



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Aplicación de aceite esencial de *Eucalyptus globulus* como preservante floral en *Rosa hybrida* 'Vendela'

T E S I S

Para obtener el grado de

B I Ó L O G O

PRESENTA

MARÍA GUADALUPE CAMPOS MARTÍNEZ

DIRECTOR

M. en C. ALBERTO ARRIAGA FRÍAS



LOS REYES IZTACALA, TLALNEPLANTLA, ESTADO DE
MÉXICO, 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicado a mi buen Pastor

Porque Tú formaste mis entrañas;
Tú me hiciste en el vientre de mi madre.

Te alabaré; porque formidables, maravillosas son tus obras;
Estoy maravillada, y mi alma lo sabe muy bien.

Despierto, y aún estoy contigo.

Salmo 139:13-14,18 b

Agradecimientos

A mi querida mamá Feli, quien ha sido mi mejor amiga y ejemplo a seguir durante toda mi vida, su paciencia y fe me han dado la confianza que tengo hoy; a mi papá Julio†, quien sin darse cuenta me motivo y dio lo necesario para continuar; a mi hermano Hugo, quien ha sido un excelente ejemplo de compromiso y perseverancia para mí; y a mi hermana Diana, por ser parte de mí.

Al Mtro. Alberto Arriaga, por ser un gran profesor y asesor, su paciencia, compromiso, inteligencia y empatía me ayudaron para confiar en mis habilidades y capacidades, siempre llevándome a dar lo mejor.

Al laboratorio de ecofisiología vegetal de la Unidad de Morfología y Función (UMF), de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI), que se hizo mi segunda casa, al brindarme el material y equipo necesario para esta investigación.

A mis queridas amigas, que con su presencia durante y después del término de este escrito me han alegrado e inspirado; Karina, Nich, Ana Osiris, Celeste y Vanya.

Al ministerio estudiantil JconD Iztacala, mi segunda familia durante mi estancia en la universidad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser mi casa de estudios desde bachillerato y forjarme como profesionista hasta el día de hoy.

CONTENIDO

Índice de cuadros.....	1
Índice de figuras.....	2
Resumen.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ANTECEDENTES.....	8
2.1 Datos generales de rosa.....	8
2.1.1 Importancia histórica de la rosa.....	8
2.1.2 Distribución natural y artificial de la rosa.....	9
2.1.3 Taxonomía del género <i>Rosa</i>	9
2.1.4 Clasificación ornamental: té híbrido.....	10
2.1.5 Descripción botánica del género <i>Rosa</i>	10
2.1.6 Descripción del cultivar Vendela.....	11
2.2 Producción de rosa en México.....	12
2.3 Vida postcosecha de la rosa.....	14
2.4 Manejo húmedo.....	15
2.4.1 Preservantes florales y sus componentes.....	16
2.4.2 Compuestos biocidas amigables en preservantes florales.....	17
2.4.3 Aceite de eucalipto como preservante de la vida de florero.....	18
2.4.4 Emulsionante de aceites esenciales en agua.....	19
2.5 Pregunta de investigación.....	20
3. HIPÓTESIS.....	21
4. OBJETIVO GENERAL.....	22
4.1 Objetivos particulares.....	22
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
5.1 Diseño experimental.....	23
5.2 Obtención del material biológico.....	25
5.3 Cálculos para obtener la concentración de aceite esencial de eucalipto.....	25
5.4 Preparación de los tratamientos.....	25
5.4.1 Primer experimento.....	26

5.4.2 Segundo experimento	26
5.5 Variables calculadas	26
5.5.1 Condiciones ambientales	26
5.5.2 Variables Morfo-fisiológicas	26
5.5.3 Variables Bioquímicas	30
5.5.4 Determinación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC)	34
5.6 Análisis estadístico	36
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
6.1 PRIMER EXPERIMENTO	37
6.1.1 Condiciones ambientales	37
6.1.2 Longevidad floral	38
6.1.3 Tasa de absorción (TAS)	40
6.1.4 Unidades formadoras de colonias (UFC)	42
6.1.5 Apertura floral	43
6.1.6 Elasticidad de la corola floral	45
6.2 SEGUNDO EXPERIMENTO	47
6.2.1 Condiciones ambientales	47
6.2.2 Longevidad floral	48
6.2.3 Tasa de absorción	50
6.2.4 Unidades Formadoras de Colonias (UFC)	52
6.2.5 Apertura floral	54
6.2.6 Contenido Relativo de Agua (CRA)	56
6.2.7 Clorofila total	58
6.2.8 Carotenoides	59
6.2.9 Fenoles totales y actividad antioxidante	61
6.3 COMPARACIÓN DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS EN AMBOS ENSAYOS EXPERIMENTALES	63
7. CONCLUSIONES	65
8. LITERATURA CITADA	67

Índice de cuadros

Cuadro 1. Entidades productoras de rosa en México.....	14
Cuadro 2. Distribución de los tratamientos en el primer experimento.....	24
Cuadro 3. Distribución de los tratamientos en el segundo experimento.....	24
Cuadro 4. Último día de vida de las rosas ‘Vendela’ \pm error estándar de los diferentes tratamientos con sus características morfo fisiológicas evaluadas para la variable longevidad, del primer experimento.....	38
Cuadro 5. Elasticidad de las rosas ‘Vendela’ del primer experimento.....	45
Cuadro 6. Último día de vida de las rosas ‘Vendela’ \pm error estándar de los diferentes tratamientos con sus características morfo fisiológicas evaluadas para la variable longevidad, del segundo experimento.....	50
Cuadro 7. Porcentaje del contenido relativo de agua en hojas de las rosas ‘Vendela’ del segundo experimento.....	56
Cuadro 8. Porcentaje del contenido relativo de agua en pétalos de las rosas ‘Vendela’ del segundo experimento.....	57
Cuadro 9. Fenoles totales, actividad antioxidante y tasa de absorción del sexto día del segundo experimento.....	61

Índice de figuras

Figura 1. Porcentaje de la producción mensual nacional de rosa.....	12
Figura 2. Volumen de producción nacional 2012-2017 de rosa.....	13
Figura 3. Escala hedónica de la vida de florero y senescencia en rosa 'Vendela'	27
Figura 4. Medición de la apertura floral en rosa 'Vendela'	28
Figura 5. Esquema de inclinación del tallo en rosa 'Vendela'	28
Figura 6. Esquema de la toma de muestras para el cálculo del contenido relativo de agua...30	
Figura 7. Esquema para cuantificar clorofila y carotenoides.....	31
Figura 8. Curva patrón de ácido tánico para la cuantificación de fenoles totales.....	32
Figura 9. Curva patrón de ácido ascórbico para la determinación de la actividad antioxidante.....	33
Figura 10. Toma de muestra para contabilizar UFC.....	34
Figura 11. Diagrama sobre las diluciones para la obtención de las UFC.....	35
Figura 12. Temperatura del ambiente del laboratorio en el primer experimento.....	37
Figura 13. Clorosis en hojas y oxidación en los pétalos del octavo y onceavo día respectivamente en rosas 'Vendela' del primer experimento.....	39
Figura 14. Tasa de absorción en rosas 'Vendela' del primer experimento.....	41
Figura 15. Tasa de absorción por tratamiento del quinto día del primer experimento.....	42
Figura 16. Apertura floral en rosa 'Vendela' del primer experimento.....	44
Figura 17. Temperatura del ambiente del laboratorio en el segundo experimento.....	47
Figura 18. Fotografía de todos los tratamientos de rosas 'Vendela' en el tercer día de vida del segundo experimento.....	48
Figura 19. Fotografía de todos los tratamientos de rosas 'Vendela' en su último día de vida del segundo experimento.....	49
Figura 20. Tasa de absorción en rosas 'Vendela' del segundo experimento.....	51
Figura 21. Gráfico de correlación entre la tasa de absorción y las UFC del séptimo día de experimentación del segundo experimento.....	53
Figura 22. UFC/g x10 ⁷ en los diferentes tratamientos del séptimo día de experimentación del segundo experimento.....	53
Figura 23. Apertura floral en rosas 'Vendela' del segundo experimento.....	55

Figura 24. Clorofila total en las hojas de rosa ‘Vendela’ del cuarto día de vida del segundo experimento.....58

Figura 25. Contenido de carotenoides en las hojas de rosa ‘Vendela’ del quinto día de vida del segundo experimento.....60

Resumen

En la conservación de la vida de florero, se han utilizado diferentes sustancias como fuente biocida y algunos son perjudiciales para el ambiente, razón por la cual los preservantes biodegradables son una opción necesaria. Dentro de estos, los aceites esenciales, constituyen una alternativa para prolongar la vida postcosecha de los tallos florales, por su capacidad biocida y antioxidante. El objetivo de este trabajo fue, evaluar el efecto del aceite esencial de *Eucalyptus globulus*, con etanol y sacarosa como preservantes de la vida de florero de *Rosa hybrida* 'Vendela'. Las variables determinadas fueron; longevidad, apertura de la corola, curvatura del tallo, elasticidad de la corona floral, tasa de absorción, contenido relativo de agua en hojas y pétalos, cuantificación de clorofila total y carotenoides en hojas, fenoles totales y actividad antioxidante en pétalos, y cuantificación de las unidades formadores de colonias en el tallo.

Se realizaron dos experimentos; los cuales consistieron de un diseño completamente al azar, unifactorial, con cuatro y tres niveles de factor para el primer y segundo experimento respectivamente. En el primer experimento se observó que la presencia del aceite esencial de eucalipto favoreció la hidratación en los pétalos con diferencias estadísticas, representados a través de la elasticidad, mientras que en la tasa de absorción y apertura floral se observó una tendencia, entre mayor es la concentración de aceite esencial de eucalipto mayor fue la absorción de agua y diámetro de la corola floral. En el segundo experimento se observó que las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto más sacarosa obtuvieron mayor tasa de absorción y apertura floral, que los tratamientos que únicamente contenían aceite esencial de eucalipto, para el contenido relativo de agua en todos los tratamientos, se obtuvo mayor hidratación en los pétalos que en las hojas, mientras que en la cuantificación de la clorofila y carotenoides se observó una disminución en relación al tiempo, pero las rosas tratadas con 25 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto obtuvieron la mayor concentración en ambas variables con diferencias estadísticas, este mismo grupo de rosas presentó la menor actividad antioxidante. De manera general se puede decir que las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto más sacarosa y etanol, prolongaron su vida un día más que las rosas testigo (grupo Crystal clear ®), mientras que las rosas que fueron tratadas únicamente con sacarosa o etanol o aceite esencial de eucalipto, obtuvieron la menor longevidad en sus respectivos experimentos.

Palabras Clave

Eucalipto, vida en florero, biodegradable, rehidratación

1. INTRODUCCIÓN

La floricultura es la disciplina que permite conocer el desarrollo productivo, tecnológico, económico, comercial y social de las plantas ornamentales (Elizalde, 2017). Los productos que se comercializan son; plantas vivas, bulbos, tubérculos, raíces tuberosas, turiones, rizomas, esquejes, injertos, follaje, hojas, ramas, hierbas, musgos, líquenes y flores de corte, los cuales son bienes ornamentales, que se usan de acuerdo a la ocasión (Ramírez y Avitia-Rodríguez, 2017). La flor de corte es un bien suntuario, cuyo consumo está relacionado con las tendencias de moda, hábitos, gustos y preferencias de las personas, en el sector agrícola se destaca como un detonante económico (Oficina de estudios y políticas agrarias, 2007). En el comercio a nivel internacional del 2001 al 2013, Holanda, poseyó la mitad de las exportaciones mundiales, seguido de Colombia, en el caso de las importaciones en este mismo periodo, el principal comprador fue Alemania, que representó alrededor del doble de la participación porcentual de los siguientes países: Estados Unidos y Holanda, Reino Unido y Francia (Ramírez y Avitia-Rodríguez, 2017).

La situación de México en el mercado internacional de la floricultura es discreta, los volúmenes que maneja y su participación porcentual entre los años 2001 al 2013, lo colocan como un pequeño participante, entre los países exportadores e importadores, México se encuentra en el lugar 30 y 23 respectivamente (Ramírez y Avitia-Rodríguez, 2017). De acuerdo a Elizalde (2017), quien elaboró un análisis comparativo a través del método diamante de Porter, entre los elementos que impactan el crecimiento del sector florícola de México respecto al mundo, se obtuvo que México posee un lugar geográfico con climas muy buenos; el suelo como materia prima, la infraestructura, el conocimiento y las variables económicas son moderadas; mientras que el capital y la ayuda del gobierno es inexistente.

El país produce una extensa variedad de flores y plantas, destacando entre ellas: rosas (24.84 %) crisantemos (18.12 %), gladiolas (13.81 %), noche buenas (7.21 %) y otras especies que suman el 36.04 % (Elizalde, 2017). Pero es la floricultura de

la rosa, quien fortalece la economía mexicana, en 2017, el volumen exportado alcanzó un máximo histórico de dos mil 953 toneladas que reportan divisas al país por 6.4 millones de dólares, cabe mencionar que el Estado de México es el mayor productor, obteniendo 1, 470 mdp en el año 2017 (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2018).

La mayoría de las pequeñas y medianas empresas florícolas, comercializan sus productos en los mercados locales, como tianguis, centrales de abasto o por intermediarios, quienes no cuentan con los métodos ni la infraestructura adecuada para preservar la calidad de las flores (García *et al.*, 2011). El tratamiento postcosecha más común, es la hidratación de las flores cortadas (Gomorra *et al.*, 2006).

En la hidratación, se pueden utilizar preservantes florales, cuya función es prolongar la longevidad floral, que se asocia a un mayor consumo de agua y una lenta pérdida de peso fresco (De La Cruz-Guzmán *et al.*, 2007). Los preservantes florales deben aportar a la flor una fuente nutritiva que satisfaga sus necesidades metabólicas, la principal fuente energética utilizada en tallos florales es la sacarosa; como al igual deben contener compuestos que impidan la proliferación de microorganismos, que taponan los vasos conductores, para ello se han utilizado diferentes compuestos germicidas entre ellos; la clorina, sus vapores producen irritación de la piel y a las vías respiratorias; algunos trihalometanos, tales como el cloroformo y el bromodi-clorometano, considerados carcinógenos, mutagénicos, teratogénicos y tóxicos; y el ión Ag⁺, aplicado bajo la forma de complejo con el ión tiosulfato, el cual es tóxico para el consumidor y contaminante al ambiente, debido a su permanencia del catión de plata en el suelo y aguas subterráneas; ante lo cual existe la necesidad de utilizar productos biodegradables (Nell, 1992; De La Riva, 2011).

En los últimos años, diversos estudios han informado sobre la utilidad que tienen los aceites esenciales, como alternativa ecológica para prolongar la vida postcosecha de los tallos flores, por su capacidad biocida (Kantharaj *et al.*, 2018). Los aceites esenciales poseen de igual modo una actividad antioxidante, por lo que

en soluciones preservantes podrían ayudar a las hojas a defenderse de los radicales libres y proteger las macromoléculas y, con ello a las células, retrasando así la senescencia (Nipaporn y Montinee, 2019).

Para prolongar la vida de florero de la rosa, se han utilizado diversos aceites esenciales de diferentes plantas aromáticas, entre ellas: jengibre (Pietro *et al.*, 2012; Bastos *et al.*, 2016), romero (Bastos *et al.*, 2016), *Satureja hostensis* (Naghshibnad *et al.*, 2017; Salehi *et al.*, 2018), *Bunium persicum*, *Mentha spicata*, *Thymus vulgaris* (Salehi *et al.*, 2018), que son utilizadas como plantas medicinales, en este trabajo se experimentó con el aceite esencial de eucalipto, utilizado en el sector farmacéutico (Almeida *et al.*, 2016); en combinación de sacarosa por ser la fuente energética más utilizada; y etanol como emulsionante (De La Riva, 2011).

Con base en lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el efecto del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (0 mgL⁻¹, 12.5 mgL⁻¹, 25 mgL⁻¹, 50 mgL⁻¹, 100 mgL⁻¹ y 200 mgL⁻¹), con etanol (2 % y 4 %) y sacarosa (2.5 %) como preservantes de la vida de florero de *Rosa hybrida* 'Vendela'.

2. ANTECEDENTES

2.1 Datos generales de rosa

2.1.1 Importancia histórica de la rosa

La rosa es una de las plantas más conocidas en todo el mundo. A lo largo del tiempo el humano la ha incorporado a su cultura. Algunos ejemplos se encuentran en las mitologías del viejo mundo; cómo la griega, donde se dice que Afrodita (la diosa del amor) le puso el nombre a la planta (Rosalyn, 2013), mientras que en la cultura romana las flechas de Cupido disparadas por error a la planta, hacían que las espinas crecieran en ésta (Al-Zwelef, 2013). En la mitología africana se dice, que los egipcios, sacrificaban rosas a su diosa Isis y decoraban las tumbas con imágenes de rosas o capullos conservados (Nuraishah, 1999; Holston, 2013). Mientras que en la mitología asiática, los árabes narran la creación de la rosa roja, a través de un ruiseñor enamorado (Al-Zwelef, 2013)

El valor que se le ha dado a la rosa, ha influido aún en el presente, dado que en diferentes religiones del todo el mundo la mencionan en sus libros sagrados o forman parte de rituales espirituales. Por ejemplo, en las Sagradas Escrituras judaicas (Tenaj), la rosa se ha mencionado en libros como Cantares e Isaías, mientras que en los libros deuterocanónicos, se hace mención de la planta en los libros de Sabiduría y Eclesiástico. En el islam, la rosa se menciona en el capítulo 55 del Corán y se dice que Mahoma usaba el aceite esencial de la planta para sus prácticas espirituales. Mientras que en el budismo, la planta forma parte del procedimiento de “la transmisión de la luz, la apertura de la rosa mística”, para los hinduistas, se narra que el dios Vishnu, exhibió a la rosa como la flor más bella del mundo, posteriormente el dios Brahma reconoció este hecho. La rosa forma parte de la cultura en la humanidad, y ha sido reconocida por innumerables escritores de oriente a occidente y desde la antigüedad hasta la Edad Moderna, cada autor literario le ha dado un enfoque distinto entre poemas e historias, donde se resalta su belleza, suavidad, dulce aroma y universalidad. De

igual manera ha sido proclamada como flor nacional de dos potencias mundiales, Estados Unidos e Inglaterra (Al-Zwelef, 2013).

2.1.2 Distribución natural y artificial de la rosa

Se considera que la rosa es originaria de China, con una antigüedad de 4 000 años, y gracias al comercio, la rosa llegó a la India, Persia, Grecia, Italia y España (Yong, 2004). Actualmente, la distribución natural del género *Rosa*, presenta endemismos en las regiones templadas del hemisferio norte (Europa, Asia, Medio Oriente, Norte América y Occidente de China), mientras que en el hemisferio sur, no se tiene registro de endemismos, la rosa también está distribuida en áreas cálidas como en Nuevo México, Iraq, Etiopía, Bangladesh y al sur de China (Arzate-Fernández *et al.*, 2014). Cabe mencionar que la distribución de la gran variedad de cultivares de rosa abarca prácticamente todo el mundo (Debener y Linde, 2009).

2.1.3 Taxonomía del género *Rosa*

Dominio: Eukarya

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosideae

Tribu: Roseae

Género: *Rosa*

El género *Rosa* pertenece a la familia Rosaceae, la siguiente clasificación se basa en el sistema de Rehder (1940) con algunas modificaciones, citado por Debener y Linde (2009), donde se divide el género en cuatro subgéneros, *Hulthemia*, *Platyrhodon*, *Hesperodos* y *Eurosa*, éste último comprende casi todas las variedades cultivadas.

2.1.4 Clasificación ornamental: té híbrido

La American Rose Society, clasifica a los rosales de acuerdo a su grado de domesticación en tres tipos; rosas silvestres, que son aquellas que crecen naturalmente en el campo, poseen cinco pétalos y sus colores pueden ser púrpura, blanco, rosa o amarilla; las rosas antiguas, son aquellas que existen desde antes de 1867 y son híbridos de especies silvestres; y las rosas modernas, que son todas aquellas que se establecieron después de 1867, con el primer híbrido llamado “La France”, este grupo constituye el 95% de los rosales que se cultivan en la actualidad (Caneva, 1998; Castilla, 2005).

Existen diferentes tipos de rosas modernas, entre ellos los híbridos de té, donde se encuentra *Rosa hybrida*, estas rosas son las más cultivadas y comercializadas en el mundo, florecen generalmente dos veces al año, son sensibles al frío, generalmente son arbustos altos y por tallo existe una sola corola floral, sus pétalos pueden presentar todos los colores excepto azul y negro (American Rose Society, 2016).

2.1.5 Descripción botánica del género *Rosa*

El rosal es una dicotiledónea arbustiva; cuenta con un rizoma estolonífero; un tallo semileñoso que puede ser erecto o rastrero, que presenta una textura rugosa, escamosa y/o espinosa; sus hojas son compuestas de color verde oscuro brillante e imparipinadas, formadas por tres, cinco o siete folíolos ovalados con borde

dentado, suspendidos en un raquis, que puede tener estípulas (Arzate-Fernández *et al.*, 2014).

La flor, generalmente es aromática completa y hermafrodita, con simetría radial. El perianto es heteroclamídeo, mientras que el receptáculo floral tiene forma de urna, el cáliz es dialisépalo con cinco unidades de color verde, los cuales pueden ser simples o de forma compleja con lobulaciones laterales estilizadas, la corola es dialipétala, simétrica, formada de cinco (o múltiplos de cinco) pétalos regulares, de colores llamativos y/o blancos, la corola puede ser doble, mayormente en los cultivares. El androceo está compuesto por numerosos estambres dispuestos en espiral, generalmente en número del múltiplo de los pétalos, mientras que el gineceo está compuesto por varios pistilos separados (policarpo apocárpico), y el nectario presente con preferencia a la entomofilia, el ovario es súpero, con numerosos carpelos uniovulados y libres, por lo que cada carpelo produce un aquenio, los estilos sobresalen de la abertura superior del hipanto, pueden existir inflorescencias racimosas o flores solitarias, mientras que el fruto de cada fecundación es un aquenio, los cuales son envueltos en el hipanto (Arzate-Fernández *et al.*, 2014).

2.1.6 Descripción del cultivar Vendela

De acuerdo al sistema taxonómico de Rehder, con algunas modificaciones citado por Debener y Linde (2009) el cultivar Vendela pertenece al género *Rosa*, subgénero *Eurosa*, mientras que en la clasificación ornamental de la American Rose Society, este cultivar pertenece a los rosales modernos, de tipo té híbrido.

Vendela es un cultivar que presenta una corola de color blanco marfil, compuesta de 38 a 40 pétalos, el tamaño del botón puede variar entre 4.5 a 6 cm, presenta sus hojas alternas compuestas, con folíolos ovalados y dentados, su vida de florero es de 15 días (Farinios, 2012). Su nombre fue inspirado por una modelo sueca llamada Vendela María Kirsebom, el cultivar fue obtenido por la empresa Rosen Tantau en Alemania en 1996, el tallo floral de Vendela es la flor de boda más popular y utilizada en la industria (Rosa Prima, 2020).

2.2 Producción de rosa en México

Para obtener rosas de calidad en México, se necesita cumplir con algunas características geográficas necesarias como la altitud (1,800 a 2,500 msnm) precipitación (700 a 1000 mm), temperatura (12° a 25 °C) y tipo de suelo (suelo franco-arcilloso, migajón –arcillo-limoso, limo o incluso arcilloso), con un pH entre 6 a 7.5 (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2018).

La rosa es uno de los cultivos más preciados como flor de corte en nuestro país, su uso principal es ornamental, ocupando el 26 % de la producción nacional de ornamentales (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2018). La producción puede realizarse todo el año, por ejemplo en 2018, los meses más productivos fueron en febrero, marzo, mayo y diciembre (Figura 1).

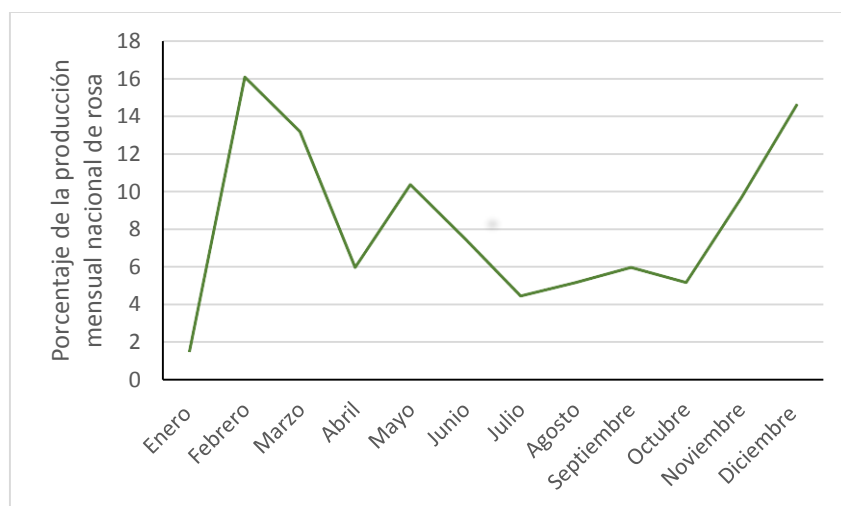


Figura 1. Porcentaje de la producción mensual nacional de rosa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2018).

Entre los años 2008 a 2017 se produjo un promedio de 7,132 miles de gruesas (cada gruesa equivale a 12 docenas o 144 rosas), cabe mencionar que entre los años 2012-2017, el volumen nacional ornamental creció a una tasa media anual de

6.6%; lo anterior producto de incrementos en la superficie cosechada y en los rendimientos (Figura 2). En 2017, se obtuvo el mayor volumen exportado, que alcanzó un máximo histórico de dos mil 953 toneladas, reportando ganancias de 6.4 millones de dólares (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2018, 2018).

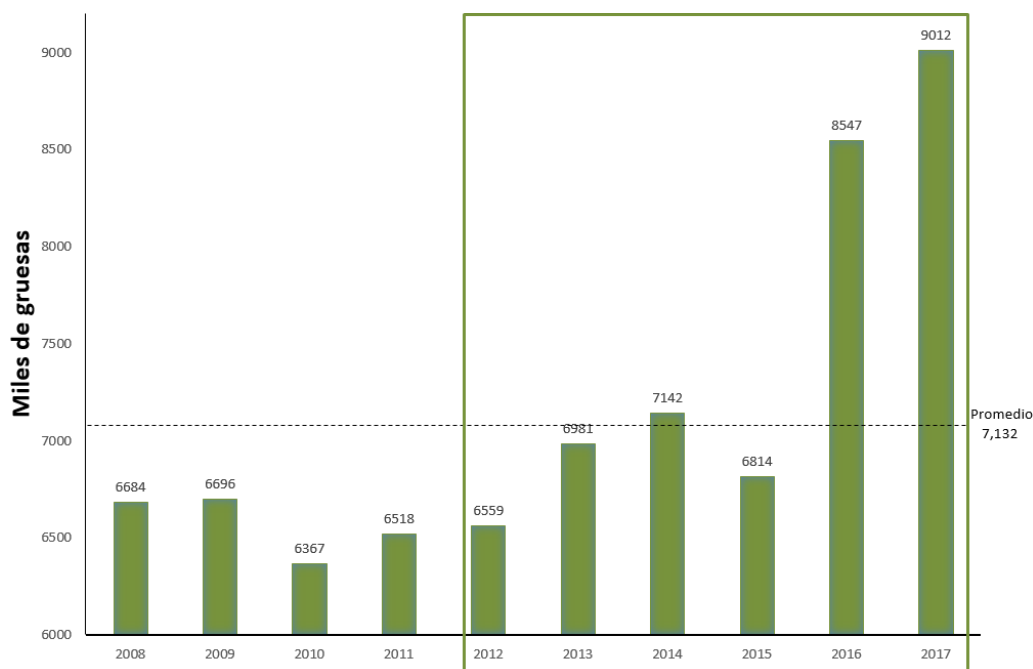


Figura 2. Volumen de producción nacional 2012-2017 de rosa (miles de gruesas). (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2018).

La floricultura de la rosa se extiende en 10 estados de la República mexicana, situados principalmente en la zona centro y alrededores (Cuadro 1), el Estado de México es el mayor productor de esta dicotiledónea, sus ventas en 2017 generaron 1,470 millones de pesos (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2018, 2018).

Cuadro 1. Entidades productoras de rosa en México (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2018).

Rank	Entidad Federativa	Volumen (gruesas)		Variación (%) 2012-2017
		2012	2017	
	Total nacional	6,558,964	9,011,683	37.4
1	México	5,415,680	6,887,909	27.2
2	Morelos	561,665	725,525	29.2
3	Puebla	157,892	621,044	293
4	Querétaro	374,690	597,075	59.4
5	Jalisco	18,464	154,953	739
6	Oaxaca	0	8,590	NA
7	Hidalgo	11,556	7,720	-33.2
8	Guerrero	7,831	5,812	-25.8
9	Ciudad de México	4,938	1,705	-65.5
10	Tlaxcala	6,250	1,350	-78.4

2.3 Vida postcosecha de la rosa

La vida postcosecha de la rosa, inicia después de que es cortada de la planta madre e incorporada como tallo floral, la cual pasa por varias etapas de manejo. El proceso inicia con el corte, el cual es efectuado en función de la fase de maduración de la variedad, de ahí son transportados en carretillas o camionetas (según las condiciones de la empresa) previa rehidratación. De esta manera al llegar al centro de distribución, las rosas son clasificadas (tamaño del tallo, curvatura, grosor, incidencia de plagas y presencia de enfermedades), se empaacan, y pasan por una inspección, por último se almacenan en empaques con soluciones preservantes y se refrigeran (con una temperatura de 2-4 °C y una humedad relativa de 80-90 %). Para la comercialización, el embalaje puede realizarse en seco o en agua (García, 2004).

Al llegar al consumidor, los tallos florales son colocados en agua hasta su muerte, de este modo comienza lo que llamamos vida en florero, esta longevidad puede estar determinada por muchos factores dependiendo de la especie, en el caso de la

rosa, principalmente está influenciada por las relaciones hídricas, que incluye tres factores; la absorción, la pérdida y el transporte de agua (Cañizares, 2008).

El principal problema en la floricultura, se encuentra en la pérdida postcosecha, que puede llegar a ser de entre 10 al 30 % (Hussen y Hassen, 2013). El escenario del tallo floral después de ser cortado de la planta madre es el siguiente: si la tasa de transpiración excede la tasa de absorción, el resultado para el tallo floral sería estrés hídrico y, con ello, una pérdida de peso fresco coincidente con la producción autocatalítica de etileno y, en consecuencia la senescencia floral (Chakrabarty *et al.*, 2009; De La Riva, 2011).

2. 4 Manejo húmedo

Después de que son cortados los tallos florales de la planta madre, la práctica más utilizada por los floricultores es la hidratación con agua (Gomorra-Jiménez *et al.*, 2006). Van Meeteren *et al.*, (2001), recomiendan usar una formulación a base de sales como, $\text{CaCl}_2 + \text{NaHCO}_3 + \text{CuSO}_4$ en agua destilada, denominada "tap water" como solución estándar para la rehidratación floral.

De igual manera existen preservantes florales comerciales, un ejemplo es Crystal clear ®, el cual es un tratamiento alimenticio que se utiliza en la última etapa del cuidado y manejo postcosecha en tallos florales. Mozqueda-Lazcares *et al.* (2011) recomiendan la aplicación de este producto en *Rosa hybrida* 'Freedom', 'Royalty', 'Red Alfa', 'Red Vicer', 'Grand Gala', 'Sena', 'Pecubo' y 'Vendela', porque incrementa el peso fresco y vida de florero.

2.4.1 Preservantes florales y sus componentes

Los preservantes florales son sustancias disueltas en la solución de hidratación del tallo, que aumentan la longevidad floral, asociada a un mayor consumo de agua y una lenta pérdida de peso fresco (De La Cruz-Guzmán *et al.*, 2007).

Los preservantes poseen acidificantes o biocidas que permiten el flujo hídrico en los vasos del xilema, como preventivo de obstrucciones por embolismos y/o la proliferación de microorganismos, que, de presentar un menor flujo hídrico, el grado de inclinación del pedúnculo es mayor y las hojas se deshidratan (Put, 1989; Van Meeteren *et al.*, 2000). Hace algunos años se utilizaba el complejo de tiosulfato de plata (TSP) en tratamientos continuos o de pulso, como fuente biocida para prolongar la vida de florero, pero el ión de Ag⁺, es tóxico para el consumidor y puede llegar a acumularse en el suelo y en las aguas subterráneas por periodos prolongados, de tal manera que puede pasar al agua potable y llegar finalmente a ser absorbidos por los humanos, de igual manera se usaba la clorina con efecto biocida, pero esta produce irritación en la piel y vías respiratorias para el consumidor (De La Riva, 2011).

Las soluciones rehidratantes también aportan glúcidos, que son utilizados como fuente de carbono para complementar sus procesos metabólicos de tal forma que tanto la apertura floral como la elasticidad se ven favorecidas estéticamente en función de la cantidad de carbohidratos (De Stigter, 1981; De La Riva, 2011). La principal fuente energética utilizada en tallos florales es la sacarosa, en el caso de la rosa, se ha utilizado en tratamientos continuos con concentraciones que van del 1 al 8% (Figuroa *et al.*, 2005; Lama *et al.*, 2013; Naghshibnad *et al.*, 2017; Salehi *et al.*, 2018).

Otro de los ingredientes presentes en los preservantes florales son los antioxidantes, que retardan o previenen la oxidación de macromoléculas como el ADN, las proteínas y los lípidos, que pueden llevar a la muerte celular y con ello a la senescencia floral (Hong-Juan y Huan-Qing, 2015).

2.4.2 Compuestos biocidas amigables en preservantes florales

Diversos estudios informan la utilidad que tienen los aceites esenciales, como alternativa ecológica para prolongar la vida postcosecha de los tallos flores, por su capacidad biocida (Kantharaj *et al.*, 2018). Los aceites esenciales poseen de igual modo una actividad antioxidante, por lo que en soluciones preservantes podrían ayudar a las hojas a defenderse de los radicales libres y proteger las macromoléculas y, con ello a las células, retrasando así la senescencia (Nipaporn y Montinee, 2019).

Algunos ejemplos del uso de aceites esenciales para prolongar la vida de florero en el género *Rosa* son: Pietro *et al.*, (2012) quienes utilizaron cinco tratamientos como conservadores naturales a temperatura ambiente en *Rosa vermelha* 'Vega', de los cuales, dónde se aplicó jasmonato de metil, la longevidad media de las flores fue mayor (12 días), seguida del tratamiento con 100 mgL⁻¹ de aceite de jengibre puro (9 días), ambos tratamientos de rosas presentaron características morfológicas aceptables para la comercialización, que se definió como mayor contenido de agua, turgencia, luminosidad y cromaticidad.

Bastos *et al.*, (2016) mencionan que los tratamientos que contenían aceites esenciales de romero a 100 µL L⁻¹ (*Rosmarinus officinalis*) y de jengibre a 100 µL L⁻¹ (*Zingiber officinale*), sobresalieron de los demás tratamientos postcosecha para rosa 'Carola' a temperatura ambiente, puesto que proporcionaron menor oscurecimiento y mayor turgencia en los pétalos y mayor apertura floral, la vida de florero para las rosas de ambos tratamientos fue de 10 días, cabe mencionar que en todos los tratamientos se utilizó una solución pulso de sacarosa al 10% por cinco horas.

Naghshibnad *et al.*, (2017) utilizaron el aceite esencial de *Satureja hortensis* como conservador postcosecha de *Rosa hybrida* 'Velvet', en tres concentraciones (0 mg.L⁻¹, 250 mg.L⁻¹ y 500 mg.L⁻¹), de cada tratamiento se valoró la ausencia y presencia de sacarosa (0 % y 2 %), como resultado se obtuvo que los grupos con aceite esencial prolongaron su vida de florero de 11 a 13 días respecto al control

que fue de 8 días, de igual manera obtuvieron mayor cantidad de clorofila y peso fresco. En los tratamientos con sacarosa se favoreció la vida de florero, el consumo de agua, el peso fresco y la cantidad de clorofila.

Salehi *et al.*, (2018) evaluaron tres concentraciones ($100 \mu\text{L L}^{-1}$, $200 \mu\text{L L}^{-1}$ y $400 \mu\text{L L}^{-1}$) de diferentes aceites esenciales (*Bunium persicum*, *Mentha spicata*, *Thymus vulgaris* y *Satureja hortensis*) como conservantes de la vida postcosecha de *Rosa hybrida* 'Bacara', las rosas expuestas al tratamiento $200 \mu\text{L L}^{-1}$ de aceite esencial de *M. spicata* fueron las que presentaron mayor vida de florero (10 días) respecto a las rosas tratadas con $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de aceite esencial de *S. hortensis* (8 días) que presentaron la menor vida de florero. En este ensayo, todos los tratamientos presentaron un menor número de unidades formadoras de colonias en los tallos, lo que indica un efecto antimicrobiano por parte de los aceites esenciales.

Mandredini *et al.*, (2017) utilizaron el aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* (canela), *Cymbopogon citratus* (limoncillo), *Eucalyptus citriodora* (eucalipto), *Mentha piperita* (menta) y *Syzygium aromaticum* (clavo de olor), este último a una concentración de 0.1%, y los demás a 1%, como conservantes postcosecha, evaluados en dos periodos (refrigeración y temperatura ambiente); se obtuvo que el aceite esencial de limoncillo causa quemaduras en los pétalos, mientras que la menta y el eucalipto favorecen la vida de la *Rosa* 'Avalanche' hasta el décimo día, en dicho estudio no se explica cómo fue que el aceite de Eucalipto pudo prolongar la vida de florero de la rosa.

2.4.3 Aceite de eucalipto como preservante de la vida de florero

El aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (AEE) posee un glucósido flavonoide llamado hiperósido, que tiene una actividad biocida y antioxidante (Dezsi *et al.*, 2015), por lo que su uso como preservante floral es una alternativa.

En el estudio de Manfredini *et al.*, (2017) se observó que al utilizar aceite de *Eucalyptus citriodora* (1 %) en los tallos de rosa 'Avalanche', se prolongó la vida hasta el decimo día sin presentar quemaduras en los pétalos.

Otro estudio es Nipaporn y Montinee (2019), quienes utilizaron dos concentraciones de aceite esencial de *E. globulus* (12.5 mgL⁻¹ y 25 mgL⁻¹) previamente preparados con su respectivo emulsionante en *Philodendron*, obtuvieron que la concentración 12.5 mgL⁻¹ presentó mayor peso fresco, cantidad de clorofila a y carotenoides, de igual manera mostró la menor pérdida de electrolitos y producción de peróxido de hidrógeno respecto al grupo control (agua destilada) por lo que su vida de florero se prolongó a 36 días, seguidos de las rosas tratadas con 25 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto y el grupo control, que presentaron una longevidad de 24 y 18 días respectivamente.

2.4.4 Emulsionante de aceites esenciales en agua

Los preservantes florales a base de aceites esenciales, son diluidos en agua destilada mediante la adición de diferentes emulsionantes. Manfredini *et al.*, (2017) utilizaron Tween 20 (0.01 %), mientras que Nipaporn y Montinee (2019) usaron alquil de sodio bencenosulfonato (4:1). Granados *et al.*, (2015) reportaron que el aceite esencial de eucalipto es soluble en etanol, el cual es utilizado como ingrediente para los preservantes florales, ya que inhibe la síntesis de etileno y reduce la sensibilidad a esta fitohormona (Wu *et al.*, 1991).

Bayat *et al.*, (2011) utilizaron etanol al 4 % en tratamientos con aceites esenciales (100 mgL⁻¹, 150 mgL⁻¹ y 200 mgL⁻¹) en *Dianthus caryophyllus*, prolongando la vida de florero respecto al control. Farokhzad *et al.*, (2005) combinaron sacarosa al 2.5 % con tres concentraciones de etanol (2 %, 4 % y 6%), obteniendo como resultado que la concentración al 2% de etanol aumentó la vida de florero al compararlo con el grupo control, con una diferencia de cinco días, pero la concentración al 6% fue

la que disminuyó con significancia estadística la producción de etileno respecto al control.

2.5 Pregunta de investigación

El aceite esencial *Eucalyptus globulus* (AEE), ha sido utilizado para prolongar la longevidad floral de la rosa. Manfredini *et al.*, (2017) utilizaron $10\ 000\ \text{mgL}^{-1}$ del aceite esencial de *Eucalyptus citriodora*, para prolongar la vida de florero de un tallo floral (Rosa 'Avalanche'), mientras que Nipaporn y Montinee (2019), utilizaron $12.5\ \text{mgL}^{-1}$ y $25\ \text{mgL}^{-1}$ del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* para prolongar la vida de florero de una hoja de corte (*Philodendron*), y en ambos casos, ambas concentraciones favorecieron la longevidad del objeto de estudio. Como se puede observar, las concentraciones citadas anteriormente son contrastantes, por lo que en el presente trabajo se realizaron experimentos con diferentes concentraciones de aceite esencial, en combinación de compuestos biodegradables como el etanol y la sacarosa.

Con base en los antecedentes expuestos, la pregunta de investigación fue: ¿El aceite esencial de *Eucalyptus globulus* en combinación con etanol y sacarosa puede prolongar la vida de florero de *Rosa hybrida* 'Vendela'?

3. HIPÓTESIS

- Si la sacarosa funciona como sustrato energético pero de igual modo como reservorio para la propagación de bacterias, entonces las rosas que sólo contengan sacarosa obtendrá la mayor cantidad de unidades formadora de colonias (UFC) y con ello la posibilidad de obstrucción en los vasos del xilema medida como reducción en la tasa de absorción.
- Si la sacarosa es fuente nutritiva para el tallo floral y el etanol inhibe el crecimiento bacteriano, entonces su combinación aumentará la vida de florero.
- Si la combinación de sacarosa y etanol prolongan la vida de florero, entonces las rosas que sólo contengan etanol separado de sacarosa y viceversa, presentarán una menor longevidad floral.
- Si el aceite esencial de eucalipto funciona como biocida, entonces las rosas que lo contengan tendrán una menor cantidad de UFC y, con ello, mayor tasa de absorción.
- Si el aceite esencial de eucalipto funciona como antioxidante, entonces las rosas que lo contengan obtendrá mayor actividad antioxidante y mayor cantidad de fenoles totales.
- La mayor concentración del aceite esencial de *Eucalyptus globulus*, puede provocar toxicidad al tallo floral visibilizada en daños foliares y petalares.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (0 mgL⁻¹, 12.5 mgL⁻¹, 25 mgL⁻¹, 50 mgL⁻¹, 100 mgL⁻¹ y 200 mgL⁻¹), con etanol (2 % y 4 %) y sacarosa (2.5 %) como preservante de la vida de florero de *Rosa hybrida* 'Vendela'.

4.1 Objetivos particulares

Determinar

- la tasa de absorción de solución y el peso de las unidades florales de rosa 'Vendela' tratadas con aceite esencial de eucalipto, etanol y sacarosa durante su vida postcosecha
- efectos tóxicos sobre hojas y/o pétalos mediante una escala hedónica de los tallos florales tratados con aceite esencial de eucalipto
- las unidades formadoras de colonias asociadas a la presencia del aceite esencial, etanol y sacarosa así como las diferentes combinaciones de estas sustancias, en segmentos de tallo de 1 cm de longitud
- la concentración de clorofila y carotenoides en las hojas de los tallos florales de rosa 'Vendela' asociadas a la presencia del aceite esencial de eucalipto
- la actividad antioxidante y fenoles totales en los pétalos de los tallos florales de rosa 'Vendela' tratados con aceite esencial de eucalipto así como su correlación con la vida de florero

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Diseño experimental

En el presente trabajo se realizaron dos experimentos. Primero se probaron concentraciones mayores del aceite esencial de eucalipto 0 mgL^{-1} , 50 mgL^{-1} , 100 mgL^{-1} y 200 mgL^{-1} en compañía de etanol como emulsionante al 4 %. A partir de los resultados obtenidos se propuso reducir las concentraciones del aceite esencial de eucalipto (0 mgL^{-1} , 12.5 mgL^{-1} y 25 mgL^{-1}) y con ello la cantidad de etanol (2 %). En ambos ensayos experimentales, se utilizó como fuente energética sacarosa al 2.5 %.

En ambos experimentos se aplicó un diseño completamente al azar, donde se tomó como factor, agentes preservantes con cuatro niveles (aceite esencial de eucalipto, etanol, sacarosa y Crystal clear ®) y tres niveles en el segundo experimento (aceite esencial de eucalipto con etanol, sacarosa y Crystal clear ®). La unidad experimental (UE) consistió de una rosa cultivar Vendela de 50 cm, con tres hojas compuestas trifoliadas, en una probeta de 200 mL con 150 mL de solución. La distribución de las UE fue completamente al azar, con seis y catorce repeticiones para el primer y segundo experimento respectivamente.

En el primer y segundo experimento, los tratamientos se eligieron por medio de un criterio presencia-ausencia de elementos, consistente de realizar las combinaciones posibles con los factores implicados. Cabe mencionar que el arquetipo de tratamiento, debía tener una fuente biocida (aceite esencial de eucalipto), un emulsionante (etanol) y una fuente energética (sacarosa). En el primer ensayo experimental, los tratamientos estudiados fueron etanol, sacarosa y etanol + sacarosa, que conformaron 7 tratamientos indicados en el Cuadro 2, que compararon su efecto por separado vs un gradiente de concentración de aceite esencial de eucalipto.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos en el primer experimento.

Tratamientos del primer experimento	Descripción	Abreviatura del nombre del tratamiento
1	0 mgL ⁻¹ de aceite esencial de eucalipto + 4 % etanol + 2.5 % Sacarosa	0 mgL ⁻¹
2	50 mgL ⁻¹ de aceite esencial de eucalipto + 4 % etanol + 2.5 % Sacarosa	50 mgL ⁻¹
3	100 mgL ⁻¹ de aceite esencial de eucalipto + 4 % etanol + 2.5 % Sacarosa	100 mgL ⁻¹
4	200 mgL ⁻¹ de aceite esencial de eucalipto + 4 % etanol + 2.5 % Sacarosa	200 mgL ⁻¹
5	4 % Etanol	Etanol
6	2.5 % Sacarosa	Sacarosa
7	1 % Crystal clear®	Crystal clear®

A partir de los resultados obtenidos del primer experimento, se procedió a la realización de un segundo experimento (Cuadro 3) consistente de probar el efecto combinado de dos concentraciones de aceite esencial de eucalipto (12.5 mgL⁻¹ y 25 mgL⁻¹) en combinación con etanol (2 %) vs sacarosa (2.5 %) más un testigo, Crystal clear ®.

Cuadro 3. Distribución de los tratamientos en el segundo experimento.

Tratamientos del segundo experimento	Descripción	Abreviatura del nombre del tratamiento
1	0 mgL ⁻¹ de aceite esencial de eucalipto con 2 % etanol + 2.5 % Sacarosa	0 mgL ⁻¹ + S
2	12.5 mgL ⁻¹ de aceite esencial de eucalipto con 2 % etanol + 2.5 % Sacarosa	12.5 mgL ⁻¹ + S
3	25 mgL ⁻¹ de aceite esencial de eucalipto con 2 % etanol + 2.5 % Sacarosa	25 mgL ⁻¹ + S
4	12.5 mgL ⁻¹ de aceite esencial de eucalipto con 2 % etanol	12.5 mgL ⁻¹
5	25 mgL ⁻¹ de aceite esencial de eucalipto con 2 % etanol	25 mgL ⁻¹
6	1 % Crystal clear®	Crystal clear®

5.2 Obtención del material biológico

Para la creación de los tratamientos, el aceite esencial de *Eucalyptus globulus* puro (AEE) fue adquirido de la empresa SoriaNatural®. La sacarosa y el etanol 96 % fueron de grado reactivo.

Las rosas 'Vendela' fueron obtenidas los días 4 de marzo 2019 (primer experimento) y 19 de septiembre 2019 (segundo experimento), de los invernaderos de Flores de la Sierra Mágica de Puebla®, con un tiempo estimado de traslado a partir del corte, de cuatro horas a la Unidad de Morfología y Función de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. En ambos casos, los tallos florales fueron envueltos en papel Kraft y bolsa de plástico negra durante el transporte.

5.3 Cálculos para obtener la concentración de aceite esencial de eucalipto

Para obtener la densidad del aceite esencial de eucalipto, primero se obtuvo la masa de un mililitro del aceite esencial, con ayuda de una probeta de 10 mL y una balanza semi-analítica, posteriormente se despejó el volumen, para conocer a partir del cálculo de la densidad los mililitros de aceite esencial de eucalipto necesarios por tratamiento.

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}$$

$$Volumen = \frac{masa}{densidad}$$

5.4 Preparación de los tratamientos

Las rosas fueron homogenizadas a 50 cm de longitud con 3 hojas compuestas que inmersas en probetas de 250 mL de solución constituyó la unidad experimental (UE). Las UE fueron distribuidas al azar en sus respectivos tratamientos.

5.4.1 Primer experimento

Para aquellos donde se utilizó AEE (0 mgL⁻¹, 50 mgL⁻¹, 100 mgL⁻¹ y 250 mgL⁻¹), el aceite fue diluido en etanol (4 %), posteriormente la mezcla se disolvió en agua destilada (40 °C) y por último se les agregó sacarosa (2.5 %). Los tratamientos con sacarosa 2.5 % y etanol 4 % y el testigo (Crystal clear de Floralife ® 1 %), fueron disueltos en agua destilada (40 °C)

5.4.2 Segundo experimento

Cada tratamiento fue diluido en agua destilada a una temperatura de 40 °C, cabe mencionar que todos los tratamientos con AEE, se disolvieron primero en etanol al 2 %. De esta manera, en el tratamiento 1, se agregó etanol (2 %) seguido de sacarosa, en los tratamientos 2 y 3, se agregó etanol (2 %) y a continuación aceite de eucalipto (12.5 mgL⁻¹ y 25 mgL⁻¹ respectivamente) y sacarosa (2.5 %), mientras que en los tratamientos 4 y 5, las concentraciones de AEE (12.5 mgL⁻¹ y 25 mgL⁻¹) se disolvieron primero con etanol (2 %). Por último, en el tratamiento 6, Crystal clear de Floralife ® (1 %) se disolvió sólo con agua destilada.

5.5 Variables calculadas

5.5.1 Condiciones ambientales

En ambos ensayos experimentales, se monitorearon las condiciones ambientales a través de un datalogger HOBO®, para tener registro continuo de temperatura.

5.5.2 Variables Morfo-fisiológicas

Las variables morfológicas (longevidad floral, apertura floral, curvatura del tallo, y elasticidad de la corola) y fisiológicas (tasa de absorción) se evaluaron diariamente

en ambos ensayos experimentales. Mientras que el contenido relativo de agua, sólo se midió en el segundo ensayo experimental, al primer, cuarto y octavo día de experimentación. A continuación se describe el procedimiento seguido para la evaluación de cada variable.

5.5.2.1 Longevidad floral; se consideró muerto al tallo floral si, la tasa de absorción era < 0.1 o negativa, los pétalos se encontraban oxidados (pétalos amarillos) y/o la corona floral se encontraba flácida. Lo anterior podía ir acompañado o no que los tallos presentarán una curvatura $> 45^\circ$. Para considerar el efecto de un tratamiento terminado, el grupo tenía que tener la mitad más una, de unidades experimentales muertas. A continuación se muestra la escala hedónica de los estados que presentó *Rosa hybrida* 'Vendela' desde su apertura floral hasta su muerte; donde A, inicia la apertura floral; B, aumenta la apertura floral e inicia la hidratación en hojas; C, llega a su máxima apertura la corona floral y comienza la deshidratación en hojas; D, comienza la senescencia floral donde se presentan los primeros signos de flacidez en la corona y/o oxidación en los pétalos, esta última etapa puede ir acompañada de la inclinación del tallo o no (Figura 3).



Figura 3. Escala hedónica de la vida de florero y senescencia en rosa 'Vendela'.

5.5.2.2 Apertura floral; con un vernier digital se tomaron dos medidas de la corola floral, ambas medidas tenían que formar una cruz, para poder obtener un promedio en milímetros (Figura 4).

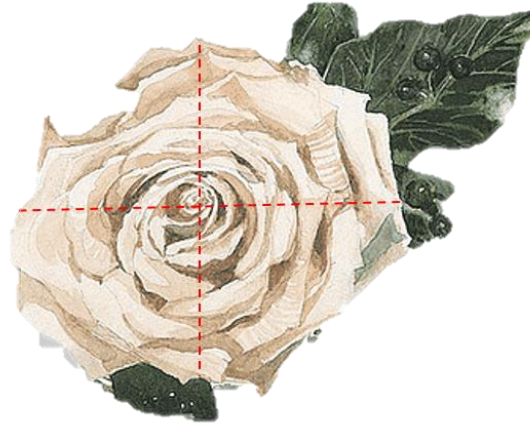


Figura 4. Medición de la apertura floral en rosa 'Vendela'

5.5.2.3 Curvatura del tallo; esta variable únicamente se tomó en cuenta el último día de vida de cada tratamiento, donde se observó si el tallo presentó una inclinación $>45^\circ$ o permaneció recto (Figura 5).



Figura 5. Esquema de inclinación del tallo en rosa 'Vendela'

5.5.2.4 Elasticidad de la corona floral; esta variable se evaluó con una escala arbitraria, donde se valoró la resistencia elástica de los pétalos al ser comprimidos

al centro, donde 4= 100% resistencia, 3= 75% de resistencia, 2= 50% de resistencia y 1= <50%, lo que correspondía a una corola flácida.

5.5.2.5 Tasa de absorción: en una balanza electrónica con una precisión de 0.01 gr, se obtuvo el peso de la solución de cada tratamiento, y utilizando el peso fresco inicial del tallo floral correspondiente, se calculó la tasa de absorción, con la siguiente fórmula (TAS).

$$TAS = \frac{(PSn - 1) - PSn}{Pit}$$

Dónde PSn-1, es el peso de la solución en el día previo, PSn, es el peso de la solución en el día 1,2,3,etc., y Pit, es el peso inicial del tallo floral. Los resultados fueron expresados en mL absorbidos por el peso del tallo floral por día (mLg⁻¹d⁻¹).

5.5.2.6 Contenido relativo de agua (CRA): Se obtuvieron 10 discos con un diámetro de 10 mm, de los pétalos más externos y de la primera y segunda hoja compuesta de cada unidad experimental, en cada tratamiento se obtuvieron tres replicas. Los discos fueron pesados en fresco, luego se hidrataron con agua destilada por 4 horas para obtener su peso turgente, por último se secaron en un horno por 12 h a una temperatura de 70 °C para volver a pesarlos. Esta prueba se realizó el primer, cuarto y octavo día de experimentación y se calculó, mediante la siguiente fórmula (Figura 6).

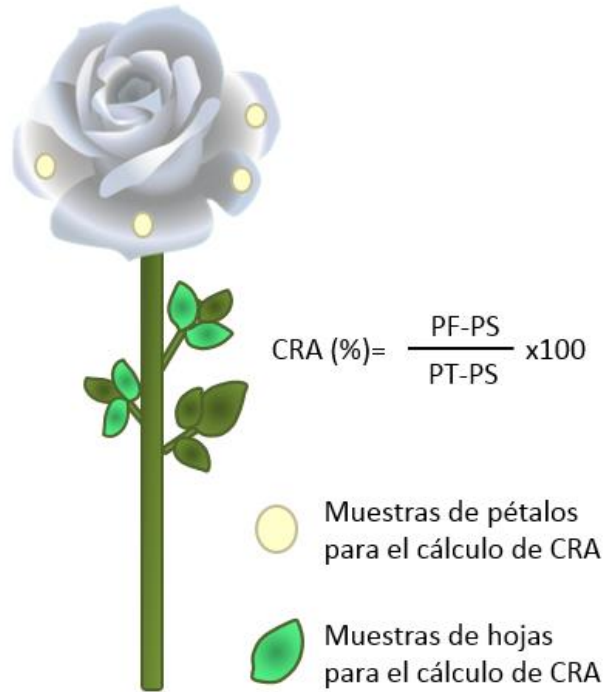


Figura 6. Esquema de la toma de muestras para el cálculo del contenido relativo de agua.

Dónde PF es el peso fresco, PS es el peso seco y PT es el peso turgente. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

5.5.3 Variables Bioquímicas

La cuantificación de clorofila y carotenoides, fenoles totales y la determinación de la capacidad antioxidante, se realizaron por triplicado en el segundo ensayo experimental. A continuación se describe el procedimiento utilizado para cada variable.

5.5.3.1 Cuantificación de clorofila y carotenoides; Se realizó el primer y cuarto día de experimentación. Se utilizaron todas las hojas apicales de las tres hojas

compuestas, a partir de la muestra se pesó 1 g de tejido, se troceó y maceró con 5 mL de acetona al 80 % en frío, después los extractos se centrifugaron a 3500 rpm por 10 min, posteriormente se obtuvo el sobrenadante que fue aforado a 10 mL con acetona al 80 % (Arriaga *et al.*, 2018). La absorbancia fue leída a 470, 646 y 663 nm usando un espectrofotómetro rango visible VE-5000V (Figura 7). Los resultados fueron expresados en mg/g^{-1} (Hartmut y Wellburn, 1983).



Figura 7. Esquema para cuantificar clorofila y carotenoides.

5.5.3.2 Preparación de muestras para la cuantificación de fenoles totales y actividad antioxidante

Para la cuantificación de fenoles totales y la actividad antioxidante, se utilizó material vegetal congelado (que fueron los pétalos más externos de la corola floral). Primero se descongeló el material vegetal a temperatura ambiente, posteriormente se pesó 1 gramo y se realizaron cortes finos por tratamiento, que fueron colocados en 2 mL de etanol al 80 %. La preparación fue sonicada por 30 minutos, pasado el tiempo se dejó reposar 10 min, y se siguió la misma dinámica por triplicado. Por último, el sobrenadante fue aforado a 5 mL con etanol y congelado (4 °C). Dicha preparación fue utilizada para ambas pruebas.

5.5.3.2.1 Cuantificación de fenoles totales; De la preparación, se tomó una alícuota de 25 μL que fue aforada a 4 mL con agua desionizada, posteriormente se

le agregó 250 μL de la solución Folin- Ciocalteu, y en menos de 8 minutos, se le agregó 750 μL de carbonato de sodio al 20 %, después se agitó y se dejó reposar por 2 horas en oscuridad, por último se hizo la lectura en el espectrofotómetro rango visible VE-5000V a 760 nm y se utilizó como blanco, agua desionizada. Para conocer la concentración de fenoles totales, se realizó una curva patrón con 0, 2.5, 5, 10, 20, 40 μg de ácido tánico (Figura 8). Los resultados se reportaron en mg de ácido tánico g^{-1} de peso fresco.

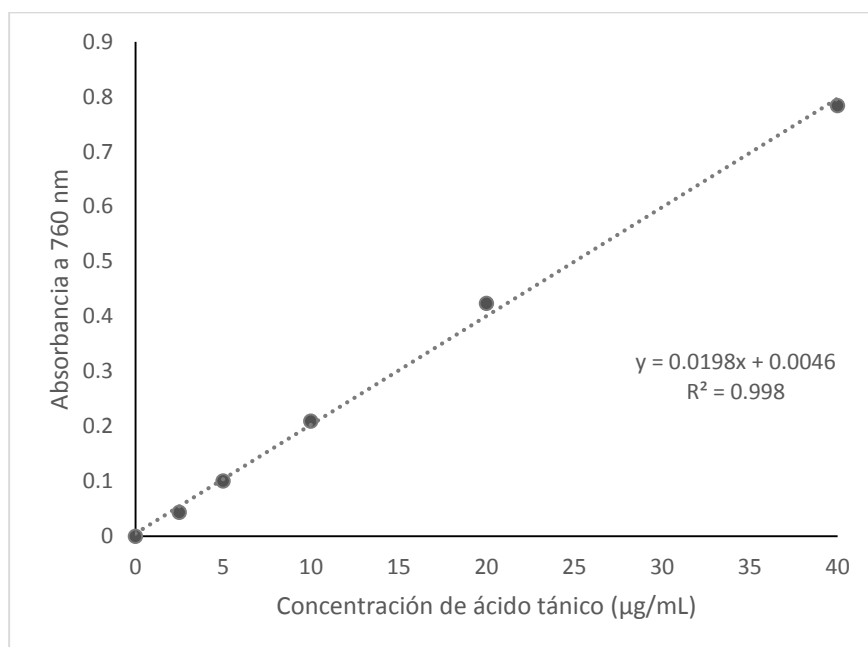


Figura 8. Curva patrón de ácido tánico para la cuantificación de fenoles totales.

5.5.3.2.2 Determinación de actividad antioxidante con ABTS. De la preparación se tomó una alícuota de 10 μL y se aforó a 4 mL con ABTS, y se dejó reposar por 2 horas, posteriormente se midió la absorbancia a 734 nm (espectrofotómetro rango visible VE-5000V).

A continuación se describe la preparación de la solución del ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) también conocido como ABTS: Primero se elaboró la solución reguladora de acetatos, en un vaso precipitado se tomaron 40

mL de acetato de sodio (27.216 gramos de Acetato de Sodio tri-hidratado en 1 L de agua destilada), al cual se le fue agregando gradualmente ácido acético (12.001 mL del ácido y aforar a 1 L de agua destilada), hasta obtener un pH de 4.5, posteriormente se aforó a 100 mL.

En un frasco ámbar (solución A), se depositaron 10 mL de la solución reguladora de acetatos, donde se disolvieron 0.0960 gramos de ABTS. Posteriormente en otro frasco (solución B), se depositaron otros 10 mL de solución reguladora de acetatos, donde se disolvieron 0.0166 gramos de Persulfato de Potasio. Después en un matraz aforado de 25 mL ámbar, se depositaron ambas soluciones preparadas (solución A y B), y se aforó con solución reguladora de acetatos, finalmente se dejó reposar la solución de ABTS por 24 horas en oscuridad. Una vez pasado el tiempo, se diluyó 1 mL de la solución de ABTS en 90 mL de la solución amortiguadora de acetatos, para obtener a 734 nm una absorbancia de 0.700 ± 1 . Para conocer la actividad antioxidante, se realizó una curva patrón con 0, 5, 15, 25, 35, 45 y 50 μg de ácido ascórbico (Figura 9).

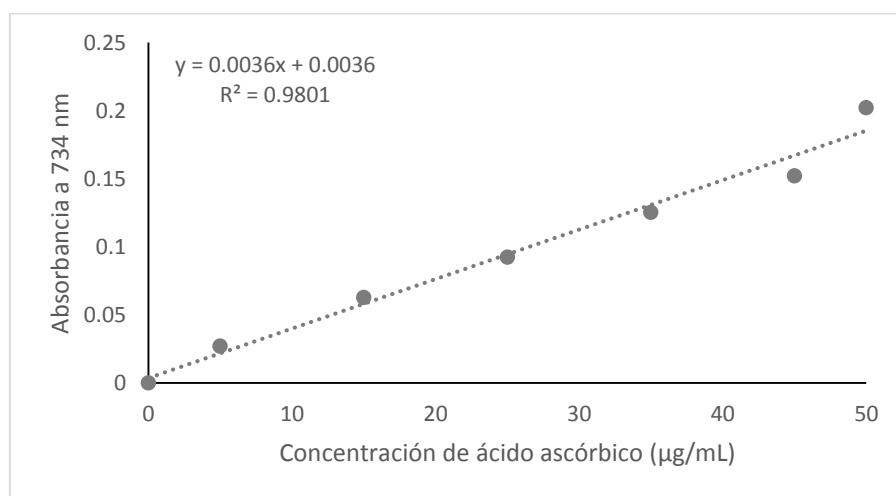


Figura 9. Curva patrón de ácido ascórbico para la determinación de la actividad antioxidante.

5.5.4 Determinación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

5.5.4.1 Preparación del medio de cultivo

Se utilizó agar cuenta estándar a una concentración de 23.5 g por litro de agua destilada, se disolvió y esterilizó en autoclave a 121 °C a una presión de 15 libras por 15 minutos, después de servirlo en cajas Petri, transcurridas 24 horas se realizó la siembra de bacterias.

5.5.4.2 Siembra de bacterias

Por cada tratamiento, se utilizaron tres unidades experimentales y de cada una, se realizó duplicado. Primero se hizo un corte de 10 cm del tallo en la parte basal, el cual se desechó (A), posteriormente, arriba del corte anterior, se cortó 1 cm del tallo (B), este fue utilizado para obtener las UFC (Figura 10).

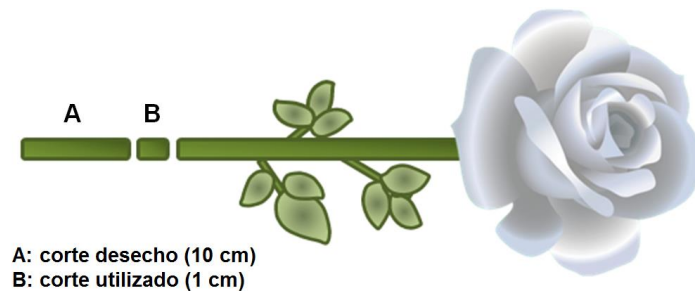


Figura 10. Toma de muestra para contabilizar UFC

La siguiente metodología fue empleada en presencia de un campo estéril. Se sumergió el corte B en solución salina para eliminar el polvo, después se le quitó la epidermis, se pesó y se realizaron cortes transversales de 1 a 2 mm. Dichos cortes se colocaron en un tubo de ensayo, que previamente contenía 5 mL de solución salina, y se dejó 10 min en un vortex thermoline®, dónde por 5 minutos se mantuvieron en modo completo y cinco minutos en modo de toque. Cabe mencionar que se hicieron de tres a cinco diluciones por tratamiento, dependiendo el caso, dónde cada tubo de ensayo contenía 4.5 mL de solución salina.

Las diluciones se hicieron de la siguiente manera, del primer tubo (dónde se encontraban los cortes transversales), con una micropipeta se tomó una alícuota de 500 μL , que fueron introducidas en el siguiente tubo de ensayo, después se agitó la solución en el vortex y de este mismo tubo se tomó una alícuota de 500 μL , que fue introducida en el siguiente tubo de ensayo, y así sucesivamente hasta terminar con las diluciones correspondientes. En el último tubo de ensayo con la alícuota ya introducida, se desecharon 500 μL de la solución mezclada, después se tomaron 50 μL que fueron colocados dentro del medio de cultivo y con ayuda de una varilla en forma de L, se distribuyó sobre el agar; por último las cajas fueron colocadas en un horno a una temperatura de 38 $^{\circ}\text{C}$ y después de 24 horas, de forma manual se contaron las UFC (Figura 11).

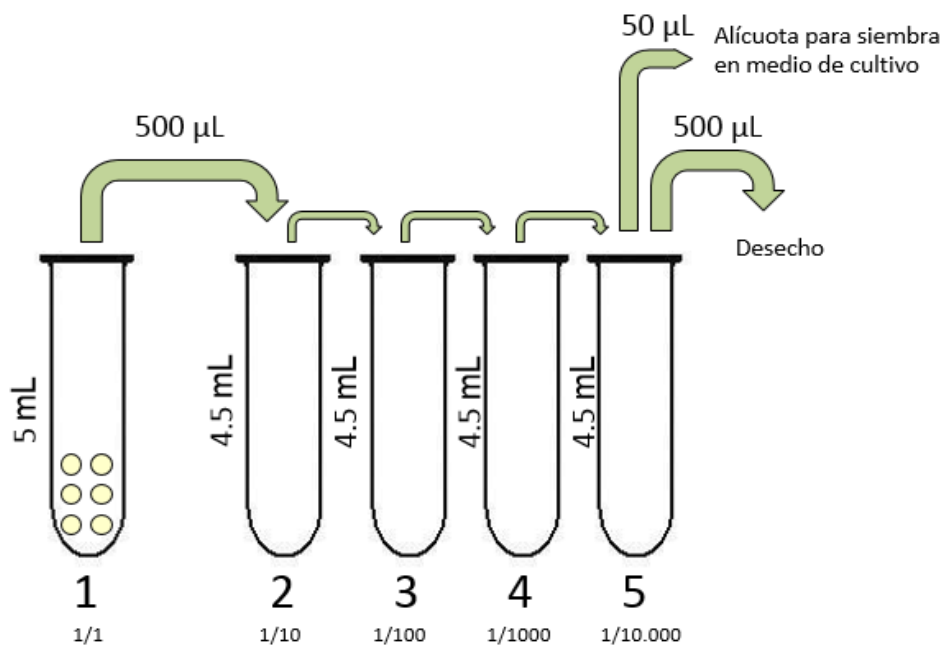


Figura 11. Diagrama sobre las diluciones para la obtención de las UFC.

5.6 Análisis estadístico

Los datos paramétricos; como apertura floral, tasa de absorción, contenido relativo de agua, determinación de actividad antioxidante, cuantificación de clorofila, carotenoides, fenoles totales y unidades formadoras de colonias; fueron analizados mediante un análisis de varianza factorial, con cuatro y tres niveles de factor para el primer y segundo experimento respectivamente, con prueba de comparación de medias LSD ($\alpha \leq 0.05$) mediante el programa SAS v 9.0 ®. Mientras que los datos no paramétricos de la variable elasticidad de la corola floral, fueron analizados por medio de la prueba Kruskal-Wallis ($\alpha \leq 0.05$).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 PRIMER EXPERIMENTO

6.1.1 Condiciones ambientales

La temperatura ambiente dentro del laboratorio donde se desarrolló el experimento durante los días 4 al 15 de marzo 2019 fue de $23^{\circ}\text{C} \pm 0.3$ (Figura 12). Mosqueda-Lazcares *et al.*, (2011) mencionan que la temperatura con la que fueron cultivadas las rosas tiene influencia sobre la vida de florero, debido a que una mayor luminosidad y tasa fotosintética permite mayor reserva de carbohidratos y con ellos mayor longevidad floral, cabe mencionar que las rosas tratadas en marzo vivieron más que las rosas tratadas en septiembre, pero es necesario aclarar que no se tiene la temperatura con la que fueron cultivadas las rosas, únicamente se tiene la temperatura del laboratorio.

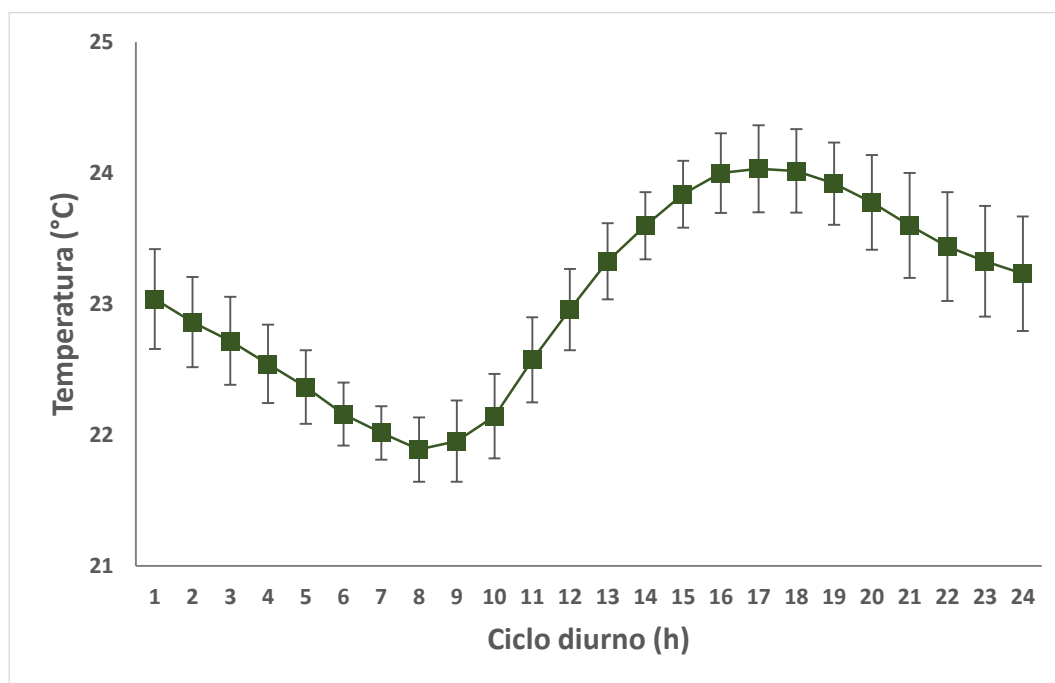


Figura 12. Temperatura del ambiente del laboratorio en el primer experimento. Cada valor es el promedio de la temperatura de seis días diferentes \pm error estándar.

6.1.2 Longevidad floral

La vida de florero en las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto 0 mgL⁻¹, 50 mgL⁻¹, 100 mgL⁻¹ y 200 mgL⁻¹ prolongaron su vida en un 54 %, respecto a los grupos Etanol y Sacarosa, y en un 9.1 % con relación al testigo, que corresponde al tratamiento con Crystal clear ® con diferencias estadísticas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Último día de vida de las rosas ‘Vendela’ ± error estándar de los diferentes tratamientos con sus características morfo fisiológicas evaluadas para la variable longevidad, del primer experimento. Las letras distintas en cada tratamiento indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$).

Tratamiento	Longevidad (días)	Corona floral (flácida, no flácida)	Pétalos oxidados (sí, no)	Inclinación del tallo (sí, no)
0 mgL ⁻¹	11 ± 0 a	No flácida	No	No
50 mgL ⁻¹	11 ± 0 a	No flácida	Sí	No
100 mgL ⁻¹	11 ± 0 a	No flácida	Sí	No
200 mgL ⁻¹	11 ± 0 a	No flácida	Sí	No
Etanol	5 ± 0.21 c	No flácida	No	No
Sacarosa	5 ± 0 d	Flácida	No	Sí
Crystal clear®	10 ± 0.16 b	Flácida	No	No

Para prolongar la vida de los tallos florales se utilizan preservantes que deben contener compuestos que impidan la proliferación de microorganismos, así como aportar una fuente nutritiva que satisfaga las necesidades metabólicas de la flor (De La Riva, 2011). De esta manera, las rosas tratadas con un desinfectante y una fuente energética en la misma solución (tratamientos 0 mgL⁻¹, 50 mgL⁻¹, 100 mgL⁻¹, 200 mgL⁻¹ y Crystal clear ®) obtuvieron una mayor longevidad que en aquellas rosas tratadas únicamente con el desinfectante (etanol) o la fuente energética (sacarosa) por separado (Cuadro 6).

Los tratamientos que contenían aceite esencial de eucalipto (50 mgL⁻¹, 100 mgL⁻¹ y 200 mgL⁻¹) presentaron clorosis en las hojas y oxidación en los pétalos en el octavo

y onceavo día respectivamente; mientras que el tratamiento con 0 mgL⁻¹ sólo presentó clorosis hasta el noveno día, sin oxidación en los pétalos; sin embargo el testigo, no mostró en ningún día de vida clorosis ni oxidación. Cabe mencionar que no existió un patrón en la despigmentación (la clorosis fue tanto sobre las nervaduras secundarias como sobre el limbo foliar), mientras que la oxidación ocurrió en los pétalos más externos, afectando principalmente su contorno (Figura 13).

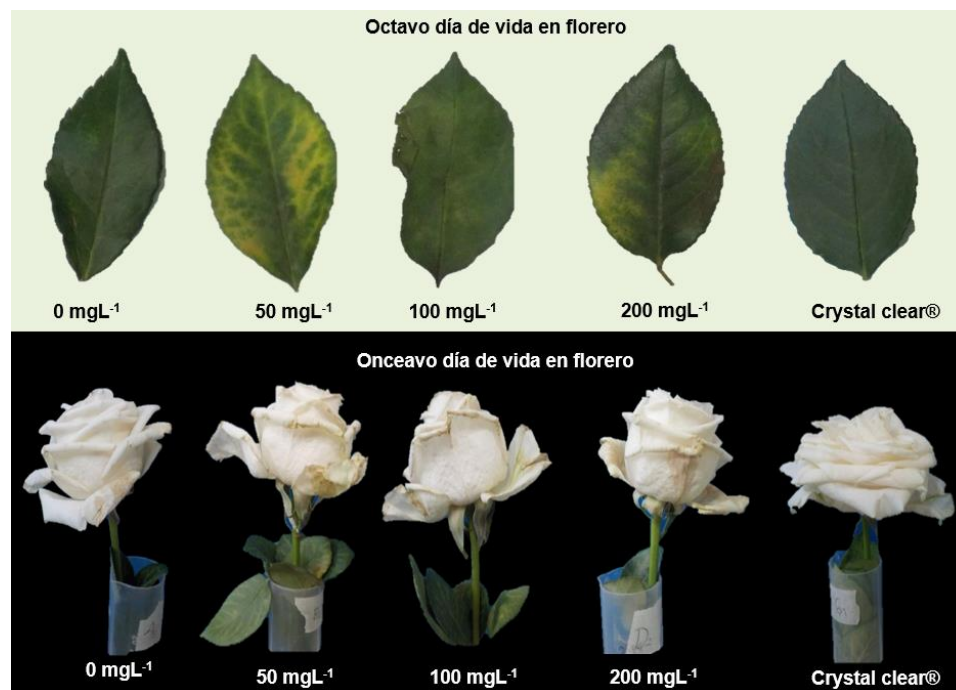


Figura 13. Clorosis en hojas y oxidación en los pétalos del octavo y onceavo día respectivamente en rosas 'Vendela' del primer experimento.

Los aceites esenciales del género *Eucalyptus* son ricos en monoterpenos, en la especie *Eucalyptus globulus* el principal es 1,8- cineol, que puede presentarse desde 17.2 hasta 90 %, esto depende del método de extracción, las condiciones del material biológico y la región geográfica (Almeida *et al.*, 2016). De acuerdo a Grichi *et al.*, (2016), en la especie *Eucalyptus cinerea* el principal terpeno es 1,8-cineol (48.3 %), reportaron que el aceite presentó toxicidad contra las malezas *Sinapis arvensis*, *Erica vesicaria*, *Scorpiurus muricatus*, *Triticum durum*, *Vicia faba* y *Phaseolus vulgaris*, al ser rociadas con el aceite esencial de de *E. cinerea* en diferentes concentraciones 25 µl / mL, 50 µl / mL, 75 µl / mL y 100 µl / mL se inhibió

el crecimiento de las plántulas, afectó el contenido de clorofila y la fotosíntesis neta. Abraham *et al.*, (2000) informaron que los monoterpenos debido a su alta lipofilia interrumpen la fosforilación oxidativa, suprimiendo la respiración y por lo tanto el aporte energético.

6.1.3 Tasa de absorción (TAS)

Se puede observar que las rosas tratadas con Crystal clear®, durante los primeros cinco días obtuvieron la mayor TAS con diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos. Mientras que las rosas tratadas con etanol y sacarosa, a partir del día tercero hasta el quinto, obtuvieron la menor tasa de absorción con diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$) respecto a todos los tratamientos, cabe mencionar que entre los dos grupos, las rosas tratadas con sacarosa obtuvieron la menor TAS. En los tratamientos con aceite esencial de eucalipto, las concentraciones 0 y 100 mgL⁻¹, no presentaron diferencias estadísticas respecto a los tratamientos con 50 mgL⁻¹ y 200 mgL⁻¹ que solo se manifestaron hasta el día seis, observándose una tendencia de a mayor concentración de aceite esencial de eucalipto, mayor tasa de absorción (Figura 14).

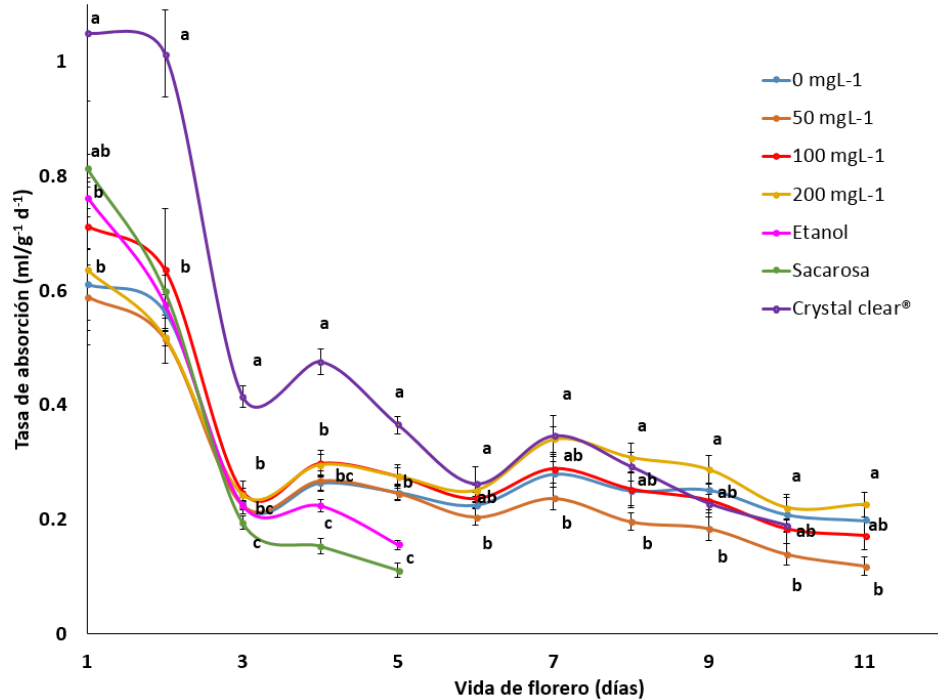


Figura 14. Tasa de absorción en rosas ‘Vendela’ del primer experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor representa el promedio de seis repeticiones \pm error estándar.

Algunos de los factores que reducen la absorción en los tallos florales son: la embolia aérea, el taponamiento bacteriano y el agua de mala calidad, por lo que es necesario que el preservante tenga una fuente biocida y un acidificante para aumentar el flujo hídrico (Reid, 2009). En este estudio, los tratamientos que no poseían una fuente biocida y un acidificante, obtuvieron la menor tasa de absorción después del tercer día (rosas tratadas con sacarosa y etanol) en comparación con los tratamientos que poseían estas características (0, 50, 100, 200 mgL⁻¹ y Crystal clear®). Estos resultados también se obtuvieron en otras especies, Salehi *et al.*, (2018) reportaron que la concentración de 200 mgL⁻¹ de los aceites esenciales de *Bunium persicum* y *Thymus vulgaris*, obtuvieron mayor absorción de la solución que las rosas tratadas con 100 mgL⁻¹ en *Rosa hybrida* ‘Bacara’

6.1.4 Unidades formadoras de colonias (UFC)

Durante el primer ensayo experimental, la cuantificación de UFC se realizó en el quinto día de vida de florero. El grupo Crystal clear® obtuvo la menor cantidad de UFC ($3 \times 10^4/g$), seguidamente del grupo 200 mgL^{-1} ($168 \times 10^4/g$), ambos grupos obtuvieron la mayor tasa de absorción, cabe mencionar que las rosas tratadas únicamente con sacarosa, obtuvieron la menor tasa de absorción y la mayor cantidad de UFC ($9658 \times 10^4/g$) mientras que el 0 mgL^{-1} presentó $1557 \times 10^4/g$ UFC. Por lo que existió una correlación de -0.92 , a mayor cantidad de UFC, menor tasa de absorción. Todos los tratamientos presentaron una solución ácida, con un pH promedio de 3, con excepción del grupo etanol, que obtuvo un pH promedio de 5 (Figura 15).

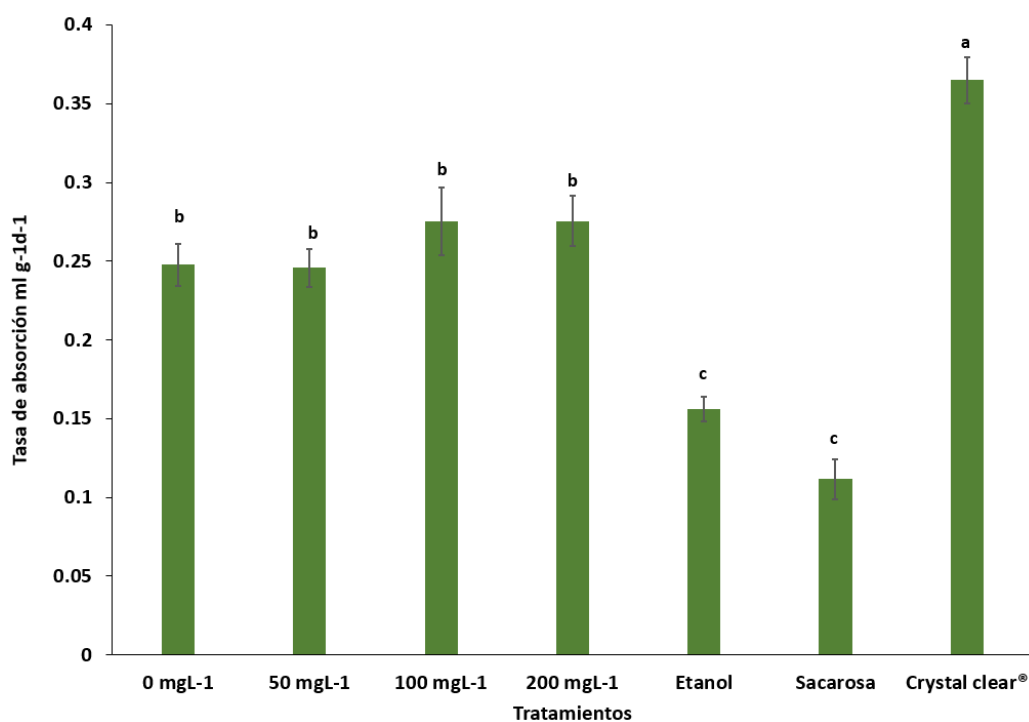


Figura 15. Tasa de absorción por tratamiento del quinto día del primer experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor representa el promedio de seis repeticiones \pm error estándar.

Cuanto más larga es la vida del tallo floral, mayor es el cambio de la microbiota en la solución de florero, de manera general en *Rosa hybrida* se han identificado bacterias gram positivas y gram negativas que impiden el flujo hídrico (Put, 1989). Pero se ha demostrado la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* frente a diferentes bacterias gram positivas y negativas, debido a su compuesto 1,8-cineol (Almeida *et al.*, 2016). Dicha actividad antimicrobiana, la observamos en las rosas que fueron tratadas con alguna concentración de aceite esencial de eucalipto obtuvieron menor UFC y por ende mayor tasa de absorción, de manera contraria a los grupos etanol y sacarosa.

6.1.5 Apertura floral

En la apertura de la corola, se puede observar que las rosas tratadas con Crystal clear ®, presentaron a partir del quinto día, una mayor apertura con diferencias estadísticas en comparación con los tratamientos de etanol y sacarosa, los cuales presentaron la menor apertura. En el caso de las rosas tratadas con AEE (0, 50, 100 y 200 mgL⁻¹), no existieron diferencias estadísticas entre ambas, pero se delineó la tendencia, a mayor concentración de aceite esencial de eucalipto (50, 100 y 200 mgL⁻¹), mayor apertura floral (Figura 16).

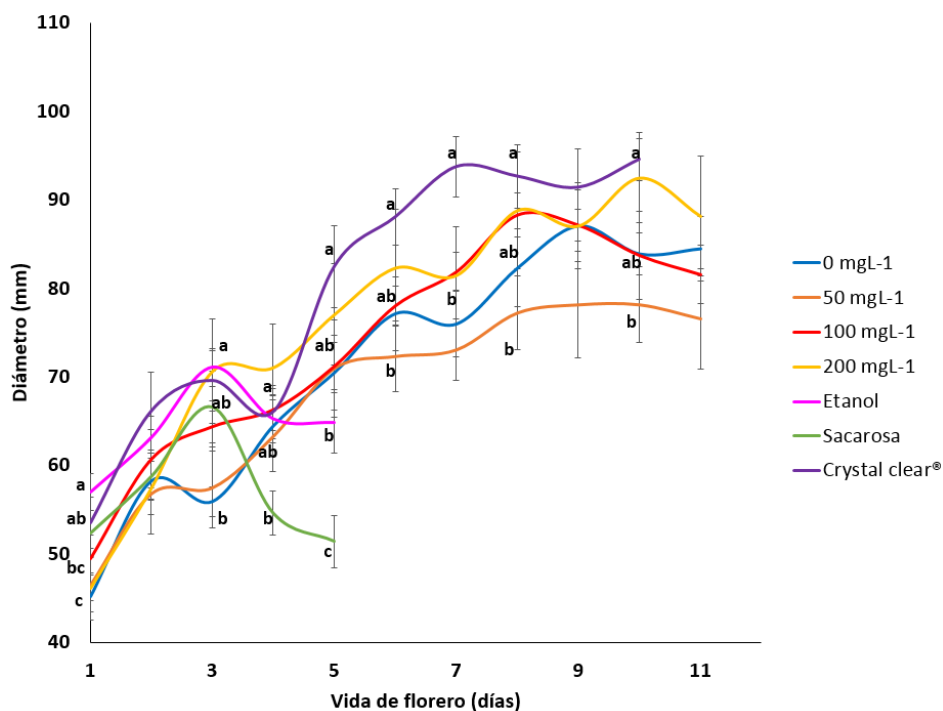


Figura 16. Apertura floral en rosa 'Vendela' del primer experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor representa el promedio de seis repeticiones \pm error estándar.

Al aumentar el flujo hídrico en los tallos florales, se permite un mejor desarrollo del capullo o flor abierta, por ende, los tratamientos que tuvieron mayor tasa de absorción, fueron los que presentaron mayor apertura floral, Bastos *et al.*, (2016) obtuvieron mayor apertura en las rosas 'Carola' tratadas con sacarosa al 1%, más ácido cítrico (0.2 g L^{-1}) más aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* (100 mgL^{-1}) o aceite esencial de *Zingiber officinale* (100 mgL^{-1}) que en aquellas rosas tratadas únicamente con sacarosa (1%) más ácido cítrico (0.2 g L^{-1}) o únicamente sacarosa (1%), sin diferencias estadísticas. En este ensayo sí existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos que tenía aceite esencial de eucalipto con las rosas tratadas únicamente con sacarosa al 2.5% (Figura 16).

6.1.6 Elasticidad de la corola floral

Para esta variable se puede observar que a partir del segundo día, las rosas tratadas con sacarosa obtuvieron la menor elasticidad, seguidas de las rosas tratadas con Crystal clear ® y etanol, dichos tratamientos obtuvieron diferencias estadísticas a partir del tercer, sexto y quinto día respectivamente en comparación con los grupos que poseían aceite esencial de eucalipto (Cuadro 5).

En los tratamientos con aceite esencial de eucalipto 0 mgL⁻¹, 50 mgL⁻¹, 100 mgL⁻¹ y 200 mgL⁻¹ no existieron diferencias estadísticas relevantes entre ellos, pero se marcó una tendencia entre la concentración 200 mgL⁻¹ y 50 mgL⁻¹, a menor concentración de aceite esencial de eucalipto menor elasticidad, en el caso de los tratamientos 0 mgL⁻¹ y 100 mgL⁻¹ no se presenta dicho patrón de comportamiento.

Cuadro 5. Elasticidad de las rosas ‘Vendela’ del primer experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas por la prueba Kruskal-Wallis. Cada valor representa el promedio de seis repeticiones.

Tratamiento	Vida de florero (día)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 mgL ⁻¹	19.5 abc	20	22 ab	21.25 ab	25.25 ab	17.25 a	10.75 bc	15.5 b	17 a	17.5 ab	13.5 ab
50 mgL ⁻¹	19.5 abc	20	22 ab	21.25 ab	28 ab	15 a	17 ab	15.5 b	17 a	13.33 bc	7.91 b
100 mgL ⁻¹	23 ab	27	29 a	31 a	30.75 a	17.25 a	22.5 a	21.75 a	16.75 a	17.25 ab	13.41 ab
200 mgL ⁻¹	26.5 a	23.5	29 a	24.5 ab	28 ab	19.5 a	20.6 a	19.66 ab	21 a	23 a	15.16 a
Etanol	26.5 a	23.5	22 ab	27.75 ab	15 c						
Sacarosa	19.5 abc	16.5	11.5 c	6.75 c	7 c						
Crystal clear®	16 c	20	15 bc	18 b	16.5 bc	8.5 b	6.5 c	5.08 c	5.75 b	6.41 d	

Estos resultados fueron similares a los reportados por Bastos *et al.*, (2016) donde las rosas ‘Carola’ tratadas con sacarosa (1%), más ácido cítrico (0.2 g L⁻¹) y aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* (100 mgL⁻¹) o aceite esencial de *Zingiber officinale* (100 mgL⁻¹) obtuvieron mayor turgencia en los pétalos a través de una

escala arbitraria (grados de 4 a 1, donde 4 = turgente; 3 = ligeramente marchito; 2 = marchito y 1 = completamente marchito), que en aquellas rosas tratadas únicamente con sacarosa (1%) más ácido cítrico (0.2 g L^{-1}) o únicamente sacarosa (1%), pero sin existir diferencias estadísticas entre ambos tratamientos, los autores comentan que los tratamientos con aceites esenciales obtuvieron mejor resultado para la turgencia y el oscurecimiento de los pétalos en *Rosa* 'Carola'

6.2 SEGUNDO EXPERIMENTO

6.2.1 Condiciones ambientales

La temperatura ambiente dentro del laboratorio donde se desarrolló la experimentación durante los días 19 al 29 de septiembre 2019 fue de $25.81^{\circ}\text{C} \pm 0.43$ (Figura 17). En comparación con la temperatura del primer ensayo experimental, el mes de septiembre fue más caluroso por 2.8°C . Lo que podría explicarnos por qué las rosas tratadas en septiembre obtuvieron menor longevidad floral. Se sabe que al aumentar la temperatura ambiente, se incrementa la tasa de respiración y con ello la senescencia en los tallos florales (Reid, 2009).

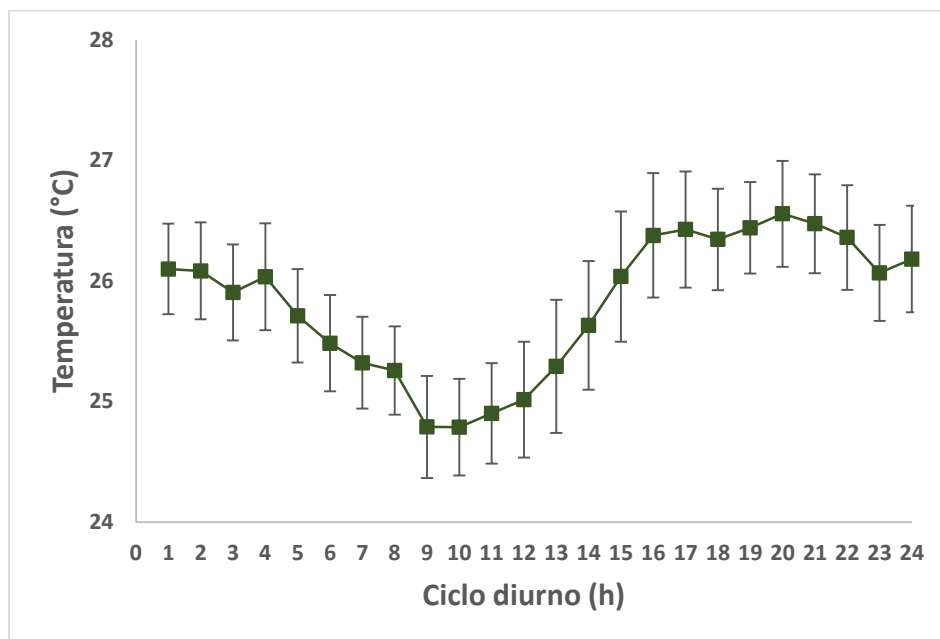


Figura 17. Temperatura del ambiente del laboratorio en el segundo experimento. Cada valor es el promedio de la temperatura de seis días diferentes \pm error estándar.

6.2.2 Longevidad floral

En los tres primeros días de vida de florero, las rosas de todos los tratamientos presentaron hojas hidratadas y corolas resistentes (Figura 18).

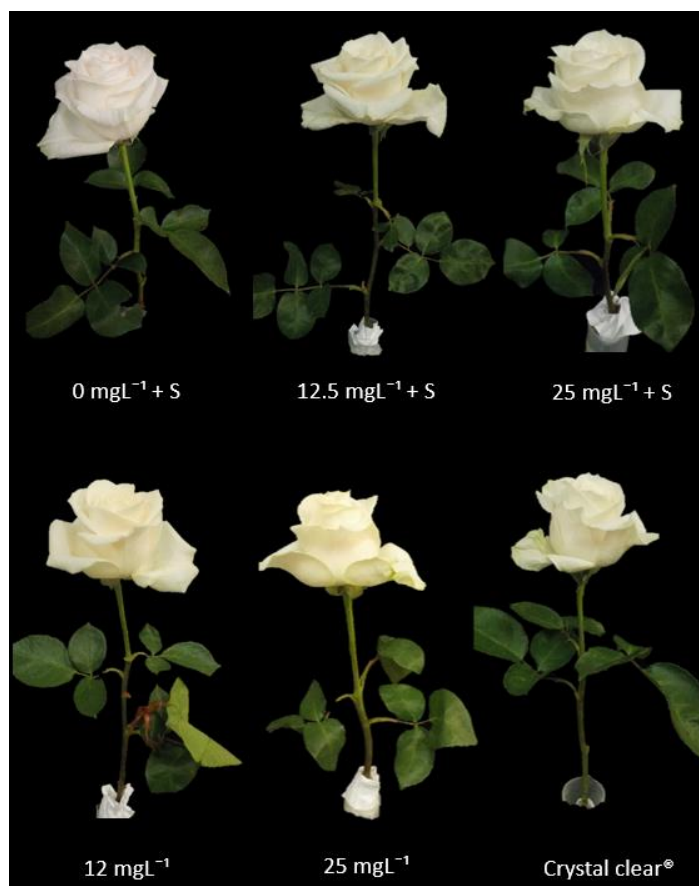


Figura 18. Fotografía de todos los tratamientos de rosas 'Vendela' en el tercer día de vida del segundo experimento. S; sacarosa.

A partir del séptimo día, las rosas de todos los tratamientos con excepción de las que se trataron con Crystal clear®, presentaron clorosis en las hojas compuestas, dicha despigmentación se observó entre las venas secundarias y algunas partes aisladas de la lámina foliar. Sólo en los tratamientos 12.5 mgL^{-1} y 25 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto, las hojas se encontraron secas (Figura 19).



Figura 19. Fotografía de todos los tratamientos de rosas 'Vendela' en su último día de vida del segundo experimento. S: sacarosa.

Cabe mencionar que las rosas tratadas con 25 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto, obtuvieron una longevidad de 8 días, mientras que las rosas tratadas con 12.5 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto o Crystal clear®, obtuvieron una longevidad de 9 días, sin embargo, las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto (0 mgL^{-1} , 12.5 mgL^{-1} y 25 mgL^{-1}) más sacarosa obtuvieron una longevidad de 10 días. Lo que corresponde a que estos tratamientos prolongaron su vida en un 10%, respecto a los tratamientos 12.5 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto y Crystal clear®; y en un 20% con relación el grupo 25 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto con diferencias estadísticas (Cuadro 6). Las rosas de todos los tratamientos en su último día de vida, presentaron una corola flácida y sin oxidación en los pétalos,

mientras que en todos los tratamientos con excepción de las rosas tratadas con Crystal clear®, presentaron inclinación en el tallo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Último día de vida de las rosas ‘Vendela’ ± error estándar de los diferentes tratamientos con sus características morfo fisiológicas evaluadas para la variable longevidad, del segundo experimento. Las letras distintas en cada tratamiento indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$).

Tratamiento	Longevidad (días)	Corona floral (flácida o no flácida)	Pétalos oxidados (sí, no)	Inclinación del tallo (sí, no)
0 mgL ⁻¹ + S	10 ± 0.18 a	Flácida	No	Sí
12.5 mgL ⁻¹ + S	10 ± 0.16 a	Flácida	No	Sí
25 mgL ⁻¹ + S	10 ± 0.18 a	Flácida	No	Sí
12.5 mgL ⁻¹	9 ± 0.12 b	Flácida	No	Sí
25 mgL ⁻¹	8 ± 0 c	Flácida	No	Sí
Crystal clear®	9 ± 0.25 b	Flácida	No	No

Se puede observar en la variable longevidad, la importancia que tuvo la fuente energética como componente para el preservante floral, ya que en los grupos donde estuvo presente se obtuvieron más días de vida que en aquellos grupos donde se excluyó. Un papel fundamental que tiene este azúcar es que reduce la síntesis del etileno que está relacionado con el envejecimiento, en rosa, se debe utilizar en una concentración de 1.5 a 4% (Arriaga y De la Cruz, 2008) como se utilizó en este experimento.

6.2.3 Tasa de absorción

Se puede observar que en todos los tratamientos, se obtuvieron dos crestas en la tasa de absorción, y en cada cresta, las rosas tratadas con Crystal clear® obtuvieron la mayor cantidad de mililitros absorbidos con diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos.

En la primera cresta se puede observar un patrón que presentó diferencias estadísticas; las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto (12.5 mgL⁻¹ y 25 mgL⁻¹) más sacarosa absorbieron mayor solución que las rosas tratadas únicamente

con aceite esencial de eucalipto, dicha tendencia se mantuvo hasta el último día de vida en cada tratamiento. En la segunda cresta, las rosas tratadas con 0 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto más sacarosa, presentaron una tasa de absorción mayor con diferencias estadísticas respecto a los tratamientos que únicamente poseían aceite esencial de eucalipto 12.5 mgL⁻¹ y 25 mgL⁻¹. Aquellos tallos florales que conservan por más tiempo la tasa de absorción tendrán mayor vida de florero (Figura 20).

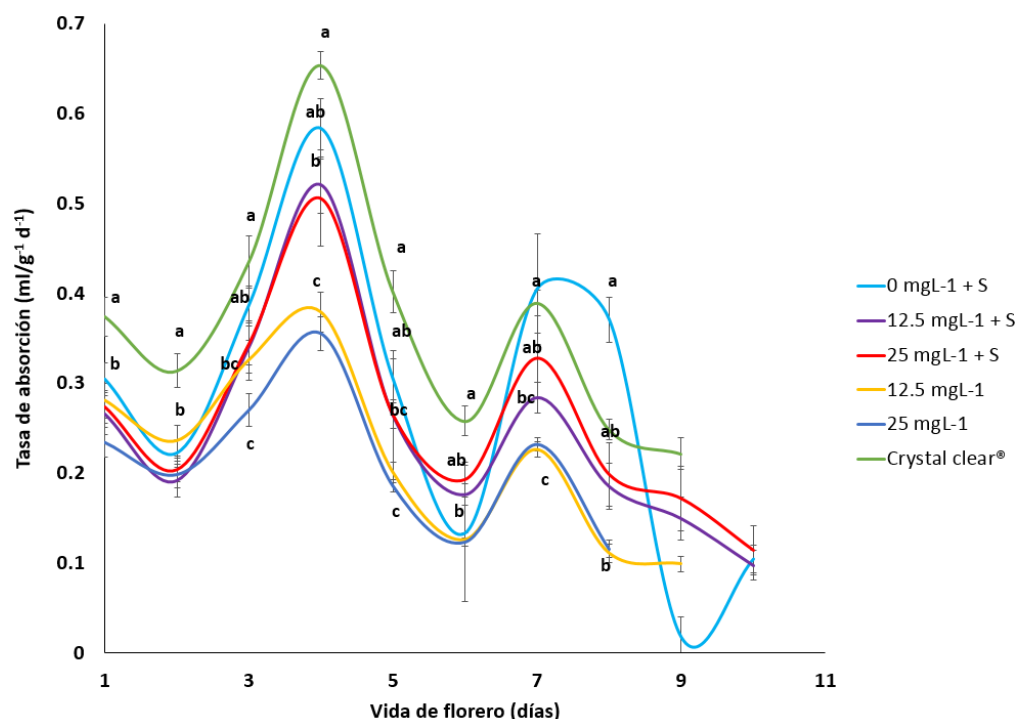


Figura 20. Tasa de absorción en rosas 'Vendela' del segundo experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor representa el promedio de catorce repeticiones \pm error estándar.

Para aumentar la longevidad de la flor, es necesario mantener un aporte hídrico, por lo que el preservante floral debe contener compuestos que impidan la proliferación de microorganismos que taponen los vasos conductores, así como aportar una fuente nutritiva que satisfaga las necesidades metabólicas (De La Riva, 2011). En este caso, los tratamientos que poseían únicamente aceite esencial de eucalipto sin sacarosa, tuvieron menor longevidad que los tratamientos que sí poseían sacarosa,

que se sabe, contribuye a mantener un balance hídrico en la flor cortada, al provocar el cierre de estomas en las hojas y retener el agua y solutos por las células, manteniendo la integridad de la membrana a través de procesos dependientes del metabolismo energético (De Stigter, 1981).

La razón de que existan dos crestas en la absorción de todos los tratamientos, es porque se cortaron los tallos en diferentes momentos de la experimentación, al comenzar el experimento se homogenizaron los tallos florales a 50 cm, mientras que en el tercer y séptimo día se cortaron para limpiar la base del tallo de bacterias y con ello aumentar el flujo hídrico.

6.2.4 Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

En el segundo ensayo experimental, la cuantificación de unidades formadoras de colonias, se llevó a cabo el séptimo día de experimentación. Las UFC obtenidas de los tallos florales y la tasa de absorción del séptimo día, obtuvieron un coeficiente de correlación de -0.99, podemos observar que los tratamientos que contengan mayor cantidad de UFC obtendrán menor tasa de absorción (Figura 21). Las rosas tratadas con 0 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto más sacarosa y las rosas tratadas con crystal clear®, obtuvieron la menor cantidad de UFC, seguidas del grupo de rosas tratadas con 25 mgL^{-1} de AEE más sacarosa, mientras que las rosas tratadas únicamente con aceite esencial de eucalipto sin sacarosa, obtuvieron la mayor cantidad de UFC (Figura 22).

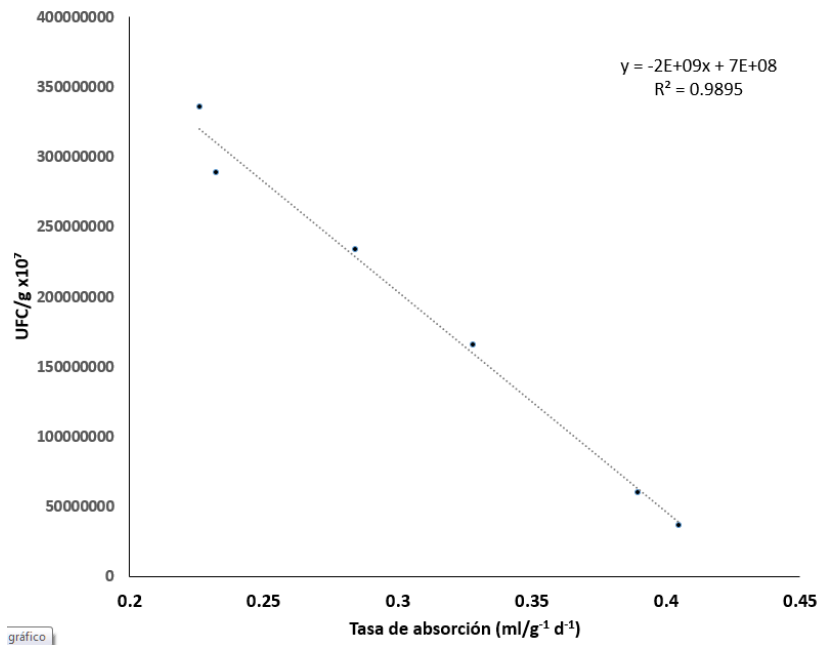


Figura 21. Gráfico de correlación entre la tasa de absorción y las UFC del séptimo día de experimentación del segundo experimento.

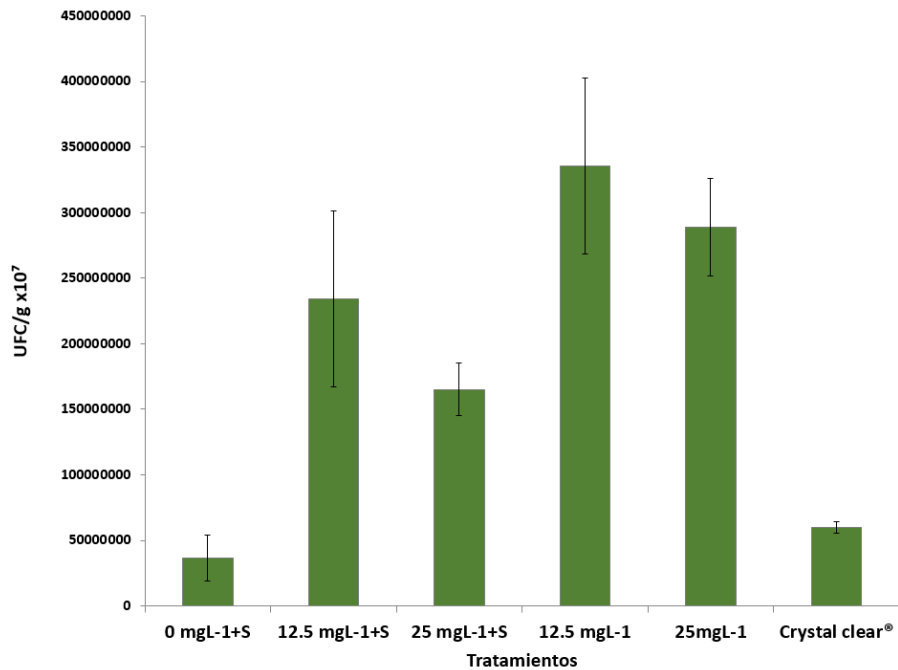


Figura 22. UFC/g x10⁷ en los diferentes tratamientos del séptimo día de experimentación del segundo experimento. Cada valor representa el promedio de tres repeticiones ± error estándar.

Se considera que una concentración 1×10^7 UFC/mL es la cantidad necesaria para la obstrucción del flujo hídrico en el tallo floral por microorganismos lo que llevaría a la senescencia floral (De Witte y Van Doorn, 1988). Como se puede observar en el gráfico anterior (Figura 22), las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto sin sacarosa presentaron mayor cantidad de UFC, lo que se relaciona con los grupos que primero murieron. A diferencia de lo que pasó con el testigo (Crystal clear ®), con el cual se obtuvo la menor cantidad de UFC, igual que el grupo $0 \text{ mgL}^{-1} + \text{S}$, este último compuesto debería promover el incremento de UFC y no se observó en este experimento; sin embargo las rosas tratadas con Crystal clear ® murieron en el día noveno, mientras que las rosas tratadas con $0 \text{ mgL}^{-1} + \text{S}$ murieron en el día decimo.

6.2.5 Apertura floral

De acuerdo a la apertura de la corola, se presentaron diferencias estadísticas a partir del segundo día de vida, del cual, las rosas tratadas con Crystal clear ® obtuvieron el menor tamaño. A partir del cuarto hasta el décimo día de vida, las rosas tratadas con el preservante comercial, presentaron la mayor apertura floral con diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos. Del cuarto hasta el sexto día de vida, las rosas tratadas únicamente con aceite esencial de eucalipto (12.5 mgL^{-1} y 25 mgL^{-1}) y las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto (0 , 12.5 y 25 mgL^{-1}) más sacarosa, no presentaron diferencias estadísticas entre ellas, hasta el séptimo y octavo día de vida, las rosas tratadas únicamente con AEE (12.5 y 25 mgL^{-1}) presentaron la menor apertura en sus corolas con diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos. Mientras que las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto (0 , 12.5 y 25 mgL^{-1}) más sacarosa no presentaron diferencias estadísticas entre ellas del séptimo al décimo día de vida. Cabe mencionar que existió una tendencia entre los tratamientos con aceite esencial de eucalipto, las concentraciones mayores independientemente si contenían sacarosa o no (25 mgL^{-1}

1) presentaron mayor apertura floral que los tratamientos con la menor concentración de AEE con y sin sacarosa respectivamente (Figura 23).

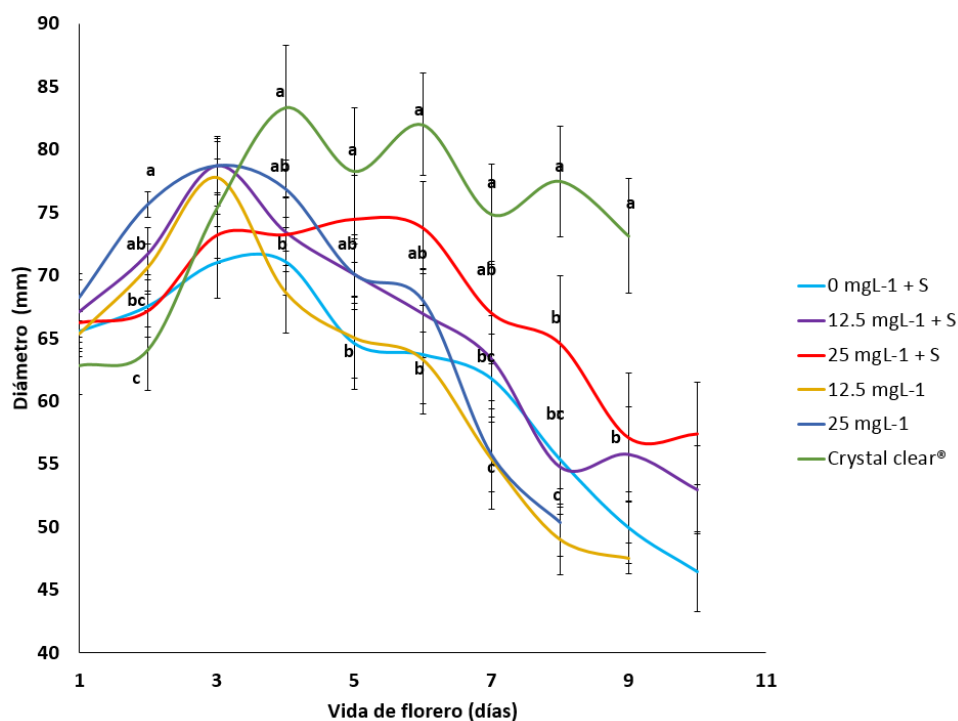


Figura 23. Apertura floral en rosas ‘Vendela’ del segundo experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor representa el promedio de catorce repeticiones.

La presencia del aceite esencial de eucalipto favoreció la apertura de las rosas, en las rosas tratadas con la concentración más alta (25 mgL^{-1}) se obtuvo mayor diámetro que en las rosas tratadas con 12.5 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto, esto se debe a que el AEE funciona como fuente antimicrobiana, lo que permite un mayor flujo hídrico (Almeida *et al.*, 2016).

6.2.6 Contenido Relativo de Agua (CRA)

6.2.6.1 Hoja

En el primer día de vida se obtuvo un CRA de 72.32 %; para el cuarto día de vida las rosas tratadas con Crystal clear ® presentaron el mayor porcentaje de contenido relativo de agua (50 %), mientras que las rosas tratadas con 0 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto más sacarosa presentaron el menor porcentaje de CRA (21.43 %), ambos grupos con diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos. Para el octavo día de vida, no existieron diferencias estadísticas entre las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto (0 mgL⁻¹, 12.5 mgL⁻¹ y 25 mgL⁻¹) más sacarosa y Crystal clear ®, sin embargo estos tratamientos superaron significativamente al porcentaje de CRA de las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto sin sacarosa (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje del contenido relativo de agua en hojas de las rosas ‘Vendela’ del segundo experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor representa el promedio de tres repeticiones.

Tratamiento	Día 4	Día 8
0 mgL⁻¹ + S	21.43 ± 1.58 c	35.03 ± 6.11 a
12.5 mgL⁻¹ + S	45.39 ± 2.41 ab	29.84 ± 4.74 a
25 mgL⁻¹ + S	36.45 ± 2.9 b	40.67 ± 3.3 a
12.5 mgL⁻¹	35.12 ± 2.98 b	9.37 ± 1.06 b
25 mgL⁻¹	37.76 ± 7.2 ab	8.93 ± 1.41 b
Crystal clear®	50.02 ± 3.18 a	28.41 ± 4.69 a

6.2.6.2 Pétalos

El primer día se obtuvo un CRA de 73.75 %; para el cuarto día de vida no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, pero las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto (0 mgL⁻¹ y 12.5 mgL⁻¹) más sacarosa obtuvieron el mayor

porcentaje de CRA de todos los tratamientos, lo que correspondió al 74.3 % y 73.13 % respectivamente. Para el octavo día de vida, no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, pero las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto (12.5 mgL⁻¹ y 25 mgL⁻¹) obtuvieron el menor porcentaje de CRA, lo que correspondió a 26.71 % y 21.97% respecto a los demás tratamientos (Cuadro 8)

Cuadro 8. Porcentaje del contenido relativo de agua en pétalos de las rosas ‘Vendela’ del segundo experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor representa el promedio de tres repeticiones.

Tratamiento	Día 4	Día 8
0 mgL⁻¹ + S	74.30 ± 2.04 a	39.45 ± 7.47 a
12.5 mgL⁻¹ + S	73.13 ± 5.28 a	33.72 ± 2.04 a
25 mgL⁻¹ + S	62.35 ± 7.1 a	42.69 ± 1.57 a
12.5 mgL⁻¹	60 ± 6.42 a	26.71 ± 3.94 a
25 mgL⁻¹	64.06 ± 2.96 a	21.97 ± 1.44 a
Crystal clear®	64.98 ± 6.4 a	35.61 ± 6.89 a

En las hojas y pétalos el contenido relativo de agua en todos los tratamientos se observó una disminución mientras avanzan los días de vida de florero, esto significa que van perdiendo peso fresco, (Aparecida *et al.*, 2020), esto puede ser ocasionado por la transpiración o la disminución en la absorción de agua que puede ser obstruida por microorganismos o factores determinados genéticamente. Algo notable es que, en el octavo día de vida, las rosas tratadas con alguna concentración de aceite esencial de eucalipto (0, 12.5 y 25 mgL⁻¹) más sacarosa obtuvieron mayor cantidad de CRA tanto en hojas como en pétalos, De Stigter (1981) menciona que la sacarosa contribuye a mantener un balance hídrico en la flor cortada, ya que provoca el cierre de estomas así como retención de agua y solutos por las células, manteniendo la integridad de la membrana a través de procesos dependientes del metabolismo energético. Cabe mencionar que, en todos los días, el contenido relativo de agua siempre fue mayor en los pétalos que en las hojas.

6.2.7 Clorofila total

En el primer día se obtuvo una concentración media de 5.9 mg/g de clorofila total. Mientras que en el día cuarto día las rosas tratadas con 25 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto más sacarosa obtuvieron la concentración de clorofila mayor 4.95 mg/g con diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos; mientras que las rosas tratadas únicamente con aceite esencial de eucalipto 25 mgL⁻¹, las rosas tratadas con 12.5 mgL⁻¹ de AEE más sacarosa y las rosas tratadas con Crystal clear ®, obtuvieron 4, 3.63 y 3.61 mg/g respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas; por otro lado, las rosas tratadas únicamente con 12.5 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto y 0 mgL⁻¹ de AEE más sacarosa obtuvieron la menor cantidad de clorofila total, 2.69 y 1.35 mg/g respectivamente con diferencias estadísticas entre los demás tratamientos. Se puede observar una tendencia, las rosas tratadas con concentraciones mayores de aceite esencial de eucalipto (25 mgL⁻¹) independientemente si contienen sacarosa o no, presentaron mayor cantidad de clorofila total que en aquellas que contienen 12.5 mgL⁻¹ de AEE (Figura 24).

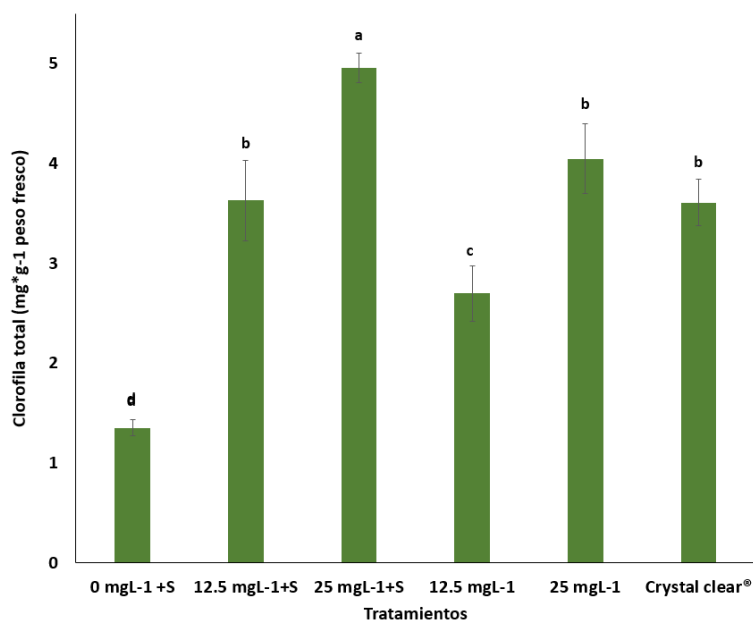


Figura 24. Clorofila total en las hojas de rosa ‘Vendela’ del cuarto día de vida del segundo experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor representa el promedio de tres repeticiones \pm error estándar.

Se puede observar que mientras fueron transcurriendo los días de vida, la concentración de clorofila fue disminuyendo en todos los tratamientos, se inició con concentración media de 5.9 mg/g (primer día) pero en las rosas tratadas con aceite esencial de eucalipto (12.5 mgL⁻¹ o 25 mgL⁻¹) con o sin sacarosa, se obtuvo mayor clorofila total, como en el trabajo de Nipaporn y Montinee (2019), que reportaron una mayor cantidad de clorofila en la hojas de *Philodendron* tratadas con aceite esencial de *Eucalyptus globulus*, el aceite esencial de eucalipto actúa como un antioxidante que ayuda en la degradación de los cloroplastos contra las especies reactivas de oxígeno. El tratamiento que obtuvo la mayor cantidad de clorofila total, contenía la concentración más alta de aceite esencial de eucalipto (25 mgL⁻¹) y la presencia de sacarosa (2.5%), estos resultados concuerdan con Naghshibnad y colaboradores (2017), quienes obtuvieron mayor cantidad de clorofila en las rosas tratadas con aceite esencial de *Saturja hortensis* (cualquier concentración) más sacarosa al 2% contra aquellos tratamientos que no contenían sacarosa, argumentaron que su preservante (aceite esencial de *S. hortensis* más sacarosa) mantuvo un flujo hídrico mayor en los tallos, que permitió un mejoramiento en los procesos fisiológicos y mantuvo la clorofila foliar durante la vida de florero.

6.2.8 Carotenoides

En el primer día se obtuvo una concentración media de 1.57 mg/g de carotenoides en las hojas; mientras que en el quinto día las rosas tratadas con 25 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto con o sin sacarosa obtuvieron los valores más altos que corresponden a 1.15 y 1.11 mg/g respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas, mientras que las rosas tratadas con 12.5 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto sin o con sacarosa y las rosas tratadas con Crystal clear®, obtuvieron 0.93, 0.88 y 0.84 mg/g respectivamente con diferencias estadísticas entre ellas, el grupo que presentó la menor cantidad de carotenoides fue 0 mgL⁻¹ más sacarosa con 0.37 mg/g (Figura 25).

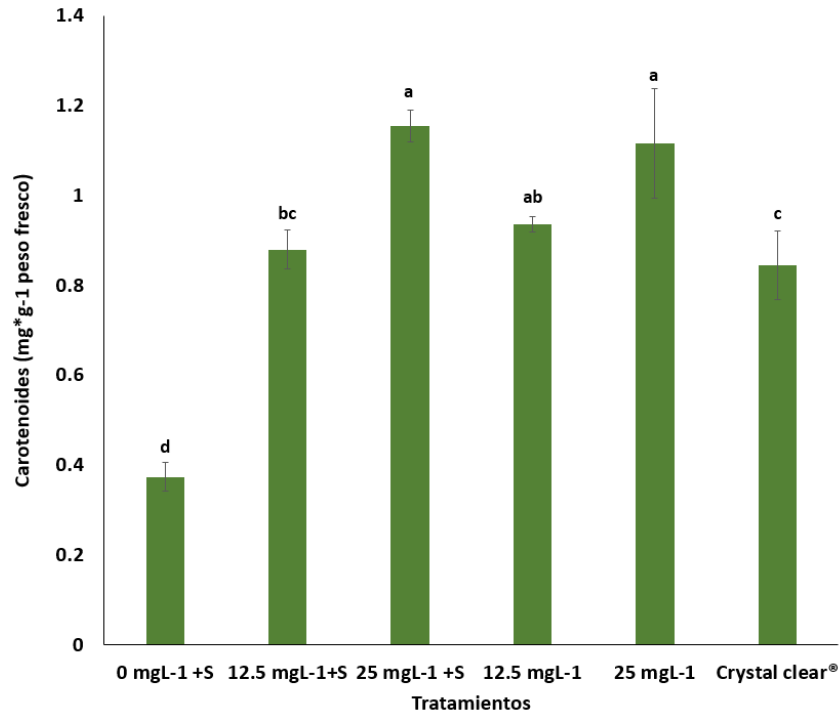


Figura 25. Contenido de carotenoides en las hojas de rosa 'Vendela' del quinto día de vida del segundo experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor representa el promedio de tres repeticiones \pm error estándar.

Se puede observar que la concentración de carotenoides fue disminuyendo durante los días de vida de florero en todos los tratamientos. También se puede visualizar un patrón, entre mayor sea la concentración de aceite esencial de eucalipto en los tratamientos mayor es la cantidad de carotenoides, independientemente de la presencia de la sacarosa, Nipaporn y Montinee (2019) mencionan que los aceites esenciales ayudan a proteger la degradación de los carotenoides por su capacidad antioxidante, cabe resaltar que los carotenoides son antioxidantes que tienen una función protectora frente al daño oxidativo (Young y Lowe, 2001).

6.2.9 Fenoles totales y actividad antioxidante

En el segundo día de vida, se obtuvo en los pétalos una concentración de 25.6 ± 7.05 mg/g de fenoles totales; para el sexto día este valor fue superado por los tratamientos que contenían alguna concentración de aceite esencial de eucalipto (0 mgL⁻¹, 12.5 mgL⁻¹ y 25 mgL⁻¹) más sacarosa y el grupo que contenía 12.5 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto. Las rosas tratadas con la concentración 12.5 mgL⁻¹ con o sin sacarosa presentaron la mayor cantidad de fenoles totales mientras que el grupo Crystal clear® obtuvo la menor cantidad, con diferencias estadísticas (Cuadro 9).

En cuanto a la actividad antioxidante, durante el segundo día se obtuvo en los pétalos 80.75 ± 20.33 mg/g; para el sexto día este valor fue disminuyendo en todos los tratamientos, las rosas tratadas con 25 mgL⁻¹ de aceite esencial de eucalipto y las rosas tratadas con Crystal clear®, obtuvieron la menor actividad antioxidante con diferencias estadísticas, cabe mencionar que estos grupos obtuvieron la menor longevidad floral, 8 y 9 días respectivamente.

Cuadro 9. Fenoles totales, actividad antioxidante y tasa de absorción del sexto día del segundo experimento. Las letras distintas en cada día indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $\alpha \leq 0.05$). Cada valor en fenoles totales y actividad antioxidante representa el promedio de tres repeticiones \pm error estándar, mientras que en tasa de absorción cada valor representa el promedio de 14 repeticiones \pm error estándar.

TRATAMIENTO	FENOLES TOTALES (mg de ácido tánico g ⁻¹ de peso fresco)	ACT. ANTIOXIDANTE (mg de ácido ascórbico g ⁻¹ de peso fresco)	TASA DE ABSORCIÓN (ml/g-1 d-1)
0 mgL ⁻¹ + S	29.7 ± 1.94 ab	60.37 ± 5.23 b	0.13 ± 0.07 b
12.5 mgL ⁻¹ + S	31.49 ± 3.03 ab	58.28 ± 8.59 b	0.17 ± 0.01 ab
25 mgL ⁻¹ + S	28.46 ± 0.9 b	53.03 ± 2.31 b	0.19 ± 0.01 ab
12.5 mgL ⁻¹	34.78 ± 1.24 a	43.43 ± 3.91 b	0.12 ± 0.0 b
25 mgL ⁻¹	18.24 ± 0.85 c	26.76 ± 6.53 a	0.12 ± 0.0 b

Crystal clear®

17.83 ± 1.62 c

31.12 ± 6.98 a

0.25 ± 0.01 a

Los antioxidantes son compuestos enzimáticos y no enzimáticos (entre ellos los fenoles) que retardan o previenen la oxidación de otras moléculas y su papel principal es terminar con las reacciones de oxidación e inhibir otras reacciones oxidándose ellos mismos (Zenil *et al.*, 2014). Los compuestos fenólicos son considerados el principal grupo fitoquímico que contribuye a la actividad antioxidante de las plantas (Balasundram *et al.*, 2006), estos compuestos contrarrestan el efecto de los radicales libres, ya que poseen un amplio espectro de actividad bioquímica como antioxidantes por lo que se disminuye el daño oxidativo ocasionado por las especies reactivas de oxígeno, lo que retrasa el proceso de senescencia (Proestos *et al.*, 2005; Zenil *et al.*, 2014). Podemos observar en este experimento que los grupos que obtuvieron la menor cantidad de fenoles totales también obtuvieron la menor actividad antioxidante, por ende la menor longevidad floral, similar a lo que obtuvo Zenil *et al.*, (2014) quienes reportaron que en los grupos de *Rosa hybrida* que obtuvieron mayor cantidad de fenoles totales y capacidad antioxidante, reflejaron una mayor longevidad floral.

Cabe mencionar que en el sexto día las rosas tratadas con Crystal clear ® obtuvieron la mayor tasa de absorción lo que permitió una mayor apertura floral, pero obtuvieron la menor cantidad de fenoles totales y actividad antioxidante, lo que explicaría porque murieron al noveno día pero con buena apariencia.

6.3 COMPARACIÓN DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS EN AMBOS ENSAYOS EXPERIMENTALES

Los mejores tratamientos elegidos en este apartado están relacionados directamente con la longevidad floral en ambos experimentos; puesto que en esta variable se consideró la tasa de absorción, la marchitez de los pétalos y la elasticidad de la corona floral (variable cualitativa donde se midió la resistencia elástica de los pétalos al ser comprimidos al centro), en otras palabras se consideró la longevidad floral con variables cuantitativas y cualitativas que determinaron su calidad estética.

En ambos experimentos, las rosas tratadas con alguna concentración de aceite esencial de eucalipto (0 mgL^{-1} , 12.5 mgL^{-1} , 25 mgL^{-1} , 50 mgL^{-1} , 100 mgL^{-1} y 200 mgL^{-1}) más sacarosa 2.5 % y etanol (2 % o 4 %) obtuvieron en sus respectivos experimentos un día más de vida que el grupo testigo Crystal clear®. Al separar estos tres componentes en diferentes tratamientos se obtuvo una longevidad menor; en el primer experimento las rosas tratadas únicamente con etanol 4 % o sacarosa 2.5 %, obtuvieron 5 días de vida, en comparación de las rosas tratadas con los tres componentes (aceite esencial de eucalipto, sacarosa y etanol) que prolongaron su vida hasta el onceavo día con diferencias estadísticas; mientras que en el segundo experimento las rosas tratadas únicamente con aceite esencial de eucalipto 12.5 mgL^{-1} y 25 mgL^{-1} y etanol al 2 % obtuvieron 9 y 8 días de vida respectivamente, en comparación de las rosas que fueron tratadas con los tres componentes (aceite esencial de eucalipto, sacarosa y etanol) que prolongaron su vida hasta el décimo día con diferencias estadísticas; estos resultados marcan la importancia de la presencia de estos tres componentes, aceite esencial de eucalipto más sacarosa y etanol para crear un preservante floral. Cabe mencionar que el aceite esencial de eucalipto en altas concentraciones (50 mgL^{-1} , 100 mgL^{-1} y 200 mgL^{-1}) pueden provocar oxidación en el contorno de los pétalos en el onceavo día de vida, mientras que las concentraciones menores no (0 mgL^{-1} , 12.5 mgL^{-1} y 25 mgL^{-1}).

En el primer ensayo experimental el mejor tratamiento, fue donde las rosas contenían 0 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto, más sacarosa al 2.5 % y etanol al 4 %, obtuvieron 11 días de vida sin presentar oxidación en sus pétalos, su tasa de absorción, apertura floral y elasticidad fue mayor e igual que los tratamientos que contenía 50 y 100 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto respectivamente.

En el segundo ensayo experimental el mejor tratamiento, fue donde las rosas contenían 25 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto más sacarosa al 2.5 % y etanol al 2 %, alcanzaron a vivir 10 días sin presentar oxidación en sus pétalos, obtuvieron la mayor apertura floral seguido del tratamiento con Crystal clear ® en todos los días, mientras que en el quinto día alcanzaron la concentración más alta de clorofila y carotenoides en sus hojas, para el octavo día de vida presentaron el mayor contenido relativo de agua tanto en hojas como en los pétalos.

Cabe mencionar que la longevidad floral de las rosas 'Vendela' fue influenciada por la temperatura del mes situada en el laboratorio, en el primer experimento realizado del 4 al 15 de marzo 2019 se obtuvo $23^{\circ} \text{ C} \pm 0.3$ y la longevidad mayor fue 11 días, mientras que en el segundo experimento realizado del 19 al 29 de septiembre 2019 se obtuvo $25.81^{\circ} \text{ C} \pm 0.43$ y la longevidad mayor fue de 10 días. Entre ambos experimentos se pueden observar que en el segundo ensayo, las rosas 'Vendela' absorbieron menor solución (TAS) por ende sus aperturas florales fueron menores, a tal punto que mientras pasaban los días el diámetro disminuía, muy contrario a lo que paso con las rosas 'Vendela' del primer ensayo experimental, a pesar de que fueron pocas las variables similares entre ambos experimentos se puede observar el efecto que tiene la temperatura del mes en la vida de florero, por lo que se puede tomar como un factor de bloque para un futuro diseño experimental, también se puede predecir que las rosas evaluadas por marzo vivirán más días, absorberán más solución y tendrán mayor apertura floral.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los dos experimentos donde se trató de responder si la combinación del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* en combinación con etanol y sacarosa pueden prolongar la vida de florero de *Rosa hybrida* 'Vendela', se concluye lo siguiente.

1. La combinación del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (0 mgL^{-1} , 12.5 mgL^{-1} , 25 mgL^{-1} , 50 mgL^{-1} , 100 mgL^{-1} y 200 mgL^{-1}) más sacarosa (2.5 %) y etanol (2 % o 4%) como preservante floral, pueden prolongar la vida de florero de *Rosa hybrida* 'Vendela' hasta el décimo u onceavo día, por presentar una fuente biocida, antioxidante y energética en la misma solución.
2. En el primer experimento, el mejor tratamiento fue donde las rosas contenían 0 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto, más sacarosa al 2.5 % y etanol al 4 %, obtuvieron 11 días de vida; mientras que en segundo experimento el mejor tratamiento fue donde las rosas contenían 25 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto más sacarosa al 2.5% y etanol al 2%, alcanzaron 10 días de vida.
3. Las rosas 'Vendela' tratadas con las concentraciones más altas del aceite esencial de eucalipto (50 mgL^{-1} , 100 mgL^{-1} y 200 mgL^{-1}) provocaron oxidación en los contornos de los pétalos al onceavo día de vida, mientras que las concentraciones más bajas del aceite esencial de eucalipto (0 mgL^{-1} , 12.5 mgL^{-1} y 25 mgL^{-1}) no provocaron oxidación en los pétalos en ningún día de vida.
4. Las rosas 'Vendela' tratadas con 12.5 mgL^{-1} y 25 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto con o sin sacarosa como preservante floral, obtuvieron en sus pétalos la mayor cantidad de fenoles totales y actividad antioxidante que las rosas tratadas con el preservante floral comercial Crystal clear ® en el sexto día de vida.

5. Los tallos florales de rosa 'Vendela' tratados únicamente con etanol al 4 %, o con 12.5 mgL^{-1} y 25 mgL^{-1} de aceite esencial de eucalipto más etanol al 2 %, disminuyeron su vida de florero, esto se atribuye a una falta de fuente energética en el preservante floral.

6. Los tallos florales de rosa 'Vendela' tratados únicamente con sacarosa al 2.5% como preservante floral, obtuvieron la mayor cantidad de UFC en sus tallos lo que se relacionó con la obstrucción para el flujo hídrico y los valores más bajos en la tasa de absorción y disminución en su longevidad floral.

8. LITERATURA CITADA

Abraham, D., Braguini, W., Kelmer-Bracht, A., e Ishi-Iwamoto, E. 2000. Effects of four monoterpenes on germination, primary root growth and mitochondrial respiration of Maize. *J Chem Ecol*, 26(3), pp. 611-624. <https://doi.org/10.1023/A:1005467903297>

Almeida, L., Filomeno, C., y Teixeira, R. 2016. Chemical Variability and Biological Activities of *Eucalyptus* spp. Essential Oils. *Molecules*. 21(12), pp 1671. DOI: 10.3390/molecules21121671

Al-Zwelef, K. 2013. The Rose journey. *International Review of Social Sciences and Humanities*. 5(2), pp. 229-243.

American Rose Society. 2016. Consulting rosarian manual. 3a edición. Louisiana, USA.

Arriaga, A., y De la Cruz, G. 2008. Breve guía para la conservación de flor de corte. Plaza Valdez. México. pp. 15-29.

Arriaga, A., De La Cruz, G., Ortiz, J., Perales, H., Mandujano, M., Valdés, O., Gómez, S., Pavón, E., Aguilar, I., Reyero, M., Pozos, Y., Verástegui, M., Camacho, S., De La Parra, L., Herrera, D., Salazar, V., y Ordoñez, C. 2018. Fisiología vegetal, principios y aplicaciones. 1ª edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Arzate-Fernández, A., Bautista-Puga, M., Piña-Escutia, J., Reyes-Díaz, J., y Vázquez-García L. 2014. Técnicas tradicionales y biotecnológicas en el mejoramiento genético del rosal, *Rosa* spp. UAEEM. Estado de México. pp. 13-24.

Aparecida, E., Oliveira, L., Castricini, A., y Da Silva, J. 2020. *Eucalyptus globulus* essential oil on the postharvest quality of 'Carola' roses. *Ornamental Horticulture*. 26(2), pp. 159-165. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i2.2122>

Balasundram, N., Sundram, K., y Sammar, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agroindustrial by products: Antioxidant activity, occurrence and potential uses. *Food Chem*. 99(1), pp. 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>

Bastos, F., Stanger, M., Allebrandt, R., Steffens, C., Kretzschmar, A., y Rufato, L. 2016. Conservação de rosas 'carola' utilizando substâncias com potencial biocida. *Ornamental Horticulture*. 22(1), pp. 107-113. <https://doi.org/10.14295/oh.v22i1.806>

Bayat H, Azizi M, Shoor M, Mardani H. 2011. Effect of ethanol and essential oils on extending vase life of carnation cut flower (*Dianthus caryophyllus* cv. 'Yellow Candy'). *Notulae Scientia Biologicae.* 3(4), pp.100-104. <https://doi.org/10.15835/nsb346266>

Caneva, S. 1998. El rosal. Buenos Aires, Albatros. pp. 252-280.

Cañizares, M. 2008. Determinación de las curvas de absorción de agua en diferentes cadenas de hidratación y su influencia en la duración de vida en florero, de la variedad de *Rosa sexy red* en la empresa Floreloy S.A. Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana sede Quito pp. 22-30.

Castilla, Y. 2005. Revisión bibliográfica: Cultivo de tejidos de rosas (*Rosa* sp.): un acercamiento a investigaciones recientes. *Cultivos tropicales.* 26(4), pp 43-47.

Chakrabarty, D., Kumar, A., y Datta, S. 2009. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in *Heimerocallis* (day lily) flowers. *Journal of Horticulture and Forestry.* 1(7), pp.113-119. <https://doi.org/10.5897/JHF.9000081>

Debener, T., y Linde, M. 2009. Exploring complex ornamental genomes: the rose as a model plant. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 28(4), pp 267-280. DOI: 10.1080/07352680903035481

De La Cruz-Guzmán, G., Arriaga-Frías, A., Mandujano-Piña, M., y Elias-Arias, J. 2007. Efecto de tres preservadores de longevidad sobre la vida postcosecha de *Rosa* cv. Royalty. *Rev. Chapingo Serie Horticultura.* 13(1), pp. 109-113. DOI: [10.5154/r.rchsh.2005.01.002](https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2005.01.002)

De La Riva, F. 2011. Poscosecha de flores de corte y medio ambiente. *Idesia.* 29(3), pp. 125-130. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000300019>.

De Stigter, H. 1981. Effects of glucose with 8-hydroxyquinoline sulfate or aluminium sulfate on the water balance of cut «Sonia» Roses. *Zeitschrift für pflanzenphysiologie.* 101(2), pp. 95-105. [https://doi.org/10.1016/S0044-328X\(81\)80044-X](https://doi.org/10.1016/S0044-328X(81)80044-X)

De Witte, Y., y Van Doorn, W. 1988. Identification of bacteria in the vase water of roses, and the effect of the isolated strains on water uptake. *Scientia Horticulturae.* 35(3-4), pp 285-291. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(88\)90122-7](https://doi.org/10.1016/0304-4238(88)90122-7)

Dezsi, S., Sabin, A., Bischin, C., Vodnar, D., Silaghi-Dumitrescu, R., Gheldiu, A., Mocan, A., y Vlase, L. 2015. Antimicrobial and Antioxidant Activities and Phenolic Profile of *Eucalyptus globulus* Labill. and *Corymbia ficifolia* (F. Muell.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson Leaves. *Molecules.* 20(3), pp. 4720-4734. DOI: [10.3390/molecules20034720](https://doi.org/10.3390/molecules20034720)

Elizalde, G. 2017. Propuesta para estandarizar, controlar y medir el proceso de producción de rosas. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, UPIICSA pp. 8-35.

Farinios, E. 2012. Evaluación del comportamiento de tres variedades de rosas (*Rosa* sp.) a diferentes niveles de deshidratación en el proceso de tinturado del botón, Pedro Moncayo-Ecuador. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana. pp. 4-5.

Farokhzad, A., Khalighi, A., Mostofi, Y., y Naderi, R. 2005. Role of ethanol in the vase life and ethylene production in cut lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Mariachii. Cv. Blue) Flowers. *Journal of agriculture social sciences*. 1(4), pp. 309-312.

Figuerola, I., Colinas, M., Mejía, J., Ramírez, F. 2005. Cambios fisiológicos en Postcosecha de dos cultivares de Rosa con diferente duración en florero. *Ciencia e investigación agraria*. 32(3), pp. 209-219. <http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v32i3.1301>

García, M. 2004. Descripción del proceso de empaque y postcosecha de la rosa (*Rosa* sp.) como flor de corte. Tecno Agro. Consultado el 23 de junio 2021 en: <https://tecnoagro.com.mx/no.-61/manejo-postcosecha-de-la-rosa>

García, V. N., Van der Valk, O. M. C., and Elings, A. 2011. Mexican protected horticulture: Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed Wageningen UR Greenhouse Horticulture. pp. 23-29.

Gómez-Gómez. 2015. Producción y comercialización de Rosa en México. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Gomorra-Jiménez, J., J. Sánchez-Meza, V. Pacheco-Salazar, T. Pavón-Silva, S. Adame-Martínez y B. Barrientos-Becerra. 2006. *Integración de indicadores de desempeño ambiental para la producción florícola*. Consultado 29/08/18 en: https://www.researchgate.net/publication/228443881_INTEGRACION_DE_INDICADORES_DE_DESEMPEÑO_AMBIENTAL_PARA_LA_PRODUCCION_FLORICOLA

Granados, C., Santafé, G., y Acevedo, D. 2015. Composición química y evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de *Eucalyptus camaldulensis* de norte de Santander (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 18 (1), pp. 235- 240. <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n1.2015.477>

Grichi, A., Nasr, Z., Khouja. 2016. Phytotoxic effects of essential oil from *Eucalyptus cinerea* and its physiological mechanisms. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, IABC*. (13) pp. 1289-1296.

Hartmut, K., y Wellburn, A. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical society transactions*. 11(5), pp. 591-592. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>

Holston, P. 2013. A Brief History of the Rose. Colonial District of the American Rose Society/ Staunton. Consultado en: www.shenandoahrosesociety.org

Hong-Juan, J., y Huan-Qing, L. 2015. Chitooligosaccharide prolongs vase life of cut roses by decreasing reactive oxygen species. *Korean Society of Horticultural Science*. 33(3), pp. 383-389. <https://doi.org/10.7235/hort.2015.14188>

Hussen, S., y Hassen, Y. 2013. Review on the impact of different vase solutions on the postharvest life of rose flower. *International Journal of Agricultural Research and Review*. 1(2), pp. 13-17. DOI:[10.13140/RG.2.1.2133.3528](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2133.3528)

Kantharaj, Y., Madaiah, D., Hemla, B., Sadashiva, N., y Devaraju. 2018. Significance of essential oils and herbal extracts on vase life of cut flowers: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(3), pp. 252-256.

Lama, B., Ghosal, M., Kumar, S. Mandal, P. 2013. Assessment of different preservative solutions on vase life of cut roses. *Journal of Ornamental Plants*. 3(3), pp. 171-181.

Mandredini, G., P. Oliveira, E. Aparecida, A. Pereira. 2017. Postharvest quality of essential oil treated roses. *Ornamental Horticulture*. 23(2), pp.192-199.

Mosqueda-Lazcares, G., Arévalo-Galarza, M., Valdovinos-Ponce, G., Rodríguez-Pérez, J., y Colinas-León, M. 2011. Época de corte y manejo poscosecha de ocho cultivares de rosa de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3:591-602.

Naghshibnad, R., Zareh, D., y Pouya, Z. 2017. The effect of clove oil as preservative solution on vase life of cut rose flower. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*. 5(2), pp. 28-30.

Nell, T. 1992. Taking silver safely out of the longevity picture. *Groven Talks Magazine*. pp. 23-26.

Nipaporn Y., y Montinee, T. 2019. *Eucalyptus* and *Citronella* essential oils used in preservative solutions affect the vase life of cut *Philodendron* leaves. *Horticultural Science and Technology*. 37(1), pp. 78-91. DOI: [10.12972/kjhst.20190008](https://doi.org/10.12972/kjhst.20190008)

Nuraishah. 1999. Significance of Roses. Street Directory Singapore, Retrieved. Consultado en: <https://www.floweradvisor.com.sg/>

Oficina de estudios y políticas agrarias, ODEPA. 2007. Estudio de evaluación del potencial interno de las flores, Santiago de Chile, Ministerio de Agricultura.

Pietro, J., Mattiuz, B., Machado, C., y Deléo T. 2012. Qualidade de rosas de corte tratadas com produtos naturais. *Ciencias Rural.* 42(10), pp. 1781-1788. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000071>

Proestos, C., Chorianopoulos, N., Nychas, G., y Komaitis, M. 2005. RP- HPLC analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *J Agric Food Chem.* 53(4), pp. 1190-1195. DOI: 10.1021/jf040083t.

Put, H. 1989. Micro-organisms from freshly harvested cut flower stems and developing during the vase life of chrysanthemum, gerbera and rose cultivars. *Scientia Horticulturae.* 43 (1-2), pp.129-144. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(90\)90044-F](https://doi.org/10.1016/0304-4238(90)90044-F)

Ramírez, J., y Avitia-Rodríguez, J. 2017. Floricultura mexicana en el siglo XXI: su desempeño en los mercados internacionales. *Revista de economía.* 34(88), pp. 99-122. <https://doi.org/10.33937/reveco.2017.83>

Reid, M. 2009. Poscosecha de las flores cortadas, manejo y recomendaciones. Universidad de California, EU. pp. 10-30.

Rehder, A. 1940. Manual of Cultivated Trees and Shrubs. MacMillan, New York.

Rosalyn, E. 2013. The More You Know: Red Roses, February 14. The Hudsucker. Consultado en: <https://thehudsucker.com/2013/02/14/the-more-you-know-red-roses/>

RosaPrima®. 2020. The rosaprima collection. Consultado en: <https://rosaprima.com/producto/vendela-rose/?lang=es>

Salehi S., Falehi H., Heidari M., Y Daneshvar M. 2018. Extending vase life of cut rose (*Rosa hybrida* L.) cv. Bacara by essential oils. *Advances in horticultural science.* 32(1), pp. 61-69. <https://doi.org/10.13128/ahs-21860>

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. Consultado 28 de agosto 2019 en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018

Van Meeteren, U., J. Nijse, C. Keijzer. 2000. Air in xylem vessels of cut flowers. *Acta Horticulturae.* 517, pp. 479-486. DOI: 10.17660/ActaHortic.2000.517.61

Van Meeteren, U., Gelder, A., Ieperen, W. 2001. Should we reconsider the use of deionized water as control vase solutions? *Acta Horticulturae*. 543: 257 – 261. DOI: [10.17660/ActaHortic.2001.543.31](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.543.31)

Wu, M., Van Doorn, W., y Reid, M.1991. Variation in the senescence of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) cultivars. I. Comparison of flower life, respiration and ethylene biosynthesis. *Scientia Horticulturae*. 48(1-2), pp. 99–107. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(91\)90156-S](https://doi.org/10.1016/0304-4238(91)90156-S)

Yong, A. 2004. El cultivo del rosal y su propagación. *Cultivos tropicales*. 25(2), pp. 53-67.

Young, A., y Lowe, G. 2001. Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. *Arch Biochem Biophys*. 385(1), pp. 20-27. DOI: 10.1006/abbi.2000.2149.

Zenil, N., Colinas, M., Bautista, C., Vázquez, T., Lozoya, H., y Martínez, M. 2014. Fenoles totales y capacidad antioxidante estimada con los ensayos DPPH/ABTS en rosas en soluciones preservantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(6), pp.1029-1039. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i6.887>