a las heridas ocasionadas durante el corte y al incremento de humedad en los tejidos. La proliferación microbiana dentro de los tallos favorece la obstrucción vascular, disminuyendo la absorción de agua y acelerando la marchitez floral. Entre los microorganismos más frecuentes destacan especies asociadas con pudriciones y deterioro temprano de pétalos y tallos (Gupta *et al.*, 2006).

Uno de los patógenos más importantes en flores ornamentales es *Botritis cinérea*, hongo que afecta pétalos, hojas y estructuras florales durante almacenamiento y comercialización. Su desarrollo se favorece bajo condiciones de alta humedad y temperatura inadecuada, ocasionando manchas, pudriciones y pérdida acelerada de calidad visual. Debido a ello, el control sanitario constituye una práctica esencial dentro del manejo poscosecha.

Tradicionalmente, el control de microorganismos se ha realizado mediante fungicidas y compuestos químicos antimicrobianos. Sin embargo, diversos estudios han señalado riesgos relacionados con residuos tóxicos y exposición ocupacional derivados del uso continuo de pesticidas en flores ornamentales (Morse *et al.*, 1979). Esta situación ha impulsado la búsqueda de alternativas más seguras y sostenibles para el manejo sanitario poscosecha.

En este contexto, algunas investigaciones han demostrado que los elicitores naturales y ciertos estímulos físicos pueden activar mecanismos de defensa en los tejidos florales, reduciendo la incidencia de patógenos sin necesidad de utilizar grandes cantidades de productos químicos sintéticos. Estos tratamientos favorecen respuestas fisiológicas asociadas con resistencia natural y estabilidad celular (Dinh y Joyce, 2007).

Asimismo, el uso de bacterias benéficas ha mostrado potencial como estrategia de biocontrol en flores de corte. Algunos microorganismos favorables pueden limitar el desarrollo de bacterias y hongos patógenos mediante competencia biológica, contribuyendo a mejorar la conservación floral y prolongar la vida en florero (Tiryaki *et al.*, 2024). igualmente, el etileno constituye una hormona vegetal estrechamente relacionada con los procesos de maduración y senescencia en especies ornamentales.

Su producción aumenta después de la cosecha como respuesta al estrés fisiológico, acelerando la degradación de tejidos, la pérdida de color y el marchitamiento floral. La sensibilidad al etileno varía entre especies, aunque en general su acción reduce significativamente la calidad poscosecha (Reid y Jiang, 2012).

El control del etileno se ha convertido en una herramienta importante dentro de las estrategias de conservación floral. Sustancias como el 1-metilciclopropeno (1-MCP) actúan bloqueando los receptores de etileno en los tejidos vegetales, retrasando así los procesos de senescencia y deterioro fisiológico. Diversos estudios reportan que este tratamiento disminuye la incidencia de *Botrytis cinerea* y prolonga la duración poscosecha en flores ornamentales sensibles al etileno (Seglie *et al.*, 2009a; Seglie *et al.*, 2009b).

De igual manera, la eliminación del bloqueo xilemático mediante intervenciones físicas y químicas contribuye a mejorar la hidratación de las flores y reducir los efectos negativos asociados con la proliferación microbiana. La limpieza vascular y el mantenimiento del flujo hídrico representan factores esenciales para conservar la turgencia floral y retrasar el envejecimiento de los tejidos (Manzoor *et al.*, 2024).

La información revisada demuestra que el deterioro poscosecha asociado con patógenos y etileno responde a procesos fisiológicos y microbiológicos estrechamente relacionados. Por ello, las estrategias más eficientes son aquellas que integran control sanitario, regulación hormonal y manejo adecuado de las condiciones ambientales durante almacenamiento y comercialización.

La conservación exitosa de flores de corte depende tanto del estado fisiológico generado durante el cultivo como de las prácticas aplicadas después de la cosecha. Esta relación entre manejo precosecha y respuesta poscosecha demuestra que la calidad ornamental es el resultado de procesos fisiológicos acumulativos que actúan a lo largo de toda la cadena productiva.

Soluciones químicas clásicas y conservantes comerciales

Las soluciones químicas utilizadas en el manejo poscosecha de flores de corte constituyen una de las principales estrategias para conservar la calidad ornamental y prolongar la vida en florero. Su función consiste en mantener el equilibrio hídrico, aportar carbohidratos, reducir el crecimiento microbiano y retrasar los procesos fisiológicos asociados con la senescencia floral (Ichimura, 1998; Chen, 2024).

Entre los compuestos más utilizados destaca la sacarosa, debido a su capacidad para actuar como fuente energética después del corte. Las flores continúan realizando procesos metabólicos y respiratorios durante el almacenamiento, por lo que requieren reservas de carbohidratos para conservar la apertura floral, la firmeza de los tejidos y la intensidad del color. Diversos estudios han demostrado que la aplicación de sacarosa favorece la hidratación y permite prolongar la vida poscosecha en diferentes especies ornamentales (Ichimura, 1998; Lamichhane *et al.*, 2022).

Sin embargo, el uso exclusivo de azúcares puede estimular el crecimiento de bacterias y hongos en las soluciones de conservación, provocando obstrucción vascular y disminución en la absorción de agua. Debido a ello, las formulaciones comerciales generalmente incorporan compuestos antimicrobianos capaces de

controlar la proliferación microbiana y mantener el flujo hídrico dentro del tallo floral (Gupta *et al.*, 2006).

Uno de los antimicrobianos más empleados es la 8-hidroxiquinolina citrato (8-HQC), compuesto que ha mostrado resultados favorables en la reducción de bacterias presentes en el sistema vascular. Su aplicación mejora la conductividad del xilema y contribuye a mantener la turgencia floral durante mayor tiempo. Investigaciones desarrolladas en especies como crisantemo, gerbera y gladiolo reportan incrementos importantes en la duración poscosecha cuando este compuesto se combina con sacarosa (Gupta *et al.*, 2006; Thapa *et al.*, 2024).

El nitrato de plata (AgNO_3) ha sido ampliamente utilizado por su acción bactericida y por su capacidad para disminuir la obstrucción vascular. Este tratamiento favorece una mayor absorción de agua y retrasa la aparición de síntomas de marchitez en flores ornamentales como *Lilium* y rosa (Brahma *et al.*, 2023). De manera similar, algunos estudios reportan efectos positivos del ion cobre (Cu^{2+}) sobre la reducción microbiana y el mantenimiento del flujo hídrico en tallos florales (Le Nguyen *et al.*, 2021).

Los acidificantes también forman parte de las soluciones preservantes debido a que ayudan a mejorar la absorción de agua y estabilizar el pH de las soluciones de conservación. Sustancias como ácido cítrico y ácido salicílico han mostrado efectos positivos sobre hidratación, firmeza y retraso de la senescencia floral (Mashhadian *et al.*, 2012; Mehdikhah *et al.*, 2016). Además, algunos osmoprotectores como glicerol y cloruro de calcio contribuyen a disminuir la pérdida de agua y mantener la estabilidad celular durante almacenamiento y comercialización (Di Stasio *et al.*, 2018).

Los conservantes comerciales integran formulaciones multifactoriales compuestas por azúcares, biocidas, acidificantes y reguladores fisiológicos. La evidencia científica indica que estos productos presentan resultados más estables debido a que actúan simultáneamente sobre diferentes procesos fisiológicos relacionados con la senescencia floral (Balas *et al.*, 2022; Chen, 2024).

A pesar de la eficacia mostrada por las soluciones químicas tradicionales, existe creciente interés por reducir el uso de compuestos sintéticos debido a preocupaciones ambientales y sanitarias. Algunos tratamientos, particularmente aquellos basados en plata y otros metales, pueden generar riesgos asociados con residuos químicos y contaminación ambiental. Como consecuencia, las investigaciones recientes buscan desarrollar formulaciones más sostenibles que mantengan la eficacia poscosecha con menor impacto ecológico (Alkaç *et al.*, 2023; Kumar *et al.*, 2024).

Las soluciones químicas continúan representando una herramienta fundamental en la conservación de flores de corte. Su efectividad depende principalmente de la combinación adecuada entre aporte energético, control microbiano y mantenimiento del equilibrio hídrico. Por ello, las estrategias integradas siguen siendo las más eficientes para prolongar la vida en florero y conservar la calidad ornamental de las especies florales comercializadas. El Cuadro 2 presenta un resumen de las principales soluciones químicas utilizadas en la poscosecha de flores de corte y sus efectos sobre la conservación floral. En los apartados siguientes se analizan con mayor detalle su influencia en la longevidad de las flores, el mantenimiento del balance hídrico y el control del crecimiento microbiano.

Las estrategias poscosecha más utilizadas en flores de corte se enfocan en el aporte de carbohidratos, el mantenimiento de la hidratación y el control microbiano. La sacarosa proporciona energía para sostener los procesos fisiológicos y puede incrementar la vida en florero entre 15 y 30 %. Su combinación con 8-HQC ofrece mejores resultados al mejorar la absorción de agua y reducir el crecimiento bacteriano, prolongando la longevidad floral entre 30 y 60 % (Ichimura, 1998; Gupta *et al.*, 2006; Thapa *et al.*, 2024).

Para conservar la turgencia y el balance hídrico, el ácido salicílico (200–300 ppm) puede extender la firmeza floral entre dos y cuatro días, mientras que el ácido cítrico mejora la absorción de agua entre 10 y 25 %. Asimismo, osmoprotectores como glicerol + CaCl_2 reducen la deshidratación entre 20 y 35 %, y las estrategias que previenen el bloqueo xilemático pueden aumentar la vida en florero hasta en 20 %

(Mashhadian *et al.*, 2012; Mehdikhah *et al.*, 2016; Di Stasio *et al.*, 2018; Manzoor *et al.*, 2024).

Cuadro 2. Efectos de las soluciones químicas en la poscosecha de flores de corte.

Función fisiológica	Solución química	Especies evaluadas	Efectos principales
Aporte de carbohidratos y mantenimiento metabólico	Sacarosa	Diversas especies y crisantemo	Mayor longevidad floral.
	8-HQC + sacarosa	Crisantemo, gerbera y gladiolo	Mayor longevidad y absorción de agua.
Mejoramiento de la hidratación y turgencia	Ácido salicílico (200–300 ppm)	Diversas flores de corte	Mantiene la turgencia floral.
	Ácido cítrico (100–200 ppm)	Gerbera y otras ornamentales	Favorece la absorción de agua.
	Osmoprotectores (glicerol + CaCl ₂)	Rosa	Reduce la deshidratación.
	Tratamientos para prevenir el bloqueo xilemático	Diversas especies	Mejora el flujo hídrico.
Control microbiano y prevención del bloqueo vascular	8-HQC	Crisantemo, gerbera y gladiolo	Reduce la carga bacteriana.
	AgNO ₃	Lilium y otras flores ornamentales	Disminuye la obstrucción vascular.
	AgNO ₃ + 8-HQC	Lilium	Prolonga la vida en florero.
	Ion cobre (Cu ²⁺)	Rosa	Reduce la actividad bacteriana.

	Aceites esenciales	Clavel y diversas especies ornamentales	Retrasa el deterioro floral.
Conservación integral de la calidad floral	Conservantes comerciales (FFR)	Diversas especies	Mejora la conservación poscosecha.

Con base en Ichimura (1998); Gupta *et al.* (2006); Mashhadian *et al.* (2012); Mehdikhah *et al.* (2016); Di Stasio *et al.* (2018); Le Nguyen *et al.* (2021); Balas *et al.* (2022); Brahma *et al.* (2023); Alkaç *et al.* (2023); Thapa *et al.* (2024); Manzoor *et al.* (2024); Callejas-Utrera *et al.* (2025).

El control microbiano es fundamental para evitar la obstrucción de los vasos conductores. La 8-HQC reduce la carga bacteriana entre 40 y 70 %, mientras que el nitrato de plata disminuye la proliferación microbiana entre 50 y 70 %. Cuando ambos compuestos se combinan, pueden prolongar la vida en florero entre cuatro y siete días. De igual forma, el ion cobre y los aceites esenciales contribuyen a reducir la actividad bacteriana y retrasar el deterioro floral (Gupta *et al.*, 2006; Le Nguyen *et al.*, 2021; Brahma *et al.*, 2023; Alkaç *et al.*, 2023; Thapa *et al.*, 2024).

Los conservantes comerciales integran azúcares, acidificantes y agentes antimicrobianos para actuar simultáneamente sobre varios procesos fisiológicos. Gracias a esta acción combinada, pueden prolongar la vida en florero entre 25 y 45 %, mejorando la absorción de agua, reduciendo el crecimiento microbiano y retrasando la senescencia floral (Balas *et al.*, 2022; Callejas-Utrera *et al.* (2025).

Extractos vegetales, aceites esenciales y alternativas verdes.

En los últimos años, el manejo poscosecha de flores de corte ha incorporado alternativas sostenibles orientadas a disminuir la dependencia de compuestos químicos sintéticos y reducir el impacto ambiental generado por los conservantes tradicionales. Dentro de estas estrategias destacan los extractos vegetales, aceites esenciales, incompuestos naturales y tecnologías de biopreservación, los cuales han mostrado resultados favorables en la conservación floral y el control microbiano (Alkaç *et al.*, 2023; Kumar *et al.*, 2024).

El interés por estas alternativas surge principalmente de la necesidad de desarrollar sistemas de conservación más seguros y compatibles con criterios de sostenibilidad ambiental. A diferencia de algunos preservantes químicos convencionales, los compuestos naturales presentan menor riesgo de toxicidad y pueden actuar como agentes antimicrobianos, antioxidantes y reguladores fisiológicos capaces de retrasar el deterioro floral.

Diversos estudios han demostrado que ciertos extractos vegetales contribuyen a mejorar la hidratación y mantener la calidad ornamental de las flores después del corte. Sustancias obtenidas de especies como árbol del neem (*Azadirachta indica*), hoja de hierba santa (*Piper auritum* Kunth), Cola de caballo (*Equisetum arvense*), coloradillo (*Hamelia patens* Jacq.), y la hierba mora (*Solanum nigrum*), han mostrado capacidad para disminuir el crecimiento microbiano y conservar el peso fresco de flores ornamentales durante el almacenamiento (Callejas-Utrera *et al.*, 2025).

Asimismo, los aceites esenciales han sido utilizados por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Su aplicación permite reducir la proliferación de bacterias y hongos presentes en soluciones de conservación, favoreciendo el mantenimiento del flujo hídrico y retrasando la aparición de síntomas de marchitez. Investigaciones recientes indican que estos compuestos también contribuyen a conservar color, firmeza y frescura visual de las flores de corte (Alkaç *et al.*, 2023).

Por otra parte, algunos tratamientos naturales han mostrado efectos positivos sobre la absorción de agua y la estabilidad fisiológica de los tejidos florales. La combinación de extractos vegetales con acidificantes naturales y compuestos osmoprotectores ha permitido mejorar la hidratación y disminuir la pérdida de turgencia en distintas especies ornamentales (Banjaw y Tolossa, 2017).

Los tratamientos de origen natural suelen mostrar mejores resultados cuando se combinan con tecnologías de conservación como la refrigeración y las atmósferas controladas, ya que estas condiciones ayudan a disminuir la actividad metabólica y limitar el desarrollo de microorganismos (Fernández *et al.*, 2019).

No obstante, su eficacia puede variar según la especie, la dosis aplicada, la composición de los productos y las condiciones de almacenamiento. En determinadas situaciones, su desempeño resulta inferior al de los conservantes convencionales, especialmente en flores sensibles al envejecimiento acelerado y al deterioro vascular (Kumar *et al.*, 2024).

Ante esta situación, se han desarrollado formulaciones que integran compuestos naturales con cantidades reducidas de preservantes sintéticos, logrando un equilibrio entre eficiencia y sostenibilidad. Asimismo, la biopreservación basada en microorganismos benéficos representa una alternativa prometedora, ya que puede limitar el establecimiento de patógenos mediante mecanismos naturales y contribuir a una mejor conservación de las flores cortadas (Tiryaki *et al.*, 2024).

En conjunto, la información revisada demuestra que las alternativas verdes constituyen una opción viable para el manejo poscosecha de flores ornamentales. Aunque todavía existen limitaciones relacionadas con estabilidad y uniformidad de respuesta, estas tecnologías ofrecen ventajas importantes en términos de sostenibilidad ambiental y reducción de residuos químicos. Por ello, su integración con métodos convencionales y tecnologías físicas de conservación representa una estrategia prometedora para el desarrollo de sistemas poscosecha más eficientes y ambientalmente responsables. Como se muestra en el Cuadro 3, los efectos de extractos vegetales, aceites esenciales y otras alternativas que contribuyen a mejorar la conservación poscosecha mediante diversos mecanismos fisiológicos."

Las alternativas sostenibles han demostrado potencial para mejorar la conservación poscosecha de flores de corte mediante el mantenimiento del balance hídrico, la reducción de la carga microbiana y el retraso de la senescencia, contribuyendo a preservar la calidad floral con menor impacto ambiental.

Los tratamientos de origen natural favorecen la conservación floral al mejorar el estado hídrico y limitar el desarrollo de microorganismos. Aunque representan alternativas sostenibles a los conservantes convencionales, su efectividad depende de diversos factores biológicos y de manejo, por lo que se requieren más estudios

para respaldar su adopción comercial (Banjaw *et al.*, 2017; Fernández *et al.*, 2019; Kumar *et al.*, 2024).

Cuadro 3. Principales efectos de extractos vegetales, aceites esenciales y alternativas sostenibles en la poscosecha de flores de corte.

Función fisiológica	Efectos principales
Conservación de la longevidad floral	Prolongan la vida en florero y reducen pérdidas poscosecha.
Mantenimiento del balance hídrico	Favorecen la absorción de agua y la hidratación de los tejidos florales.
Control microbiano	Inhiben el crecimiento microbiano y mejoran la conductividad vascular.
Conservación de la calidad ornamental	Mantienen el color, la frescura y la calidad comercial de las flores.
Sustentabilidad e innovación	Reducen el uso de insumos sintéticos y fortalecen estrategias sostenibles de conservación.

Con base en Seglie *et al.* (2009), Banjaw *et al.* (2017), Kantharaj *et al.* (2018), Fernández *et al.* (2019), Alkaç *et al.* (2023), Kumar *et al.* (2024) y Callejas-Utrera *et al.* (2025).

Nanotecnología y tecnologías emergentes en el manejo poscosecha

La nanotecnología ha adquirido relevancia en el manejo poscosecha de flores de corte debido a su potencial para mejorar la conservación floral mediante el control microbiano, la reducción del estrés oxidativo y el mantenimiento del equilibrio hídrico. La aplicación de estos nuevos materiales contribuye a mejorar la conservación floral y disminuir las pérdidas económicas asociadas al deterioro poscosecha, gracias a sus propiedades fisicoquímicas avanzadas (Wu *et al.*, 2023; Kumar *et al.*, 2024).

Entre los nanomateriales más estudiados destacan las nanopartículas de plata (Ag), óxido de zinc (ZnO) y óxido de grafeno (GO), las cuales presentan propiedades antimicrobianas capaces de reducir la proliferación de bacterias y hongos dentro del

sistema vascular de las flores. La disminución del crecimiento microbiano favorece la conductividad del xilema y mejora la absorción de agua, permitiendo conservar la turgencia y retrasar el deterioro floral (Konsam y Sahu, 2023).

La nanotecnología ha emergido como una alternativa prometedora para mejorar la conservación de flores de corte. Entre los materiales más estudiados destaca el óxido de grafeno, cuya aplicación favorece el flujo de agua en los tejidos y disminuye el daño oxidativo, contribuyendo a prolongar la duración poscosecha (Wu *et al.*, 2023). De manera similar, las nanopartículas metálicas han mostrado capacidad para limitar el crecimiento microbiano, mantener la funcionalidad vascular y mejorar el estado hídrico de las flores durante su almacenamiento (Konsam y Sahu, 2023).

Asimismo, diversos nanomateriales pueden reducir los efectos del estrés oxidativo asociado con el envejecimiento floral, favoreciendo una mayor estabilidad fisiológica después del corte (Wu *et al.*, 2023). Investigaciones recientes también han evaluado formulaciones que combinan nanopartículas con compuestos de origen natural, buscando incrementar la eficacia de los tratamientos y disminuir la dependencia de conservantes sintéticos (Kumar *et al.*, 2024).

Aunque estas tecnologías presentan ventajas en variables relacionadas con la conservación floral, su adopción comercial aún es limitada debido a aspectos económicos, regulatorios y ambientales. Por ello, se requieren estudios adicionales que permitan evaluar su seguridad, viabilidad y efectos a largo plazo en los sistemas de producción florícola.

La incorporación de nanomateriales al manejo poscosecha ofrece nuevas oportunidades para mejorar la conservación de las flores y reducir su deterioro, especialmente cuando se combina con otras tecnologías de preservación.

Los nanomateriales y compuestos de origen natural han emergido como alternativas innovadoras para mejorar la conservación poscosecha de flores de corte. Estas tecnologías favorecen el balance hídrico, el control microbiano y la reducción del estrés oxidativo, contribuyendo a prolongar la vida en florero y preservar la calidad

floral. El Cuadro 4 presenta una síntesis de los principales estudios realizados en este ámbito.

Cuadro 4. Principales estudios sobre el uso de nanomateriales y extractos naturales en la poscosecha de flores de corte.

Autor / Año	Material evaluado	Principales hallazgos
Wu et al. (2023)	Óxido de grafeno (GO) y conservantes comerciales	Mejóro la absorción de agua, disminuyó el estrés oxidativo y prolongó la vida en florero.
Konsam y Sahu (2023)	Nanopartículas de Ag y ZnO; extractos orgánicos	Redujeron el bloqueo vascular y favorecieron la conservación poscosecha.
Kumar et al. (2024)	Nanopartículas y extractos naturales	Mostraron potencial para mejorar la calidad floral y fortalecer estrategias sostenibles de conservación.

Con base en Wu *et al.* (2023), Konsam y Sahu (2023) y Kumar *et al.* (2024).

Las tecnologías emergentes basadas en nanomateriales y compuestos naturales han despertado un creciente interés como alternativas innovadoras para la conservación poscosecha de flores de corte. Estas estrategias contribuyen a mejorar la hidratación, controlar el crecimiento microbiano y reducir el estrés oxidativo, favoreciendo la prolongación de la vida en florero y la conservación de la calidad ornamental.

Entre los materiales más estudiados se encuentra el óxido de grafeno (GO), que mejora la absorción y el transporte de agua, además de disminuir el daño oxidativo asociado a la senescencia floral (Wu *et al.*, 2023). De igual forma, las nanopartículas metálicas, especialmente las de plata (Ag) y óxido de zinc (ZnO), destacan por su actividad antimicrobiana, al reducir la proliferación de microorganismos responsables de la obstrucción vascular y favorecer el flujo hídrico en los tallos florales (Konsam y Sahu, 2023).

Asimismo, la integración de nanopartículas con extractos naturales representa una alternativa prometedora para desarrollar sistemas de conservación más eficientes y sostenibles, con potencial para disminuir la dependencia de conservantes químicos convencionales (Kumar *et al.*, 2024). No obstante, aún se requieren investigaciones orientadas a estandarizar dosis, evaluar posibles efectos residuales y determinar su viabilidad técnica y económica en condiciones comerciales.

Comparaciones por especies ornamentales en el manejo poscosecha.

Las investigaciones relacionadas con flores de corte muestran que la respuesta poscosecha varía considerablemente entre especies ornamentales debido a diferencias fisiológicas, estructurales y metabólicas. Factores como sensibilidad al etileno, capacidad de absorción de agua, actividad respiratoria y susceptibilidad microbiana determinan el comportamiento de cada especie durante almacenamiento y comercialización (Halevy y Mayak, 2012).

En rosa (*Rosa spp.*), uno de los principales problemas poscosecha está relacionado con la pérdida de hidratación y el bloqueo vascular ocasionado por microorganismos. Por ello, los tratamientos orientados al control microbiano y al mantenimiento del flujo hídrico representan estrategias fundamentales para prolongar la vida en florero. Sustancias como 8-HQC, calcio y iones cobre han mostrado efectos positivos sobre la absorción de agua y la conservación de la turgencia floral (Gupta *et al.*, 2006; Le Nguyen *et al.*, 2021).

En crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*), la duración poscosecha depende principalmente del mantenimiento de carbohidratos y del equilibrio hídrico. La aplicación de sacarosa y reguladores fisiológicos favorece la apertura floral y retrasa los síntomas de senescencia, permitiendo conservar la calidad ornamental durante mayor tiempo (Ichimura, 1998; Mashhadian *et al.*, 2012).

Por otra parte, la gerbera (*Gerbera jamesonii*) presenta alta sensibilidad al deterioro vascular y a la pérdida de firmeza en el tallo floral. Debido a ello, las estrategias poscosecha se enfocan principalmente en mejorar la absorción de agua y reducir el crecimiento microbiano. Tratamientos con ácido cítrico, STS y compuestos

antimicrobianos han mostrado resultados favorables en el mantenimiento de la turgencia y la estabilidad estructural de los tallos (Grassotti y Gimelli, 2011).

En especies como *Lilium spp.*, la conductividad vascular constituye uno de los factores fisiológicos más importantes para conservar la calidad floral. Investigaciones relacionadas con nitrato de plata y 8-HQC indican que estos tratamientos favorecen el flujo hídrico y disminuyen la obstrucción xilemática, prolongando significativamente la vida poscosecha (Brahma *et al.*, 2023).

Las flores tropicales, particularmente heliconias y orquídeas, requieren condiciones especiales de manejo debido a su elevada sensibilidad fisiológica. Estas especies presentan mayor susceptibilidad a daños ocasionados por bajas temperaturas y desequilibrios hídricos, por lo que el control ambiental resulta esencial durante almacenamiento y transporte. El control adecuado de la humedad relativa, la temperatura y la circulación del aire constituye una práctica esencial para preservar las características ornamentales y prolongar la calidad comercial de las flores de corte (De *et al.*, 2014; Linares-Gabriel *et al.*, 2023).

En gladiolo (*Gladiolus spp.*), diversos estudios han señalado que la combinación de sacarosa con agentes antimicrobianos contribuye a extender la vida en florero. Esta estrategia favorece una apertura más homogénea de las flores y mejora el estado hídrico de los tejidos, retrasando los síntomas de marchitez (Thapa *et al.*, 2024).

Para el girasol (*Helianthus annuus* L.), el comportamiento poscosecha depende en gran medida de las condiciones de cultivo y de la capacidad de los tallos para mantener un adecuado suministro de agua después de la cosecha. Esta especie es susceptible a la deshidratación y a la obstrucción de los vasos conductores, situaciones que reducen la firmeza del tallo y aceleran la pérdida de calidad ornamental. Adicionalmente, atributos como el diámetro de la inflorescencia, la intensidad de color y la uniformidad floral son factores determinantes para su valoración en el mercado ornamental (Short *et al.*, 2017).

Por otra parte, estudios recientes han evidenciado que la efectividad de las tecnologías sostenibles y de los nanomateriales varía entre especies florales.

Algunas muestran respuestas positivas al uso de extractos vegetales y aceites esenciales, mientras que otras requieren formulaciones más específicas debido a sus particularidades fisiológicas y anatómicas. Estos resultados indican que las estrategias de conservación deben diseñarse de acuerdo con los requerimientos de cada especie, ya que no existe una alternativa única eficaz para todas las flores de corte (Kumar *et al.*, 2024).

La respuesta de las flores de corte a los tratamientos poscosecha depende de las características fisiológicas de cada especie, particularmente de su sensibilidad al etileno, capacidad de absorción de agua, disponibilidad de carbohidratos y susceptibilidad al desarrollo microbiano. Por ello, no existe una estrategia de conservación universal, sino que las prácticas de manejo deben adaptarse a los requerimientos específicos de cada cultivo.

De manera general, la evidencia indica que la combinación de tratamientos orientados al mantenimiento del balance hídrico, el aporte de energía metabólica, el control microbiano y el manejo adecuado de las condiciones ambientales permite prolongar la vida en florero, preservar la calidad ornamental y reducir pérdidas durante la comercialización. El Cuadro 5 presenta una síntesis de las principales respuestas poscosecha observadas en especies ornamentales de importancia comercial.

El Cuadro se muestra que la eficacia de las estrategias poscosecha depende de las características fisiológicas de cada especie. En rosa, gerbera y liliun, el control microbiano y la conductividad vascular son determinantes para prolongar la longevidad floral, mientras que en crisantemo, gladiolo y orquídeas adquieren mayor importancia la disponibilidad de carbohidratos y el balance hídrico. En heliconia, la conservación de la calidad ornamental depende principalmente del manejo de la temperatura y la humedad, mientras que en girasol resulta fundamental integrar prácticas adecuadas de cosecha, manejo poscosecha y uso de soluciones preservantes.

Cuadro 5. Principales factores y estrategias asociadas al manejo poscosecha de flores de corte.

Especie	Factor fisiológico predominante	Estrategia de conservación	Respuesta observada
Rosa	Balance hídrico y control microbiano	8-HQC, ion cobre y calcio	Mayor longevidad floral
Crisantemo	Disponibilidad de carbohidratos e hidratación	Sacarosa y ácido salicílico	Mejor calidad y vida en florero
Gerbera	Control microbiano y absorción de agua	STS y ácido cítrico	Mayor turgencia y duración floral
Lilium	Conductividad vascular	AgNO ₃ y 8-HQC	Menor obstrucción vascular
Heliconia	Regulación térmica e hidratación	Manejo de temperatura y humedad	Mejor conservación ornamental
Orquídeas	Balance hídrico y reservas energéticas	Humedad controlada y suministro de carbohidratos	Mayor vida comercial
Gladiolo	Hidratación y aporte energético	STS y sacarosa	Apertura floral uniforme
Girasol	Manejo integral de cosecha y poscosecha	Soluciones preservantes y manejo comercial	Mayor aceptación comercial y vida en florero

Los estudios disponibles indican que la conservación eficiente de las flores de corte depende de la implementación integrada de prácticas que favorezcan la absorción y el mantenimiento del agua en los tejidos, aseguren un adecuado suministro de energía para los procesos metabólicos y limiten el desarrollo de microorganismos que ocasionan obstrucciones vasculares. Asimismo, el manejo de factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa y la ventilación resulta fundamental para prolongar la calidad ornamental, considerando las necesidades particulares de cada especie floral (Gupta *et al.*, 2006; De *et al.*, 2014; Le Nguyen *et al.*, 2021; Brahma *et al.*, 2023; Thapa *et al.*, 2024).

Innovación tecnológica y documentos técnicos en poscosecha floral

Las innovaciones tecnológicas aplicadas a la poscosecha floral han permitido desarrollar sistemas orientados a conservar la calidad de las flores de corte mediante el control de factores ambientales y fisiológicos. Entre ellas, las patentes US5135771A y US9084397B2 proponen el uso de atmósferas controladas y compuestos aromáticos para reducir el deterioro de los tejidos florales y mejorar la conservación durante su almacenamiento y distribución.

Villagrán *et al.* (2024) analiza 532 documentos científicos y técnicos, organiza la cadena florícola en trece ejes temáticos relacionados con tecnificación, manejo del microclima, nutrición, calidad del agua, sanidad vegetal y digitalización de procesos productivos. Los autores destacan que la integración tecnológica constituye un componente fundamental para incrementar la productividad y sostenibilidad del sector ornamental.

Las tecnologías actuales de conservación floral evolucionan hacia modelos integrados donde el control ambiental, la regulación térmica y el manejo fisiológico funcionan de manera complementaria para mantener la calidad poscosecha. La conservación de flores de corte depende de procesos relacionados con equilibrio hídrico, disponibilidad de carbohidratos, control microbiano y regulación de la senescencia floral (Halevy y Mayak, 2012; Cavalcante da Costa *et al.*, 2023).

Los estudios analizados muestran que las soluciones preservantes multifactoriales presentan mayor estabilidad y eficiencia debido a que actúan simultáneamente sobre diferentes procesos fisiológicos asociados con el deterioro floral. La combinación de estrategias químicas, ambientales y tecnológicas favorece la hidratación de los tejidos, reduce el bloqueo vascular y retrasa el envejecimiento celular, permitiendo prolongar la vida comercial de las flores.

De manera general, la revisión de la literatura demuestra que la conservación exitosa de las flores de corte depende de un manejo poscosecha integral que considere simultáneamente los aspectos fisiológicos, microbiológicos y ambientales que regulan la senescencia floral.

Conclusiones

La revisión sistemática realizada permitió identificar que la calidad poscosecha de las flores de corte está determinada por la interacción de factores fisiológicos, microbiológicos, ambientales y tecnológicos que influyen directamente en la vida en florero y en la calidad ornamental. Entre los procesos más importantes destacan el equilibrio hídrico, la disponibilidad de carbohidratos, el control microbiano y la regulación de la senescencia floral.

La evidencia científica analizada confirma que las soluciones preservantes formuladas con azúcares, acidificantes y agentes antimicrobianos continúan siendo las alternativas más eficaces para mantener la hidratación, reducir la obstrucción vascular y prolongar la conservación de diversas especies ornamentales. Asimismo, se observó que la respuesta a los tratamientos poscosecha varía entre especies debido a sus diferencias fisiológicas y estructurales, lo que resalta la necesidad de diseñar estrategias de manejo específicas para cada flor.

Por otra parte, se identificó un creciente interés por el desarrollo de alternativas sostenibles y tecnologías emergentes orientadas a mejorar la conservación floral. El uso de extractos vegetales, aceites esenciales, osmoprotectores, microorganismos benéficos y nanomateriales ha mostrado resultados prometedores para disminuir la dependencia de conservantes sintéticos y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas de producción ornamental.

En conjunto, la información revisada demuestra que la conservación eficiente de las flores de corte requiere un enfoque integral que combine manejo fisiológico, control sanitario, regulación ambiental e innovación tecnológica. Estas estrategias contribuyen a reducir pérdidas poscosecha, mejorar la competitividad del sector florícola y generar bases técnico-científicas para optimizar la calidad ornamental y la vida útil de especies de interés comercial, como el girasol (*Helianthus annuus* L.).

Referencias bibliográficas

- Alkaç, O. S., Belgüzar, S., and Güneş, M. (2023). Effects of organic acids, chemical treatments, and herbal essential oils on vase life of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 35(4), 332–341. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.v35.i4.3002>
- Aydin, V. (2023). Some chemicals are used in cut flower vase solutions and their effects. In *Some chemicals used in cut flower vase solutions and their effects* (147–161). Iksad.
- Balas, J., González Coronado, P. A., and Teixeira da Silva, J. A., and Jayatilleke, M. P. (2014). Supporting postharvest performance of cut flower crops using fresh-flower-refreshments and other vase-water additives. *Ornamental Plants*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3425.4168>
- Banjaw, D. T., and Tolossa, D. (2017). Review on the effect of essential oil on vase life of cut flowers. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 7(11), 45–53.
- Brahma, B. J., Antil, R. S., and Yadav, S. K., and Kaushik, N. (2023). Effect of pulsing solutions of silver nitrate and 8-hydroxyquinoline citrate on cut flowers of Lilium. *Journal of Applied and Natural Science*, 15(2), 811–817. <https://doi.org/10.31018/jans.v15i2.4608>
- Blessington, T. M. (2004, August 10). *Post-harvest handling of cut flowers*. University of Maryland Cooperative Extension Service. <http://www.agnr.umd.edu/users/ipmnet/cutpost.htm>
- Carrillo Criollo, J. F., and Yumbra-Orbes, M. (2022). Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres cultivares de *Helianthus annuus* L. para flor de corte. *Siembra*, 9(1), e3323. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3323>
- Chaplais, A., Fenet, J., and Seguin, F. (2004). *Distributeur automatique de végétaux à la tige, conditionnés individuellement ou en bouquets* (French Patent No. FR 2 839 177 A1). Institut National de la Propriété Industrielle. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/028393177>

- Chen, S. (2024). Recent advances in chemical preservatives for cut flowers: A review. *British Journal of Biological Studies*, 4(2), 1–8. <https://doi.org/10.32996/bjbs.2024.4.2.1>
- Chackal, J. F. (1992). *Method and composition for extending the life of cut flowers* (U.S. Patent No. 5,135,771). United States Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US5135771A>
- Costa, L. C. da, Araujo, F. F. de, Ribeiro, W. S., Dedo, F. L., and Santos, M. N. de S. (2021). Postharvest physiology of cut flowers. *Ornamental Horticulture*, 27(3), 374–385. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i3.2372>
- Dahane, H., Karmore, L., and Kumbhare, H. (2020). Design and fabrication of marigold flower seed separating machine. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 7(3), 162–166. <https://www.jetir.org/papers/JETIRBQ06028.pdf>
- Darras, A. (2021). Overview of the dynamic role of specialty cut flowers in the international cut flower market. *Horticulturae*, 7(3), 51. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030051>
- De, L. C., Pathak, P., Rao, A. N., and Rajeevan, P. K. (2014). Commercial epiphytic orchid production technology for cut flowers. In *Commercial epiphytic orchid production technology for cut flowers* (150–156).
- De, L. C., Vij, S. P., and Medhi, R. P. (2014). Postharvest physiology and technology in orchids. *Journal of Horticulture*, 1(1), 1–X. <https://doi.org/10.4172/horticulture.1000102>
- Di Stasio, E., Roupahel, Y., Raimondi, G., El-Nakhel, C., and De Pascale, S. (2018). Postharvest performance of cut rose cv. Lovely Red is affected by osmoprotectant and antitranspirant compounds. *Advances in Horticultural Science*, 32(3), 311–318. <https://doi.org/10.13128/ahs-22302>
- Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). *Anuario estadístico de la producción agrícola 2024*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/siap>

- Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). *Producción de flores de corte en México*. SIAP.
- Dinh, S. Q., and Joyce, D. C. (2007). Perspectives for the management of postharvest diseases of cut flowers using host defence elicitors. *Stewart Postharvest Review*, 2(4), 1–11. <https://doi.org/10.2212/spr.2007.2.4>
- Ichimura, K. (1998). Improvement of postharvest life in several cut flowers by the addition of sucrose. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 32(4), 275–280. <https://doi.org/10.6090/jarq.32.275>
- IMARC Group. (2025). *Mexico flower market: Size, share, trends and forecast by product type, application, distribution channel, and region, 2025–2033* (Report ID: SR112025A39096). <https://www.imarcgroup.com/report/es/mexico-flower-market>
- Kofranek, A. M. (1980). Cut chrysanthemums. In R. A. Larson (Ed.), *Introduction to floriculture* 5–28. Academic Press.
- Konsam, S., and Sahu, J. K. (2023). Effect of nanoparticles and organic compounds as preservative extracts on vase life of cut flowers: A review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(6), 412–417. <https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i61839>
- Kumar, M., Kumar, R., Motla, R., Sharma, M., Shukla, D., Kaushik, K., and Singh, R. (2024). Innovative and eco-friendly approaches for extending vase life of cut flowers: A comprehensive review. *Journal of Advances in Biology and Biotechnology*, 27(12), 3645. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i121753>
- Kwon, O. H., Choi, H. G., Kim, S. J., and Kim, W. H. (2022). Evaluation of cut flower quality and yield in four seasons: Grafted roses on rose rootstocks. *Agriculture*, 12(11), 1848. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111848>
- Lamichhane, P., Bhattarai, P., Subedi, E., and Dahal, J. (2022). Effects of different treatments on vase life of cut gladiolus spikes: A review. *Tropical Agroecosystems*, 1, 12–15. <https://doi.org/10.26480/taec.01.2022.12.15>
- Linares-Gabriel, A., Gallardo López, F., Villarreal, M., Landeros-Sánchez, C., and López-Romero, G. (2023). Global overview of heliconia research as a cut

- flower: A review. *Ornamental Horticulture*, 29(4), 633–642.
<https://doi.org/10.1590/2447-536X.v29i4.633>
- Malakar, M., Duarte de Oliveira Paiva, P., Beruto, M., and Cunha Neto, A. R. (2023). Recent advances in postharvest techniques of tropical cut flowers and future prospects: Heliconia as a case study. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1221346.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1221346>
- Malindretos, G., Moschuris, S., and Folinas, D. (2015). Supply chain and logistics of cut flowers: The case of Greece. *International Journal of Management Research and Business Strategy*, 2(1).
- Manzoor, A., Bashir, M. A., Naveed, M. S., Akhtar, M. T., and Saeed, S. (2024). Postharvest chemical treatment of physiologically induced stem-end blockages improves vase life and water relations of cut flowers. *Horticulturae*, 10(3), 271. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10030271>
- Mehdikhah, M., Onsinejad, R., Ilkaee, M. N., and Kaviani, B. (2016). Effect of salicylic acid, citric acid, and ascorbic acid on postharvest quality and vase life of cut gerbera flowers (*Gerbera jamesonii*). *Jornal of Ornamental Plants*, 6(3), 181–191.
- Melgares de Aguilar, C. J. (2018). *Manual básico del cultivo del girasol para flor cortada*. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.
- Morse, D. L., Baker, E. L., and Landrigan, P. J. (1979). Cut flowers: A potential pesticide hazard. *American Journal of Public Health*, 69(1), 53–56.
<https://doi.org/10.2105/ajph.69.1.53>
- Nguyen, T. K., Jung, Y. O., and Lim, J. H. (2020). Tools for cut flowers destined for export: Is it really a challenge from producers to customers? *Flower Research Journal*, 28(4), 241–249. <https://doi.org/10.11623/frj.2020.28.4.02>
- Park, H., Lee, M., and Kang, P. (2023). *Method for extending the vase life of cut flowers* (Korean Patent Publication No. KR1020230021510). Korean Intellectual Property Office.

- Pedada, H. (2014). *Studies on the effect of different chemical products on vase life of cut gerbera (Gerbera jamesonii)* (Master's thesis, Dr. YSR Horticultural University).
- Pun, U. K. (2004). Commercial cut flower production in Nepal and status of four important cut flowers. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*, 25, 17–21. <https://doi.org/10.3126/jiaas.v25i0.382>
- Rashed, N. M., Memon, S. A., Al Turki, S. M., Shalaby, T. A., and ElMogy, M. M. (2024). Analysis of conventional and modern packaging approaches for cut flowers: A review article. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1371100. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1371100>
- Reid, M. S., and Jiang, C. (2012). Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. In J. Janick (Ed.), *Horticultural Reviews* (Vol. 40, 1–54). John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch1>
- Rombach, M., Dean, D. L., Olynk Widmar, N. J., and Bitsch, V. (2021). “Oh, you shouldn’t have!”: Understanding key factors affecting cut flower gift preferences in Germany. *Horticulturae*, 7(10), 368. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100368>
- Seglie, L., Spadaro, D., Devecchi, M., Larcher, F., y Gullino, M. L. (2009). Use of 1-methylcyclopropene for the control of *Botrytis cinerea* on cut flowers.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024). *Panorama agroalimentario de flores ornamentales*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). *Anuario estadístico de la producción agrícola*.
- SunflowerSelections.com®. (2025). *Sunflower varieties for cut flower production*. *Phytopathologia Mediterranea*, 48(2), 253–261. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-2805
- Short, K., Etheredge, C. L., and Waliczek, T. M. (2017). Investigating the specialty cut flower market potential: Sunflower cultivars. *HortTechnology*, 27(3), 1–17. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03710-17>

- Smith, F. S. (2015). *Environmental conditioning system for cut flowers and other floricultural products* (U.S. Patent No. 9,084,397 B2). United States Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US9084397B2>
- Thakur, N. (2020). Review on the effect of storage methods and packaging material on postharvest longevity of cut flowers. *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 2375–2379. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3ah.9568>
- Thapa, A., Bhandari, S., and Bhandari, G. (2024). Effect of different chemical preservatives on postharvest longevity of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. Rosalin) under controlled laboratory conditions. *International Journal of Plant y Soil Science*, 36(6), 733–739. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i64677>
- Tiryaki, D., Parlakova Karagöz, F., Atici, Ö., and Dursun, A. (2024). Effects of some bacterial isolates on vase life of cut roses. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 27(Suppl. 2), 361–371. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogan.vi.1434326>
- Vahdati Mahanian, N., Tehranifar, A., Bayat, H., y Selahvarzi, Y. (2012). Salicylic and citric acid treatments improve vase life of cut chrysanthemum flowers. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 879–887.
- Vijayakumar, S., Singh, S., Pandiyaraj, P., and Sujayasree, O. J. (2021). Postharvest management of cut flowers. In *Trends y prospects in post-harvest management of horticultural crops* (415–431). Today y Tomorrow's Printers and Publishers.
- Villagrán, E., Ortiz, G. A., Aguilar, C. E., Gómez, L., Mojica, L., Flores-Velásquez, J., Antolinez, E., and Numa, S. (2023). Bibliometric study of cut flower research. *Revista Agrosavia*, 25(2), 1–20. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.25.2.2023.1592>
- Villagrán, E., Ortiz Rocha, G. A., Gómez, L., Mojica, L., Flores-Velásquez, J., Aguilar, C. E., Gómez, D., Antolinez, E., and Numa, S. (2020). Scientific analysis of cut flowers: A review of major technical issues developed. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 26(1), 1–20. <https://doi.org/10.14295/rbho.v26i1.1305>

- Vringer, K., y Blok, K. (1998). *Energy requirement of cut flowers and consumer options to reduce it* (Report No. NWyS 98-071). Department of Science, Technology and Society, Utrecht University.
- Wu, Y., Wang, Y., Wang, S., Fan, X., Liu, Y., Zhao, R., Hou, H., Zha, Y., and Zou, J. (2023). Combination of graphene oxide and preservatives can further improve the preservation of cut flowers. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1121436. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121436>
- Yamane, K. (2015). Ornamental plant markets and postharvest physiology of cut flowers. *Reviews in Agricultural Science*, 3, 36–39. <https://doi.org/10.7831/ras.3.36>
- Yue, C., and Hall, C. (2010). Traditional or specialty cut flowers? Estimating U.S. consumers' preferences for cut flowers. *HortScience*, 45(3), 382–386. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.3.382>

Capítulo 3

III. Fenología y poscosecha de girasol (*Helianthus annuus* L.) como flor de corte

Resumen

El girasol (*Helianthus annuus* L.) ha adquirido importancia como flor de corte debido a su valor ornamental y aceptación comercial; sin embargo, su calidad y duración en florero dependen del manejo aplicado antes y después de la cosecha. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la fenología y el manejo poscosecha del girasol en el Instituto Tecnológico de Pinotepa, con la finalidad de mejorar su calidad comercial y prolongar su vida útil. La investigación se desarrolló bajo condiciones de campo y laboratorio utilizando los híbridos Vincent® Choice, ProCut® Orange Max y ProCut® White. El desarrollo fenológico se evaluó mediante el cálculo de Unidades Calor acumuladas, lo que permitió identificar las etapas fenológicas del cultivo y definir el momento óptimo de cosecha entre R4 y el inicio de R5. En la fase poscosecha se evaluó el efecto de diferentes soluciones preservantes sobre variables relacionadas con consumo de agua, pérdida de peso fresco y senescencia floral, mediante un diseño completamente al azar y análisis estadístico en SAS. Los resultados mostraron que el manejo precosecha, particularmente la nutrición, el riego y el control fitosanitario, favoreció el desarrollo fisiológico y la calidad estructural de las flores. Asimismo, prácticas como la hidratación inmediata y el uso de soluciones conservantes contribuyeron a mejorar la absorción de agua, retrasar la senescencia floral y prolongar la vida en florero. En conjunto, la integración del manejo precosecha y poscosecha representa una estrategia fundamental para optimizar la calidad comercial y reducir pérdidas en la producción de girasol como flor de corte.

Palabras clave: girasol, flor de corte, fenología, manejo poscosecha, vida en florero, unidades calor.

Abstract

The sunflower (**Helianthus annuus** L.) has gained importance as a cut flower due to its ornamental value and commercial acceptance; however, its quality and vase life depend on pre- and post-harvest management. This study aimed to analyze the phenology and post-harvest management of sunflowers at the Instituto Tecnológico de Pinotepa to improve commercial quality and extend shelf life. The research was conducted under field and laboratory conditions using the hybrids Vincent® Choice, ProCut® Orange Max, and ProCut® White. Phenological development was assessed by calculating accumulated heat units, which allowed for the identification of crop phenological stages and the determination of the optimal harvest time—between stage R4 and the onset of R5. During the post-harvest phase, the effect of various preservative solutions on variables such as water uptake, fresh weight loss, and floral senescence was evaluated using a completely randomized design and statistical analysis in SAS. Results indicated that pre-harvest management—specifically nutrition, irrigation, and phytosanitary control—promoted physiological development and structural flower quality. Furthermore, practices such as immediate hydration and the use of preservative solutions helped improve water uptake, delay floral senescence, and extend vase life. Overall, integrating pre- and post-harvest management represents a key strategy for optimizing commercial quality and reducing losses in sunflower cut flower production.

Keywords: sunflower, cut flower, phenology, post-harvest management, vase life, heat units.

Introducción

La floricultura es importante por ser una actividad agrícola especializada orientada a la producción de flores con alto valor ornamental y comercial, en la que las flores de corte representan uno de los principales rubros económicos. Su calidad se define por atributos morfológicos y fisiológicos como la firmeza del tallo, la apariencia de la inflorescencia y, de manera determinante, la duración en florero (Dole y Wilkins, 2005).

La producción de flores de corte representa una actividad agrícola especializada que requiere la aplicación de prácticas técnicas orientadas a garantizar calidad ornamental y una adecuada vida poscosecha. Dentro de este sector, el girasol (*Helianthus annuus* L.) ha adquirido relevancia como flor de corte debido a su valor estético, adaptabilidad productiva y aceptación comercial. Sin embargo, la expresión de su calidad fisiológica y ornamental está estrechamente relacionada con el manejo técnico aplicado antes y después de la cosecha (Reid y Jiang, 2012). La mayoría de los cultivos cuentan con escalas fenológicas visuales estandarizadas, como las desarrolladas para soja, trigo y maíz (Fher and Cavines, 1971; Zadoks *et al.*, 1978; Ritchie and Hanway, 1982;), las cuales permiten realizar evaluaciones precisas y comparables. Aunque en girasol existe la escala propuesta por Schneiter y Miller (1981).

El desarrollo fenológico del girasol de corte (*Helianthus annuus* L.) se divide en dos fases principales: vegetativa y reproductiva. La fase vegetativa inicia con la germinación y emergencia de la plántula, y continúa con la formación de hojas verdaderas hasta la aparición del botón floral. Durante este periodo se desarrolla el sistema radical y se define el potencial de crecimiento de la planta.

La fase reproductiva comprende desde la formación del botón floral hasta la floración y madurez fisiológica. En las primeras etapas reproductivas ocurre el crecimiento y diferenciación del botón floral, mientras que en la etapa de floración se presenta la apertura de los pétalos. En la producción de girasol para flor de corte, la cosecha generalmente se realiza cuando los pétalos comienzan a desplegarse,

ya que esto favorece una mayor vida en florero. El ciclo de producción del girasol de corte suele ser corto, con una duración aproximada de 60 a 75 días, dependiendo de la variedad y de las condiciones ambientales (Vaca, 2025).

Como indican Reid y Jiang (2012) el manejo precosecha es determinante para la calidad fisiológica de las flores, las deficiencias durante el crecimiento y desarrollo del cultivo repercuten negativamente en la poscosecha, acelerando la senescencia floral, reduciendo la vida en florero y afectando la rentabilidad. Sus factores clave como la nutrición, el riego, la sanidad y el ambiente influyen directamente en tres aspectos clave; la acumulación de reservas, la resistencia del tallo y la absorción de agua tras el corte (Kofranek, 1980; Mayek-Pérez y López-López, 2012).

Tras la cosecha, las flores entran en una fase crítica caracterizada por estrés hídrico y la activación de procesos metabólicos asociados al envejecimiento. El manejo poscosecha tiene como propósito retardar este deterioro mediante prácticas como el corte adecuado del tallo, la hidratación inmediata, el control de la temperatura y el uso de soluciones conservantes. La aplicación eficiente de estas prácticas ha demostrado mejorar la absorción de agua, reducir la obstrucción vascular y prolongar la longevidad de las flores (Ali, 2000; Ramírez y Sánchez, 2018).

El uso de soluciones que contienen azúcares, particularmente sacarosa, ha mostrado efectos positivos en la conservación de flores de corte, al mantener la turgencia celular, retrasar el marchitamiento y proporcionar energía a los tejidos. La combinación de estos compuestos con biocidas y agentes acidificantes incrementa la eficacia de los tratamientos poscosecha al limitar el crecimiento microbiano en los tallos (Ichimura, 1998; Chen, 2023).

Investigaciones realizadas en distintas especies ornamentales, como crisantemo, rosa y heliconia, indican que la respuesta poscosecha varía en función de la anatomía y sensibilidad fisiológica de cada especie, lo que hace necesario adaptar las estrategias de manejo a sus características específicas. En las especies florales de origen tropical, diversos estudios han señalado que la conservación de la calidad ornamental depende en gran medida de un adecuado manejo de la temperatura y

del estado hídrico de los tejidos. La regulación de estos factores contribuye a retrasar el deterioro fisiológico y a prolongar la vida útil de las flores después de la cosecha (Malakar *et al.*, 2023; Linares-Gabriel *et al.*, 2023).

En México, las condiciones climáticas favorecen la producción de flores durante gran parte del año; sin embargo, en numerosos sistemas de producción regionales e institucionales aún existen limitaciones en la integración de prácticas de manejo antes y después de la cosecha. Esta situación dificulta la obtención de tallos florales con calidad homogénea y reduce la duración de las flores en florero, afectando su potencial comercial (Dole y Wilkins, 2005; Reid y Jiang, 2012).

En el área de estudio la ausencia de lineamientos técnicos estandarizados para el manejo integral del girasol como flor de corte plantea la necesidad de analizar y sistematizar prácticas adaptadas a las condiciones locales. Por lo anterior, el objetivo fue analizar el manejo pre y poscosecha de la flor de girasol (*Helianthus annuus* L.) a partir de los fundamentos fisiológicos y estrategias convencionales y ambientales, su evaluación en las condiciones locales, con la finalidad de generar bases técnico-científicas que contribuyan a optimizar la calidad ornamental de la vida útil en florero

Materiales y Métodos

Etapas fenológicas de girasol

El estudio se realizó en la unidad experimental de San José Estancia Grande del Instituto Tecnológico de Pinotepa, localizada en una región de clima tropical seco. El sitio experimental se ubica en las coordenadas 16°21' 31.38" N y 98°14' 59.38 O, a una altitud de 70 m.

El material vegetal estuvo conformado por 1,500 semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) destinadas a flor de corte, correspondientes a los híbridos Vincent® Choice (F1), ProCut® Orange Max y ProCut® White con centro amarillo. La producción de plántulas se realizó en vasos de unicel utilizando como sustrato una mezcla comercial a base de peat moss. Previamente, el terreno fue acondicionado

mediante labores de barbecho y rastreo con tractor agrícola. El cultivo se estableció en una superficie de 972 m², con surcos separados a 0.8 m entre sí. Asimismo, se instaló un sistema de riego por goteo mediante cintilla Rodri-10. El trasplante se efectuó durante las primeras horas del día, estableciendo una densidad de 50 plantas por surco.

Manejo del cultivo

El manejo agronómico incluyó el monitoreo diario de la temperatura y humedad ambiental, así como la supervisión continua del estado fitosanitario y del sistema de riego. El control de plagas se realizó mediante aplicaciones de imidacloprid + lambda-cialotrina y spinetoram-spinosyn.

La nutrición del cultivo se complementó con aplicaciones de fertilizante granulado con formula NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) comercialmente se le llama Nutrit Plant para hojas y flores, humus. El riego se aplicó diariamente durante 1 h 20 min por evento, mientras que el control de malezas se efectuó manualmente.

Registro de datos

El desarrollo fenológico del girasol se evaluó mediante el registro sistemático de las etapas fenológicas desde la emergencia hasta la floración. Para cuantificar el avance del desarrollo, se calcularon las Unidades Calor (UC) o grados-día acumulados, empleando la siguiente expresión:

$$UC = [(T_{max} + T_{min}) / 2 - (T_B)]; T_B = 8^{\circ}\text{C}$$

donde T_{max} y T_{min} representan las temperaturas máxima y mínima diarias (°C), respectivamente, y T_B corresponde a la temperatura base del cultivo. Para el girasol se consideró una temperatura base de 8 °C, de acuerdo con Schneiter y Miller (1981).

Las temperaturas se registraron mediante un termohigrómetro y, con estos datos, se determinaron las unidades calor acumuladas para cada etapa fenológica. Las variables independientes fueron temperatura, acumulación de unidades calor y momento de cosecha; mientras que la variable dependiente correspondió a la calidad poscosecha del girasol como flor de corte, evaluada mediante el estado

fisiológico al corte y la vida en florero. Como variables de control se consideraron el híbrido, la densidad de población, el sistema de riego, la nutrición y el manejo fitosanitario.

Poscosecha de girasol como flor de corte

Las flores de girasol (*Helianthus annuus* L.) se recolectaron seleccionando tallos florales de aproximadamente 30 cm de longitud, con sépalos verdes, libres de hojas y en estado de apertura adecuado para comercialización. Se utilizaron las variedades Vincent® Choice, ProCut® Orange y ProCut® White. Cada tallo floral se colocó individualmente en floreros con capacidad de 300 mL, previamente desinfectados, que contenían las soluciones preservantes correspondientes a cada tratamiento. Las flores permanecieron durante tres horas en las soluciones pulso antes de iniciar las evaluaciones.

El experimento se desarrolló bajo condiciones controladas, con una temperatura promedio de 24 °C durante el día y ligero incremento nocturno debido a la suspensión temporal del sistema de climatización.

La evaluación poscosecha se realizó mediante un diseño completamente al azar (DCA) con dos factores (A y B) y tres niveles cada uno. El factor A correspondió a tres soluciones preservantes: a1) agua (testigo), a2) agua adicionada con Estericide® y a3) agua con Estericide® más sacarosa. El factor B estuvo integrado por tres variedades de girasol: b1) Vincent® Choice, b2) ProCut® Orange y b3) ProCut® White.

Cada unidad experimental estuvo constituida por un tallo floral colocado de forma individual en un recipiente con solución preservante. Se establecieron cinco repeticiones por tratamiento, para un total de 45 unidades experimentales.

Variables evaluadas

Durante el periodo experimental se registraron variables relacionadas con la calidad poscosecha de las flores. El peso fresco del tallo (g) se determinó mediante una balanza digital de precisión, mientras que el consumo de agua (mL) se calculó a partir de la diferencia entre el volumen inicial de solución y el volumen remanente.

La senescencia floral se consideró cuando el tallo dejó de absorber agua y presentó pérdida de turgencia, inclinación del capítulo floral y daños visibles en los pétalos. A partir de ese momento se suspendió el registro de datos.

Con la información obtenida se calcularon las variables vida en florero (días), pérdida acumulada de peso (g), consumo total de agua (mL), pérdida promedio diaria de peso y consumo diario promedio de agua.

Análisis estadístico

La información generada durante el experimento fue procesada mediante modelos estadísticos correspondientes a un diseño completamente al azar (DCA) con dos factores y tres niveles cada uno, considerando como fuentes de variación tres soluciones preservantes y tres variedades de girasol. Los análisis se realizaron con el programa SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2009). La separación de medias se efectuó únicamente cuando los efectos evaluados resultaron estadísticamente significativos ($\alpha = 0.05$), empleando para ello el procedimiento de Tukey. Adicionalmente, para las variables registradas a través del tiempo se incorporó una matriz de covarianza autorregresiva de primer orden [AR (1)], con el propósito de modelar la dependencia temporal entre observaciones sucesivas.

Resultados y Discusión

Desarrollo fenológico del girasol (*Helianthus annuus* L.)

El comportamiento de las condiciones climáticas, particularmente de la temperatura y la humedad relativa (Figuras 1 y 2), estuvo estrechamente relacionado con el avance de las fases fenológicas del cultivo. Los valores de Unidades Calor (UC) calculados y presentados en los cuadros 8, 9, 10 y 11, indican que el girasol de corte (*Helianthus annuus* L.) se desarrolló en un ambiente con alta disponibilidad térmica, condición que favoreció su crecimiento y desarrollo.

Durante los estadios reproductivos R4–R5 se registró una disponibilidad térmica cercana a 965.9 UC, condición que favoreció una rápida transición hacia la floración.

La identificación de estos estados fenológicos permitió establecer una ventana de corte adecuada para maximizar la calidad ornamental de los tallos florales.

Asimismo, se observó que las condiciones ambientales registradas durante el desarrollo del cultivo y la definición del estado de cosecha tuvieron efectos sobre el desempeño poscosecha del girasol. Esto evidencia que el manejo realizado en campo constituye un componente fundamental para la conservación de las flores después del corte.

La descripción del desarrollo del cultivo se realizó mediante la identificación de las etapas de crecimiento observadas durante el ciclo productivo y el cálculo de la energía térmica acumulada. Esta energía se expresó en Unidades Calor (UC), considerando una temperatura base de 8 °C. De esta manera, fue posible relacionar las condiciones ambientales con el avance fenológico del girasol.

El híbrido V-1 Vincent® Choice F1 presentó un establecimiento rápido durante las primeras etapas. La emergencia y el desarrollo de los cotiledones ocurrieron en los primeros cuatro días después de la siembra (DDS), con una acumulación de 96.30 UC. Las primeras hojas verdaderas aparecieron a los 6 DDS, con 139.30 UC, mientras que la etapa V4 se alcanzó a los 15 DDS, con 343.30 UC acumuladas.

La etapa reproductiva R2 inició a los 34 DDS, con 776.73 UC. En este momento, la inflorescencia se encontraba rodeada por las brácteas. Posteriormente, a los 41 DDS, comenzó la apertura del capítulo floral correspondiente a la etapa R4, con 945.43 UC. La etapa R5 se presentó a los 42 DDS y se caracterizó por la apertura de las flores liguladas ubicadas en el borde del capítulo, mientras que las flores tubulares del centro aún permanecían inmaduras (Cuadro 6).

Durante el desarrollo floral, primero se formó el botón; después, los pétalos aparecieron gradualmente hasta adquirir su color amarillo característico. En esta fase, las flores alcanzaron el punto óptimo de corte. Conforme avanzó la apertura, el centro marrón del capítulo se hizo visible y los pétalos se separaron progresivamente hasta alcanzar la apertura completa.

Los resultados muestran que el desarrollo fenológico del girasol estuvo estrechamente relacionado con la acumulación de calor durante el ciclo de cultivo. Las temperaturas elevadas registradas en las etapas reproductivas aceleraron la floración, lo que influyó en la identificación del momento adecuado de cosecha y, en consecuencia, en la calidad y vida poscosecha de las flores.

Cuadro 6. Etapas fenológicas del girasol híbrido V-1 Vicent Choice® y acumulación térmica expresada en unidades calor (UC).

Etapas fenológica	Fecha	Descripción simplificada	Unidades Calor (UC)
VE	3 (DDS)	Emergencia de la plántula; hipocótilo visible, coloración verde claro; inicio del crecimiento vegetativo.	72.80
V1	4 (DDS)	Cotiledones completamente visibles sobre la superficie del suelo; nutrición inicial de la plántula.	96.30
V2	6 (DDS)	Aparición de las primeras hojas verdaderas; hojas de forma ovalada acorazonada con bordes ligeramente dentados.	139.30
V4	15 (DDS)	Cuatro hojas verdaderas completamente desarrolladas; tallo engrosado y firme; disposición alterna de las hojas.	343.30
R2	34 (DDS)	Inflorescencia principal visible, completamente rodeada por	776.73

		brácteas; inicio de la fase reproductiva.	
R4	41 (DDS)	Capítulo floral comienza a abrir; brácteas se separan, flósculos del disco aún inmaduros.	945.43
R5	42 (DDS)	Inicio de la floración; apertura de flores liguladas en el borde del capítulo; flores tubulares centrales inmaduras.	969.53

En el híbrido V-2 ProCut® White con centro amarillo, la emergencia ocurrió a los 3 días después de la siembra (DDS). La etapa de cotiledones se observó a los 5 (DDS), seguida de la aparición de las primeras hojas verdaderas a los 7 (DDS). Posteriormente, el cultivo alcanzó la etapa vegetativa V4 a los 14 (DDS), con una acumulación térmica de 320.05 Unidades Calor (UC).

Respecto a las etapas reproductivas, la fase R2 se presentó a los 40 DDS, con 914.85 UC acumuladas. Esta etapa se caracterizó por la presencia del botón floral visible y rodeado por brácteas. La etapa R4 ocurrió a los 42 DDS, con 963.05 UC, mientras que la etapa R5 o inicio de la floración se registró a los 46 DDS, con una acumulación de 1059.45 UC (Cuadro 7).

En comparación con el híbrido V-1 Vincent® Choice F1, ProCut® White presentó un desarrollo reproductivo más tardío, principalmente en la formación del botón floral y el inicio de la floración. Estas diferencias pueden relacionarse con las características genéticas de cada híbrido y con su respuesta a las condiciones térmicas registradas durante el ciclo de producción.

En el Cuadro 8, se presenta el desarrollo fenológico del híbrido V-3 ProCut® Orange Max y su relación con las Unidades Calor (UC) acumuladas. La emergencia de la plántula y el desarrollo de los cotiledones ocurrieron a los 3 días después de la siembra (DDS), con una acumulación térmica de 72.80 UC.

Las primeras hojas verdaderas aparecieron a los 6 DDS, con 139.30 UC, mientras que la etapa vegetativa V4 se alcanzó a los 14 DDS, con 320.05 UC acumuladas. En la fase reproductiva, la etapa R2 inició a los 40 DDS, con 914.85 UC. En este momento, la inflorescencia se encontraba visible y rodeada por brácteas.

Cuadro 7. Fenología del girasol híbrido V-2 ProCut® White con centro amarillo y acumulación térmica expresada como unidades calor (UC).

Etapas fenológicas	Fecha (DDS)	Descripción simplificada	Unidades Calor (UC)
VE	3	Emergencia epigea de la plántula; hipocótilo visible; inicio del crecimiento vegetativo.	96.30
V1	5	Cotiledones completamente expandidos; nutrición inicial de la plántula.	117.60
V2	7	Aparición de hojas verdaderas opuestas; forma ovalada acorazonada; color verde intenso.	161.10
V4	14	Cuatro hojas verdaderas desarrolladas; tallo engrosado y firme; hojas con pecíolo largo y pilosidad.	320.05
R2	40	Botón floral visible rodeado de brácteas; inicio de la fase reproductiva.	914.85
R4	42	Inicio de apertura del capítulo floral; flores liguladas externas visibles; flores del disco en desarrollo.	963.05
R5	46	Inicio de floración; hojas maduras; asignación de recursos al desarrollo reproductivo.	1059.45

Posteriormente, la etapa R4 se presentó a los 42 DDS, con 963.05 UC. Finalmente, la etapa R5 se registró a los 48 DDS, con una acumulación de 1107.65 UC, y se caracterizó por la apertura de las flores liguladas ubicadas en el borde del capítulo.

Estos resultados muestran que el híbrido ProCut® Orange Max necesitó una mayor acumulación térmica para iniciar la floración, en comparación con los híbridos evaluados anteriormente.

Cuadro 8. Fenología del girasol híbrido V-3 ProCut® Orange Max y acumulación térmica expresada como unidades calor (UC).

Etapas fenológica	Fecha (DDS)	Descripción simplificada	Unidades Calor (UC)
VE	3	Emergencia de la plántula; estructuras iniciales visibles; inicio del crecimiento vegetativo.	72.80
V1	5	Cotiledones opuestos completamente visibles; primeras estructuras fotosintéticas de la plántula.	96.30
V2	6	Aparición de hojas verdaderas; forma ovada a acorazonada; color verde intenso; diferenciación clara respecto a los cotiledones.	139.30
V4	14	Cuatro hojas verdaderas desarrolladas; superficie foliar pubescente; yema apical activa; heliotropismo evidente.	320.05
R2	40	Botón floral visible rodeado de brácteas; tallo robusto; hojas completamente desarrolladas; inicio de la fase reproductiva.	914.85

R4	42	Inicio de apertura del capítulo floral; flores liguladas externas visibles; flores del disco central en desarrollo.	963.05
R5	48	Inicio de floración; capítulo floral completamente visible; hojas maduras; máxima actividad fotosintética.	1107.65

Existe una relación entre los días después de la siembra (DDS), la acumulación de Unidades Calor (UC) y el avance fenológico de los tres híbridos de girasol. Es decir, conforme aumentó la energía térmica acumulada, las plantas avanzaron desde las etapas vegetativas hasta la formación del botón floral y la floración.

Durante el desarrollo vegetativo, los híbridos presentaron un comportamiento similar. La emergencia ocurrió entre los 3 y 4 DDS, con aproximadamente 72.80 a 96.30 UC, mientras que la etapa V4 se alcanzó entre los 14 y 15 DDS, con una acumulación de 320.05 a 343.30 UC. Esto indica que las diferencias entre los híbridos fueron pequeñas durante las primeras etapas de crecimiento.

Las principales variaciones se observaron durante la fase reproductiva. El híbrido V-1 Vincent® Choice F1 presentó la etapa R2 a los 34 DDS, con 776.73 UC, y alcanzó R5 a los 42 DDS, con aproximadamente 969.53 UC. Por su parte, V-2 ProCut® White inició R2 a los 40 DDS, con 914.85 UC, y llegó a R5 a los 46 DDS, con 1059.45 UC. Finalmente, V-3 ProCut® Orange Max presentó R2 a los 40 DDS, con 914.85 UC, pero alcanzó R5 hasta los 48 DDS, con 1107.65 UC.

Esta comparación indica que V-1 Vincent® Choice F1 fue el híbrido más precoz, ya que necesitó menos días y una menor acumulación térmica para alcanzar la floración. V-2 ProCut® White presentó un comportamiento intermedio, mientras que V-3 ProCut® Orange Max requirió más tiempo y la mayor cantidad de UC para llegar a R5, por lo que se consideró el híbrido más tardío (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación de los días después de la siembra y las unidades calor acumuladas en las etapas reproductivas R2 y R5 de tres híbridos de girasol.

Híbrido	R2 (DDS)	UC en R2	R5 (DDS)	UC en R5
V-1 Vincent® Choice F1	34	776.73	42	969.53
V-2 ProCut® White	40	914.85	46	1059.45
V-3 ProCut® Orange Max	40	914.85	48	1107.65

En términos generales, los resultados confirman que existe una relación directa entre la acumulación térmica y el desarrollo fenológico. Sin embargo, las diferencias observadas entre los híbridos señalan que la respuesta no dependió únicamente de la temperatura, sino también de sus características genéticas. Aunque los tres materiales estuvieron expuestos a condiciones ambientales semejantes, cada uno presentó necesidades térmicas diferentes para iniciar y completar la floración (Figura 1, 2 y 3).

Los tres híbridos presentaron un desarrollo fenológico similar durante las etapas vegetativas. Esto indica que la acumulación de Unidades Calor influyó de manera semejante en su crecimiento bajo las condiciones ambientales del estudio. Sin embargo, las diferencias fueron más evidentes en las etapas reproductivas. El híbrido V-1 Vincent® Choice F1 alcanzó la floración con menos días y menor acumulación térmica, seguido de V-2 ProCut® White y V-3 ProCut® Orange Max. Estas variaciones pueden atribuirse a las características genéticas de cada material. De acuerdo con Bonhomme (2000), aunque los requerimientos térmicos de una especie suelen encontrarse dentro de un intervalo relativamente constante, la velocidad de desarrollo puede variar según el genotipo y las condiciones ambientales.

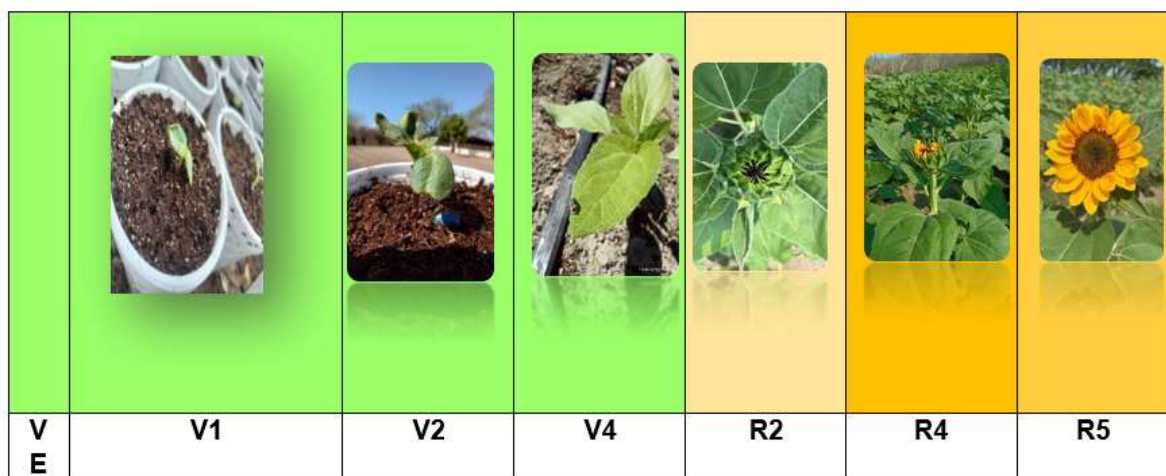


Figura 1. Etapas fenológicas del girasol Vicent Choice®.

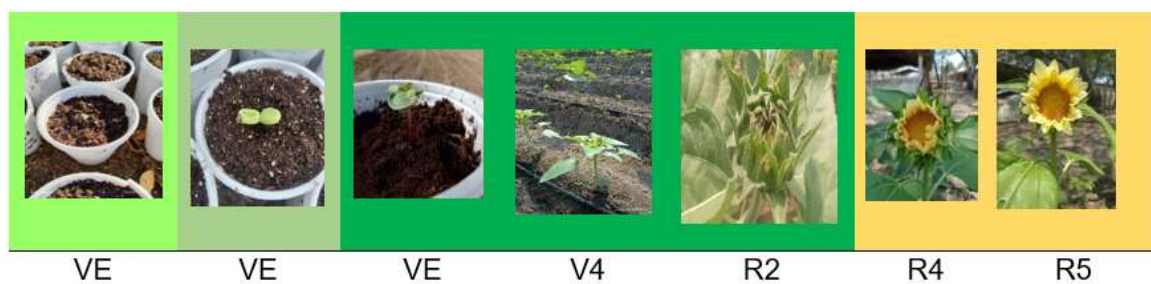


Figura 2. Etapas fenológicas del girasol Pro Cut® White.



Figura 3. Etapas fenológicas del girasol Pro Cut® Orange.

Los valores más altos de Unidades Calor se registraron durante las etapas reproductivas, principalmente entre la formación del botón floral y la floración. La acumulación de calor favoreció el avance del cultivo; sin embargo, las temperaturas elevadas también pueden aumentar la actividad metabólica de los tejidos florales, acelerar el consumo de sus reservas y favorecer la pérdida de agua. Estos procesos pueden reducir la calidad y la vida poscosecha de las flores cuando no se realiza un manejo adecuado. Monteith y Unsworth (2013), así como Connor y Hall (1997), señalan que las temperaturas altas aceleran diversos procesos fisiológicos relacionados con la maduración y la senescencia de los tejidos vegetales.

Respuesta poscosecha del girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo diferentes soluciones preservantes

Las diferencias observadas en el peso fresco de los tallos estuvieron asociadas con el tipo de solución preservante utilizada. El análisis estadístico mostró que este factor modificó significativamente la respuesta de las flores durante el periodo de evaluación ($p < 0.01$). La solución 3 permitió una mejor retención del peso fresco en comparación con los demás tratamientos, lo que sugiere una mayor capacidad para mantener la hidratación de los tejidos y retrasar los procesos de deterioro poscosecha.

El material genético tuvo una participación limitada en la respuesta inicial de las flores durante el almacenamiento; no obstante, su efecto se hizo más evidente en las últimas etapas de evaluación, cuando se registraron diferencias significativas entre variedades ($p < 0.0001$). En contraste, la ausencia de interacción entre los factores estudiados indica que el desempeño de las soluciones preservantes fue similar independientemente del híbrido evaluado, reflejando una respuesta relativamente uniforme frente a los tratamientos aplicados.

Durante los últimos días de evaluación (FD6 y FD7; CAD6 y CAD7) se observó heterogeneidad de varianzas, así como un incremento en el coeficiente de variación, alcanzando valores de hasta 83 %, además de desviaciones con respecto a la

normalidad. Esta variabilidad estuvo asociada al proceso natural de senescencia de algunas unidades experimentales y no a la presencia de datos faltantes.

Las observaciones con consumo de agua igual a cero se asociaron con tallos florales que habían alcanzado estados avanzados de deterioro fisiológico, en los cuales la absorción hídrica se encontraba prácticamente suspendida. Debido a que la pérdida de calidad y el avance de la senescencia ocurrieron a ritmos distintos entre variedades y tratamientos, las evaluaciones finales presentaron una cantidad variable de observaciones por unidad experimental, dando lugar a un conjunto de datos no balanceado.

Debido al incremento de la variabilidad en las etapas finales del experimento, se emplearon indicadores integradores que permitieran describir de manera más robusta la respuesta poscosecha de las flores. Para ello se estimó la duración de la vida en florero, definida como el periodo transcurrido hasta la interrupción de la absorción hídrica, y el consumo total de agua por tallo, obtenido mediante la suma de los registros acumulados durante el periodo experimental.

La información obtenida para estas variables se procesó considerando la estructura factorial del experimento. El análisis incluyó la influencia de los bloques, las soluciones utilizadas, las variedades evaluadas y la posible respuesta diferencial de los híbridos frente a cada tratamiento preservante.

Los resultados obtenidos indican que la permanencia de las flores en condiciones ornamentales aceptables estuvo asociada tanto a la composición de la solución preservante como al material genético utilizado. Asimismo, la cantidad acumulada de agua absorbida mostró un comportamiento distinto entre variedades según el tratamiento aplicado, evidenciando que la respuesta hídrica de los tallos estuvo condicionada por la interacción entre ambos factores.

Por otra parte, en la variable vida en florero no se detectó interacción significativa entre ambos factores, lo que sugiere que el efecto de las soluciones preservantes fue similar entre las diferentes variedades de girasol (*Helianthus annuus* L) evaluadas.

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que la calidad ornamental y la vida poscosecha del girasol como flor de corte están determinadas por la interacción de factores fisiológicos, ambientales y tecnológicos que actúan desde la etapa de producción hasta la conservación posterior al corte. En este sentido, el comportamiento observado durante el desarrollo del cultivo confirma que las condiciones de precosecha influyen directamente en la respuesta fisiológica de las flores durante la etapa poscosecha (Dole y Wilkins, 2005; Reid y Jiang, 2012).

Las altas temperaturas registradas durante el ciclo del cultivo aceleraron el desarrollo fenológico del girasol, favoreciendo una floración más temprana y reduciendo la uniformidad entre plantas. Este comportamiento coincide con lo reportado por Rodríguez y Morales (2018), quienes señalan que el incremento térmico acelera los procesos metabólicos y disminuye el tiempo disponible para la acumulación de reservas energéticas en las estructuras florales. De manera similar, Larson (2013) menciona que las condiciones ambientales afectan la calidad final de las flores debido a su influencia sobre el metabolismo vegetal y la estabilidad fisiológica de los tejidos.

El manejo agronómico aplicado durante la fase vegetativa también influyó en la calidad de las flores obtenidas. La adecuada disponibilidad de agua y nutrientes favoreció el desarrollo de tallos con mayor firmeza y flores con mejor capacidad de hidratación después del corte. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Kofranek (1980) y Rodríguez y Hernández (2010), quienes indican que una nutrición adecuada y un manejo eficiente del cultivo incrementan la acumulación de carbohidratos y mejoran la conductividad vascular en flores de corte.

En relación con el manejo poscosecha, el uso de soluciones preservantes contribuyó a mantener la turgencia floral y retrasar los síntomas de senescencia. Este efecto puede atribuirse a una mayor absorción de agua y a la disminución del bloqueo vascular ocasionado por microorganismos presentes en el sistema xilemático. Diversos estudios han demostrado que la combinación de sacarosa y compuestos antimicrobianos favorece el equilibrio hídrico y prolonga la vida en

florero en diferentes especies ornamentales (Ichimura, 1998; Gupta *et al.*, 2006; Brahma *et al.*, 2023).

Los estudios analizados muestran que el deterioro de las flores después de la cosecha responde a diversos procesos fisiológicos que actúan de manera simultánea. Entre los más importantes destacan la deshidratación de los tejidos, la obstrucción vascular causada por microorganismos, la disminución de las reservas de carbohidratos y la acción reguladora del etileno sobre la senescencia. La combinación de estos procesos provoca una pérdida gradual de calidad ornamental y limita la duración comercial de las flores (Halevy y Mayak, 2012; Cavalcante da Costa *et al.*, 2023). Por esta razón, las prácticas orientadas a mantener el flujo hídrico y reducir la contaminación microbiana son determinantes para mejorar la conservación poscosecha.

Diversas investigaciones coinciden en señalar que los tratamientos químicos tradicionales siguen proporcionando resultados favorables para la conservación de flores de corte. La incorporación de compuestos como 8-HQC, nitrato de plata y sacarosa contribuye a mejorar el estado hídrico de los tejidos y a disminuir las obstrucciones en el sistema vascular, factores que favorecen una mayor duración ornamental de las flores (Gupta *et al.*, 2006; Thapa *et al.*, 2024). A pesar de estos beneficios, la necesidad de reducir la dependencia de productos sintéticos ha promovido el desarrollo de alternativas compatibles con criterios de sostenibilidad ambiental.

Entre las innovaciones más estudiadas para el manejo poscosecha destacan los compuestos de origen vegetal y los nanomateriales, debido a su capacidad para complementar o sustituir parcialmente algunos conservantes convencionales. Diversos trabajos han documentado que estas alternativas ayudan a limitar la proliferación microbiana, disminuir el daño oxidativo en los tejidos y optimizar la absorción hídrica, factores estrechamente relacionados con una mayor duración y calidad de las flores después del corte (Alkaç *et al.*, 2023; Wu *et al.*, 2023; Kumar *et al.*, 2024).

Aunque estas alternativas muestran perspectivas prometedoras para la conservación poscosecha, su desempeño puede verse influenciado por diversos factores biológicos y ambientales. Las diferencias entre especies, las concentraciones empleadas y las condiciones de manejo pueden generar respuestas variables, lo que evidencia la necesidad de profundizar en estudios que contribuyan a estandarizar su aplicación y determinar su factibilidad técnica y comercial en distintos sistemas florícolas.

La información revisada pone de manifiesto que el éxito de la conservación poscosecha depende de decisiones tomadas tanto antes como después de la cosecha. El comportamiento de las flores durante su vida en florero está condicionado por el estado fisiológico alcanzado en campo, las condiciones ambientales de producción y las tecnologías empleadas para su conservación. Por ello, la calidad final del producto debe entenderse como el resultado de un manejo integral a lo largo de toda la cadena productiva. Esta interpretación concuerda con los planteamientos de Vijayakumar *et al.* (2021), quienes señalan que la coordinación de factores fisiológicos, ambientales y sanitarios constituye un elemento clave para incrementar la eficiencia y sostenibilidad de la floricultura ornamental.

La evidencia generada en este estudio sugiere que el girasol posee condiciones favorables para consolidarse como una alternativa competitiva dentro de la floricultura de corte en regiones cálidas del país. No obstante, alcanzar una producción de calidad constante exige la implementación de estrategias integrales orientadas a mejorar el desempeño del cultivo en campo, preservar las características ornamentales después del corte y mantener la calidad comercial durante las etapas de distribución y venta.

Conclusiones

La acumulación de energía térmica a lo largo del ciclo de cultivo desempeñó un papel relevante en la velocidad de desarrollo del girasol y en la transición entre sus diferentes estados fenológicos. Los rangos registros y calculados en el rango 917.70

y 1086.40 UC durante las fases R4 y R5 estuvieron asociados con la proximidad de la floración y proporcionaron criterios útiles para definir el periodo más conveniente de cosecha. Estos resultados resaltan la estrecha relación entre las condiciones térmicas del ambiente y la calidad fisiológica de las flores destinadas al mercado ornamental.

Las condiciones ambientales predominantes durante la fase final del cultivo influyeron en el comportamiento posterior de las flores, particularmente debido al aumento de la actividad respiratoria y al mayor consumo de agua por los tejidos. Como consecuencia, el avance de los procesos de envejecimiento floral ocurrió con mayor rapidez. Bajo estas condiciones, el seguimiento de la acumulación térmica mediante Unidades Calor permitió establecer una ventana de cosecha más adecuada entre los estadios R4 y el inicio de R5, etapa en la que las flores mostraron una condición fisiológica favorable para prolongar su desempeño poscosecha.

La integración del monitoreo fenológico con la evaluación de la disponibilidad térmica permitió generar criterios técnicos para una mejor programación de la cosecha y del manejo posterior al corte. La aplicación de estas herramientas favorece la conservación de la calidad de las flores durante la comercialización y contribuye a disminuir el impacto del deterioro poscosecha. En consecuencia, el girasol muestra condiciones favorables para consolidarse como una opción competitiva dentro de los sistemas de producción de flores de corte establecidos en regiones de clima cálido.

Referencias bibliográficas

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Bonhomme, R. (2000). Bases and limits to using degree-day units. *European Journal of Agronomy*, 13(1), 1–10. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00058-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00058-7).
- Connor, D. J., and Hall, A. J. (1997). Sunflower physiology. In A. A. Schneiter (Ed.), *Sunflower technology and production* (113–182). American Society of Agronomy.
- Monteith, J. L., and Unsworth, M. H. (2013). *Principles of environmental physics: Plants, animals, and the atmosphere* (4th ed.). Academic Press.
- Sadras, V. O., and Calderini, D. F. (2015). *Crop physiology: Applications for genetic improvement and agronomy*. Academic Press.
- Schneiter, A. A., and Miller, J. F. (1981). Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21(6), 901–903. <https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060024x>.
- Aydin, V. (2023). Some chemicals used in cut flower vase solutions and their effects (147–161).
- Iksad. Brahma, B. J., Antil, R. S., Yadav, S. K., and Kaushik, N. (2023). Effect of pulsing solutions of silver nitrate and 8-hydroxyquinoline citrate on cut flowers of *Lilium*. *Journal of Applied and Natural Science*, 15(2), 811–817. <https://doi.org/10.31018/jans.v15i2.4608>.
- Carrillo Criollo, J. F., y Yumbla-Orbes, M. (2022). Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres cultivares de (*Helianthus annuus* L.) para flor de corte. *Siembra*, 9(1), e3323. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3323>.
- Chen, S. (2024). Recent advances in chemical preservatives for cut flowers: A review. *British Journal of Biological Studies*, 4(2), 1–8. <https://doi.org/10.32996/bjbs.2024.4.2.1>.
- Da Costa, L. C. de, Araujo, F. F. de, Ribeiro, W. S., Santos, M. N. de S and Finger, F. L. (2021). Postharvest physiology of cut flowers. *Ornamental Horticulture*, 27(3), 374–385. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i3.2372>.

- Darras, A. (2021). Overview of the dynamic role of specialty cut flowers in the international cut flower market. *Horticulturae*, 7(3), 51. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030051>.
- Ichimura, K. (1998). Improvement of postharvest life in several cut flowers by the addition of sucrose. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 32(4), 275–280. <https://doi.org/10.6090/jarq.32.275>.
- Konsam, S., and Sahu, J. K. (2023). Effect of nanoparticles and organic compounds as preservative extracts on vase life of cut flowers: A review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(6), 412–417. <https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i61839>.
- Kumar, M., Kumar, R., Motla, R., Sharma, M., Shukla, D., Kaushik, K., and Singh, R. (2024). Innovative and eco-friendly approaches for extending vase life of cut flowers: A comprehensive review. *Journal of Advances in Biology y Biotechnology*, 27(12), 3645. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i121753>.
- Reid, M. S. and Jiang, C. (2012). Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. *Horticultural Reviews* 40, 1–54. <https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch1>.
- SAS Institute (2009). SAS/STAT Release 9.2 User's guide Instituto Inc. Cary, NC.
- Short, K., Etheredge, C. L., and Waliczek, T. M. (2017). Investigating the specialty cut flower market potential: Sunflower cultivars. *HortTechnology*, 27(3), 1–17. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03710-17>.
- Thapa, A., Bhandari, S., and Bhandari, G. (2024). Effect of different chemical preservatives on postharvest longevity of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. Rosalin) under controlled laboratory conditions. *International Journal of Plant y Soil Science*, 36(6), 733–739. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i64677>.
- Wu, Y., Wang, Y., Wang, S., Fan, X., Liu, Y., Zhao, R., Hou, H., Zha, Y., and Zou, J. (2023). Combination of graphene oxide and preservatives can further improve the preservation of cut flowers. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1121436. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121436>.

Yamane, K. (2015). Ornamental plant markets and postharvest physiology of cut flowers. *Reviews in Agricultural Science*, 3, 36–39.
<https://doi.org/10.7831/ras.3.36>.

Capítulo 4.

IV. Conclusiones y Recomendaciones Generales

El estudio permitió establecer que la calidad ornamental y la duración poscosecha del girasol están estrechamente relacionadas con el manejo aplicado a lo largo de todo el ciclo productivo. Las condiciones térmicas registradas durante el cultivo influyeron en la velocidad de desarrollo de las plantas y en la definición de la ventana de cosecha, mientras que las prácticas agronómicas orientadas al manejo de la fertilidad, el riego y la sanidad favorecieron una mejor condición fisiológica de los tallos florales y una mayor resistencia al deterioro después del corte.

Las flores tratadas con soluciones preservantes que incorporaron fuentes de carbohidratos y compuestos con acción antimicrobiana presentaron un mejor desempeño durante la vida en florero. La respuesta observada sugiere que estos tratamientos contribuyen a disminuir los efectos asociados con la deshidratación y el deterioro fisiológico de los tejidos, favoreciendo una mayor permanencia de las características ornamentales. En este contexto, la regulación del balance hídrico, la disponibilidad de energía metabólica y la reducción de la actividad microbiana emergen como componentes esenciales para optimizar la conservación de flores de corte.

Los hallazgos obtenidos resaltan la importancia de considerar la producción y la conservación de las flores como un proceso continuo, en el que las decisiones tomadas antes y después de la cosecha influyen directamente en la calidad final del producto. Bajo esta perspectiva, la incorporación de enfoques innovadores basados en recursos biológicos y tecnologías nanoestructuradas constituye una oportunidad para ampliar las opciones de manejo disponibles y favorecer una mayor duración comercial de las flores de corte.

Bajo las condiciones evaluadas, el girasol mostró características que respaldan su potencial como alternativa productiva dentro de la floricultura ornamental de regiones cálidas. Sin embargo, el éxito comercial de este cultivo está estrechamente relacionado con la adopción de estrategias que favorezcan tanto el desempeño

agronómico en campo como la conservación de la calidad floral durante el periodo poscosecha.

Recomendaciones generales

1. Fortalecer el manejo precosecha mediante prácticas adecuadas de nutrición, riego y sanidad vegetal para mejorar la calidad fisiológica y ornamental de las flores.
2. Ajustar las fechas de siembra y el manejo agronómico de acuerdo con las condiciones climáticas regionales para favorecer la uniformidad del cultivo y optimizar la cosecha.
3. Implementar prácticas higiénicas durante la cosecha y poscosecha, así como el uso de soluciones preservantes, para mantener la hidratación floral y prolongar la vida en florero.
4. Impulsar investigaciones y tecnologías sostenibles orientadas al manejo poscosecha del girasol, con el propósito de reducir pérdidas, disminuir el impacto ambiental y fortalecer la competitividad del sector florícola.