



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

Título Tesis:
“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE TRES
CULTIVARES DE *Gerbera jamesonii* L. Y DEL EFECTO DE LA
UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO SOBRE EL CURVADO DEL
PEDÚNCULO FLORAL”

Tesis para optar al grado académico de
Magister en Cultivos Intensivos

Apellido y Nombre del autor: Ing. Agr. Analía Verónica Puerta
Director: Dr. Ing. Agr. Carlos Bouzo

ESPERANZA, SANTA FE
Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Litoral, especialmente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias por la oportunidad de realizar la maestría en su casa de estudios.

Al Dr. Carlos Bouzo por la dedicación y nivel profesional transmitido durante la dirección de éste trabajo de tesis, que permitió enriquecer mi formación profesional.

Al Ing. Agr. Mg. Miguel Sangiacomo por ser mi referente profesional desde que inicie ésta profesión y por haberme acompañado en cada etapa brindándome sus conocimientos y su apoyo incondicional.

Al Programa de Postgrado perteneciente al INTA que promovió mi capacitación y brindo los medios para que la misma pudiera realizarse.

A la estación experimental agropecuaria del INTA San Pedro, que brindó el espacio físico para realizar los ensayos y especialmente a las personas que se brindaron y me enseñaron diversas técnicas para poder realizar los estudios de postcosecha y los análisis de laboratorio. Agradezco especialmente al Dr. Claudio Budde, al Dr. Osvaldo Valenzuela y a sus equipos de trabajo (María Ofelia, Karina, Mirta, Julio, Juan Carlos, Julieta y Romina).

Al Dr. Abelardo Vegetti y Alicia Amsler (docentes de la cátedra de Biología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral) quienes me enseñaron las técnicas de laboratorio para realizar e interpretar los cortes histológicos.

Al Instituto de Floricultura, especialmente a la Ing. Agr. Mg. Laura Bullrich, al Ing. Agr. Daniel Morisigue y a mis compañeros de trabajo que me acompañaron en éste proceso.

Y muy especialmente a mi familia, que son el pilar de mi vida y que siempre me han apoyado y acompañado, a Marta mi mamá, a Luis mi papá, a Gaby, mi hermana y su familia.

Y a Martín, mi compañero de vida, quien me alentó incansablemente para poder concluir ésta etapa y por cambiarme la forma de sentir la vida.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	1
ÍNDICE DE CONTENIDOS	2
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	7
i- RESUMEN GENERAL	11
ii- GENERAL ABSTRACT	12
iii- INTRODUCCIÓN GENERAL Y ANTECEDENTES	13
iv- BIBLIOGRAFÍA	20
1- CAPÍTULO 1: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD COMERCIAL DE LAS CULTIVARES DE <i>Gerbera jamesonii</i> L. SUPER NOVA, DUNE y RUBY RED Y EVALUACIÓN DE SU COMPORTAMIENTO EN FLORERO”	24
1.1- RESUMEN	25
1.2- ABSTRACT	26
1.3- INTRODUCCIÓN	27
1.4- HIPÓTESIS	32
1.5- OBJETIVOS	32
1.6- METODOLOGÍA Y MATERIALES UTILIZADOS	33
1.7- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
1.8- CONCLUSIONES	69
1.9- BIBLIOGRAFÍA	70
2- CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS HISTOQUÍMICAS, METABÓLICAS Y ESTRUCTURALES DE LAS CULTIVARES DE <i>Gerbera jamesonii</i> L. SUPER NOVA, DUNE Y RUBY RED, Y SU RELACIÓN CON LA VIDA EN FLORERO	78
2.1- RESUMEN	79
2.2- ABSTRACT	80
2.3- INTRODUCCIÓN	81

2.4- HIPÓTESIS	86
2.5- OBJETIVOS	86
2.6- METODOLOGÍA Y MATERIALES UTILIZADOS	87
2.7- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	92
2.8- CONCLUSIONES	114
2.9- BIBLIOGRAFÍA	115
CAPÍTULO 3: EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL AGUA DEL FLORERO SOBRE EL CURVADO DEL PEDÚNCULO FLORAL DE <i>Gerbera jamesonii</i> L. CULTIVAR RUBY RED	123
3.1- RESUMEN	124
3.2- ABSTRACT	125
3.3- INTRODUCCIÓN	126
3.4- HIPÓTESIS	129
3.5- OBJETIVOS	129
3.6- METODOLOGÍA Y MATERIALES UTILIZADOS	130
3.7- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	132
3.8- CONCLUSIONES	165
3.9- BIBLIOGRAFÍA	166
vi- CONCLUSIONES GENERALES	174

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 1

Tabla 1. Estándar para la determinación de la calidad de gerbera utilizado en el mercado de `Veiling Holambra´ situado en la ciudad de San Pablo, Brasil.....	37
Tabla 2. Valores medios correspondientes a los parámetros de calidad evaluados según el estándar `Veiling Holambra´.....	46
Tabla 3. Valores medios correspondientes a la vida en florero (días) de las cultivares de gerbera `Amarilla`, `Naranja` y `Roja´.....	47
Tabla 4. Valores medios correspondientes al grado de curvatura y segmento de curvado experimentado durante la vida en florero de las cultivares `Amarilla`, `Naranja` y `Roja´.....	50
Tabla 5. Valores medios correspondientes al peso fresco (PF) de la vara floral al INICIO del experimento ya la tasa de variación diaria durante la vida en florero.....	57
Tabla 6. Valores medios de peso fresco (PF) de la vara floral por partes al INICIO (segmento 1, segmento 2 y capítulo floral) y tasa de variación diaria de PF (g d^{-1}) durante la vida en florero de las cultivares de gerbera estudiadas.....	59
Tabla 7. Valores medios correspondientes al consumo de agua de las varas florales de las tres cultivares durante la vida en florero (VF) y a la tasa de variación diaria de consumo de agua.....	60
Tabla 8. Valores medios correspondientes a la longitud del pedúnculo medida al INICIO y FIN del experimento de postcosecha.....	62
Tabla 9. Valores medios correspondientes al alargamiento total (cm) del pedúnculo durante la vida en florero y a la tasa de variación diaria (cm d^{-1}) para las cultivares de gerbera estudiadas.....	62
Tabla 10. Valores medios de la longitud del pedúnculo por segmentos al FIN de la vida en florero.....	63
Tabla 11. Valores medios correspondientes a la CE y pH en la solución del florero al INICIO y FIN de la vida en florero de las tres cultivares de gerbera estudiadas.....	66
Tabla 12. Valores correspondientes a la tasa de variación diaria en la conductividad eléctrica (CE) y el potencial hidrógeno (pH) en el agua de los floreros de las tres cultivares de gerbera estudiadas.....	66

Capítulo 2

Tabla 1. Valores medios de concentración de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa expresados en función del peso fresco (PF) de la vara floral entera de las tres cultivares de gerbera al INICIO del experimento.....	93
Tabla 2. Tasa de variación diaria en la concentración de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) en función del peso fresco (PF) en la vara floral entera durante la vida en florero de las tres cultivares de gerbera.....	94
Tabla 3. Valores medios de concentración de los azúcares (mg g^{-1} PF) sacarosa, glucosa y fructosa de las cultivares de gerbera al INICIO del experimento expresados en función del peso fresco (PF) de la vara floral según los segmentos 1 y 2 en que se dividió el pedúnculo.....	95
Tabla 4. Tasa diaria de variación diaria de la concentración de azucares sacarosa, glucosa y fructosa en función del peso fresco (PF) (mg g^{-1} PF d^{-1}) de los segmentos 1 y 2 durante la vida en florero de las cultivares de gerbera.....	95
Tabla 5. Valores medios de la concentración de calcio (Ca), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral al INICIO del experimento para las cultivares de gerbera.....	99
Tabla 6. Tasa de variación diaria de la concentración de calcio (Ca), nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K) durante la vida en florero de las cultivares de gerbera.....	100
Tabla 7. Proporción de tejido y de médula en los pedúnculos florales de las cultivares 'Amarilla', 'Naranja' y 'Roja' en el segmento 1 al INICIO del experimento de postcosecha.....	108
Tabla 8. Proporción de tejido y de médula en los pedúnculos florales de las cultivares 'Amarilla', 'Naranja' y 'Roja' en el Segmento 1 al FIN del experimento de postcosecha.....	109

Capítulo 3

Tabla 1. Valores correspondientes a la vida en florero de la cultivar 'Roja' y 'Roja Ca'.....	132
Tabla 2. Valores medidos correspondientes al grado de curvatura y segmento de curvado experimentado durante la vida en florero de la cultivar 'Roja' y 'Roja Ca'.....	134
Tabla 3. Valores medios correspondientes a la longitud del pedúnculo al FIN de la vida en florero, elongación del pedúnculo durante la vida en florero y variación diaria de la longitud.	137

Tabla 4. Valores medios correspondientes a la longitud del pedúnculo por segmentos al FIN de la vida en florero para los tratamientos utilizados en la cultivar de gerbera ‘Ruby Red’ sin solución de calcio (‘Roja’) y con calcio (‘Roja Ca’).	138
Tabla 5. Valores medios correspondientes al Peso fresco (PF) de la vara entera al INICIO y Tasa de variación diaria de PF de la vara entera durante la vida en florero.	141
Tabla 6. Valores medios correspondientes al peso fresco (PF) (g) del segmento 1 y 2, y al capítulo floral al INICIO del experimento y tasa de variación diaria de PF (g d ⁻¹) durante su vida en florero.	142
Tabla 7. Valores medios correspondientes al consumo total (mL) de agua y tasa de variación diaria (mL d ⁻¹) del consumo de agua durante la vida en florero para los tratamientos ‘Roja’ y ‘Roja Ca’.	143
Tabla 8. Valores medios correspondientes a la conductividad eléctrica (CE) y el potencial hidrógeno (pH) en la solución del florero al INICIO y al FIN del experimento para los tratamientos testigo (‘Roja’) y con calcio (‘Roja Ca’).	146
Tabla 9. Valores medios correspondientes al contenido de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa expresados en función del peso fresco (PF) de la vara floral entera al INICIO del ensayo.	149
Tabla 10. Tasa de variación diaria de la concentración de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa en la vara floral entera durante la vida en florero.	149
Tabla 11. Valores medios correspondientes al contenido de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral al INICIO del experimento.	151
Tabla 12. Tasa de variación diaria de sacarosa, glucosa y fructosa en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral durante la vida en florero.	151
Tabla 13. Valores medios de la concentración de calcio (Ca), en el capítulo y en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral al INICIO del experimento.	154
Tabla 14. Tasa de variación diaria de la concentración de calcio (Ca) durante la vida en florero en el capítulo y en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral.	155
Tabla 15. Proporción relativa de tejido y de médula en los pedúnculos florales de la cultivar ‘Roja’ y ‘Roja Ca’ en segmento 1 al INICIO y FIN del ensayo.	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. Plantas de gerbera en invernáculo y bajo el sistema de cultivo sin suelo en la EEA INTA San Pedro.....	33
Figura 2. Cultivares de gerbera evaluadas: a) Cultivar `Amarillo` (`Super Nova`), b) Cultivar `Naranja` (`Dune`) y c) Cultivar `Roja` (`Ruby Red`).	34
Figura 3. Examen visual diario realizado en el experimento sobre las plantas de gerbera para la determinación del momento óptimo de cosecha de cada cultivar.....	35
Figura 4. Momento de realización del transporte de las varas florales cosechadas al Laboratorio de Postcosecha para realizar las operaciones de clasificación, selección y acondicionamiento.....	36
Figura 5. Detalles de la sala de postcosecha acondicionada para la realización del experimento con la construcción de la mesada (a), la medición de la intensidad lumínica con un luxómetro (b) y el temporizador para la operación automática del sistema lumínico (c).	39
Figura 6. Disposición de los floreros en la mesada de la sala de postcosecha al momento del inicio del experimento.....	40
Figura 7. Esquema indicativo de la vara floral de gerbera y sus partes: capítulo, segmento 1 y segmento 2 del pedúnculo.....	42
Figura 8. Comportamiento en florero de las cultivares a) `Amarilla`, b) `Naranja` y c) `Roja` a los 10 días de vida en florero. a) y b) Varas florales que conservan los pedúnculos erectos. c) Varas florales que presentan los pedúnculos curvados indicando el FIN de la vida en florero.....	48
Figura 9. Aspecto que presentaron las varas florales de la cultivar `Roja`, en donde la curvatura extrema del pedúnculo fue el principal factor de deterioro de la calidad y determinante de la duración de la vida en florero.....	50
Figura 10. Varas florales de gerbera a) `Amarilla`, b) `Naranja` y c) `Roja` al INICIO del experimento de postcosecha mostrando la rectitud de los pedúnculos florales.....	52
Figura 11. Varas florales de gerbera a) `Amarilla`, b) `Naranja` y c) `Roja` a los 10 días de vida en florero, mostrando en a) y b) pedúnculos erectos que se corresponden con un grado de curvatura I (leves	

curvaturas) y en c) pedúnculos curvados que se corresponden con un grado de curvatura III (avanzada curvatura, que imposibilita su comercialización).....52

Figura 12. Varas florales de gerbera a) `Amarilla` y `Naranja`, b) `Amarillas` y c) `Naranjas` a los 15 días de vida en florero, mostrando la apertura de todas las flores femeninas del capítulo y sólo una leve curvatura del pedúnculo.....53

Figura 13. Varas florales de gerbera a) `Amarilla` y b) y `Naranja` en el momento del FIN de su vida en florero, mostrando el desprendimiento de las primeras lígulas del capítulo.....55

Capítulo 2

Figura 1. Corte histológico correspondiente a la cultivar `Amarilla`. I: INICIO, F: FIN. a, b, e, f: segmento 1. c, d, g, h: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerénquima, cpca: células parenquimáticas corticales aplastadas, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema.....104

Figura 2. Cultivar `Naranja`. I: INICIO, F: FIN. a, b, e, f: segmento 1. c, d, g, h: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerénquima, cpca: células parenquimáticas corticales aplastadas, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema.....105

Figura 3. Corte histológico correspondiente a la cultivar `Roja` INICIO. A_{1,2}: segmento 1. B_{1,2}: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerénquima, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema.....106

Figura 4. Corte histológico correspondiente a la cultivar `Roja` FIN. A_{1,2,3}: segmento 1. B: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerénquima, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, fla: floema aplastado, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pca: parénquima cortical aplastado, pm: parénquima medular, pma: parénquima medular aplastado, pxila: parénquima de xilema aplastado, ri: región interfascicular, xil: xilema.107

Figura 5. Imágenes correspondientes a los cortes histológicos de los pedúnculos florales en el segmento distal (segmento 1) de las cultivares a) ‘Amarilla’, b) ‘Naranja’ y c) ‘Roja’ al INICIO de la vida en florero y d) ‘Amarilla’, e) ‘Naranja’ y f) ‘Roja’ al FIN de la vida en florero. Las imágenes fueron observadas en lupa estereoscópica (Olympus, SZX9, Japón) (25X) y fotografiadas con el software CellSens Standard Imaging.....111

Capítulo 3

Figura 1. Comportamiento en florero a los 10 días de vida en florero: a) tratamiento ‘Roja’, mostrando el curvado experimentado por los pedúnculos florales, que indicaron el fin de su vida en florero y b) tratamiento ‘Roja Ca`, mostrando la rectitud del pedúnculo floral.....132

Figura 2. Comportamiento en florero de la cultivar ‘Roja Ca` a los 17 días de vida en florero, mostrando la rectitud del pedúnculo (————→) y la apertura de las flores centrales del capítulo (----→).133

Figura 3. Comportamiento en florero de las varas florales de la cultivar ‘Roja` a) INICIO del experimento de postcosecha mostrando la rectitud del pedúnculo y b) al FIN de la vida en florero, indicado por el curvado de los pedúnculos florales.....134

Figura 4. Comportamiento en florero de las varas florales de la cultivar ‘Roja Ca` al a) INICIO del experimento postcosecha, donde se observa la rectitud del pedúnculo floral y el comienzo de la apertura de las flores centrales del capítulo y b) FIN de la vida en florero, ocurrida a los 17 días, donde se observa la rectitud de los pedúnculos florales y la apertura de todas las flores centrales del capítulo.....135

Figura 5. Varas florales de la cultivar ‘Roja’ al FIN de su vida en florero mostrando curvatura del pedúnculo floral en la porción distal del mismo.....138

Figura 6. Corte histológico del pedúnculo floral de la cultivar ‘Roja` al inicio y fin del experimento en la región distal (segmento 1) y en la región basal (segmento 2). I: INICIO. F: FIN. 1: segmento. 2: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerénquima, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema, pca: parénquima cortical aplastado, pma: parénquima medular aplastado, pxila: parénquima de xilema aplastado, xil: xilema.158

Figura 7. Corte histológico del pedúnculo floral de la cultivar ‘Roja Ca` al inicio y fin del experimento en la región distal (segmento 1) y en la región basal (segmento 2). I: INICIO. F: FIN. 1: segmento 1. 2: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerénquima, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema.....159

Figura 8. Imágenes correspondientes al corte histológico de los pedúnculos florales en el segmento distal (segmento 1) de los tratamientos: a) ‘Roja´ al INICIO de la vida en florero; b) ‘Roja´ al FIN de la vida en florero y c) ‘Roja Ca´ al FIN de la vida en florero, observados en lupa estereoscópica (Olympus, SZX9, Japón) (25X) y fotografiadas con el software CellSens Standard Imaging.....164

RESUMEN GENERAL

Se realizaron tres ensayos consecutivos donde se determinó la calidad comercial de las cultivares de *Gerbera jamesonii* L. Super Nova, Dune y Ruby Red. Se analizaron las características histoquímicas, metabólicas y estructurales y su relación con la calidad postcosecha durante la vida en florero. Para la cultivar Ruby Red que fue la única que presentó curvado del pedúnculo se evaluó el efecto de la utilización de una solución de cloruro de calcio al 0,5 % en el agua del florero sobre la calidad postcosecha.

Las varas florales se desarrollaron bajo cubierta y mediante el sistema de cultivo sin suelo, dentro de la estación experimental agropecuaria San Pedro, perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, en la provincia de Buenos Aires, Argentina (Latitud: 33° 41' Sud, Longitud: 59° 41' Oeste).

Las varas florales fueron cosechadas y clasificadas utilizando los estándares de calidad comercial del mercado mayorista de flores “Veiling Holambra”. Posteriormente se determinó el comportamiento postcosecha, evaluando la duración en florero, los indicadores del fin de la vida en florero, la curvatura y longitud del pedúnculo floral, el consumo de agua y peso fresco de la vara floral, la conductividad eléctrica y pH del agua del florero, el contenido de azúcares de la vara entera y por partes, el contenido de minerales en el pedúnculo floral, y se caracterizó histológicamente el mismo. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y las medias se diferenciaron mediante el test de Tuckey al 0,05%.

Los resultados de los tres ensayos realizados indicaron que la calidad obtenida se corresponde con las exigencias comerciales demandadas en estándares internacionales, que el diferente comportamiento postcosecha de las cultivares bajo estudio se debe a características intrínsecas de los mismos, que las condiciones de manejo pre y postcosecha llevada a cabo en estos ensayos, permitieron lograr una vida en florero similar o superior a la informada en los catálogos comerciales, permitiendo la expresión del potencial genético, y que el uso de una solución de cloruro de calcio al 0,5 % permitió evitar el curvado de la cultivar Ruby Red, prolongando su vida en florero y haciéndola similar a la de las cultivares Dune y Super Nova, que no manifiestan curvado en sus pedúnculos.

Palabras claves: *Gerbera jamesonii* L.; calidad postcosecha; calcio, curvado del pedúnculo floral

ii- GENERAL ABSTRACT

Three consecutive experiments in order to determine the commercial quality of cultivars of *Gerbera jamesonii* L. Super Nova, Dune and Ruby Red were developed. Histochemical, metabolic and structural characteristics and their relationship to vase life quality were studied. Also, as Ruby Red was the only one presenting curvature, the effect of a calcium chloride 0,5% vase solution on bending of *Gerbera jamesonii* L. Ruby Red was studied. Plants were grown under greenhouse and soil less culture, at INTA Agricultural Experimental Station of San Pedro, Province of Buenos Aires province (33 ° 41' S, 59 ° 41' W). Floral rods were handpicked and classified following Veiling Holambra standards. Subsequently postharvest behavior was studied. Vase life, flower span indicator, curvature and length of the floral stalk, water consumption and the fresh weight of the floral stick and electrical conductivity and pH of the water of the vase were recorded, as well as sugar entire and partial portions content, mineral content and histology of the flower rod. Results were analyzed through ANOVA and means separated through Tuckey test 0.05%. Results of the three experiments showed that quality obtained corresponds to international commercial standards, and differential post-harvest behavior responds to inner cultivar characteristics. Under the pre and post-harvest management used in these experiments, vase life was similar and even superior to the stated in cultivar brochures, letting genetic potential expression, and the use of a calcium chloride 0,5% solution avoided bending in Ruby Red cv, improving vase life, making it similar to Super Nova and Dune, that do not show stem curving.

Key words: *Gerbera jamesonii* L.; postharvest quality, calcium, flower rod bending.

iii- INTRODUCCIÓN GENERAL

Descripción de la especie

La gerbera es originaria de Transvaal (antigua provincia de África del Sur). Por ello se la conoce comúnmente como “Margarita del Transvaal”. También se la ha encontrado en la isla africana de Madagascar, en Tasmania (Australia) y en Asia (Bhatia *et al.*, 2010).

En 1717 fue descrita por primera vez en forma científica por el botánico Gronovius, y en 1737 el género recibió el nombre gerbera en homenaje al doctor Traugott Gerber, un botánico alemán que se dedicó al estudio de la flora sudafricana (Mur *et al.*, 2003; Mascarini, 2005).

El género *Gerbera* pertenece a la familia de las *Asteraceae* (ex *Compositae*). Se han descrito numerosas variedades y cultivares, que presentan una amplia gama de colores y formas (Hansen, 1985).

Las cultivares comerciales se obtuvieron mediante cruzamientos entre dos especies provenientes del sur de África; *Gerbera jamesonii* L. y *Gerbera viridifolia*. Se las ha denominado como híbridos de *Gerbera jamesonii*, debido a la mayor contribución genética que ha tenido ésta especie en las variedades cultivadas en la actualidad (Sane & Narayana, 2001). Comúnmente se la conoce como gerbera.

La gerbera es una planta herbácea, vivaz, cespitosa y de crecimiento en roseta. Si bien es perenne, el cultivo comercial no supera los dos, tres o cuatro años de duración, dependiendo de las cultivares y técnicas de cultivo empleadas (Salinger, 1991).

El sistema radicular es pivotante en origen, pero a medida que se desarrolla, se convierte en fasciculado y está compuesto por gruesas raíces de las que nacen numerosas raicillas. El tallo presenta entrenudos muy cortos, quedando los nudos dispuestos unos sobre otros, formando lo que se conoce como “corona” (Mascarini, 2005).

Las hojas son de color verde oscuro, lanceoladas, vellosas, ligeramente hendiditas en los bordes y agrupadas en forma de roseta. En las axilas de las hojas se encuentran las yemas axilares, de las cuales se originan vástagos laterales que forman sus propias raíces y rosetas de hojas, dando origen a rizomas (Mascarini, 2005; Soroa, 2005).

Del peciolo de algunas hojas evolucionan los brotes florales que van a dar origen a vástagos o pedúnculos que culminan en una inflorescencia terminal dispuesta en capítulo. El pedúnculo puede ser de distinto

grosor, y su longitud depende de la cultivar y de las condiciones ambientales existentes. Las características del pedúnculo tienen fundamental importancia en la determinación de la calidad comercial de ésta especie. El grado de rectitud, el grosor, la longitud del mismo influyen en la duración en florero (Salinger, 1991; IBRAFLOR, 2000; Perik *et al.*, 2014).

El capítulo floral está formado, desde el exterior hacia el interior, por varias filas concéntricas de flores femeninas liguladas, normalmente una fila de flores hermafroditas no funcionales y en el centro flores masculinas. Las flores liguladas son de forma, espesor y colores variables. El mercado ofrece una amplia gama de colores, según las cultivares (Salinger, 1991; Soad *et al.*, 2011). Las lígulas son vulgarmente denominadas “pétalos” debido a que presentan colores muy característicos que permite diferenciar una cultivar de otra.

La gerbera es una planta alógama, primero se desarrollan las flores femeninas, luego de algunos días, se abren las flores masculinas y es posible observar a simple vista el polen. Esta forma de maduración dificulta la autopolinización de las flores de la misma inflorescencia. Sin embargo, es muy útil para decidir el momento oportuno de la cosecha, el cual está determinado por el número de filas de flores masculinas, identificables a simple vista por la presencia del polen (Vidalie, 1983; Wernett *et al.*, 1996; Trujillo *et al.*, 2006).

Solo las flores liguliformes y las tubuladas exteriores son aptas para la fecundación y formación de semillas. Después de la polinización, que es entomófila, la corona, los estambres y el cuello del pistilo se caen, formándose el fruto (aquenio), el cual está rodeado por una corona de pelos que sirven de ayuda para su transporte por el aire (Salinger, 1991).

La caída de los órganos florales también se manifiesta en etapas avanzadas de senescencia y está relacionada con la maduración. Conforme avanza la senescencia, las lígulas caen, vaciándose el capítulo (Soroa, 2005). En las gerberas de corte, el momento en que ocurre éste fenómeno es de fundamental importancia ya que es uno de los indicadores considerados para determinar el fin de la vida en florero (Angles *et al.*, 2003; Soroa, 2005).

Importancia del cultivo y comercialización de gerbera como flor de corte

La gerbera es cultivada con fines ornamentales, para ser utilizada como planta de jardín, en suelo o maceta, o como flor de corte (Rangel Estrada & Ruiz Posadas, 2006).

Las varas cortadas de gerbera son atractivas comercialmente, presentan diversos tamaños y colores y se adaptan a distintos usos. Pueden formar parte de ramos florales o utilizarse en forma individual en floreros. También son utilizadas en bouquet y para artesanías con flores secas (Soad *et al.*, 2011).

La producción de gerbera para corte ha crecido considerablemente en los últimos años a nivel mundial, posicionándose en el mercado internacional de flores de corte en el quinto lugar después de cultivos como rosa (*Rosa hybrida* L.), clavel (*Dianthus caryophyllus* L.), crisantemo (*Chrysanthemum* L.) y liliom (*Lilium hybrido* L.) (Çelikel & Reid, 2002; Soroa, 2005; Bathia *et al.*, 2011).

El aumento de producción en países latinoamericanos ha contribuido con la expansión y consolidación del mercado de la gerbera. Desde el año 2006 se ha observado un aumento en la producción y exportaciones hacia el continente europeo (Ávila *et al.*, 2013). Colombia, Costa Rica, Ecuador y Brasil son los países de mayor contribución al crecimiento comercial de la gerbera para corte (Soroa, 2000; Rangel Estrada & Ruiz Posadas, 2006).

El mercado de gerbera se destaca por la diversidad de formas y colores de sus varas florales. Presentan capítulos compuestos por flores dobles, semidobles o simples, con centro de color negro o verde, con diversos diámetros y largos de pedúnculos (Garibaldi & Jona, 1989; Mur *et al.*, 2003; Hatamzadeh & Shafyii Masouleh, 2013). Esta heterogeneidad ha provocado la necesidad de generar información específica para cada cultivar o grupo de cultivares, debido a que se han encontrado diferencias importantes de calidad en las unidades comerciales, según la cultivar, manejo agronómico y de postcosecha implementado (Nowak & Rudnicki, 1990; Mur *et al.*, 2003; Nazari *et al.*, 2011). Actualmente las empresas ofrecen continuamente nuevos materiales, pero con escasa información sobre su comportamiento local (Fernández *et al.*, 2007).

Importancia del mantenimiento de la calidad postcosecha de flores de corte durante la cadena comercial

Los países con mayor crecimiento y participación en el sector florícola comercial son aquellos que han logrado ofrecer productos que responden a las exigencias de calidad de los mercados internacionales (Ávila *et al.*, 2013). El mantenimiento de la calidad posterior al corte es un factor decisivo en la comercialización de las flores, independientemente que el destino sea la exportación o las ventas locales (Soad, 2011; Sardoei, 2014). La expansión del mercado de flor de corte a nivel mundial se enfrenta al desafío de implementar adecuados manejos pre y postcosecha para prolongar la vida en florero, conservando su calidad hasta el consumidor final (Reid, 2001).

La calidad final del producto depende tanto de las etapas que comprenden el manejo productivo del cultivo como de las labores que se realizan en la postcosecha del mismo (Nell & Reid, 2002). Las operaciones que se realicen luego de la cosecha son fundamentales para evitar el deterioro, especialmente en el cultivo de flores de corte (Verdugo *et al.*, 2006).

La postcosecha de flores de corte merece especial atención ya que la misma se caracteriza por la dificultad en el manejo de un gran número de especies y variedades y la corta longevidad de éstos productos, respecto a otros tales como frutas, granos y la mayoría de las hortalizas (Verdugo *et al.*, 2006). Esas diferencias se basan principalmente en que los tejidos de las flores, y especialmente los pétalos no están suficientemente protegidos por la cutícula, lo cual los hace más susceptibles a la pérdida de agua y a que los mismos no poseen prácticamente sustancias de reserva. A ello se suma la alta susceptibilidad que poseen las flores a sufrir daños mecánicos durante el almacenaje y/o distribución (Rudnicki *et al.*, 1986).

El deterioro puede ser inducido y acelerado por situaciones de estrés externas al vegetal tales como falta de agua, exceso de sales, toxicidad por agroquímicos, exposición a condiciones extremas de temperatura, entre otros factores ambientales. La separación de la vara floral de la planta madre induce un severo estrés debido a que la vara ya no puede reponer por sí sola el agua y los nutrientes que demandan todos los organismos vivos (Paulin, 1997; Verdugo *et al.*, 2006). Esta situación origina un déficit hídrico y nutricional que conduce al deterioro y finalmente a la muerte del vegetal (Martínez, 2008).

Un profundo conocimiento del proceso fisiológico de senescencia permite desarrollar estrategias adecuadas para el control o manejo de los factores involucrados en la postcosecha del producto (Martínez,

2008). Debido a ello se han desarrollado diversas técnicas que retrasan o lentifican dicho proceso y contribuyen a conservar adecuadamente la calidad del producto, como el uso de soluciones conservantes, desinfectantes y nutritivas, el almacenamiento a bajas temperaturas y el mantenimiento de las especies vegetales en agua desde el momento de la cosecha (Nell & Reid, 2002).

Los problemas de postcosecha más frecuentes están relacionados con la interrupción de la hidratación de la vara luego del corte y con la no utilización de soluciones desinfectantes, nutritivas y/o conservantes que llevan a una baja duración postcosecha, afectando la calidad final (Paulin, 1997; Nell & Reid, 2002).

La gerbera, si bien presenta diversas ventajas comerciales, como ser una especie relativamente novedosa, con una amplia oferta de cultivares y usos, durante su vida en florero manifiesta ciertas características que perjudican el aspecto externo, perdiendo su función como ornamento, lo que resulta en una pérdida del valor comercial (Soroa, 2005). Los principales síntomas de pérdida de calidad postcosecha para dicha especie son el marchitamiento y caída de lígulas, y especialmente el curvado del pedúnculo floral que se manifiesta en algunas cultivares (Garibaldi & Jona, 1989; Mur *et al.*, 2003; Nazarí, 2011; Perik *et al.*, 2012).

La aparición de los primeros síntomas de marchitez depende del nivel hídrico y sustancias de reserva que tengan las diferentes partes de la vara y de la capacidad de reposición de agua que tengan las mismas (Mur *et al.*, 2003).

Las causas del curvado del pedúnculo aún no están completamente claras. Sin embargo, se ha comprobado que factores genéticos, tales como la composición histoquímica y actividad metabólica, el contenido hídrico y el manejo implementado durante la postcosecha participan fuertemente en la manifestación del curvado, siendo motivo de numerosos estudios (Mancarli *et al.*, 1995; Botondi *et al.*, 1998; Gerasopoulos & Chebli, 1999, Reid 2001; Çelikel & Reid, 2002; Emongor, 2004; Ferrante *et al.*, 2007; Nazarí, 2011; Perik *et al.*, 2012; Perik *et al.*, 2014).

Situación en la Argentina

En la Argentina el cultivo de gerbera también ha crecido considerablemente en la última década y actualmente es una de las especies de flores de corte de mayor importancia comercial (Mascarini, 1998; Piovano *et al.*, 2012; Ávila, 2013). La producción se realiza principalmente en suelo y bajo cubierta. Sin embargo, en los últimos años se ha impulsado el cultivo sin suelo, mediante el uso de sustratos, debido a que se ha encontrado que el rendimiento y la calidad de las varas florales aumenta (Mascarini, 1998; Piovano, 2012; Valenzuela, comunicación personal).

Desde la introducción de ésta especie a los mercados nacionales, se han realizado diversos trabajos referidos especialmente al manejo productivo durante la fase de pre cosecha (Mascarini, 1998; Cabrera *et al.*, 2003; Mascarini *et al.*, 2001; Piovano *et al.*, 2012; Valenzuela, comunicación personal). Los mismos han permitido disponer de resultados fundamentales para lograr el establecimiento del cultivo en el país. Sin embargo, los estudios referidos al manejo durante la postcosecha son escasos.

Las empresas continuamente introducen nuevos materiales, pero con escasa información sobre su comportamiento local (Fernández *et al.*, 2007). La información referida al comportamiento postcosecha es aún más escasa y los problemas que se manifiestan durante la comercialización están sin resolver (Puerta *et al.*, 2012). En estudios realizados en los principales mercados mayoristas de flores de la Argentina se encontró que el 72% de las varas evaluadas de gerbera presentaban una duración en florero inferior a cinco días y provenían en su totalidad del cultivo en suelo (Morisigue *et al.*, 2008). En estudios posteriores se encontró que la calidad de las varas provenientes de un ensayo en un cultivo sin suelo era superior respecto a las cultivadas en suelo, sistema utilizado en los establecimientos productivos de la Argentina (Puerta *et al.*, 2011a).

En ciertas cultivares se manifestó el curvado del pedúnculo a los pocos días de ser cosechadas (Morisigue *et al.*, 2008). Este hecho no se correspondió con lo informado en los catálogos comerciales y tampoco con lo encontrado en otros países.

Sería fundamental para la consolidación de la gerbera como cultivo de flor de corte poder disponer de información referida al mantenimiento de la calidad en las etapas posteriores a la cosecha. Para ello es necesario estudiar los mecanismos que causan la pérdida de calidad e implementar prácticas de manejo

eficientes para solucionar los problemas que se presenten durante la vida en florero y así obtener flores de calidad capaces de competir en el mercado nacional e internacional.

De acuerdo a los avances en la materia hasta el presente, y considerando las características del sistema florícola de la Argentina, se observa la necesidad de estudiar las características durante la postcosecha de gerbera para corte cultivada bajo cubierta y mediante cultivo sin suelo, y las tecnologías de postcosecha disponibles a fin de prolongar la vida en florero y mejorar la calidad comercial.

El **objetivo general del proyecto** fue desarrollar tecnología de postcosecha en gerbera que permita mejorar la calidad y disminuir el curvado del tallo.

Los **objetivos específicos fueron**: i) determinar la calidad comercial de algunas cultivares de gerbera y su comportamiento en postcosecha; ii) estudiar las características histoquímicas, metabólicas y estructurales de estas cultivares; iii) evaluar el efecto de la utilización de una solución de cloruro de calcio sobre el curvado del pedúnculo floral.

iv- BIBLIOGRAFÍA

- Angles, A., López, D., Carazo, N., Antón, A. & Biel, Y.C. (2003). Ritmo de crecimiento estival de cultivares de *Gerbera jamesonii* bajo dos tipos de invernaderos. *Acta Hort.* 9, 527-532.
- Ávila, A., Bobone, A., Quiroga, N., & Tuma Borgonovo, M. (2013). Apuntes de la cátedra de floricultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 206.
- Bhatia, R., Singh, K.P., Sharma, T.R., & Tripta J. (2011). Evaluation of the genetic fidelity of in vitro-propagated gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus) using DNA based markers. *Plant. Cell. Tiss. Organ. Cult.* 104 (1), 131-135.
- Botondi, R., Esposito, G., Massantini, R., & Mentcarelli, F. (1998). Influence of auxins on stem bending in cut gerbera flowers. *Adv. Hort. Sci.* 127-131.
- Brummell, D.A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. *Funct. Plant Biol.* 33,103–119.
- Cabrera, M., Álvarez, R., & Sosa, A. (2003). Hongos detectados en el filoplano de *Gerbera sp.* Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina.
- Çelikel, F.G., & Reid, M. S. 2002. Storage temperature affects the quality of cut flowers from the Asteraceae. *HortScience* 37 (1), 148-150.
- Cosgrove, D.J. (2005). Growth of the plant cell wall. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 6 (11), 850-861.
- De Capdeville, G., Maffia, L.A., Finger, F.L., & Batista, U.G. (2005): Preharvest calcium sulfate applications affect vase life and severity of gray mold in cut roses. *Sci. Hort.* 103, 329-338.
- Emongor, V.E. (2004). Effects of gibberellic acid on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera jamesonii*). *J. Agron.* 3(3), 191-195.
- Fernández, R., Balcaza, L. F., Gogami, R., Mitidieri, M. S., Brambilla, M. V., Frangi, P. C., & Rosendo, G. (2007). Evaluación de variedades de gerbera (*Gerbera jamesonii*) en la región florícola de La Plata. En: Libro de Actas 30° Congreso Argentino de Horticultura. 1° Simposio Internacional sobre Cultivos Protegidos. La Plata, Argentina.
- Ferrante, A., Alberici, A., Antonacci, S. & Serra, G. (2007). Effect of promoter and inhibitors of phenylalanine ammonia-lyase enzyme on stem bending of cut gerbera flowers. *Acta Hort.* 755, 471-476.
- Garibaldi Accati, E. & Jona, R. (1989). Parameters influencing gerbera cut flower longevity. *Acta Hort.* 261, 63-68.

- Gerasopoulos, D., & Chebli, B. (1998). Effects of scape injected 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) on the vase life of 'Testarossa' cut gerbera. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 123, 921-924.
- Gerasopoulos, D., & Chebli, B. (1999). Effects of pre- and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerbera. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 74, 78–81.
- Hansen, H. V. (1985). Revisión taxonómica del género *Gerbera* (*Compositae*, *Mutisieae*) secciones *Gerbera*, *Parva*, *Piloselloides* (en África), y *Lasiopus*. *Opera Bot.* 78, 5–36. ISBN 87-88702-04-9.
- Hatamzadeh, A., & Shafyii-Masouleh, S.S. (2013). Nano-silver pulsing calcium sulfate improve water relations on cut gerbera flowers. *South Western J. Hortic., Biol. Environ.* 4 8 (1), 1-11. P-ISSN: 2067-9874, E-ISSN: 20687958.
- Lorenzo, G.A. (2003). Rendimiento y calidad de dos variedades de *Gerbera jamesonii* y su relación con el tamaño de contenedor en el primer año de producción. 1ª ed., Buenos Aires, Facultad de Agronomía-UBA, p. 253-261.
- Marousky, J. (1986). Vascular structure of the gerbera scape. *Acta Hortic.* 181, 399–405.
- Martínez, G. (2008). Metodologías destinadas a retrasar el proceso de senescencia durante la postcosecha. En: Libro de actas 4º Congreso Argentino de Floricultura y Plantas ornamentales. 10º Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes, Argentina. ISBN: 978-987-521-326-5.
- Mascarini, L. (1998). Gerbera cultivation in growing media. *Hortic. Int.* 6, 86-88.
- Mascarini, L. (2005). Gerbera: Manejo del cultivo para flor de corte. Apuntes de la cátedra de floricultura. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Mascarini, L., Delfino, O.S., & Vilella, F. (2001). Evapotranspiration of two *Gerbera jamesonii* cultivars in hydroponics: adjustment of models for greenhouses. *Acta Hortic.* 554, 261-269.
- Mentcarelli, F., Agostini, R.R., Botondi, R., & Massantini, R. (1995). Ethylene production, ACC content, PAL and POD activities in excised section of straight and bent gerbera scapes. *J. Hort. Sci.* 70, 09-416.
- Morisigue, D., Mata D., & Villanova, I. (2008). Caracterización de unidades comerciales de flores de corte en los mercados mayoristas de alrededores del Gran Buenos Aires. En: Libro de Actas 4º Congreso Argentino de Floricultura y Plantas ornamentales. 10º Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes, Argentina. ISBN: 978-987-521-326-5.

- Mur, M., Serrano, M., Pretel, M.T., Martínez Madrid, M.C., & Romojaro, F. (2003). Vida comercial de gerbera en postcosecha. *Hortic. Int.* 42, 40-47.
- Nazari deljou M.J, Khalighi A., Arab M. & Karamian R. (2011). Postharvest evaluation of vase life, stem bending and screening of cultivars of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) flowers. *Afr. J. Biol. Technol.* 10 (4), 560-566. ISSN 1684–5315.
- Nell, T., & Reid, M. (2002). Poscosecha de las flores y plantas. Estrategias para el siglo 21. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp 216. ISBN 978-958-96864-5-4.
- Nowak, J., & Rudnicki R.M. (1990). Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plants. Portland, Oregon, Timber Press Inc., pp. 210.
- Paulin, A. (1997). Poscosecha de las flores cortadas. Bases fisiológicas. 2ª ed. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp. 142.
- Perik, R.R., Razé, D., Ferrante, A., & Van Doorn, W.G. (2014). Stem bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers: Effects of a pulse treatment with sucrose and calcium ions. *Postharv. Biol. Technol.* 98, 7-13.
- Perik, R.R., Razé, D., Harkema, H., Zhong, Y., & van Doorn, W.G. (2012). Bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. *Postharv. Biol. Technol.* 74, 11-18.
- Piovano, M.V., Occhiuto, P.N., Foschi, M.L., & Morisigue, D.E. (2012). Evaluación de variedades de gerbera en Luján de Cuyo, Mendoza. En: Libro de Actas 35º Congreso Argentino de Horticultura, Corrientes, Argentina, pp 35.
- Rangel Estrada M., & Ruiz Posadas L. (2006). Calcio en el cultivo de la gerbera. En: Libro de actas del 3º Encuentro de participación de la mujer en la ciencia. León, México.
- Reid M. (2001). Advances in shipping and handling of ornamentals. *Acta Hortic.* 543, 277-284.
- Rudnicki, R.M., Goszczyńska, D., & Nowak, J. (1986). Storage of cut flowers. *Acta Hortic.*, Noordwijkerhout, 1(181), 285-296.
- Salinger, J. P. (1991). Producción comercial de flores. Zaragoza, Acribia S.A., pp. 371. ISBN: 84-200-0701-3.
- Sane, A., & Narayana G. (2001). Characterization of gerbera (*Gerbera jamesonii*) cultivars using morphological characters. *Plant Genetic Resources Newsletter* 128, 64-67. ISSN: 1020-3362.

- Sardoei, A. S. (2014). Effect of gibberellic acid and calcium chloride on keeping quality and vase life of narcissus (*Narcissus tazetta*) cut flowers. J. Plant, Animal Environ. Sci. 4 (2), 473-478. ISSN: 22314490.
- Soad, M.M., Ibrahim, Lobna, S. Taha & Rawia, A.E. (2011). Extending postharvest life and keeping quality of gerbera cut-flowers using some chemical preservatives. J. Appl. Sci. Res. 7 (7), 1233-1239. ISSN 1819-544X.
- Soroa, R. (2000). Producción alternativa de *Gerbera jamesonii* para una floricultura urbana. Tesis (M. Sc.). La Habana, UNAH. 85 p.
- Soroa, M. (2005). Revisión bibliográfica: *Gerbera jamesonii* L. Bolus. Cultivos Tropicales. 26 (4), 65-75.
- Steinitz, B. (1982). The role of sucrose in stabilization of cut gerbera flower stalks. Gartenbauwissenschaft. 47, 77-81.
- Van Ieperen, W., & Van Gelder, A. (2006). Ion-mediated flow changes suppressed by minimal calcium presence in xylem sap in *Chrysanthemum* and *Prunus laurocerasus*. J. Experim. Bot. 57(11), 2743-2750.
- Verdugo, G, Biggi, M., Montesinos, A., Soriano, C., & Chahin, G. (2006). Manual de poscosecha de flores. Fundación para la innovación agraria. Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, pp. 74.
- Vidalie H. (1983). Producción de flores y plantas ornamentales. Madrid, España, Mundi Prensa, pp 263. ISBN: 84-7114-128-0.
- Wernett, H.C., Wilfert, G.J., Sheehan, T.J., Marousky, F.G., Lyrene P.M., & Knauff, D.A. (1996). Postharvest longevity of cut flower gerbera in response to selection for vase life of components. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 121, 216-221.

1- CAPÍTULO 1. “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD COMERCIAL DE LAS CULTIVARES DE *Gerbera jamesonii* L. ‘SUPER NOVA’, ‘DUNE’ y ‘RUBY RED’ Y EVALUACIÓN DE SU COMPORTAMIENTO EN FLORERO”



1- CAPÍTULO 1. “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD COMERCIAL DE LAS CULTIVARES DE *Gerbera jamesonii* L. ‘SUPER NOVA’, ‘DUNE’ y ‘RUBY RED’ Y EVALUACIÓN DE SU COMPORTAMIENTO EN FLORERO”

1.1- RESUMEN

Se estudió la calidad comercial de las cultivares de *Gerbera jamesonii* L. Super Nova (‘Amarilla’), Dune (‘Naranja’) y Ruby Red (‘Roja’). Las varas florales se desarrollaron bajo cubierta y mediante el sistema de cultivo sin suelo, dentro de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA San Pedro, Buenos Aires (Latitud: 33° 41' Sud, Longitud: 59° 41' Oeste). Las varas florales fueron cosechadas y clasificadas utilizando los estándares de calidad comercial de Veiling Holambra. Posteriormente se determinó el comportamiento postcosecha. Se determinó la duración en florero, los indicadores del fin de la vida en florero, la curvatura y longitud del pedúnculo floral, el consumo de agua, el peso fresco de la vara floral y la conductividad eléctrica y pH del agua del florero. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y las medias se diferenciaron mediante el test de Tuckey al 0,05%. Las tres cultivares evaluadas alcanzaron la categoría de calidad A1, que es la categoría de superior calidad en el estándar utilizado. Todos los parámetros de calidad se cumplieron satisfactoriamente. El comportamiento en florero se diferenció entre las tres cultivares, prácticamente se duplicó la duración en florero de las cultivares ‘Amarilla’ y ‘Naranja’ respecto de la ‘Roja’. El indicador del fin de la vida en florero para la cultivar ‘Roja’ fue el curvado del pedúnculo floral y para las cultivares ‘Amarilla’ y ‘Naranja’ la caída de lígulas junto a la apertura de las flores centrales del capítulo. El curvado del pedúnculo floral ocurrió sólo en la cultivar ‘Roja’, y en la porción distal del mismo. Los pedúnculos florales de las tres cultivares se elongaron durante su vida en florero y lo hicieron en la misma magnitud. La cultivar ‘Roja’ duplicó el consumo de agua respecto de las otras dos. La pérdida de peso fresco fue superior en la cultivar ‘Roja’. La CE y el pH del agua del florero se incrementó en las tres cultivares, siendo de mayor magnitud en la cultivar ‘Roja’. Los resultados obtenidos sugieren que podría haber diferencias anatómicas, estructurales, bioquímicas y/o metabólicas entre las mismas y entre las diferentes partes de la vara floral.

Palabras claves: *Gerbera jamesonii* L.; cultivo sin suelo, calidad comercial

1.2- ABSTRACT

The commercial quality of cultivars of *Gerbera jamesonii* L. Super Nova, Dune and Ruby Red were studied. Plants were grown under greenhouse and soil less culture, at INTA Agricultural Experimental Station of San Pedro, Province of Buenos Aires (33 ° 41' S, 59 ° 41' W). Floral rods were handpicked and classified following Veiling Holambra standards. Subsequently postharvest behavior was studied. Vase life, flower span indicator, curvature and length of the floral stalk, water consumption and the fresh weight of the floral stick and electrical conductivity and pH of the water of the vase were recorded. Results were analyzed through ANOVA and means separated through Tuckey test 0.05%. The three cultivars evaluated reached the category of quality A1, which is the highest. Vase life was double for Super Nova and Dune compared to Ruby Red. The flower life end was the curvature for Ruby Red, and the ligule fall and the opening of the central flowers for the other cultivars. Bending only happened in Ruby Red, and on the top part. Floral rods elongated similarly during the experiment in the three cultivars. Ruby Red water consumption was double compared to the others. Fresh weight loss was higher in Ruby Red. EC and pH increased in the three cultivars, being higher in Ruby Red. Results might indicate some anatomic, tissue, biochemical and/or metabolic differences among cultivars and among parts of the floral rod.

Key words: *Gerbera jamesonii* L.; commercial quality, soil les.

1.3- INTRODUCCIÓN

La calidad final del producto depende tanto de las características propias del mismo como del manejo que se implemente tanto en el cultivo como en las etapas posteriores a la cosecha (Paulin, 1997; Bouzo, 2007). En las flores de corte, la elección de la cultivar, los factores agronómicos y ambientales durante el cultivo, y las labores que se realizan en la postcosecha son determinantes de la calidad final de las mismas (Ávila *et al.*, 2013).

La duración postcosecha de las flores de corte difiere entre especies y cultivares dado que la longevidad de la flor, entre otros factores está regulada genéticamente (Reid, 2009; Di Benedetto, 2004; Ávila *et al.*, 2013). Las características genéticas de la especie son responsables de la anatomía y de todos los procesos fisiológicos y bioquímicos que controlan el crecimiento, desarrollo y senescencia (Mur *et al.*, 2003). Se han encontrado diferencias significativas en la longevidad de distintas cultivares, a pesar de haber crecido en similares condiciones y bajo el mismo manejo durante la postcosecha. Las características propias de cada cultivar, especialmente su anatomía y fisiología resultan decisivas en la calidad final (Nell & Reid, 2002; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Ávila *et al.*, 2013).

Marousky (1986), Ferrante & Serra (2009) y Perik *et al.* (2012), expresaron que existen diferencias entre las diferentes cultivares de gerbera a nivel de los diferentes segmentos del pedúnculo floral en cuanto a la estructura anatómica y a la composición química que determinan la mayor o menor resistencia mecánica y con ello, la duración en florero. Bañon *et al.* (1993) encontraron que las cultivares que tenían tallos más gruesos tuvieron una mayor vida en florero. Además de la duración, también se observó que la diferente sensibilidad al curvado del pedúnculo durante su conservación en florero, dependió de la cultivar (Garibaldi & Jona, 1989; Ferrante *et al.*, 2007, Reid, 2009 y Nazari *et al.*, 2011).

Las diferencias de calidad también están relacionadas con el metabolismo propio de cada cultivar. Consecuentemente se originan diferencias en la velocidad e intensidad con que se manifiestan los síntomas de senescencia (Eason *et al.*, 2007), tales como la pérdida de agua (Halevy, 1976; Van Meeteren, 1978a; Van Meeteren, 1979; Halevy & Mayak, 1981; Paulin, 1997; Perik *et al.*, 2012, Liao, 2003), salida de iones desde las células (Van Meeteren, 1980; Borochoy *et al.*, 1976; Paulin, 1997), consumo de reservas energéticas (Acock & Nichols, 1979; Irving & Joyce, 1995; Ichimura *et al.*, 1999,

Liao *et al.*, 2000; Ranwala & Miller, 2000; Han, 2003, Coupe *et al.*, 2003; Gapper *et al.*, 2005; Ichimura *et al.*, 2006; Cho *et al.*, 2001; Eason *et al.*, 2007 y Locke, 2010), entre otros síntomas. Estas diferencias metabólicas finalmente determinan diferencias en la vida en florero de las flores.

Numerosos trabajos realizados en otros países demostraron la influencia de la cultivar en la calidad postcosecha de gerbera (Van Meeteren 1978 b; Van Doorn, 1994; Philosoph Hadas, 1995; Botondi, 1998; Liao, 2003; Singh, 2005; Rangel Estrada & Ruiz Posadas, 2006; Nazari *et al.*, 2011; Soad *et al.*, 2011; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Perik *et al.*, 2012; Geshnizjany, 2014; Perik *et al.*, 2014). Estos autores resaltaron la importancia de disponer de información acerca del comportamiento postcosecha de cada cultivar para así poder dar el destino comercialmente adecuado a cada una.

La calidad y duración postcosecha de las varas de gerbera también está condicionada por el sistema de cultivo utilizado. En otros países, se ha encontrado menor rendimiento y calidad en cultivos desarrollados en suelos respecto al cultivo sin suelo (Bañón, 1993; Soroa, 2005). La gerbera tiene altas exigencias edáficas y nutricionales. Requiere que los nutrientes estén fácilmente disponibles y un medio con alta capacidad de retención hídrica, pero con buen drenaje (Mascarini, 1998). Al respecto, Soroa (2000) encontró que el tipo de sustrato utilizado influye en el rendimiento y calidad del cultivo de gerbera. El sistema de cultivo sin suelo también es recomendado para aumentar la producción y para mejorar la calidad, dado que se obtiene una mejor sanidad de la planta y una menor probabilidad de llevar patógenos de campo. El cultivo sin suelo además permite lograr una mayor homogeneidad en cuanto a la calidad de las varas florales cosechadas (Soroa, 2005).

Bañón *et al.* (1993) y Martínez & Abdel (1993), expresaron que el aumento en la superficie y número de floricultores que adoptan el cultivo sin suelo se debe a las mayores posibilidades de control del sistema de producción, ya que se logra un manejo más preciso del riego y de la nutrición mineral, como así también a una mayor sanidad y un menor impacto ambiental. Dadas las mejores propiedades físicas y/o químicas del sustrato, en relación con el suelo, la planta entra antes en producción y presenta mayor calidad de flores.

Grafiadellis *et al.* (2000) sostienen que el sistema de cultivo sin suelo en gerbera para corte es una innovación que puede mejorar los márgenes de ganancias de los productores. Los autores destacan la importancia de realizar la adecuación de la tecnología a la realidad productiva de cada de producción para

así poder lograr una mejora en la eficiencia física, un mayor rendimiento y calidad y con ello mejores oportunidades de comercialización.

Mascarini *et al.* (1998) y Piovano (2012) hallaron que el cultivo sin suelo de gerbera para corte brinda excelentes resultados en las condiciones de las principales regiones productivas de Argentina y está siendo adoptado paulatinamente por los productores. Los autores afirman que se logra satisfacer las altas exigencias hídricas y nutricionales de la especie, obteniéndose plantas con mejor sanidad, más precoces, y con uniformidad en cuanto a largo de vara y diámetros de capítulos. Además, agregan que la mayor disponibilidad hídrica permite que las varas florales se mantengan turgentes por más tiempo. La adopción de éste tipo de tecnologías, presenta ventajas productivas, pero también demanda mayor conocimiento, experimentación y ajuste a las condiciones locales, acompañado de un cambio en la gestión de los establecimientos florícolas de Argentina (Ávila *et al.*, 2013).

El actual sistema de comercialización de Argentina, caracterizado por la escasa difusión y promoción del consumo, limita la expansión del mercado florícola nacional. Se necesitaría de una mayor integración entre los participantes de la cadena productivo-comercial para que la producción, especialmente de nuevas especies y variedades llegue al público consumidor, y lo haga satisfaciendo la creciente demanda de calidad del mismo (INTEA, 2003; Ávila *et al.*, 2013).

En otros países, la producción, distribución y comercialización de flores frescas también ha experimentado grandes cambios en las últimas décadas (IBRAFLOR, 2000; Ávila, 2013; Nell y Reid, 2002; Verdugo *et al.*, 2006). La mayoría de las flores de corte eran producidas en las inmediaciones de los mercados minoristas y transportadas hasta ellos, en el mejor de los casos, en forma refrigerada. Actualmente muchas de las flores que se ofertan en los mercados son producidas en otros países, transportadas desde largas distancias y manipuladas por diversos distribuidores, mayoristas, minoristas antes de ser vendidas al consumidor final. A ello se suma la venta de mercadería sin ser visualizada directamente, es decir ventas por internet o en subastas. Independientemente del sistema de comercialización en promedio transcurren entre 6 y 10 días desde que la mercadería es cosechada hasta que llega a manos del consumidor (Nell & Reid, 2002).

El gran crecimiento experimentado por la floricultura, debido a la diversificación de la producción, el aumento en el desarrollo y disponibilidad de nuevas cultivares comerciales, el surgimiento de nuevas

tecnologías, trajo aparejado un complejo sistema de comercialización (IBRAFLOR, 2000). Por lo tanto, se debieran implementar manejos adecuados para evitar pérdidas de calidad y establecer reglas claras y entendibles para todos los integrantes de la cadena comercial.

La utilización de patrones de calidad en la comercialización florícola permitiría elevar el nivel de la floricultura. Así, se conseguiría hablar un lenguaje simple y único, garantizar la calidad de los productos ofertados, proporcionar transparencia en las ventas, facilitar la comparación y formación de precios, permitir las ventas telefónicas y por internet, agilizar el intercambio de información de la cadena productiva, entre otras ventajas. El resultado final sería la unión entre todos los integrantes de la cadena productiva, una mejoría en la calidad y un destino adecuado para el producto de acuerdo a la necesidad del comprador (IBRAFLOR, 2000, Morisigue, 2008).

Entre las normas de calidad vigentes se encuentran el “Reglamento CEE N° 316/68”, que estipula las características de calidad que deben poseer las flores y follajes para el ingreso a los mercados de Europa y el “Manual de regulación de la importación de flores cortadas y follajes, métodos y procedimientos de inspección de USDA” para el ingreso a Estados Unidos.

Por otro lado, los mercados mayoristas de cada país, establecen patrones de calidad para la comercialización de los productos ornamentales. Tal es el caso de Brasil y el mercado “Veiling Holambra”, principal centro mayorista de comercialización de flores y plantas de América. En los “Patrones de calidad de Veiling Holambra” se establecen los criterios de clasificación para cada especie de flor, follaje, o planta en maceta. En la gerbera para corte se considera la homogeneidad del lote, largo y diámetro de la vara, tamaño de la flor, presencia o ausencia de defectos producidas por plagas o inadecuada manipulación, e información adicional referida al manejo postcosecha.

Otros países de Latinoamérica también han logrado mejorar la calidad comercial de flores y plantas mediante la implementación de prácticas adecuadas de postcosecha y la utilización de estándares de calidad para la comercialización de flores y follajes. Por ejemplo, en Colombia desde el año 1996, se implementó un programa denominado “Flor verde” con el cual se logró mejorar la calidad de vida de los trabajadores, proteger el medio ambiente y asegurar altos estándares de calidad (Cabezas Gutiérrez, 2010). El sello de calidad “Flor verde” ha sido un instrumento de competitividad para la floricultura colombiana, y ha servido de modelo para la creación del programa que certifica la calidad de los bananos

colombianos, “Baratura”, y para la creación de un proyecto similar con floricultores ecuatorianos denominado “Flor Ecuador” (Cabezas Gutiérrez, 2010).

En la Argentina, el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agroalimentaria), emitió una normativa para la tipificación de flores y plantas ornamentales en el año 2003. La misma describe sólo las normas de calidad para la comercialización de Rosa (*Rosa hybrida L.*), Clavel (*Dianthus caryophyllus L.*) y Crisantemo (*Chrysanthemum L.*). Las instituciones públicas han comenzado a trabajar en la generación de protocolos de adecuadas prácticas de manejo. Sin embargo, los puntos referidos al manejo postcosecha no han sido abordados en el país (Fernández, 2013 comunicación personal)

A pesar que a escala mundial existe una amplia información bibliográfica que indica el óptimo manejo pre y postcosecha de flores, en Argentina aún es limitado el conocimiento acerca del manejo de gerbera para obtener flores de calidad capaces de competir en el mercado, tanto nacional como internacional. El aumento en la adopción por parte de los productores que ha experimentado la especie en los últimos años indica la necesidad de mejorar la calidad de la oferta y la duración durante la postcosecha.

Por lo tanto, la generación de datos acerca de la calidad comercial de las cultivares de gerbera bajo las condiciones del presente trabajo, permitirá disponer de información referida al comportamiento postcosecha de las cultivares `Ruby Red`, `Dune`, y `Super Nova` que están disponibles en el mercado, pero para las cuales no hay antecedentes del comportamiento durante la postcosecha en el país.

1.4- HIPÓTESIS

La calidad postcosecha de las cultivares de gerbera provenientes del cultivo sin suelo y sometidas a un adecuado manejo postcosecha cumple con los parámetros de calidad exigidos internacionalmente pudiendo presentar diferencias en el comportamiento en florero entre las cultivares bajo estudio.

1.5- OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la calidad comercial y el comportamiento postcosecha de las cultivares de *Gerbera jamesonii* L. 'Super Nova', 'Dune' y 'Ruby Red'.

Objetivos específicos

- Caracterizar los parámetros de calidad utilizados para la comercialización de flores de corte.
- Estudiar el comportamiento postcosecha de las varas florales de las tres cultivares bajo estudio durante su vida en florero.

1.6- METODOLOGÍA Y MATERIALES UTILIZADOS

Ubicación geográfica del sitio de investigación

El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental Agropecuaria San Pedro, perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA INTA San Pedro), ubicada en la localidad de San Pedro, provincia de Buenos Aires, Argentina (33° 41' S, 59° 41' O).

Las cultivares de gerbera se desarrollaron en un invernáculo tipo parabólico con techo y laterales de polietileno de 200 µm y ventilación cenital tipo guillotina.

El cultivo se inició mediante plantines comerciales provistos por la empresa Florist Holland, en diciembre del 2009. Se utilizaron macetas de polietileno negro de 12 L de volumen, situando una planta por maceta.

El sustrato estuvo compuesto por turba de musgo *Sphagnum* y perlita, en proporción 3:2 (v:v) (Figura 1).

La recolección de las varas florales utilizadas en los ensayos de postcosecha se realizó mediante un muestreo al azar.



Figura 1. Plantas de gerbera en invernáculo y bajo el sistema de cultivo sin suelo en la EEA INTA San Pedro.

Material vegetal

Las cultivares evaluadas fueron: i) 'Super Nova'; ii) 'Dune'; y iii) 'Ruby Red'. La cv. 'Super Nova', se caracteriza porque al momento de la cosecha, presenta lígulas de color amarillo y centro "corazón" verde. El término "corazón" se refiere a las flores masculinas que aún permanecen cerradas al momento de la cosecha y que están dispuestas en el centro del capítulo. La cv. 'Dune' por su parte, se caracteriza por presentar lígulas de color naranja y "corazón" negro y la cv. 'Ruby Red' posee lígulas de color rojo y "corazón" negro.

Con el fin de facilitar la lectura en el presente trabajo, a la cultivar 'Super Nova' se la denominó 'Amarilla'; a la cultivar 'Dune' se la denominó 'Naranja' y a la cultivar 'Ruby Red' se la denominó 'Roja' (Figura 2).

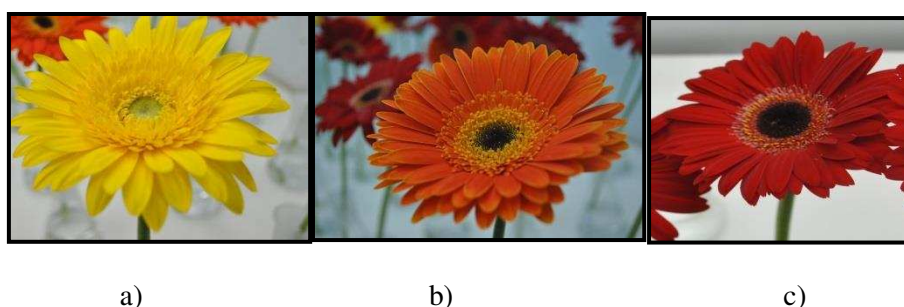


Figura 2. Cultivares de gerbera evaluadas: a) Cultivar 'Amarillo' ('Super Nova'), b) Cultivar 'Naranja' ('Dune') y c) Cultivar 'Roja' ('Ruby Red').

Todas las cultivares recibieron idéntico manejo agronómico, realizándose el riego a través de un sistema por goteo con un pico individual por maceta, con un caudal de 2 L h⁻¹. Se realizaron tres riegos diarios, cuya duración estuvo regulada por la demanda ambiental, calculada por evaporación de tanque. Los nutrientes necesarios para el desarrollo del cultivo fueron provistos a través de una solución de fertirriego según lo recomendado por Gavilán, 2004.

El cultivo se mantuvo libre de malezas y plagas a través de control químico y mecánico.

Se registró la temperatura y humedad relativa dentro del invernáculo con una frecuencia de 60 minutos.

Se utilizó para ello un datalogger digital (Lascar Electronics Inc., THD 8358, USA).

Cosecha, acondicionamiento y clasificación del material vegetal

La cosecha se realizó durante el mes de noviembre de 2010. Diariamente se examinó el cultivo entre las 7:00 y 8:00 hs AM, procediéndose a realizar la cosecha de las varas florales que presentaban el grado de desarrollo adecuado para la especie. Es decir, sobre aquellos capítulos que presentaban entre 1 a 3 filas de flores masculinas visibles en el centro del mismo (Gerasopoulos & Chebli, 1999; Trujillo *et al.*, 2006).

La cosecha se realizó en forma manual, tomando la vara floral por el extremo basal y realizando una leve torsión sobre el mismo eje, de modo de obtener un desprendimiento neto y mantener la sanidad de la planta (Figura 3). Las varas cosechadas fueron colocadas en baldes o recipientes de polietileno de alta densidad de 10 L de volumen. Los mismos no tuvieron un uso previo, así mismo fueron lavados con detergente y enjuagados con agua corriente potable y posteriormente un enjuague final con agua destilada. Se utilizaron tres baldes, uno por cada cultivar.



Figura 3. Examen visual diario realizado en el experimento sobre las plantas de gerbera para la determinación del momento óptimo de cosecha de cada cultivar.

En el momento de la cosecha, cada balde se llenó con una solución de agua destilada clorada, la que contenía una concentración de 100 ppm de cloro, utilizando una solución comercial de hipoclorito de sodio de 55 gr L⁻¹ de cloro, donde se adicionaron 1,8 mL por cada litro de agua destilada. En cada balde se colocaron 9 mL de la solución comercial de hipoclorito de sodio, con un volumen final de 5 L. Mediante la utilización de un pH metro digital de mano, se corroboró que el pH de la solución no fuera superior a 7,0, con el fin de asegurar la efectividad del desinfectante y facilitar la absorción de agua por parte de la vara floral. Inmediatamente después de la cosecha las varas fueron trasladadas en dichos recipientes al

Laboratorio de Postcosecha para su posterior clasificación, selección y acondicionamiento (Figura 4). Dicho laboratorio se encontraba a 200 metros del cultivo, en el mismo predio de la EEA INTA San Pedro. Las varas florales permanecieron en los baldes que contenían la solución clorada durante una hora, a fin de eliminar las posibles fuentes de patógenos provenientes del campo.



Figura 4. Momento de realización del transporte de las varas florales recientemente cosechadas al Laboratorio de Postcosecha para realizar las operaciones de clasificación, selección y acondicionamiento.

Determinación de la calidad comercial

Para la determinación de la calidad de las varas florales se siguieron los estándares comerciales para gerbera de corte del mercado `Veiling Holambra´ (San Pablo, Brasil), por ser uno de los mercados de flores y plantas más importantes a nivel mundial. Dicho estándar considera características medibles tanto en el pedúnculo como en el capítulo y características visuales clasificadas como “defectos graves” o defectos leves”. Dicha norma o estándar exige un 95 % de uniformidad en los lotes de flores evaluadas y establece un límite de tolerancia para defectos graves o leves. Los defectos graves son aquellos que pueden continuar agravándose durante la comercialización. Así, en el mencionado estándar se establecen dos categorías de calidad denominadas `A1´ (mayor calidad) y `A2´ (menor calidad). A su vez, el estándar de `Veiling´ incluye las exigencias europeas (reglamento CEE N° 316/68) para la comercialización de flores de corte (Tabla 1).

Tabla 1. Estándar para la determinación de la calidad de gerbera utilizado en el mercado de `Veiling Holambra´ situado en la ciudad de San Pablo, Brasil.

Parámetro de calidad	Categoría de calidad	
	A1	A2
Longitud de la vara	Mayor a 50 cm	Entre 35-49
Grosor del pedúnculo	Mínimo de 5-6 mm	Mínimo de 5-6 mm
Tamaño del capítulo	Mayor a 10 cm	Menor a 10 cm
<i>Tolerancia de defectos graves (%)</i>		
Deshidratación	cero	cero
Daños por hongos (sclerotinia, mildew, oídio)	cero a tres	cero a cinco
Daños por plagas (trips, ácaros, pulgones)	cero	Hasta tres
Daños mecánicos	Hasta tres	Hasta cinco
<i>Tolerancia de defectos leves (%)</i>		
Deformación del pedúnculo	Hasta cinco	Hasta ocho

Donde;

- Longitud de la vara: es la longitud que presenta el pedúnculo desde la base del mismo hasta el inicio del capítulo.
- Grosor del pedúnculo: se refiere al diámetro del pedúnculo en su porción media
- Tamaño del capítulo: se refiere al diámetro que posee el capítulo
- Deshidratación: se refiere al aspecto marchito y débil que produce la pérdida de agua, ya sea en el pedúnculo o capítulo floral.
- Daños producidos por plagas y/o enfermedades: se refiere a la presencia del patógeno o al síntoma producido por el o los mismos.

- Deformación del pedúnculo: se refiere al desvío de la forma rectilínea en el pedúnculo, presentando por lo tanto una forma de “s” o curvatura mayor a 10 cm respecto de una línea horizontal.

Considerando este estándar y sus especificaciones, en este trabajo para la medición de la longitud de la vara se utilizó una cinta métrica graduada en centímetros y milímetros. Para la medición del diámetro del pedúnculo y del capítulo se utilizó un calibre digital (Mitutoyo, serie 500, Japón). La curvatura del pedúnculo se determinó utilizando una placa graduada con una escala en grados sexagesimales. La vara floral fue tomada por la parte media-inferior y apoyada sobre dicha placa en el punto correspondiente a cero grados.

Una vez que se determinó la calidad comercial, se seleccionaron varas florales homogéneas para realizar la evaluación del comportamiento en florero. Para ello se descartaron aquellos pedúnculos en forma sigmoidea, o con deformaciones, o con una curvatura superior a 10° con respecto a la vertical, lígulas anormales, decoloradas, o dañadas mecánicamente, y capítulos con diámetro superior a 12 cm e inferior a 9 cm.

La base de los pedúnculos fue cortada en bisel a 35 cm debajo del capítulo. Posteriormente las varas fueron colocadas en floreros. Como floreros se utilizaron erlenmeyer de vidrio de 250 mL de volumen. Los mismos fueron previamente lavados con detergente, desinfectados con agua destilada previamente clorada y enjuagados con abundante agua potable y posteriormente agua destilada.

Se colocaron 200 mL de agua destilada (sin clorar) en cada florero, no realizándose el recambio del contenido durante la vida en florero.

A los fines de evitar la evaporación y posible contaminación se cubrió la abertura de cada erlenmeyer con parafilm. Para ello se recortó una porción de parafilm de 10 cm de ancho por 10 cm de largo. Luego se realizó un orificio en el centro del mismo de modo de poder introducir la vara sin que la misma sea dañada.

Se colocó una vara por florero e inmediatamente se situaron en mesadas especialmente acondicionadas en una sala de postcosecha. La misma consistió en un recinto con condiciones ambientales controladas. El objetivo de utilizar esta sala, fue simular las condiciones a las que son expuestas las flores luego de ser

comercializadas y disponer de un ambiente con condiciones ambientales homogéneas y controladas en el tiempo que permita la evaluación de la calidad durante la postcosecha (Paulin, 1997; Çelikel & Reid, 2002; Trujillo *et al.*, 2006; Sosa Nan, 2007).

Para disponer de la sala de postcosecha se acondicionó una cámara de control de temperatura existente en la EEA San Pedro, cuyas dimensiones fueron de 3 m de longitud, 2 m de ancho y 2 m de altura. Se procedió a la limpieza y desinfección de la misma con agua clorada (100 ppm de cloro). Se instaló un extractor de aire, y se proveyó de un sistema de iluminación y un temporizador para controlar los períodos de luz y oscuridad (Figura 5).

Las condiciones ambientales dentro de la sala fueron las siguientes: humedad relativa entre 55-65 %, temperatura $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una frecuencia de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. La fuente de luz fueron tubos fluorescentes de luz blanca fría, cuya intensidad medida a la altura de las mesadas fue de 900 lux (Paulin, 1997; Sosa Nan, 2007; Çelikel & Reid, 2002; Trujillo *et al.*, 2006). Se utilizó un luxómetro (Hanna, Hi 97500, México) para medir la homogeneidad en la intensidad lumínica. La ventilación fue provista mediante un extractor de aire colocado en el extremo inferior del recinto. Las condiciones ambientales dentro de la sala fueron monitoreadas con un datalogger digital (Lascar Electronics Inc., THD 8358, USA) de modo de asegurar que no hubiese diferencias en las distintas partes de la sala.

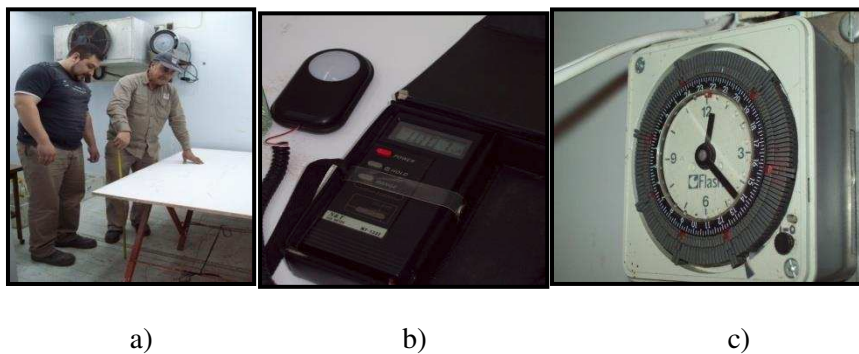


Figura 5. Detalles de la sala de postcosecha acondicionada para la realización del experimento con la construcción de la mesada (a), la medición de la intensidad lumínica (b) y el temporizador para la operación automática del sistema lumínico (c).

Diseño del experimento y análisis de los resultados: Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 3 repeticiones por tratamiento. Los mismos correspondieron a cada una de las cultivares de gerbera evaluadas; Tratamiento 1: cv. `Roja`; tratamiento 2: cv. `Amarilla` y tratamiento 3: cv. `Naranja`.

Las mediciones fueron realizadas utilizando 15 varas florales por cada tratamiento. Por lo tanto, se evaluaron un total de 45 varas por cada tratamiento. La unidad experimental fue el florero (Figura 6). Los resultados de las determinaciones realizadas se sometieron un análisis de la varianza. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los valores medios, se compararon utilizando el test de Tuckey, con un nivel de significancia del 95 %. Para analizar los datos se utilizó el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2010).



Figura 6. Disposición de los floreros en la mesada de la sala de postcosecha al momento del inicio del experimento.

Siguiendo la metodología descrita anteriormente se realizó un segundo ensayo al siguiente mes, donde se evaluaron nuevamente todas las variables mencionadas anteriormente. Debido a que los resultados encontrados fueron muy similares, se han presentado sólo los resultados correspondientes al primer ensayo.

Mediciones realizadas para evaluar el comportamiento en florero

Las determinaciones se realizaron en dos momentos, al inicio y al fin del ensayo postcosecha y sobre distintas partes de la vara floral: capítulo y distintas porciones del pedúnculo (segmento 1 y segmento 2).

En inicio del ensayo se correspondió con el día en que se realizó la cosecha de las varas y se acondicionaron para ser colocadas en los floreros dando inicio al experimento de postcosecha. Se denominó “INICIO” para indicar éste momento.

El fin del ensayo se correspondió con el fin de la vida en florero. El fin de la vida en florero ocurrió en el momento en que las varas florales presentaron un aspecto visual que indicó la pérdida de calidad y que imposibilitó cumplir con el objetivo de ornamento, propio de toda flor de corte. En gerbera, dicho momento está determinado por el curvado del pedúnculo floral, y/o apertura de las flores de la inflorescencia, y/o caída de las lígulas del capítulo (Trujillo *et al.*, 2006; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Perik *et al.*, 2012; Perik *et al.*, 2014). Se denominó “FIN” para cada vez que se necesitó indicar éste momento del experimento.

La vara floral se dividió para el estudio de las variables correspondientes en las siguientes partes; capítulo floral y pedúnculo floral. A su vez el pedúnculo se dividió en dos segmentos; segmento 1 y segmento 2. El segmento 1 es la porción comprendida inmediatamente por debajo del capítulo y hasta los 13 +/- 2 cm de longitud (Wilberg, 1973; Botondi *et al.*, 1998; Gerasopoulos & Chebli, 1999; Perik *et al.*, 2012).

El segmento 2 se corresponde con la porción basal del pedúnculo floral. En éste trabajo se definió como la porción del pedúnculo comprendida entre los 15 y los 35 cm de longitud (Figura 7). Al iniciar el ensayo de postcosecha la longitud del pedúnculo floral se unificó mediante el corte a 35 cm por debajo del capítulo.

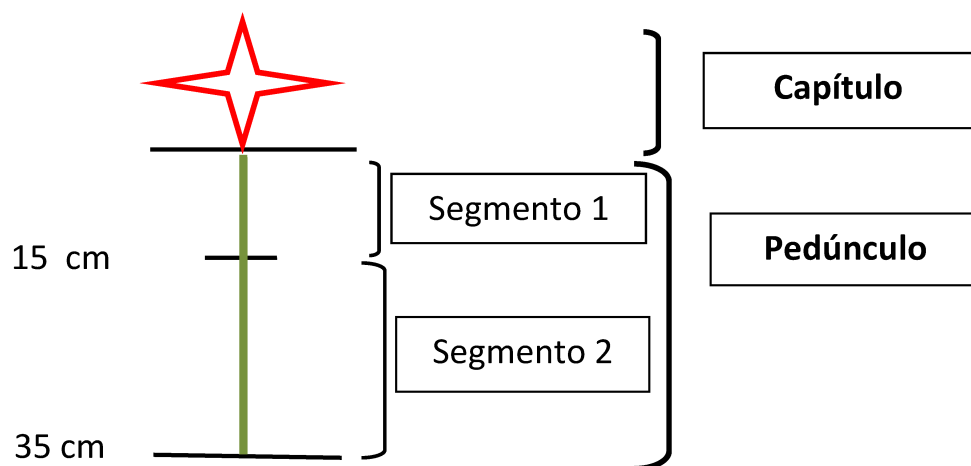


Figura 7. Esquema indicativo de la vara floral de gerbera y sus partes: capítulo, segmento 1 y segmento 2 del pedúnculo.

Se determinó: i) la duración de la vida en florero, ii) los indicadores del FIN de la vida en florero; iii) el grado de curvatura del pedúnculo floral; iv) Peso fresco de la vara floral entera y por partes; v) el consumo de agua de la vara floral; vi) la longitud del pedúnculo floral entero y por segmentos; vii) la conductividad eléctrica (CE) y el potencial hidrógeno (pH) en el agua florero.

i) La **duración de la vida en florero** se consideró al tiempo transcurrido en días desde el INICIO hasta alcanzar el FIN de la vida en florero.

ii) El momento del **FIN de la vida en florero**, estuvo determinado por el curvado del pedúnculo y/o el marchitamiento y caída de lígulas. Dependiendo de la cultivar en cuestión y de la influencia de factores externos al vegetal predominaron unos sobre otros (Trujillo *et al.*, 2006; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Perik *et al.*, 2012; Perik *et al.*, 2014). Por ello, para cada cultivar se determinó el indicador más representativo del FIN de la vida en florero, a través de la observación visual y registro del comportamiento en el florero.

iii) El **grado de curvatura del pedúnculo floral** se cuantificó utilizando la placa graduada en grados sexagesimales construida *ad hoc* mediante la medición de la inclinación del pedúnculo respecto de una línea vertical y el lugar donde se produjo la misma. El lugar donde se produjo la curvatura se registró a

través de la medición de la longitud comprendida entre la inserción del capítulo y el punto de curvado en el pedúnculo, para cuya medición se utilizó una regla gradada en centímetros. Para la clasificación de la curvatura se siguió la escala expuesta por Sosa Nan (2007). La misma indica que ángulos comprendidos entre 0° y 45° se corresponden con un grado de curvatura I (leve). Ángulos comprendidos entre 45 y 90° se corresponden con un grado de curvatura II (moderada) y finalmente ángulos mayores a 90° se corresponden con un grado de curvatura III (avanzada), situación ésta última que imposibilita la comercialización como flor de corte (Çelikel y Reid (2002).

iv) Para la determinación del peso fresco de la vara floral se utilizó una balanza granataria de dos dígitos de precisión (Ohaus, SP402, USA). Para la determinación del **peso fresco de la vara entera**, se colocó la vara dentro de una probeta, previamente tarada, con el fin de dar sostén a la vara, y se procedió al registro del peso tanto al INICIO como al FIN del experimento.

Para la determinación del peso fresco de la vara por partes, se procedió a la separación de la vara en las siguientes partes: capítulo, segmento 1 y segmento 2 y se procedió a pesar cada parte. Se utilizó una tijera afilada para realizar la separación de cada parte. De ésta forma se obtuvo el **peso fresco de la vara por partes** (peso fresco segmento 1, peso fresco segmento 2 y peso fresco del capítulo).

v) El **consumo de agua de la vara floral** se determinó a través de la diferencia de peso entre el florero con agua y sin vara al INICIO y al FIN del ensayo. Para ello, se procedió a pesar cada florero al INICIO del ensayo conteniendo la vara floral y 200 mL de agua, con su abertura cubierta con parafilm. Luego al FIN de la vida en florero se volvió a pesar el mismo retirando cuidadosamente la vara floral (Sosa Nan, 2007). Se utilizó una balanza granataria de dos dígitos de precisión (Ohaus, SP402, USA) que permaneció en la sala de postcosecha durante todo el ensayo. Se consideró despreciable la pérdida de peso seco por efecto de la respiración de sustratos carbonados.

Se utilizó un florero conteniendo también 200 ml de agua destilada y con su abertura cubierta con parafilm pero sin vara floral que permaneció durante todo el ensayo y fue medido al FIN de la vida en florero con el objetivo de corroborar que no se haya perdido agua por evaporación.

vi) La medición de la **longitud del pedúnculo floral de la vara entera y por segmentos** se realizó con el objetivo de evaluar si se produjo variación del mismo durante la vida en florero. Al INICIO del ensayo, se unifico la longitud de las varas a 35 cm mediante el corte basal de las mismas y se procedió a realizar una

pequeña marca con un marcador de fibra cada 5 cm, siguiendo la metodología indicada por Perik *et al.*, (2012). Esta medición se realizó con el fin de determinar el lugar donde se produce el alargamiento de las varas florales. La marcación en el pedúnculo se inició inmediatamente por debajo del capítulo. De ésta forma quedaron identificados 7 segmentos de 5 cm de longitud. Al FIN de la vida en florero se procedió a medir nuevamente la longitud de la vara floral entera y la longitud de cada segmento señalado.

vii) La **CE y el pH de la solución de los floreros** fueron medidos utilizándose un conductímetro (Thermo Orion, 145, USA) y un medidor de pH electrónico (Horiba, M-12, Japón).

Para poder comparar los resultados obtenidos entre las cultivares bajo estudio se elaboró un coeficiente diario de variación al que se denominó “Tasa de variación diaria”. Para el cálculo de este coeficiente se utilizaron los valores medios correspondientes a la determinación en cuestión de cada cultivar, al INICIO, al FIN y durante la vida en florero, utilizándose la siguiente ecuación:

Tasa de variación diaria = (Valor medio al FIN-Valor medio INICIO) /VF media

Donde;

Valor medio al FIN: es el valor correspondiente a la media obtenida en el análisis estadístico de las muestras tomadas al FIN de la vida en florero.

Valor medio INICIO: es el valor correspondiente a la media obtenida en el análisis estadístico de las muestras tomadas al INICIO de la vida en florero

VF media: es la vida en florero, expresada en días, correspondiente a la media obtenida en el análisis estadístico para cada cultivar.

El valor positivo de dicho coeficiente indica un incremento en la determinación en cuestión, respecto del valor inicial. El valor negativo del mismo indica una disminución respecto al valor inicial.

El coeficiente “tasa de variación diaria” permitió determinar la ocurrencia de los procesos y compararlos.

1.7- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la calidad comercial

Los resultados obtenidos permitieron determinar que todas las varas florales cumplieron satisfactoriamente con los parámetros de calidad exigidos en los estándares de “Veiling Holambra”. Las tres cultivares evaluadas alcanzaron la categoría de calidad A1, que es la categoría de superior calidad en dicho estándar (Tabla 2).

Dichos resultados indicarían que la producción de gerbera bajo las condiciones del experimento (cultivo bajo cubierta y sin suelo), permitió obtener varas florales de alta calidad comercial en las tres cultivares evaluadas. Estos resultados contrastan con la producción tradicional de gerbera para corte, que se realiza en suelo y sin la implementación de un adecuado manejo postcosecha. Morisigue *et al.* (2008) y Puerta *et al.* (2011a) al caracterizar las unidades comerciales de gerbera para corte ofrecidas en los principales mercados mayoristas de Buenos Aires hallaron que las mismas presentaban heterogeneidad tanto entre los distintos productores como a lo largo del tiempo y que no cumplían con los estándares internacionales de comercialización.

Por lo tanto, la producción de gerbera bajo cubierta, utilizando el sistema de cultivo sin suelo y acompañada de un adecuado manejo postcosecha resultaría una opción interesante para el sector productivo argentino.

Tabla 2. Valores medios correspondientes a los parámetros de calidad evaluados según el estándar 'Veiling Holambra'.

Parámetro de calidad	Categoría de calidad	Cultivar		
	A1	Amarilla	Naranja	Roja
Longitud de la vara	Mayor a 50 cm	61,00 ± 1,80*	56,00 ± 2,30*	53,50 ± 3,00*
Grosor del pedúnculo	Mínimo de 5-6 mm	6,38 ± 1,00*	6,13 ± 0,90*	6,20 ± 0,80*
Tamaño del capítulo	Mayor a 10 cm	10,41 ± 0,10*	10,32 ± 0,12*	10,14 ± 0,09*
<i>Tolerancia de defectos graves (%)</i> :				
Deshidratación	0	0	0	0
Daños por hongos (sclerotinia, mildew, oídio)	0 a 3	0	0	0
Daños por plagas (trips, ácaros, pulgones)	0	0	0	0
Daños mecánicos	Hasta 3	0	0	0
<i>Tolerancia de defectos leves (%)</i>				
Deformación del pedúnculo	Hasta 5	3	2	3

*Los resultados son el promedio del total de las varas cosechadas y su desvío estándar.

Determinación del comportamiento en florero

i) Duración de la vida en florero

La vida en florero de la cultivar `Roja` fue significativamente inferior respecto a la de las cultivares `Amarilla` y `Naranja`. Además, estas últimas cultivares mantuvieron su calidad postcosecha durante 9 y 8 días más respectivamente, en comparación a la cultivar `Roja` (Tabla 3 y Figura 8).

Tabla 3. Valores medios correspondientes a la vida en florero (días) de las cultivares de gerbera `Amarilla`, `Naranja` y `Roja`.

Cultivar	Vida en florero (días)
`Amarilla`	19 a
`Naranja`	18 a
`Roja`	10 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

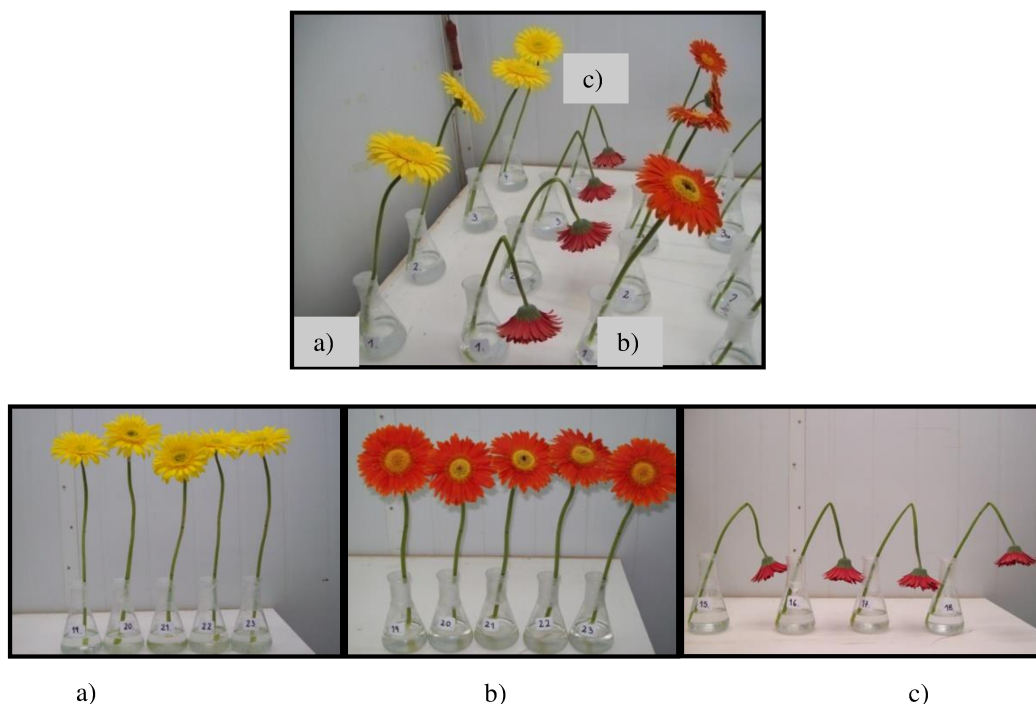


Figura 8. Comportamiento en florero de las cultivares a) `Amarilla`, b) `Naranja` y c) `Roja` a los 10 días de vida en florero. a) y b) Varas florales que conservan los pedúnculos erectos. c) Varas florales que presentan los pedúnculos curvados indicando el FIN de la vida en florero.

La duración en florero de las cultivares bajo estudio se encontró dentro de los rangos promedios esperados para la especie en cuestión según lo indicado en los catálogos comerciales de la empresa que provee dicho material genético (Florist Holland B.V, Holanda). La misma indica valores de entre 7 a 14 días de duración en florero para la gerbera de corte. La cultivar `Naranja` y `Amarilla` superaron la duración esperada, y la cultivar `Roja` se mantuvo dentro de los rangos medios aceptados para flores y follajes de corte (Facciuto *et al.*, 2012; Puerta *et al.*, 2013).

El manejo pre y postcosecha implementado en éste experimento permitió obtener varas florales de mayor duración en florero respecto a la duración media obtenida bajo cultivo en suelo en la principal zona de producción de la Argentina (Morisigue *et al.*, 2008; Puerta *et al.*, 2011a). Esta ventaja podría deberse al sistema de cultivo sin suelo aplicado a todas las cultivares de éste ensayo que optimiza los parámetros de producción. Asimismo, en la etapa postcosecha se mantuvieron las condiciones indicadas en bibliografía citada anteriormente como óptimas para la especie.

Otros autores también evaluaron la calidad de postcosecha de distintas cultivares de gerbera provenientes de un sistema de cultivo sin suelo, con similar manejo precosecha (Geshnizjany *et al.*, 2014; Rangel Estrada & Ruiz Posadas, 2006; Zeybekoglu *et al.*, 2004, Singh, 2005; Hatamzadeh y Shafyii Masouleh, 2013; Soad *et al.*, 2011). Las varas florales también se mantuvieron en floreros con agua destilada bajo las mismas condiciones ambientales. Sin embargo, presentaron una menor duración en florero en comparación a lo encontrado en el presente trabajo. Así, la vida en florero de la cultivar ‘Carambole’ evaluada por Geshnizjany *et al.* (2014) fue de sólo 3 días. Rangel Estrada y Ruiz Posadas (2006) trabajaron con la cultivar ‘Zsa Zsa’ y ‘Testarosa’ y manifestaron que la duración en florero fue inferior a 4 y 10 días respectivamente. Zeybekoglu *et al.* (2004) también observaron una duración de 10 días para la cultivar ‘Testarosa’ y ‘Ornella’. Los resultados de Singh (2005) se corresponden con los anteriores, quienes al evaluar la vida en florero de nueve cultivares de gerbera (‘Diablo’, ‘Lyonella’, ‘Ornella’, ‘Sunset’, ‘Tara’, ‘Thalassa’, ‘Tiramisu’, ‘Twiggy’ and ‘Whitsun’) también hallaron que la misma fue en todas ellas inferior a 10 días. Soad *et al.* (2011) al estudiar la vida en florero de la cultivar ‘Dark Pink’ en dos estaciones del año, determinó que la vida en florero fue en promedio de 7 días. Hatamzadeh & Shafyii Masouleh (2013) manifestaron un leve incremento respecto a lo presentado por los anteriores autores, habiendo obtenido que la vida en florero de la cultivar ‘Pink Elegance’ fue de 12 días.

Los resultados presentados evidencian claramente que hay diferencias genéticas que influyeron en la duración de la vida en florero, siendo ésta la variable estudiada aquí. Rangel Estrada & Ruiz Posadas (2006) arribaron a las mismas conclusiones y manifestaron que el factor cultivar afectó significativamente todos los parámetros de calidad postcosecha de los diversos cultivares gerbera por ellos evaluados.

Por lo tanto, la mayor duración en florero que presentaron las cultivares estudiadas en el presente trabajo podría atribuirse a la adecuada combinación de dichos materiales genéticos con el manejo implementado anteriormente descrito.

ii) Indicadores del FIN de la vida en florero y iii) Grado de curvatura del pedúnculo floral

El FIN de la vida en florero estuvo determinado por diferentes indicadores para las cultivares evaluadas. Para la cultivar 'Roja', el indicador del FIN de la vida en florero fue la curvatura del pedúnculo floral, siendo ésta la principal característica de deterioro de la calidad (Figura 9).

El grado de curvatura se manifestó con gran intensidad, incluso superó ampliamente los límites máximos tolerados para la comercialización como flor de corte, establecidos en la escala de Sosa Nan (2007). Las varas florales de la cultivar 'Roja' presentaron grado de curvatura III, que se corresponde con una "avanzada curvatura". Este fenómeno se registró en el 100 % de las varas evaluadas y tuvo lugar entre los 11 y los 13 cm por debajo del capítulo floral (Tabla 4 y Figura 9).



Figura 9. Aspecto que presentaron las varas florales de la cultivar 'Roja', en donde la curvatura extrema del pedúnculo fue el principal factor de deterioro de la calidad y determinante de la duración de la vida en florero.

Cuando se analizó el grado de curvatura que presentaban las tres cultivares al INICIO del ensayo se encontró que todas presentaban un grado de curvatura I, no diferenciándose significativamente entre sí (Tabla 4 y Figura 10). Los valores hallados se correspondieron con "leves curvaturas" (Sosa Nan, 2007) que no interfirieron con su función ornamental y por ello, podían comercializarse como flores de corte. Este resultado expresó la homogeneidad del material vegetal de partida y puso de manifiesto que el curvado experimentado por la cultivar 'Roja' ocurrió durante su vida en florero.

Sin embargo, al FIN de la vida en florero las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' se diferenciaron significativamente de la cultivar 'Roja', manteniéndose en la categoría de "leve curvatura", a diferencia de lo encontrado en ésta última cultivar (Figura 11).

Es decir, las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' pudieron mantener la rectitud de la vara durante su vida en florero (Tabla 4 y Figura 12).

Tabla 4. Valores medios correspondientes al grado de curvatura y segmento de curvado experimentado durante la vida en florero de las cultivares 'Amarilla', 'Naranja' y 'Roja'.

Cultivar	Curvatura (grados sexagesimales)		Segmento de Curvado
	INICIO	FIN	
'Amarilla'	3,90 a	4,70 a	No manifestó curvado
'Naranja'	6,50 a	7,00 a	No manifestó curvado
'Roja'	4,80 a	134,50 b	A los 13 cm por debajo del capítulo

Letras distintas, en la misma columna y en la misma fila, indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

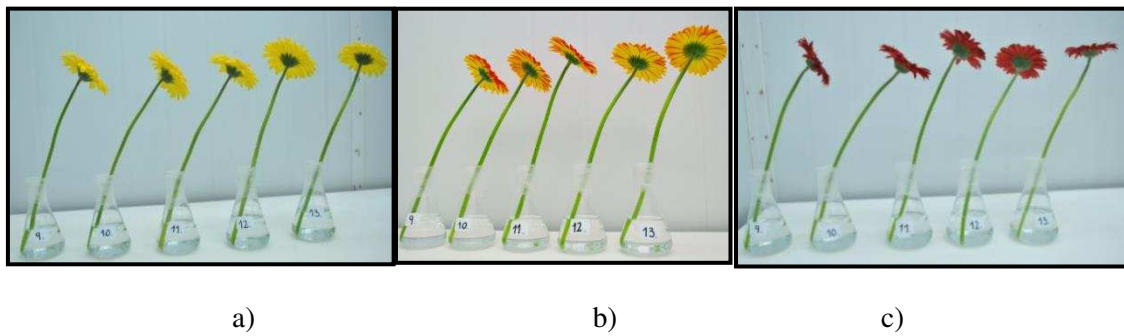


Figura 10. Varas florales de gerbera a) 'Amarilla', b) 'Naranja' y c) 'Roja' al INICIO del experimento de postcosecha mostrando la rectitud de los pedúnculos florales.

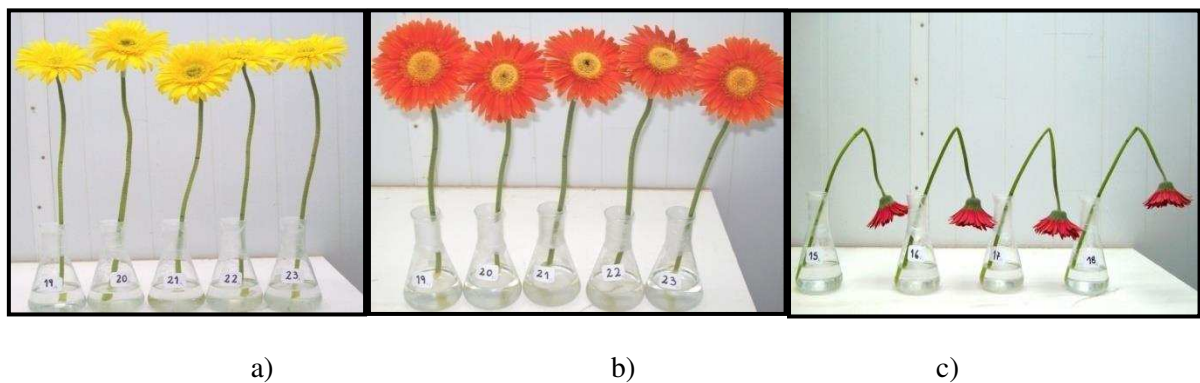


Figura 11. Varas florales de gerbera a) 'Amarilla', b) 'Naranja' y c) 'Roja' a los 10 días de vida en florero, mostrando en a) y b) pedúnculos erectos que se corresponden con un grado de curvatura I (leves curvaturas) y en c) pedúnculos curvados que se corresponden con un grado de curvatura III (avanzada curvatura, que imposibilita su comercialización), según la escala de Sosa Nan (2007).



a)



b)

c)

Figura 12. Varas florales de gerbera a) `Amarilla` y `Naranja al INICIO`, b) `Amarillas` y c) `Naranjas` a los 15 días de vida en florero, mostrando la apertura de todas las flores femeninas del capítulo y sólo una leve curvatura del pedúnculo.

Otros autores también observaron que los síntomas de senescencia se modificaron según el cultivar considerado, sosteniendo que los mismos podrían estar influenciados por el manejo implementado. El curvado del pedúnculo floral fue el síntoma de deterioro en gerbera para corte que apareció con mayor frecuencia y relevancia en numerosas investigaciones (Van Meeteren 1978 b; Van Doorn, 1994; Philosoph Hadas, 1995; Botondi, 1998; Liao, 2003; Ferrante & Serra, 2009; Nazari *et al.*, 2011; Soad *et al.*, 2011; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Perik *et al.*, 2012; Geshnizjany, 2014). Los autores de dichos trabajos afirman que el curvado del pedúnculo en gerbera es considerado el principal problema de la postcosecha ya que, independientemente de la frecuencia y magnitud se manifiesta a los

pocos días de ser cosechada la vara, a diferencia de los demás síntomas de deterioro que se manifiestan progresivamente desde que la vara es cosechada.

La intensidad y frecuencia del curvado dependería principalmente del genotipo y de las condiciones medioambientales a las que fueron expuestas las varas durante la pre y postcosecha. Van Meeteren (1978 b) y Van Doorn *et al.* (1994) evaluaron la calidad postcosecha de distintas cultivares de gerbera (‘Simonetta’, ‘Mickey’, ‘Nikita’, ‘Regina’, ‘Donatella’, ‘Rosamunde’, ‘Terra fame’, ‘Cora y Liesbeth’) y afirmaron que el curvado se manifestó en forma diferencial según la cultivar considerada, variando de acuerdo a la estación del año en que se realizó la evaluación de la calidad en postcosecha (invierno versus verano) y a la hidratación de las varas posterior al corte (hidratación continua versus almacenamiento en seco por 4 días). Estos autores demostraron que la diferente sensibilidad al curvado entre cultivares es debida a la influencia del manejo postcosecha entre cultivares, como así también por efecto de la misma cultivar. Ferrante *et al.* (2007) realizaron un experimento de selección de cultivares en base a la predisposición al curvado y descubrieron diferencias de 5 a 24 días en la vida en florero.

Nazari *et al.* (2011) seleccionó 21 nuevas cultivares de gerbera, y encontró que el grado de curvatura y la ocurrencia de la misma difirió significativamente de una cultivar a otra, variando de 0 a 100 % de ocurrencia. Este autor, asimismo, puso de manifiesto la importancia de considerar la sensibilidad al curvado de las diferentes cultivares al efectuar un programa de mejoramiento genético.

El lugar donde se produjo la curvatura de la cultivar ‘Roja’ se correspondió con lo encontrado por otros autores. Gerasopoulus & Chebli (1999) y Perik *et al.* (2012) encontraron que la curvatura del pedúnculo de otras cultivares de gerbera también se produjo alrededor de los 12 cm por debajo del capítulo. Wilberg (1973) y Botondi *et al.* (1998) observaron que el curvado del pedúnculo de diversas cultivares de gerbera ocurrió a los 10 cm y junto al marchitamiento de las lígulas fueron el principal problema postcosecha de la especie.

Perik *et al.* (2012) agregaron que la curvatura ocurrió en la dirección del ángulo que forman las varas al ser apoyadas en el borde del florero, destacando la influencia que ejerce la fuerza de gravedad sobre el capítulo floral lo que derivaría en la manifestación del curvado del pedúnculo.

En las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' no se manifestó curvatura del pedúnculo floral. El FIN de la vida en florero ocurrió cuando abscindieron las lígulas del capítulo y la apertura de todas las flores del capítulo (Figura 13). Los síntomas evidenciados en las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' permitieron observar la expresión del continuo y habitual proceso de crecimiento y desarrollo, propio de toda vara floral, independientemente que este unida a la planta o haya sido cosechada (Soroa, 2005). Estos procesos característicos de la senectud estarían asociados a una pérdida inevitable de la calidad debido a que son parte integral del ciclo de vida de todo organismo vivo (Reid, 2009).

Así, para las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' los mencionados síntomas de senectud fueron los principales indicadores del FIN de la vida en florero porque produjeron un deterioro en la calidad visual, haciendo que la vara floral pierda su función como ornamento y por consiguiente su aptitud comercial.



Figura 13. Varas florales de gerbera a) 'Amarilla' y b) 'Naranja' en el momento del FIN de su vida en florero, mostrando el desprendimiento de las primeras lígulas del capítulo.

Los síntomas de senescencia mencionados en las varas de las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' se expresaron recién a los 18 y 19 días de haber sido introducidas en el florero, respectivamente (Tabla 3), resultando en una mayor duración respecto a la indicada por otros autores para diversas cultivares de gerbera. Por lo tanto, el retraso en los síntomas de senescencia y la mejor calidad obtenida podría atribuirse al adecuado manejo pre y postcosecha implementado en éste trabajo, que permitió expresar la potencialidad de estos genotipos. La cultivar 'Roja' a pesar de haber sido sometida al mismo manejo que

la `Amarilla´ y `Naranja´ presentó una menor duración en florero, aspecto éste indicativo de la influencia genética de la cultivar sobre la duración de la calidad en postcosecha.

Nell & Reid (2002) expresaron que los indicadores de calidad en flores de corte son variados y dependen de la especie considerada. Estos autores resaltaron además la importancia de comprender las diversas causas que originan las pérdidas de calidad antes de implementar cualquier herramienta tecnológica.

En éste estudio, las diferencias entre las cultivares también se evidenciaron a través de otros parámetros de calidad en postcosecha tales como el peso fresco de la vara, el consumo de agua, la longitud del pedúnculo y la CE y pH del agua del florero.

iv) Peso fresco de la vara floral entera y por partes

El peso fresco de las varas florales no se diferenció significativamente al INICIO de la vida en florero, es decir todas las varas que se introdujeron en los floreros presentaron homogeneidad respecto a su peso fresco. Si bien se trataron de diferentes cultivares las condiciones ambientales y de manejo en precosecha posibilitaron la obtención de esta uniformidad de las varas florales. Sin embargo, a medida que transcurrió el tiempo durante la vida en florero, la cultivar `Roja` fue perdiendo significativamente más peso fresco que las cultivares `Amarilla´ y `Naranja´. Este hecho se evidenció claramente en los valores correspondientes a la pérdida de peso diaria, ya que la misma se triplicó en la cultivar `Roja´ en comparación con las otras dos cultivares (Tabla 5).

Tabla 5. Valores medios correspondientes al peso fresco (PF) de la vara floral al INICIO del experimento y a la tasa de variación diaria durante la vida en florero.

Cultivar	PF INICIO (g)	Tasa de variación diaria de PF (gr d ⁻¹)
´Amarilla`	24,09 a	- 0,26 a
´Naranja`	21,28 a	- 0,31 a
´Roja`	23,10 a	- 0,92 b

Letras distintas, en la misma columna, indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Halevy & Mayok (1979) expresaron que una menor pérdida de peso en las varas florales durante su vida en florero se correspondió con retrasos en el proceso de senescencia. Dineshbobu *et al.* (2002) también relacionaron la menor pérdida de peso con la senescencia y descubrieron paralelamente una menor tasa respiratoria y un menor consumo de azúcares.

La pérdida de peso es un síntoma de senescencia esperable en la vida de toda flor cortada, ya que la vara floral no puede reponer por sí sola el agua y los nutrientes una vez que es separada de la planta madre (Reid, 2009). Así, las cultivares ´Amarilla` y ´Naranja` también perdieron peso durante su vida en florero, sin embargo, lo hicieron a una tasa casi tres veces menor que la cultivar ´Roja`.

El curvado del pedúnculo experimentado por la cultivar ´Roja` podría relacionarse con la significativa pérdida de peso fresco en dicha, debido a una pérdida de turgencia en las células, haciendo que los tejidos pierdan firmeza respecto al momento de la cosecha (Tablas 4 y 5).

Liao (2003) también encontró que las cultivares de gerbera que presentaron un curvado del pedúnculo experimentaron una marcada pérdida de peso a medida que transcurrió la vida en florero, incrementándose en la sección distal del pedúnculo y coincidiendo con el lugar donde produce el curvado. Lorenzo *et al.* (2007) sostuvieron que el peso fresco de las varas florales y la capacidad de absorción de agua de gerbera son componentes fundamentales que determinaron el tiempo de aptitud comercial en florero. Al respecto, estos autores establecieron una estrecha relación entre la vida en florero, el agua

consumida y la diferencia de peso fresco entre el inicio y fin del ensayo. A partir de estos datos, sugirieron que la construcción y validación de un modelo de respuesta requeriría la incorporación de las características anatómicas de los pedúnculos florales.

Verdugo *et al.* (2006) resaltaron la importancia de una correcta hidratación en las varas florales, debido a que una vez que la vara floral es separada de la planta la misma continuamente pierde agua por transpiración que no es repuesta, resultando en una pérdida considerable de peso fresco y por ende de calidad debido al marchitamiento originado por la pérdida de turgencia de las células.

Posteriormente se determinó el peso fresco que presentó cada parte de la vara floral tanto al INICIO del ensayo como durante su vida en florero (Tabla 6). De ésta forma se pudo determinar que parte de la vara fue la que más contribuyó con la pérdida de peso fresco diaria del pedúnculo. Al respecto, no se encontraron diferencias significativas de peso fresco al INICIO del ensayo entre las distintas partes de cada cultivar. Es decir, tanto en el segmento 1, como en el segmento 2 y los capítulos de las tres cultivares presentaron similar peso al iniciar el ensayo, al igual que lo encontrado al analizar el peso fresco de la vara entera (Tabla 5). Sin embargo, al avanzar la vida en florero durante la postcosecha, se encontró que hubo una pérdida diferencial de peso en las distintas partes de las cultivares bajo estudio. El segmento 1 y el capítulo de la cultivar `Roja` experimentaron mayor pérdida de peso respecto de las otras dos cultivares (Tabla 6). Esta mayor pérdida de peso ocurrió justamente en el segmento en que se produce el curvado del pedúnculo en la cultivar `Roja`. Por lo tanto, el curvado del pedúnculo podría estar relacionado con la pérdida de firmeza que se produce cuando ocurre la deshidratación de las células de ese segmento. Las cultivares `Amarilla` y `Naranja`, si bien perdieron peso fresco, ésta pérdida fue de menor magnitud que en el segmento 1 y el capítulo de la cultivar `Roja`, infiriendo que la turgencia de las células es mayor lo que contribuiría a que el pedúnculo de esas cultivares mantengan la rectitud durante toda su vida en florero.

Tabla 6. Valores medios de peso fresco (PF) de la vara floral por partes al INICIO (segmento 1, segmento 2, capítulo floral) y tasa de variación diaria de PF (g d^{-1}) durante la vida en florero de las cultivares de gerbera estudiadas.

Cultivar	Segmento 1		Segmento 2		Capítulo	
	PF (g) INICIO	Tasa de variación diaria (g d^{-1}) de PF	PF (g) INICIO	Tasa de variación diaria (g d^{-1}) de PF	PF (g) INICIO	Tasa de variación diaria (g d^{-1}) de PF
´Amarilla`	3,86 a	-0,07 a	7,80 a	-0,01 a	10,00 a	-0,09 a
´Naranja`	3,18 a	-0,08 a	7,38 a	-0,12 b	10,49 a	-0,14 a
´Roja`	3,65 a	-0,11 b	7,48 a	-0,15c	10,74 a	-0,22 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

v) *Consumo de agua de la vara floral*

La medición del consumo de agua de las varas florales permitió observar la existencia de una tendencia similar a la encontrada en la pérdida de peso fresco. La cultivar ´Roja` se diferenció estadísticamente de las otras dos cultivares, tanto en el consumo de agua durante su vida en florero como en el consumo diario. En esta cultivar, el consumo total de agua durante su vida en florero fue significativamente inferior debido a que permaneció menos días en el florero. Sin embargo, cuando se analizó el consumo diario, la cultivar ´Roja` fue la que más agua perdió en comparación con las cultivares `Amarilla` y `Naranja`. (Tabla 7).

En el florero utilizado como control sin contener una vara floral, no se encontró diferencia de peso entre el INICIO y el FIN del ensayo. Por lo tanto, se dedujo que no hubo pérdida de agua por evaporación, y lo ocurrido en los floreros conteniendo las varas florales de las tres cultivares, se debió exclusivamente a la pérdida de agua por transpiración de las mismas.

Tabla 7. Valores medios correspondientes al consumo de agua de las varas florales de las tres cultivares durante la vida en florero (VF) y a la tasa de variación diaria de consumo de agua.

Cultivar	Consumo de agua durante la VF (mL)	Tasa de variación diaria de consumo de agua (mLd ⁻¹)
´Amarilla`	69,17 a	3,75 a
´Naranja`	65,29 a	3,75 a
´Roja`	45,50 b	4,55 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

A partir de la tasa de variación diaria de consumo de agua se deduce que, dada la homogeneidad de las condiciones ambientales del ensayo, la cultivar ´Roja` transpiró más que las otras dos cultivares.

La pérdida de agua tiene como consecuencia una disminución en la turgencia de las células, que se manifiesta en una pérdida de firmeza en los tejidos (Verdugo *et al.*, 2006; Perik *et al.*, 2014), la cual podría contribuir posiblemente en la formación de la curvatura observada en los pedúnculos florales de la cultivar ´Roja`.

Las investigaciones de Perik *et al.* (2012) comprobaron la gran influencia del fenómeno transpiratorio sobre el curvado del pedúnculo. Los autores hallaron una disminución de tres veces en la tasa transpiratoria que se reflejó en retrasos considerables del curvado del pedúnculo.

Liao (2003) arribó a las mismas conclusiones al estudiar el fenómeno del curvado del pedúnculo en gerbera. El autor expresó que el balance de agua y determinadas características fisiológicas cambian a medida que transcurre la vida en florero, especialmente en la sección del pedúnculo donde se manifiesta el curvado.

Van Meeteren (1978b) encontró que el peso de las varas de gerbera decrecieron marcadamente tres días antes que ocurra el curvado del pedúnculo, y que el mismo se relacionó fuertemente con el contenido hídrico de la vara. Perik *et al.* (2012) concluyeron que el curvado del pedúnculo se debe a una pérdida neta de agua particularmente en el segmento donde se produce este fenómeno y la asociaron a la baja resistencia mecánica debida a la pérdida de esclerenquima.

En otras flores de corte con sensibilidad al curvado del pedúnculo también se relevaron estrechas relaciones entre los parámetros hídricos y la vida en florero. Zieslin *et al.*, (1978) estudiaron los cambios del contenido de agua en los órganos durante la postcosecha en diferentes cultivares de *Rosa hybrida* L. (Pink Prophyta, Frisco y Dream) y observaron que el curvado del pedúnculo estuvo influido principalmente por la diferente capacidad de las cultivares para brindar resistencia mecánica al mismo debido a su diferente composición celular y habilidad de los órganos de la planta para redireccionar el flujo de agua hacia ellos. El déficit de agua causó pérdida de turgencia y con ello curvado. Durkin (1985), también concluyó que la principal causa de la corta vida en florero de *Rosa* sp. se atribuyó a balances hídricos negativos producidos durante las condiciones de postcosecha.

Fanourakis *et al.* (2012) agregaron que la corta vida en florero y la escasa apertura de los pimpollos de las diferentes cultivares de *Rosa* sp. evaluadas fueron debidas a la alta tasa transpiratoria ocurrida durante la postcosecha, independientemente de las condiciones ambientales durante el desarrollo (alta o baja humedad y luminosidad). Las investigaciones de Torre & Fjeld (2001) se correspondieron con los resultados antes presentados. Van Meeteren (2006) al estudiar las relaciones hídricas en *Chrysanthemum* sp. encontró que la vida en florero fue influenciada por la inhibición en la absorción de agua después del almacenaje en seco.

vi) Longitud del pedúnculo floral entero y por segmentos

Durante la vida en florero se observó una variación significativa en la longitud del pedúnculo de las tres cultivares estudiadas (Tabla 8). Estos resultados y algunos antecedentes disponibles permitirían deducir que estas diferencias se corresponderían con el fenómeno de alargamiento que sufren las varas florales en la postcosecha. Al respecto, Verdugo *et al.* (2006) expresaron que el alargamiento celular se produce por efecto del ingreso de agua en las células, produciéndose un incremento en la presión de turgencia.

Al INICIO del ensayo de postcosecha, y tal como se expresará en la metodología, los pedúnculos florales fueron recortados a 35 cm por debajo del capítulo y colocados inmediatamente en floreros. Cuando se realizó la medición de la longitud al FIN de la vida en florero se encontró que la longitud de los mismos en las tres cultivares era significativamente superior respecto del INICIO (Tabla 8). Este incremento en la

longitud del pedúnculo al FIN de la vida en florero no se diferenci6 significativamente entre las tres cultivares, las tres se habían elongado 5 cm en promedio (Tablas 8 y 9).

Tabla 8. Valores medios correspondientes a la longitud del pedúnculo medida al INICIO y FIN del experimento de postcosecha.

Cultivar	Longitud del pedúnculo (cm)	Longitud del pedúnculo (cm)
	INICIO	FIN
‘Amarilla’	35,00 a	40,20 b
‘Naranja’	35,00 a	39,80 b
‘Roja’	35,00 a	40,10 b

Letras distintas en la misma fila y columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Tabla 9. Valores medios correspondientes al alargamiento total (cm) del pedúnculo durante la vida en florero y a la tasa de variación diaria (cm d⁻¹) para las cultivares de gerbera estudiadas.

Cultivar	Alargamiento total (cm) del pedúnculo	Tasa de variación diaria de la longitud del pedúnculo (cm d ⁻¹)
	‘Amarilla’	5,20 a
‘Naranja’	4,80 a	0,28 a
‘Roja’	5,10 a	0,49 b

Letras distintas, en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

También se analizó en que parte de la vara floral ocurría la elongación del pedúnculo floral. Se encontró que la elongación de los pedúnculos ocurrió sólo en la porción distal de ellos, específicamente en los dos primeros segmentos en que había sido señalizada la vara floral al INICIO del ensayo, no sobrepasando los 10 cm en promedio por debajo del capítulo (Tabla 10). En las tres cultivares se manifestó dicha elongación, sin diferencias significativas en cuanto a la magnitud ni a la ubicación en el segmento de elongación. Sin embargo, si se encontraron diferencias en cuanto a la velocidad con que se produjo dicha elongación. En la cultivar `Roja`, la tasa de elongación diaria del segmento 1 fue significativamente mayor respecto las otras dos cultivares (Tabla 9).

Tabla 10. Valores medios de la longitud del pedúnculo por segmentos al FIN de la vida en florero.

Segmento del pedúnculo (cm debajo del capítulo)	Cultivar		
	`Amarilla`	`Naranja`	`Roja`
0 a 5	7,80 a	7,60 a	7,55 a
5 a 10	7,40 a	7,20 a	7,55 a
10 a 15	5,00 b	5, 00 b	5,00 b
15 a 20	5,00 b	5,00 b	5,00 b
20 a 25	5,00 b	5,00 b	5,00 b
25 a 30	5,00 b	5,00 b	5,00 b
30 a 35	5,00 b	5,00 b	5,00 b

Letras distintas en la misma fila y columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

El alargamiento de las células ocurre principalmente por la acción de las auxinas. Estas producen un ablandamiento en las paredes celulares haciéndolas más plásticas o extensibles. Las auxinas actuarían produciendo una disminución de la acidez del medio y con ello favoreciendo la actividad de las enzimas

responsables de la degradación de las paredes celulares. Dichas enzimas rompen los enlaces de los polisacáridos que constituyen las paredes, permitiendo de éste modo que las paredes se expandan con más facilidad (Wilkins, 1984; Salisbury & Ross, 1994; Taiz & Zeiger, 2006).

El alargamiento del pedúnculo podría causar una pérdida de resistencia mecánica en la vara floral que aumentaría la predisposición al curvado. Esau (1972) expresa que generalmente los segmentos de alargamiento poseen un escaso desarrollo del xilema y del esclerénquima. Ambos factores podrían contribuir al curvado debido a una pérdida de resistencia mecánica y a una menor capacidad de conducción de agua y con ello menor turgencia. Wilber (1973), Rudnicki & Novak (1976) y Steeinitz (1982), Steeinitz (1983) manifestaron que el curvado se produce porque en el momento en que las varas son cosechadas y colocadas en los floreros las paredes celulares del segmento distal de la vara floral todavía no completaron su desarrollo y están en una fase de alargamiento resultando en una débil estructura de soporte.

Tal como fuera planteado por otros autores, también Perik *et al.* (2012) sostienen que el alargamiento experimentado por los pedúnculos podría influir directa o indirectamente sobre la manifestación del curvado. Al producirse el crecimiento en altura la fuerza gravitatoria ejercería mayor influencia sobre la vara floral. Los autores expresaron que el cambio en la ubicación del capítulo hacia arriba, el cual es relativamente más pesado, aumentaría el gravitropismo que posee la gerbera, y predispondría al curvado, especialmente en aquellas cultivares que presenten escasas estructuras de sostén. González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) indicaron que las cultivares de gerbera que presentaron pedúnculos poco lignificados tuvieron mayor predisposición al curvado.

Botondi *et al.* (1998) investigaron la influencia de las auxinas en el curvado del pedúnculo de gerbera y descubrieron que las mismas produjeron un aumento en la longitud de los pedúnculos y un ángulo agudo a los 10 cm por debajo de la inflorescencia. Concluyeron que la tasa de alargamiento y el número de pedúnculos curvados se incrementó progresivamente y proporcionalmente. La causa del curvamiento podría deberse a la acción gravitropica de las auxinas sobre los tejidos (Salisbury & Ross; 1994; Taiz & Zeiger, 2006).

En otras flores de corte también se encontró que el curvado podría estar relacionado con el alargamiento de la vara floral y la acción del gravitropismo. En ciertas cultivares de *Antirrhinum majus* sp. se encontró

que la extensión de la vara, debida principalmente al alargamiento de la espiga floral, resultó en una pronunciada curvatura de la misma. Los autores sostienen que la causa de dicho fenómeno se relaciona con una diferencial respuesta gravitrópica entre los genotipos, modulada por la acción del etileno y la concentración de auxinas (Philosoph Hadas, 1996). En otras espigas florales de corte, como *Ornithogalum* sp., el curvado también fue causado por gravitropismo, ya que se encontró que el mismo se inhibió mediante la utilización de sustancias antagonistas a las auxinas y al etileno, como los quelatos de calcio (Friedman *et al.*, 2005). En los géneros *Snapdragon*, *Lupinus* y *Anemona*, el gravitropismo se inhibió mediante la utilización de otra sustancia que también actuó como antietileno y antiauxina, como el ácido salicílico (Friedman *et al.*, 2003).

En el presente experimento se observó que las tres cultivares de gerbera se elongaron (Tabla 8) pero sólo el curvado del pedúnculo se produjo en la cultivar `Roja`. Por lo tanto, en las cultivares `Amarilla` y `Naranja`, es posible hipotetizar que las mismas habrían podido desarrollar estructuras de sostén que le otorgaron mayor resistencia mecánica, pudiendo soportar el peso del capítulo y la acción del gravitropismo. Este supuesto se fortalece considerando que otros autores también arribaron a similares resultados. De Jong (1978) indicó que el alargamiento de los pedúnculos de gerbera no se correlacionó en todas las cultivares evaluadas con el curvamiento del pedúnculo.

Al analizar el incremento de la longitud de la vara en forma diaria se encontró que los pedúnculos de la cultivar `Roja` se elongaron aproximadamente en un 60 % más, respecto a las otras dos cultivares, quienes a su vez no se diferenciaron entre sí (Tabla 9). Este hecho nos indica que la elongación de las varas `Rojas` se produjo a una tasa superior, es decir a una mayor velocidad y por lo tanto los tejidos pueden haberse debilitado y perdido estructura, no pudiendo soportar éste brusco cambio y contribuyendo con la pérdida de firmeza y la desintegración de las células.

vii) Conductividad eléctrica (CE) y potencial hidrógeno (pH) en el agua florero

Al analizar los valores de conductividad eléctrica (CE) correspondientes al agua del florero, se observó un incremento significativo en las tres cultivares al FIN del ensayo, siendo la cultivar `Roja` la que experimentó el mayor incremento (Tabla 11).

El pH también se incrementó significativamente durante la vida en florero, lo que indicó que el incremento en la CE y por lo tanto la mayor contribución de iones a la solución del florero correspondió a cationes, que produjeron un aumento de pH en el agua del florero de las tres cultivares. En la cultivar `Roja` el incremento diario de pH se duplicó respecto a las otras dos (Tabla 12).

Tabla 11. Valores medios correspondientes a la CE y pH en el agua del florero al INICIO y FIN de la vida en florero de las tres cultivares de gerbera estudiadas.

Cultivar	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)		pH	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN
`Amarilla`	2,60 a	23,23 b	5,60 a	6,50 b
`Naranja`	2,60 a	22,79 b	5,60 a	6,48 b
`Roja`	2,60 a	25,09 b	5,60 a	6,58 b

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Tabla 12. Valores correspondientes a la tasa de variación diaria en la conductividad eléctrica (CE) y el potencial hidrógeno (pH) en el agua de los floreros de las tres cultivares de gerbera estudiadas.

Cultivar	Tasa de variación diaria de CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Tasa de variación diaria de pH (d^{-1})
`Amarilla`	1,09 a	0,05 a
`Naranja`	1,12 a	0,05 a
`Roja`	2,25 b	0,10 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Un mayor valor de la CE en el agua del florero indicaría que hubo iones que migraron desde los tejidos de las varas florales hacia la solución del florero. Por lo tanto, la salida de iones hacia la solución del florero podría estar indicando la pérdida de capacidad de regulación iónica de los tejidos y la desintegración que las varas florales experimentaron durante su vida en florero.

Estos resultados son coincidentes con los trabajos realizados por otros investigadores. Por ejemplo, a similares conclusiones arribó Van Meeteren (1979), quien al estudiar las relaciones hídricas y la calidad postcosecha encontró diferencias en la permeabilidad de las membranas de los tejidos de distintas cultivares de gerbera, indicando que la permeabilidad de las membranas aumenta al avanzar el desarrollo de los tejidos, y con ello se produce una fuga de electrolitos a la solución del florero. El autor sostiene que el momento en que sucede dicho evento depende del cultivar considerado. Además, señaló que coincidiendo con dicho evento se produce una disminución del contenido de agua en los tejidos.

Por lo tanto, las características químicas del agua del florero podrían ser indicadores del comportamiento postcosecha. A la misma conclusión arribaron Ahmad *et al.* (2013) quienes estudiaron la relación entre las características del agua utilizada en postcosecha y sus efectos sobre los parámetros de calidad de distintas flores de corte. Encontraron que el cambio de pH y la CE provocada por la variación de iones, influyeron de forma diferencial según la especie considerada, pero en todos los casos un valor elevado de pH y CE se relacionó negativamente con la vida en florero.

Conrado *et al.* (1980) y Pompodakis *et al.* (2004) registraron que a pH bajos la absorción de agua se incrementó mientras que a pH de 6 la absorción se dificultó y se reflejó en una menor vida en florero. Khan *et al.* (2009) arribaron a las mismas conclusiones al evaluar la relación entre el pH y la calidad postcosecha de gladiolo.

Conrado *et al.* (1980), Durkin (1979) y Nowak y Rudnicky (1990) explicaron que las características del agua o soluciones contenidas en los floreros, como el pH, la CE, la presencia de microorganismos patógenos, la disponibilidad de fuentes energéticas, afectan la absorción por parte de la vara e intervienen en el balance hídrico de la misma, por lo tanto, son factores claves a ser considerados en la longevidad de las flores de corte.

D'Hont & Langeslag (1995) agregan que el peso fresco también se modificó según el valor de pH del agua del florero. En sus trabajos encontraron que el peso fresco aumentó durante la vida en florero cuando el pH de la solución fue bajo, pH 4, y decreció cuando llegó a 6 u 8.

El aumento en el valor de pH y CE de la solución del florero registrado en el presente éste trabajo (Tabla 9) estaría indicando una lixiviación de elementos desde la vara floral, posiblemente relacionada con la pérdida de selectividad de las membranas, y la desintegración consecuente de los tejidos (Borochoy *et al.*, 1976; Paulin, 1997).

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados encontrados y a las evidencias bibliográficas citadas anteriormente, se podría deducir que el curvado encontrado en la cultivar 'Roja' se podría relacionar con una mayor tasa metabólica, que no fue acompañada por la formación de estructuras de sostén durante el rápido alargamiento que sufrió el pedúnculo (Tabla 9). Esto se correlacionó con la pérdida de firmeza en el mismo, debido también a la pérdida de agua (Tabla 5, 6 y 7), haciéndolo más susceptible a la acción de la gravedad y manifestándose en un mayor curvado del pedúnculo (Tabla 4). Estos hechos se podrían relacionar con una mayor desintegración en los tejidos de la cultivar 'Roja', que se evidenciarían en la pérdida de iones desde la vara floral (Tabla 11 y 12). Para poder dilucidar éstas relaciones sería necesario analizar si existen diferencias tisulares y de qué tipo en el segmento en que se observó la curvatura en la cultivar 'Roja' y el segmento del pedúnculo de las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja'.

1.8- CONCLUSIONES

- Las cultivares evaluadas, producidas bajo las condiciones descriptas en éste ensayo, cumplieron con las exigencias de calidad de los mercados de flores y plantas más importantes internacionalmente.
- El comportamiento en florero se diferenció entre las tres cultivares, ya que prácticamente se duplicó la duración en florero de las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' respecto de la 'Roja'.
- El indicador del FIN de la vida en florero para la cultivar 'Roja' fue el curvado del pedúnculo floral y para las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' la caída de lígulas junto a la apertura de las flores centrales del capítulo.
- El curvado del pedúnculo floral ocurrió sólo en la cultivar 'Roja' y en la porción distal del mismo.
- Los pedúnculos florales de las tres cultivares se alargaron durante su vida en florero y lo hicieron en la misma magnitud. Sin embargo, la tasa de alargamiento fue significativamente superior en la cultivar 'Roja'.
- La cultivar 'Roja' duplicó el consumo de agua respecto de las otras dos. El consumo de agua indicó pérdida de agua desde el florero a través de la transpiración, debido a que el peso fresco de las varas no se incrementó.
- El peso fresco de las varas florales disminuyó durante en la vida en florero, siendo superior la pérdida en la cultivar 'Roja'. En el segmento de curvatura y en el capítulo floral fue donde se produjo la mayor pérdida de peso fresco.
- En las tres cultivares se produjo un incremento de iones en el agua del florero, evidenciado en el incremento de la CE y el pH, siendo mayor en la cultivar 'Roja'.

1.9- BIBLIOGRAFÍA

- Acock, B., & Nichols, R. (1979). Effects of sucrose on water relations of cut senescing carnation flowers. *Ann. Bot.* 44 (2), 221.
- Ahmad, I., Dole, J.M., Carlson, A.S., & Blazich, F.A. (2013). Water quality effects on postharvest performance of cut calla, hydrangea, and snapdragon. *Sci. Hortic.* 153, 26-33.
- Ávila, A., Bobone, A., Quiroga, N., & Tuma Borgonovo, M. (2013). Apuntes de la cátedra de floricultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 206.
- Bañón, S., Cifuentes, D., Fernández, J.A., & González, A. (1993). Gerbera, liliium, tulipán y rosa. Madrid, Mundi Prensa, pp. 250.
- Borochoy, A., Tirosh T., & Halevy, A.H. (1976). Abscisic acid content of senescing petals of cut rose flowers as affected by sucrose and water stress. *Plant Physiol.* 158, 175–178.
- Botondi, R., Esposito, G., Massantini, R., & Mentcarelli, F. (1998). Influence of auxins on stem bending in cut gerbera flowers. *Adv. Hortic. Sci.* 12, 127-131.
- Bouzo, C. (2007). Curso Postcosecha de hortalizas. Maestría en cultivos intensivos. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Esperanza, Santa Fe, Argentina.
- Cabezas Gutiérrez M. (2010). La floricultura en Colombia. Curso optativo de la Maestría en Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias. Esperanza, Santa Fe, Argentina.
- Çelikel, F.G., & Reid M.S. (2002). Storage temperature affects the quality of cut flowers from the *Asteraceae*. *HortScience* 37 (1), 148-150.
- Conrado, L., Shanahan, R., & Eisinger, W. (1980). Effects of pH, osmolarity, and oxygen on solution uptake by cut rose flowers. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 105, 680–683.
- Coupe, S.A., Sinclair, B.K., Greer, L.A., Gapper, N.E., Watson, L.M., & Hurst, P.L. (2003). Analysis of acid invertase gene expression during the senescence of broccoli florets. *Postharv. Biol. Technol.* 28, 27-37.
- D'Hont, K., & Langeslag, J. (1995). The effect of pH of the postharvest hydrating solution on flower opening of roses and gypsophila after transport simulation. *Acta Hortic.* 405, 401-407.
- Di Benedetto, A. (2004). Cultivo intensivo de especies ornamentales. Bases científicas y tecnológicas. 1ª ed., Buenos Aires, Facultad de Agronomía, pp. 272.

- Durkin, D.J. (1979). Some characteristics of water flow through isolated rose stem segments. *J. Amer. Hort. Sci.* 104, 777-783.
- Durkin, D.J. (1985). Studies on the handling of cut rose flowers. *Roses Inc. Bull.*, August, pp. 77-87.
- Eason, J.R., Ryan, D., Page, B., Watson, L., & Coupe, S.A. (2007). Harvested broccoli (*Brassica oleracea*) responds to high carbon dioxide and low oxygen atmosphere by inducing stress-response genes. *Postharv. Biol. Technol.* 43, 358-365.
- Esau, K. (1972). *Anatomía Vegetal*. Barcelona, Omega S.A., pp. 779.
- Facciuto G. R., Pannunzio M. J., Sánchez M. I., & Puerta A. V. (2012). Foliage native to Argentina: selection of species by vase life aptitude. In: 10° International Symposium on Postharvest Quality of Ornamental Plants, Porto de Galinhas, Brazil. 2012 (10), pp 43.
- Fanourakis, D., Carvalho, S.M.P., Almeida, D.P.F., Van Kooten, O., Van Doorn, W.G., & Heuvelink, E. (2012). Postharvest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. *Postharv. Biol. Technol.* 64, 64-73.
- Fernández, R., Balcaza, L. F., Gogami, R., Mitidieri, M. S., Brambilla, M. V., Frangi, P. C., & Rosendo, G. (2007). Evaluación de variedades de gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) en la región florícola de La Plata. En: Libro de actas 30° Congreso Argentino de Horticultura. 1° Simposio Internacional sobre Cultivos Protegidos. La Plata, Argentina.
- Ferrante, A., Alberici, A., Antonacci, S. & Serra, G. (2007). Effect of promoter and inhibitors of phenylalanine ammonia-lyase enzyme on stem bending of cut gerbera flowers. *Acta Hort.* 755, 471-476.
- Ferrante, A., & Serra, G. (2009). Lignin content and stem bending incidence on cut gerbera flowers. *Acta Hort.* 847, 377-384.
- Friedman, H., Meir, S., Halevy, A.H., & Philosoph Hadas, S. (2003). Inhibition of the gravitropic bending response of flowering shoots by salicylic acid. *Plant Sci.* 165 (4): 905-11.
- Friedman, H., Meir, S., Rosenberger, I., Halevy, A.H., & Philosoph Hadas, S. (2005). Calcium antagonist inhibits bending and differential ethylene production of gravistimulated *Ornithogalum 'Nova'* cut flower spikes. *Postharv. Biol. Technol.* 36, 9-20.

- Gapper, N.E., Coupe, S.A., McKenzie, M.J., Sinclair, B.K., Lill, R.E., & Jameson, P.E., (2005). Regulation of harvest-induced senescence in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) by cytokinin, ethylene, and sucrose. *J. Plant Growth Regul.* 24, 153-165.
- Garibaldi Accati, E. & Jona, R. (1989). Parameters influencing gerbera cut flower longevity. *Acta Hort.* 261, 63-68.
- Gerasopoulus, D., & Chebli, B. (1998). Effects of scape-injected 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) on the vase life of 'Testarossa' cut gerbera. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 123, 921-924.
- Gerasopoulus, D., & Chebli, B. (1999). Effects of pre- and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerbera. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 74, 78- 81.
- Geshnizjany, N., Ramezani, A., & Khosh-Khui, M. (2014). Postharvest life of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) as affected by nano-silver particles and calcium chloride. *Int. J. Hort. Sci. Technol.* 1 (2), 171-180.
- González Aguilar, S., & Zavaleta-Mancera, A. (2012). El CaCl₂ en la vida florero de gerbera: pigmentos, fenoles, lignina y anatomía del escapo. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3 (3), 539-551.
- Grafiadellis, I., Mattas, J., Maloupa, E., Tzouramani, I., & Galanopoulos, K. (2000). An economic analysis of soilless culture in gerbera production. *HortScience* 35 (2), 300-303.
- Halevy, A.H. (1976). Treatments to improve water balance of cut flowers. *Acta Hort.*, 64, 223-230.
- Halevy, A.H., & Mayak, S. (1979). Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 1. *Hortic. Rev.* 1, 204-236.
- Halevy, A.H., & Mayak, S. (1981). Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 2. *Hortic. Rev.* 3, 59-143.
- Han, S. S. (2003). Role of sugar in the vase solution on postharvest flower and leaf quality of oriental lily Stargazer. *HortScience* 38 (3), 412-416.
- Hatamzadeh, A., & Shafyii Masouleh, S.S. (2013). Nano-silver pulsing calcium sulfate improve water relations on cut gerbera flowers. *South West J. Hortic. Biol. Environ.* 4 (1), 1-11.
- Ichimura, K., Taguchi, M., & Norikoshi, R. (2006). Extension of the vase life in cut roses by treatment with glucose, isothiazolinonic germicide, citric acid and aluminum sulphate solution. *Jpn. Agric. Res.* 40 (3), 263-269.

- Ichimura, K., Ueyama, S. & Goto, R. (1999). Possible roles of soluble carbohydrate constituents in cut rose flowers. *J. Jpn. Sci.* 68 (3), 534-539.
- IBRAFLOR (Instituto Brasileiro de Floricultura). (2000). Padrão Ibraflor de qualidade. São Paulo: IBRAFLOR, pp. 87.
- INTEA (Innovaciones Tecnológicas Agropecuarias S.A.). 2003. Estudio sobre la caracterización de la producción florícola en la República Argentina. JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón) - INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Buenos Aires, Innovaciones Tecnológicas Agropecuarias S.A., pp 87.
- Irving, D.E., & Joyce, D.C. (1995). Sucrose supply can increase longevity of broccoli (*Brassica oleracea*) branchlets kept at 22 °C. *Plant Growth Regul.* 17, 251- 256.
- Khan, F.N., Yasmin, L., Nasrin, T.A.A., Hossain, M.J., & Golder, P.C. (2009). Effect of sucrose and pH on the vase life of gladiolus flower. *SAARC J. Agric.* 7, 11–18.
- Liao, L.J., Peng, Y., & Ye Q. (2003). Neck-bending phenomena in cut gerbera flower. *Acta Hort. Sinica*, 30(1), 110-112.
- Liao, L.J., Lin, Y., Huang, K.L., Chen, W.S., & Cheng, Y. (2000). Postharvest life of cut rose flowers as affected by silver thiosulphate and sucrose. *Bot. Bull. Acad. Sinica.* 41, 299-303.
- Locke, E.L. (2010). Extending cut flower vase life by optimizing carbohydrate status: preharvest conditions and preservative solution. Thesis (Ph. D). Raleigh, NCSU. pp. 246.
- Lorenzo, G.A., Mascarini, L., Borelli, L., & Amado, S. (2007). Vida en florero de *Gerbera jamesonii* L. y su relación con la absorción de agua y la pérdida de peso fresco. En: Libro de Actas 30° Congreso Argentino de Horticultura. 1° Simposio Internacional sobre Cultivos Protegidos. La Plata, Argentina.
- Lorenzo, G.A. (2003). Rendimiento y calidad de dos variedades de *Gerbera jamesonii* y su relación con el tamaño de contenedor en el primer año de producción. 1ª ed., Buenos Aires, Facultad de Agronomía-UBA, p. 253-261.
- Marousky, J. (1986). Vascular structure of the gerbera scape. *Acta Hort.* 181, 399–405.
- Martínez, G. (2008). Metodologías destinadas a retrasar el proceso de senescencia durante la postcosecha. En: Libro de Actas 4° Congreso Argentino de Floricultura y Plantas ornamentales. 10° Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes, Argentina. ISBN: 978-987-521-326-5.

- Martínez, G. (2009). Curso Fisiología de la producción florícola. Maestría en Floricultura. Universidad Nacional de Lomas de Zamora- Instituto de Floricultura. Castelar, Buenos Aires, Argentina.
- Martínez, P.F. & Abdel Fattah, M.M. (1993). Effects of substrate warming in soilless culture on gerbera crop performance under seasonal variations. *Acta Hortic.* 408, 31-40.
- Mascarini, L. (1998). Gerbera cultivation in growing media. *Hortic. Int.* 6, 86-88.
- Mascarini, L. (2005). Gerbera: Manejo del cultivo para flor de corte. Apuntes de la cátedra de floricultura. Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, pp 20.
- Mascarini, L., Delfino, O.S., & Vilella, F. (2001). Evapotranspiration of two *Gerbera jamesonii* L. cultivars in hydroponics: adjustment of models for greenhouses. *Acta Hortic.* 554, 261-269.
- Mascarini, L., Lorenzo, G.A., & Vilella, F. (2006). LAI, water content and R: FR ratio calculated by spectral reflectance and its relation with plant architecture and cut rose production. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 131, 313-319.
- Morisigue, D., Mata D., & Villanova, I. (2008). Caracterización de unidades comerciales de flores de corte en los mercados mayoristas de alrededores del Gran Buenos Aires. En: Libro de Actas 4º Congreso Argentino de Floricultura y Plantas ornamentales. 10º Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes, Argentina. ISBN: 978-987-521-326-5.
- Mur, M., Serrano, M., Pretel, M.T., Martínez Madrid, M.C., & Romojaro, F. (2003). Vida comercial de gerbera en postcosecha. *Hortic. Int.* 42, 40-47.
- Nazari deljou M.J, Khalighi A., Arab M. & Karamian R. (2011). Postharvest evaluation of vase life, stem bending and screening of cultivars of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolux ex. Hook F.) flowers. *Afr. J. Biol. Technol.* 10 (4), 560-566.
- Nell, T., & Reid, M. (2002). Poscosecha de las flores y plantas. Estrategias para el siglo 21. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp 216. ISBN 978-958-96864-5-4.
- Paulin, A., (1997). Poscosecha de las flores cortadas. Bases fisiológicas. 2ª ed. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp. 142.
- Perik, R.R., Razé, D., Ferrante, A., & van Doorn, W.G. (2014). Stem bending in cut *Gerbera jamesonii* L. flowers: Effects of a pulse treatment with sucrose and calcium ions. *Postharv. Biol. Technol.* 98, 7-13.

Perik, R.R., Razé, D., Harkema, H., Zhong, Y. & van Doorn, W.G. (2012). Bending in cut *Gerbera jamesonii* L. flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. *Postharv. Biol. Technol.* 74, 11-18.

Philosoph Hadas, S., Friedman, H., & Meir, S. (2005). Gravitropic bending and plant hormones. *Vitam. Horm.* 72, 31-78.

Philosoph Hadas, S., Meir, S., Rosenberger, I., & Halevy, A.H. (1996). Regulation of the gravitropic response and ethylene biosynthesis in gravistimulated snapdragon spikes by calcium chelators and ethylene inhibitors. *Plant Physiol.* 110, 301-310.

Piovano, M.V., Occhiuto, P.N., Foschi, M.L., & Morisigue, D.E. (2012). Evaluación de variedades de gerbera en Luján de Cuyo, Mendoza. En: Libro de Actas 35° Congreso Argentino de Horticultura, Corrientes, Argentina, pp 35.

Pompodakis, N.E., Joyce, D.C., Terry, L.A. & Lydakis, D.E. (2004). Effects of vase solution pH and abscisic acid on the longevity of cut 'Baccara' roses. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 79, 828–832.

Puerta A., Bouzo, C., Budde, C., & Celi, C.R. (2012). Effect of calcium on the bending steam in gerbera cut flowers. In: Proceedings of the Tenth International Symposium on Postharvest Quality of Ornamental Plants. Porto de Galinhas, Brazil. p. 458-459.

Puerta, A., Bouzo, C., Morisigue, D., Budde, C., & Valenzuela, O. (2011). Vida postcosecha de cultivares de gerbera producidos bajo sistemas de cultivo sin suelo. *Hortic. Argentina* 30 (73), 148. ISSN 1851-9342.

Puerta, A., Garbi, M., Esquivel, C., Capacete, M., & Sangiacomo M. (2013). Efecto de cloruro de calcio y potasio sobre el curvamiento de gerbera para corte. En: Libro de Actas 36° Congreso Argentino de Horticultura. 2° Congreso Internacional de Plásticos Agrícolas. Tucumán, Argentina, pp. 74.

Rangel Estrada M., & Ruiz Posadas L. (2006). Calcio en el cultivo de la gerbera. En: Libro de actas del 3° Encuentro de participación de la mujer en la ciencia. León, México.

Ranwala, A.P., Miller, W.B., Kirk, T.I., & Hammer, P.A. (2000). Ancymidol drenches, reversed greenhouse temperatures, postgreenhouse cold storage, and hormone sprays affect postharvest leaf chlorosis in Easter lily. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 125, 248–253.

- Reid, M.S (2009). Poscosecha de las flores cortadas. Manejo y recomendaciones. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp. 36.
- Rudnicki, R.M., & Novak, J. (1976). Vase life of *Gerbera jamesonii* Bolus cut flowers depending upon media, mineral nutrition, their morphological attributes, and treatment with flower preservatives. *Acta Agrobot.* 29, 289-296.
- Rudnicki, R.M., Goszczynska, D., & Nowak, J. (1986). Storage of cut flowers. *Acta Hort.* Noordwijkerhout, 1 (181), 285-296.
- Salinger, J. P. (1991). Producción comercial de flores. Zaragoza, Acribia S.A., pp 371. ISBN: 84-200-0701-3.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1994). Fisiología Vegetal. México, Iberoamérica, p. 363-365.
- Singh K.P., S. (2005). Studies on postharvest quality of gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook, F.) cultivars grown under fan and pad cooled greenhouse. *J. Ornament. Hort.* 8 (1), 56-58. ISSN: 0972-0499.
- Soad, M.M., Ibrahim, Lobna, S. Taha & Rawia, A.E. (2011). Extending postharvest life and keeping quality of gerbera cut flowers using some chemical preservatives. *J. Appl. Sci.* 7 (7), 1233-1239. ISSN 1819-544X.
- Soroa, R. (2000). Producción alternativa de *Gerbera jamesonii* para una floricultura urbana. Tesis (M. Sc.). La Habana, UNAH. 85 p.
- Soroa, M. (2005). Revisión bibliográfica: *Gerbera jamesonii* L. Bolus. *Cultivos Tropicales.* 26 (4), 65-75.
- Sosa Nan, S. (2007). Effects of pre- and postharvest calcium supplementation on longevity of sunflower (*Helianthus annuus* cv. Superior Sunset). Tesis (M Sc.). Louisiana, LSU. 94 p.
- Steinitz, B. (1982). Role of sucrose in stabilization of cut gerbera flower stalks. *Gartenbouwissenschaft* 47 (2), 77-81.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiol.* 4^a ed., Sunderland, Massachusetts, Sinauer Assoc. pp 583.
- Torre, S., Fjeld, T., & Gislerod, H.R. (2001). Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. *Sci. Hort.* 90, 291-304.
- Trujillo Villagarcía, B.A., Zavaleta Mancera, H.A., Mora Herrera, M.E., & López Delgado, H.A. (2006). Efecto del CaCl₂ sobre la actividad enzimática antioxidante durante la vida florero de gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook F.). *Chapingo, Serie Hort.* 12 (2), 203-209.

- Van Doorn, W.G., & de Witte, Y. (1994). Effect of bacteria on scape bending in cut *Gerbera jamesonii* L. flowers. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 119, 568 - 571.
- Van Doorn, W.G., Veken, M., & Bakker, M.L. (1994). Effect of dry storage on scape bending in cut *Gerbera jamesonii* L. flowers. *Postharv. Biol. Technol.* 4, 261 - 269.
- Van Meeteren, U. (1978a). Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. II. Water balance of ageing flowers. *Sci. Hortic.* 9, 189-197.
- Van Meeteren, U. (1978b). Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. I. The cause of stem break. *Sci. Hortic.* 8, 65-74.
- Van Meeteren, U. (1979). Water relations and keeping-quality of cut gerbera flowers. III. Water content, permeability and dry weight of ageing petals. *Sci. Hortic.* 10 (3), 261-269.
- Van Meeteren, U. (1980). Water relations and keeping-quality of cut gerbera flowers. VI. Role of pressure potential. *Sci. Hortic.* 12 (3), 283-292.
- Van Meeteren, U., Arévalo Galarza, L., & Van Doorn, W.G. (2006). Inhibition of water uptake after dry storage of cut flowers: Role of aspired and wound induced processes in *Chrysanthemum*. *Postharv. Biol. Technol.* 41, 70-77.
- Verdugo, G, Biggi, M., Montesinos, A., Soriano, C., & Chahin, G. (2006). Manual de poscosecha de flores. Fundación para la innovación agraria. Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, pp. 74.
- Wilberg, B. (1973). Physiologische untersuchungen zum Knicker-problem als voraussetzung fur die slektion haltbar gerbera-schnittblumen. *Z. Pflanzenzucht.* 69, 107-114.
- Wilkins, M.B. (1984). *Advanced plant physiology*. London, Pitman, p. 163-185.
- Zieslin, N., Spiegelstein, H., & Halevy, A.H. (1978). Components of axillary bud inhibition in rose plants. IV. Inhibitory activity in plant extracts. *Bot. Gazette.* 139, 64-68.

2-. “CARACTERÍSTICAS HISTOQUÍMICAS, METABÓLICAS Y ESTRUCTURALES DE LAS CULTIVARES DE *Gerbera jamesonii* L. ‘SUPER NOVA’, ‘DUNE’ Y ‘RUBY RED’, Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD POSTCOSECHA DURANTE LA VIDA EN FLORERO”



2- CAPÍTULO 2. “CARACTERÍSTICAS HISTOQUÍMICAS, METABÓLICAS Y ESTRUCTURALES DE LAS CULTIVARES DE *Gerbera jamesonii* L. ‘SUPER NOVA’, ‘DUNE’ Y ‘RUBY RED’, Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD POSTCOSECHA DURANTE LA VIDA EN FLORERO”

2.1- RESUMEN

Se analizaron las características histoquímicas, metabólicas y estructurales y su relación con la calidad postcosecha durante la vida en florero de las cultivares de *Gerbera jamesonii* L. ‘Super Nova’ (‘Amarilla’), ‘Dune’ (‘Naranja’) y ‘Ruby Red’ (‘Roja’). Las varas florales se desarrollaron bajo cubierta y mediante el sistema de cultivo sin suelo, dentro de la estación experimental agropecuaria del INTA San Pedro, Buenos Aires (Latitud: 33° 41' Sud, Longitud: 59° 41' Oeste). Las varas florales fueron cosechadas y se estudió el comportamiento postcosecha. Se determinó el contenido de azúcares de la vara entera y por partes, el contenido de minerales en el pedúnculo floral, y se caracterizó histológicamente el pedúnculo floral. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y las medias se diferenciaron mediante el test de Tuckey al 0,05%.

Se hallaron diferencias significativas entre las distintas cultivares y entre las distintas partes de la vara floral en cuanto al contenido de azúcares y características morfohistológicas de las mismas. En el contenido de minerales no se hallaron diferencias significativas. Estos resultados permitieron explicar las causas del diferente comportamiento postcosecha de las tres cultivares de gerbera y comprender, al menos en parte, la fisiología de las varas florales en las condiciones previamente descriptas. Los resultados presentados podrían ser utilizados para la selección de adecuadas técnicas de postcosecha que potencien y optimicen la calidad de las varas florales.

Palabras clave: cultivares de *Gerbera jamesonii* L.; calidad postcosecha, diferencias histoquímicas, diferencias metabólicas.

2.2- ABSTRACT

Histochemical, metabolic and structural characteristics and their relationship to base life quality of *Gerbera jamesonii* L. 'Super Nova', 'Dune' and 'Ruby Red' were studied. Plants were grown under greenhouse and soil less culture, at INTA Agricultural Experimental Station of San Pedro, Province of Buenos Aires (33 ° 41' S, 59 ° 41' W). Floral rods were handpicked and classified following Veiling Holambra standards. Subsequently postharvest behavior was studied. Sugar content of entire and partial portions, mineral content and histology of the flower rod were recorded. Results were analyzed through ANOVA and means separated through Tuckey test 0.05%.

Sugar content and anatomical and tissue characteristics were different among cultivars and flower rod parts. No difference was found for mineral content. Results allow to explain the causes of the vase life behavior and to give a better understanding of flower rods physiology, leading to an adequate selection of postharvest techniques in order to improve the quality of flower rods.

Key words: Varieties of *Gerbera jamesonii* L.; postharvest quality, histochemical differences, metabolic differences.

2.3- INTRODUCCIÓN

A medida que avanza la edad, las varas florales experimentan diversos cambios físico-químicos y anatómicos en sus estructuras celulares. Entre los cambios más importantes se encuentran la variación en las proporciones de agua, hidratos de carbono, iones, tasa respiratoria, composición mineral, pérdida de peso, pérdida de selectividad en las membranas y cambios en la morfología de sus estructuras celulares (Mur *et al.*, 2003; Breeze *et al.*, 2004; Blessington, 2004; Mérida, 1980; Rudnicki *et al.*, 1986).

Estos cambios se intensifican en el momento que la vara floral es separada de la planta a través del corte y se aceleran durante la etapa senescencia (Mur *et al.*, 2003; Verdugo *et al.*, 2006).

Los órganos florales se corresponden con tejidos vegetativos inmaduros y por lo tanto con altas tasas metabólicas. Si además no reciben un cuidadoso manejo durante el período de la postcosecha la situación se agrava, y los síntomas de deterioro se evidencian rápidamente. Por ello, la magnitud y la velocidad con que se expresen los cambios metabólicos y estructurales jugará un rol crucial en la calidad de postcosecha de las flores cortadas (Mur *et al.*, 2003; Reid, 2009).

Para mantener la calidad de las varas florales se deberán comprender los factores que conducen a su deterioro. Si estos factores son tenidos en cuenta, tanto por el productor como por el resto de los integrantes de la cadena comercial se podrán desarrollar e implementar tecnologías óptimas, que aseguren la conservación de la calidad hasta llegar al consumidor (Nell & Reid, 2002; Martínez, 2008).

Los factores que influyen en la calidad de postcosecha de las flores cortadas dependerán, tanto de las condiciones del ambiente, como de las características genéticas propias de cada cultivar (Darras *et al.*, 2004; Schroeder & Stimart, 2005; Slootweg, 2005; Verdugo *et al.*, 2006).

En la senescencia floral, suceden cambios en el metabolismo tales como el incremento en la respiración y la hidrólisis de componentes celulares (Blessington, 2004; Martínez, 2008 y Martínez, 2009).

El proceso de respiración se ve influenciado por el contenido de reservas energéticas que tenga la vara floral. Los azúcares solubles son el sustrato energético que más fácilmente dispone la vara floral para su mantenimiento. El contenido de los mismos afecta la duración en florero ya que suministran energía para la respiración (Locke, 2010). Además, ejercen un efecto osmótico, produciendo una disminución del

potencial hídrico y favoreciendo la mayor absorción de agua por parte de los tejidos (Halevy & Mayak, 1979; Van der Meulen *et al.*, 2001).

Al aumentar la degradación oxidativa de los productos almacenados en las células, disminuye el contenido de sustancias como el almidón, azúcares y ácidos orgánicos y cambia la composición gaseosa de la atmósfera que rodea a los productos cosechados y almacenados (Borochoy & Woodson, 1989). Por lo tanto, la tasa de consumo de azúcares solubles es un indicador del ritmo respiratorio.

En el momento de la cosecha se interrumpe el ingreso de nutrientes provenientes de la raíz y el suministro de hidratos de carbono a través de la fotosíntesis (Page *et al.*, 2001). Ambos hechos cambian significativamente los aportes de azúcares necesarios para el mantenimiento de la integridad del tejido y consecuentemente se produce la disminución del contenido de almidón y azúcares simples (Page *et al.*, 2001). Es por ello que los estadios finales del desarrollo floral están caracterizados por una reducción en el contenido de azúcares reductores (King & Morris, 1994; Chung *et al.*, 1997).

El tratamiento con azúcares durante la postcosecha en diversas especies ha permitido corroborar el efecto retardante de estos compuestos sobre la senescencia y los diversos cambios organolépticos, fisiológicos y metabólicos que sufren los tejidos (Irving & Joyce, 1995; Gapper *et al.*, 2005; Ichimura *et al.*, 2006). La efectividad de dichos tratamientos está asociada a la capacidad de mantener mayores niveles energéticos durante los primeros momentos de la postcosecha (Eason *et al.*, 2007)

El metabolismo de los tejidos estará condicionado también por las condiciones ambientales a las que es expuesto el mismo. La temperatura juega un rol crucial en la vida postcosecha de toda flor cortada debido a que acelera la velocidad de todos los procesos metabólicos, resultando en una disminución del contenido de reservas energéticas debido al incremento en la respiración (Dole & Wilkins, 2005), e incrementando la salida de agua desde los tejidos (Bañon *et al.*, 1993). Por ello es recomendable cosechar las flores bien temprano a la mañana, cuando las temperaturas son bajas y la hidratación de las plantas es alta (Nell & Reid, 2002).

Otro fenómeno metabólico que tiene influencia directa en la vida postcosecha de las flores cortadas es el balance hídrico, que está regulado por los procesos de transpiración y absorción de agua. El desafío al separar la vara floral de la planta madre, es mantener un adecuado equilibrio entre éstos dos procesos. Si se produce un desbalance hídrico, los órganos florales experimentan deshidratación (Zieslin *et al.*, 1978;

Paulin, 1997; Van Doorn, 1997). Ésta, junto a otros factores como por ejemplo la incompleta lignificación de los órganos, contribuye a la manifestación del curvado del pedúnculo floral de diversas flores de corte. El desbalance hídrico está determinado principalmente por la tasa de transpiración, por las condiciones ambientales circundantes, especialmente contenido de humedad atmosférica y temperatura, por la tasa de absorción y transporte de agua, y por la capacidad de los diferentes órganos florales de conducir el agua (Van Meeteren, 1978a; Van Meeteren, 1979; Torre & Fjeld, 2001).

Se ha observado que luego de la cosecha, la tasa de transpiración excede a la de absorción de agua, a pesar de colocar las varas inmediatamente en recipientes con agua. Este fenómeno se corresponde con la disminución del peso fresco del pedúnculo floral (Liao, 2003; Verdugo *et al.*, 2006). Las causas de este desbalance hídrico se deben a la dificultad en la absorción y transporte de agua por parte de los haces vasculares de la vara floral. Este hecho puede deberse a una posible embolia, debida a la presencia de aire en el xilema, a la acción de las bacterias que obstruyen los conductos a través de la acción de degradación de los tejidos, a la masa bacteriana per se, y/o a la desintegración de los tejidos producto de la senescencia propia de la planta (Paulin, 1997; Van Meeteren, 2006; Verdugo, 2006; Reid, 2009). Por lo expuesto, para asegurar la circulación de agua dentro de los haces vasculares y así mantener un adecuado balance hídrico, en la bibliografía especializada se recomienda utilizar agua limpia en todas las operaciones de cosecha y postcosecha, además de desinfectar las varas que provienen del cultivo, y que podrían traer una alta carga de microorganismos (Van Doorn & Reid, 1995; Paulin, 1997; Reid, 2009).

El contenido de nutrientes minerales también tiene alto efecto en la vida postcosecha de las flores cortadas. El contenido de minerales como el fósforo, potasio, calcio y nitrógeno intervienen directa o indirectamente en la predisposición de aparición de ciertas patologías o afectando la apariencia de la flor, y por ende afectando los parámetros de calidad de la vara floral (Verdugo *et al.*, 2006).

La importancia del contenido de nutrientes se debe, además de las funciones propias que cada uno cumple en el metabolismo celular, al efecto que tienen sobre el potencial osmótico, contribuyendo a aumentarlo, favoreciendo el flujo de agua y con ello el balance hídrico (Acock & Nichols, 1979).

Ranwala & Miller (2000) descubrieron una relación entre el contenido de nutrientes y la vida en florero. Así, las varas de *Lilium* que presentaban menor contenido de nitrógeno tuvieron menor duración en florero, evidenciada por la intensa clorosis de las hojas.

Las características morfo-histológicas que presentan las distintas cultivares de gerbera también tienen influencia en la vida en florero (Marousky, 1986; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Perik *et al.*, 2012). En otras especies de corte, como *Crisanthemum* sp., *Anthurium* sp., *Rosa* sp., *Acacia* sp., *Dodonaea* sp., *Zinnia* sp., se hallaron estrechas relaciones entre las características morfo-fisiológicas de los tejidos y la calidad postcosecha (Dixon *et al.*, 1988; Put & Rombouts, 1989; Twumasi *et al.*, 2005; Amado *et al.*, 2007; Cohen *et al.*, 2008; Elibox y Umaharan, 2008; Cohen *et al.*, 2009; Damunupola *et al.*, 2011; Shtein *et al.*, 2011; Lv *et al.*, 2011).

La proporción y composición de los tejidos de sostén y parenquimático determina la resistencia mecánica del pedúnculo, predisponiendo al curvado manifestado en ciertas cultivares de gerbera (Marousky; 1986; Donaldson, 2001; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Perik *et al.*, 2014) y en otras flores de corte, como *Rosa* sp. (Cohen *et al.*, 2009; Hernández *et al.*, 2009;) y *Crisanthemum* sp. (Nijssse, 2001a).

Además, al avanzar la edad, se observó que la vara floral sufre una progresiva desintegración, evidenciada en la pérdida de esclerenquima y de otras estructuras que contribuyeron a la firmeza y sostén (Van Meeteren, 1979; Marousky, 1986; Liao, 2003; Perik *et al.*, 2012). A su vez, en determinadas cultivares se encontró que la magnitud de dichas pérdidas es mayor en el segmento distal del pedúnculo, coincidiendo con el segmento de curvado (Marousky, 1986; Liao *et al.*, 2003; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Perik *et al.*, 2012).

Por otro lado, la estructura de los tejidos también participa del balance hídrico de la vara floral y con ello en la vida postcosecha, especialmente en lo que respecta a la anatomía y cantidad de haces xilemáticos, responsables de la conducción de agua dentro de la vara floral (Van der Molen *et al.*, 1983 en Hernández *et al.* 2009; Van Doorn, 1997; Nijssse *et al.*, 2001b; Twumasi *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2009; Damunupola, 2011).

Si bien los cambios metabólicos que ocurren durante la senescencia no pueden evitarse y la magnitud de los mismos parecería estar relacionada con las características genéticas propias de cada cultivar, el

conocimiento de dichos procesos permitiría diagramar e implementar adecuados manejos postcosecha que disminuyan los síntomas de deterioro y a su vez aportar elementos para la selección de cultivares para la producción.

2.4- HIPÓTESIS

El diferente comportamiento postcosecha ocurrido durante la vida en florero de la cultivar 'Roja' en comparación a las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' se debe a diferencias en el metabolismo y en la composición histoquímica de sus tejidos.

2.5- OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar las características histológicas, químicas, metabólicas y estructurales y su relación con la calidad postcosecha durante la vida en florero de las cultivares de *Gerbera jamesonii* L. 'Super Nova', 'Dune' y 'Ruby Red'.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de azúcares (sacarosa, glucosa, fructosa) en las distintas partes del pedúnculo floral.
- Determinar el contenido de minerales (calcio, nitrógeno, fósforo y potasio) en las distintas partes del pedúnculo floral.
- Estudiar las características histológicas de las distintas partes del pedúnculo floral.

2.6- METODOLOGIA Y MATERIALES UTILIZADOS

El ensayo se llevó a cabo durante el mes de diciembre del 2010. El sitio de investigación, el material vegetal, la forma de cosecha, acondicionamiento y selección se realizó siguiendo la misma metodología expuesta en el capítulo 1. Las varas seleccionadas se evaluaron en la misma sala de postcosecha descrita en dicho capítulo y utilizando la misma metodología.

Diseño del experimento y análisis de los resultados

En la sala de postcosecha se evaluó el comportamiento en florero de las cultivares bajo estudio. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con 3 repeticiones.

Los tratamientos fueron las diferentes cultivares: i) Super Nova (‘Amarilla’); ii) Dune (‘Naranja’); iii) Ruby Red (‘Roja’).

Se utilizaron 10 varas florales por cada tratamiento. Por lo tanto, se evaluaron 30 varas florales de cada variedad. La unidad experimental fue el florero. Los resultados de las determinaciones realizadas se sometieron un análisis de la varianza. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los valores medios, se compararon utilizando el test de Tuckey, con un nivel de significancia del 95 %. Para analizar los datos se utilizó el programa InfoStat, (Di Rienzo *et al.*, 2010).

Mediciones realizadas

Las determinaciones se realizaron en dos momentos, al “INICIO” y “FIN” del ensayo postcosecha y sobre distintas partes de la vara floral: capítulo y distintas porciones del pedúnculo (segmento 1 y segmento 2), tal como se describió en el capítulo 1.

La segmentación se realizó con el objetivo de evaluar si existieron diferencias histoquímicas y/o estructurales en las distintas partes del pedúnculo que influyeran en el comportamiento en florero de las cultivares bajo estudio.

Se determinó: i) el contenido de azúcares en la vara entera y por segmentos, ii) el contenido de minerales en el pedúnculo floral, iii) la histología del pedúnculo floral, iv) la superficie del pedúnculo floral.

A continuación, se describen los materiales y metodología utilizada para las determinaciones realizadas en el presente ensayo;

i) Contenido de azúcares en la vara entera y por partes: Se determinó el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa mediante espectrofotometría. Se utilizó el kit comercial UV method Enzymatic BioAnalysis (Boehringer Mannheim/R-Biopharm®, Alemania). El desarrollo del método consistió en una primera parte donde se procedió a extraer el azúcar total contenido en las distintas partes de la vara floral y una segunda parte donde se procedió a adicionar las enzimas indicadas en el método. La absorbancia emitida en dichas reacciones enzimáticas fue leída en espectrofotómetro.

Debido a que no había antecedentes del procedimiento de ésta técnica para la determinación de azúcares en flores de corte, se debió realizar una puesta a punto de la misma. Se evaluaron distintos tamaños de muestra fresca y de solución extractante y distintas dosis de las enzimas. El mejor ajuste se obtuvo con tamaño de muestra de 2 g de peso fresco, 50 µL de muestra + extractante y las dosis enzimáticas indicadas comercialmente.

Las determinaciones se llevaron a cabo sobre 10 varas florales de cada tratamiento. El muestreo se realizó sobre la vara entera, y también sobre el segmento 1 y el segmento 2 del pedúnculo. Las muestras se conservaron en nitrógeno líquido hasta su procesamiento. Posteriormente se realizó la primera parte de la técnica que consistió en el triturado en mortero de la vara entera, del segmento 1 y del segmento 2. Para la determinación del segmento 1 y del segmento 2, se tomó la porción central de cada una y se pesaron 2 gramos. Cada muestra fue colocada en un tubo falcón utilizando 5 mL de agua bidestilada para arrastrar los restos de muestra adheridas al mortero. Posteriormente se colocaron en una centrifuga (Thermo Scientific Heraeus, Primo R, Francia) durante 5 minutos, donde se procedió a la centrifugación a 6500 rpm y a 4°C de temperatura. El sobrenadante se filtró mediante embudo y papel de filtro. El filtrado se conservó en heladera hasta ser utilizado en la segunda de la determinación.

Sobre cada una de las muestras obtenidas en la primera parte de la técnica se adicionaron subsecuentemente las enzimas hexoquinasa y beta-fructosidasa (invertasa).

La concentración de D-glucosa fue determinada antes y después de la hidrólisis enzimática de la sacarosa. La concentración de D-fructosa subsecuentemente a la determinación de D-glucosa. La concentración de sacarosa fue calculada mediante la diferencia de la concentración de D-glucosa antes y después de la inversión enzimática. Luego de la adición de cada enzima se leyó la absorbancia en espectrofotómetro (Perkin Elmer Inc., USA) a una longitud de onda de 340 nm. Los datos obtenidos se registraron mediante la utilización del software Perkin Elmer UV WinLab. Para los cálculos de las diferentes concentraciones de glucosa, sacarosa y fructosa se utilizaron las formulas provistas por dicho programa.

ii) Contenido de minerales en el pedúnculo floral: Se determinó el contenido de calcio (Ca), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral. Se siguió la metodología propuesta por la “Red de laboratorios de suelo, agua y material vegetal” (RILSAV).

El tamaño total de muestra necesario para realizar las determinaciones mencionadas es de 1 gr de materia seca molida. El peso seco en promedio correspondiente al segmento 1 fue de 0,25 g y de 0,3 g para el segmento 2. Por lo tanto, fue necesario realizar un muestreo compuesto que se conformó con 4 varas florales para cada muestra, a fin de disponer de material suficiente para poder realizar la determinación.

Las determinaciones se realizaron sobre 15 muestras para cada tratamiento, totalizando 45 varas para cada uno. Las determinaciones analíticas se realizaron por duplicado.

Las muestras secas fueron molidas con molinillo analítico (IKA® Works Inc., A11 Basic, USA) y conservadas en recipientes plásticos cerrados herméticamente.

Para la determinación de N se utilizó el método de Kjeldahl a través del cual se determinó el N total orgánico. Se colocaron 200 mg de muestra en digestor para tal fin (Tecator, Digestion System 12 1009 Digester, Suecia). Para la determinación de P, K y Ca se pesaron 500 mg de muestra que fue sometida a una digestión ácida (nítrico-perclórica). Sobre el extracto obtenido anteriormente se determinó i) el P, mediante colorimetría con metavanadato y la lectura de la absorbancia se realizó en espectrofotómetro a 420 nm (Roy Company, Spectronic 20, USA) ii) el K y el Ca, mediante espectrofotometría de absorción

atómica y la lectura de la absorbancia se realizó en espectrofotómetro (Perkin Elmer, 2380, USA) a 422,7 nm para la lectura del Ca y a 766,5 nm para el K.

iii) Histología del pedúnculo floral: Se describieron las características anatómicas de los pedúnculos en los segmentos 1 y 2. Se tomaron 10 muestras por tratamiento las que se fijaron individualmente en FAA (formol, alcohol, ácido acético) durante 48 horas y se conservaron en alcohol de 70° hasta el momento de su procesamiento. Posteriormente se deshidrataron en una serie creciente de etanol y fueron incluidas en Histoplast. Se obtuvieron secciones transversales de 8-10 μm , que fueron coloreadas con safranina-fastgreen y montadas en Bálsamo de Canadá (D'Ambrogio, 1986). Se observó la totalidad de los cortes celulares en un microscopio epifluorescente (Olympus, BX50, Japón) con un aumento de 4X. Posteriormente se seleccionaron las imágenes más representativas y se fotografiaron mediante el software CellSens Standard Imaging. Se caracterizaron las siguientes estructuras: epidermis, corteza, células parenquimatosas, haces vasculares y casquetes de esclerénquima.

vi) Superficie del pedúnculo floral: Se realizó la observación de la totalidad de los cortes celulares obtenidos según la metodología expuesta en el inciso anterior. Se utilizó una lupa estereoscópica (Olympus, SZX9, Japón) con un aumento de 25 X. Se seleccionaron las muestras más representativas de cada tratamiento y se fotografiaron mediante el software CellSens Standard Imaging. Se utilizó la herramienta “2 point circle” y “rotated ellipse” para la medición del área (μm^2) media total del pedúnculo, de la médula, y del tejido celular. La medición se realizó en las muestras correspondientes al segmento 1, obtenidas al INICIO y al FIN del experimento. De esta forma se pudo evaluar la evolución durante la vida en florero.

Por área media total se consideró la superficie total que presentó el pedúnculo de la muestra en cuestión. El área media de la médula del pedúnculo se refiere a la porción hueca que es característica de los pedúnculos florales de gerbera. El área media del tejido celular se refiere a la porción no hueca, es decir compuesta por tejido.

Los resultados de dichas mediciones se utilizaron para obtener la relación de tejido celular respecto del área total del pedúnculo (Proporción de tejido) y de la médula respecto del área total del pedúnculo (Proporción de médula), según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Proporción de tejido} = \frac{\text{Área media del tejido } (\mu\text{m}^2)}{\text{Área total } (\mu\text{m}^2)}$$

$$\text{Proporción de médula} = \frac{\text{Área media de la médula } (\mu\text{m}^2)}{\text{Área total } (\mu\text{m}^2)}$$

Para poder comparar los resultados obtenidos entre las cultivares bajo estudio se elaboró un coeficiente diario de variación al que se denominó “Tasa de variación diaria”. Para el cálculo de este coeficiente se utilizaron los valores medios correspondientes a la determinación en cuestión de cada cultivar al INICIO, al FIN y durante la vida en florero, utilizándose la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de variación diaria} = (\text{Valor medio al FIN} - \text{Valor medio INICIO}) / \text{VF media}$$

Donde;

Valor medio al FIN: es el valor correspondiente a la media obtenida en el análisis estadístico de las muestras tomadas al FIN de la vida en florero.

Valor medio INICIO: es el valor correspondiente a la media obtenida en el análisis estadístico de las muestras tomadas al INICIO de la vida en florero

VF media: es la vida en florero, expresada en días, correspondiente a la media obtenida en el análisis estadístico para cada cultivar.

El valor positivo de dicho coeficiente indica un incremento en la determinación en cuestión, respecto del valor inicial. El valor negativo del mismo indica una disminución respecto al valor inicial.

El coeficiente `tasa de variación diaria` permitió determinar la ocurrencia de los procesos y compararlos.

2.7- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

i) Contenido de azúcares en la vara entera y por segmentos

Al determinar la concentración de azúcares que presentaron las varas florales al INICIO del experimento, se encontró que el contenido de sacarosa y de glucosa fue el mismo en las tres cultivares (Tabla 1).

Es decir, en el momento de la cosecha no hubo diferencias significativas entre cultivares, a excepción de la fructosa. Por lo tanto, se puede inferir que en todas las cultivares se tendría la misma capacidad en las varas para responder a las demandas energéticas propias del metabolismo de todo organismo vivo. Sin embargo, a medida que transcurrió la vida en florero, la disponibilidad de azúcares se diferenció significativamente entre las cultivares. Así, en la variación diaria de glucosa y fructosa se encontró una pérdida significativa en las tres cultivares. Esta disminución del contenido de glucosa y fructosa, indicarían que las cultivares fueron consumiendo preferentemente ambos azúcares para mantener su metabolismo. La cultivar 'Roja' perdió el doble de glucosa respecto a la cultivar 'Amarilla' y el triple respecto a la 'Naranja'. La pérdida de fructosa fue casi 4 veces mayor en la cultivar 'Roja' respecto a la 'Amarilla' y 9 veces mayor que en la 'Naranja' (Tabla 2). Luego, al analizar la tasa de cambio en la concentración de sacarosa, se observó que presentó una respuesta opuesta. Es decir, se produjo un aumento en las tres cultivares, si bien en la cultivar 'Roja' este incremento fue significativamente inferior (Tabla 2). La unión de las moléculas de fructosa y glucosa da origen a una molécula de sacarosa, pudiendo este hecho explicarse por la mejor disponibilidad de aquellos monosacáridos para la respiración mediante la glucólisis y el ciclo de Krebs. Es así que durante la primera fase de la glucólisis, si fuera la sacarosa el azúcar a respirar, primero éste debería hidrolizarse mediante la acción de la enzima invertasa, formando los monosacáridos fructosa y glucosa, incorporándose luego estas hexosas a la glucólisis como fructosa-6-fosfato y glucosa -6-fosfato.

Aunque no fue el objetivo de éste trabajo, sería de importancia determinar los niveles de almidón en el pedúnculo. En gerbera existen antecedentes que indican que, en flores puestas en conservación con agua destilada, exhibieron los menores niveles de almidón en comparación con las conservadas en solución con nitrato de plata o cobalto (Wani *et al.*, 2012). La relación entre la síntesis de sacarosa y almidón es particular en cada especie vegetal y requiere un balance con la producción de fotosintatos para mantener

la provisión de esqueletos carbonados. Mientras que la enzima sintetasa de la sacarosa fosfatasa (SPS) determina la capacidad máxima de síntesis de sacarosa, la otra enzima implicada en la síntesis de esta molécula, la fructosa- 1,6- bifosfato fosfatasa (FBPasa) desempeña un papel determinante en el balance del fraccionamiento del carbono entre sacarosa y almidón (Sahrawy *et al.*, 2004).

Ha sido demostrado en gerbera que el mantenimiento de una elevada concentración de carbohidratos y niveles reducidos de enzimas hidrolíticas en flores conservadas en florero con soluciones de sales minerales y sacarosa, se correlaciona con un retraso en la senescencia y consecuentemente con un incremento en la vida postcosecha de las flores (Wani *et al.*, 2012). A la luz de estos resultados y aunque no ocurrió con sacarosa, los mayores niveles de hidrólisis de fructosa y glucosa observada en la cultivar 'Roja' pueden explicar la acelerada senescencia de esta cultivar (Tabla 2).

Tabla 1. Valores medios de concentración de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa expresados en función del peso fresco (PF) de la vara floral entera de las tres cultivares de gerbera al INICIO del experimento.

Cultivar	Concentración de azúcares (mg g ⁻¹ PF)		
	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
'Amarilla'	6,03 a	9,34 a	1,85 a
'Naranja'	6,13 a	8,92 a	1,74 a
'Roja'	6,61 a	8,24 a	1,12 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Tabla 2. Tasa de variación diaria en la concentración de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) en función del peso fresco (PF) en la vara floral entera durante la vida en florero de las tres cultivares de gerbera.

Cultivar	Tasa de variación diaria en la concentración de azúcares (mg g ⁻¹ PF d ⁻¹)		
	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
‘Amarilla’	0,58 a	-0,24 a	-0,99 a
‘Naranja’	0,43 a	-0,16 a	-0,39 b
‘Roja’	0,13 b	-0,48 b	-3,53 c

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Sobre la base de estas determinaciones realizadas para la totalidad del pedúnculo, posteriormente se procedió a determinar la concentración de dichos azúcares en los distintos segmentos del pedúnculo floral, con el fin de evaluar si existían diferencias entre ellas que pudieran relacionarse con el diferencial comportamiento postcosecha de las tres cultivares.

Así, al analizar el contenido de azúcares en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral se encontró la misma tendencia que en la vara entera, es decir no hubo diferencias significativas entre las cultivares al INICIO del ensayo y sí las hubo durante la vida en florero, y especialmente en el segmento 1 (Tablas 3 y 4).

La tasa diaria de pérdida de sacarosa indicó un incremento significativo, tanto en el segmento 1 como en el segmento 2, siendo menor en la cultivar ‘Roja’.

Por lo tanto, éstos resultados podrían predecir que el segmento 1 de la cultivar ‘Roja’ presentó una mayor actividad metabólica.

Tabla 3. Valores medios de concentración de los azúcares (mg g^{-1} PF) sacarosa, glucosa y fructosa de las cultivares de gerbera al INICIO del experimento expresados en función del peso fresco (PF) de la vara floral según los segmentos 1 y 2 en que se dividió el pedúnculo.

Cultivar	Concentración de azúcares (mg g^{-1} PF)					
	Sacarosa		Glucosa		Fructosa	
	Segmentos					
	1	2	1	2	1	2
‘Amarilla’	0,50 a	1,35 a	5,25 a	2,20 a	0,18 a	0,13 a
‘Naranja’	0,38 a	0,97 a	5,11 a	2,37 a	0,32 a	0,13 a
‘Roja’	0,45 a	0,96 a	5,46 a	1,90 a	0,33 a	0,13 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Tabla 4. Tasa diaria de variación diaria de la concentración de azúcares sacarosa, glucosa y fructosa en función del peso fresco (PF) (mg g^{-1} PF d^{-1}) de los segmentos 1 y 2 durante la vida en florero de las cultivares de gerbera.

	Tasa diaria de variación diaria de la concentración de azúcares (mg g^{-1} PF d^{-1})					
	Sacarosa		Glucosa		Fructosa	
	Segmentos					
	Cultivar	1	2	1	2	1
‘Amarilla’	-0,15 a	-0,09 a	0,18 a	0,06 a	0,18 a	0,13 a
‘Naranja’	-0,13 a	-0,07 a	0,20 a	0,16 b	0,32 a	0,13 a
‘Roja’	-0,50 b	-0,13 b	0,10 b	0,02 c	0,33 a	0,13 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

El comportamiento de los azúcares de las cultivares bajo estudio se corresponde con lo encontrado por otros investigadores. Numerosos estudios han demostrado la importancia del contenido de azúcares para

el mantenimiento de la calidad de las flores de corte (Halevy & Mayak, 1979; Paulin & Jamain, 1982; Loescher, 1987; Kuiper *et al.*, 1995; Ichimura, 1998; Cho *et al.*, 2001; Ichimura *et al.*, 2003; Han, 2003; Dole & Wilkins, 2005; Reid, 2009; Locke, 2010).

Los resultados encontrados en el presente trabajo, corroboran la influencia que tienen los azúcares en el metabolismo de postcosecha, donde se evidencia el rol de los mismos, siendo sustratos para la respiración, en el balance hídrico y en la formación de compuestos que contribuyen a la resistencia mecánica de los tejidos. Paulin (1997) y Wills *et al.* (1999) sostuvieron que el mayor consumo de azúcares se relaciona con una mayor tasa respiratoria. La mayor pérdida de glucosa y fructosa de la cultivar 'Roja' indicaría que la misma consumió ambos azúcares a una tasa respiratoria superior en comparación a la cultivar 'Amarilla' y 'Naranja'. Este rápido consumo de azúcares es probable que haya contribuido a acelerar la senescencia de los tejidos.

La sacarosa es el azúcar que se ha encontrado presente con mayor frecuencia y en mayor cantidad en los tejidos de numerosas especies de flores de corte (Acock & Nichols, 1979; Irving & Joyce, 1995; Gapper *et al.*, 2005; Ichimura *et al.*, 2006; Eason *et al.*, 2007). Diversos investigadores sostienen que los azúcares solubles y especialmente la sacarosa, tienen un efecto retardante de la senescencia (Irving & Joyce, 1995; Coupe *et al.*, 2003; Gapper *et al.*, 2005; Ichimura *et al.*, 2006; Eason *et al.*, 2007; Bañon *et al.*, 1993). El agregado de azúcares de distintos tipos y en distintas dosis a la solución del florero ha contribuido a mejorar la vida postcosecha de diversas especies, corroborando el efecto retardante de los mismos sobre la senescencia, y su influencia sobre las características organolépticas y sobre el metabolismo y la fisiología de los tejidos (Acock & Nichols, 1979; Irving & Joyce, 1995; Gapper *et al.*, 2005; Ichimura *et al.*, 2006; Eason *et al.*, 2007).

La respuesta de la glucosa y la fructosa encontrada tanto en la vara entera como en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo se corresponde con los resultados encontrados en otras investigaciones, quienes al estudiar la dinámica de los azúcares durante la postcosecha de diversos géneros de flores de corte, como *Rosa*, *Dianthus caryophyllus*, *Lilium*, *Eustoma grandiflorum*, *Lisianthus*, *Lathyrus odoratus*, descubrieron que los azúcares simples o reductores disminuían al avanzar los días en florero (Acock & Nichols; 1979; Markhart & Harper, 1995; Ichimura & Tamotsu, 1999; Ichimura *et al.*, 1999; Liao *et al.*, 2000; Ranwala & Miller 2000; Otsubo & Iwaya, 2000; Cho *et al.*, 2001; Han, 2003).

La disminución en el contenido de azúcares se debe a que en el momento de la cosecha se interrumpe el ingreso de nutrientes provenientes de la raíz y el suministro de hidratos de carbono a través de la fotosíntesis (Page *et al.*, 2001). Ambos hechos cambian significativamente los aportes de azúcares necesarios para el mantenimiento de la integridad del tejido y consecuentemente se produce la disminución del contenido de almidón y azúcares simples (Page *et al.*, 2001). Por ello, los estadios finales del desarrollo floral están caracterizados por una reducción en el contenido de azúcares simples (King & Morris, 1994; Chung *et al.*, 1997; Coupe *et al.*, 2003).

Ichimura & Suto (1999); Ranwala & Miller (2000); Locke (2010) han demostrado que hay una relación positiva entre el contenido de azúcares en las varas florales y la vida en florero. Es decir, las varas florales que presenten menor contenido de azúcares durante su vida en florero tendrían una menor duración después de ser cosechadas. El mayor contenido de azúcares durante la vida en florero de las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' sería indicativo de un metabolismo respiratorio más atenuado y consecuentemente de su mayor vida en florero. La cultivar 'Roja', fue la que más azúcares perdió tanto en la vara floral entera, como en el segmento 1.

Por lo tanto, la mayor pérdida de azúcares de la cultivar 'Roja', explicaría su menor duración en florero, pudiendo también tener relación con el curvado del pedúnculo floral, manifestado sólo en el segmento 1 (Tabla 2).

La estrecha relación entre el contenido de azúcares y el curvado se debería a que los azúcares, además de participar en el metabolismo energético como ya se mencionó, influyen en el balance hídrico de las células a través de su efecto osmótico (Borochoy *et al.*, 1976; Acock & Nichols, 1979; Bañon *et al.*, 1993; Han, 2003; Locke, 2010; De Ávila, 2013). Marousky (1972) sostiene que los azúcares tienen una acción específica en el cierre de los estomas produciendo así una reducción de la transpiración. Halevy (1976) sostiene que los azúcares traslocados se acumulan en las flores aumentando la presión osmótica, mejorando la capacidad de absorción y favoreciendo el mantenimiento de la turgencia de los pétalos.

Por lo expuesto, el menor contenido de azúcares encontrado en el segmento 1 de la cultivar 'Roja' al FIN de su vida en florero, se podría relacionar con la mayor pérdida de peso fresco diario que experimenta ésta cultivar, pudiendo haber producido una menor capacidad de la planta para retener el agua, y originar

así un desbalance hídrico que llevó a una pérdida de firmeza de los tejidos y con ello el curvado del pedúnculo floral.

Los azúcares participan en la biosíntesis de ciertas sustancias que les dan firmeza a las células, especialmente a sus paredes. Por ello, el contenido de azúcares también podría relacionarse con el curvado del pedúnculo. Cho *et al.* (2001) afirmo que la adición de azúcares al agua del florero además de mejorar el color de los pétalos, favoreció la apertura de los pimpollos, extendió la vida en florero, y fortaleció los pedicelos de *Eustoma* sp. para corte. Tanto los autores de dicho trabajo, como Bohnert *et al.* (1995); Serrano, 2002; Perik *et al.* (2012), sostienen que una mayor disponibilidad de azúcares en los tejidos favorece la síntesis de lignina, y con ello se incrementa la resistencia de los mismos. Ferrante & Serra (2009) agregan que la composición bioquímica del tallo, en particular, el contenido de lignina está directamente involucrado con el curvado del pedúnculo floral de gerbera. Por ello, la menor concentración de azúcares en el segmento 1 de la cultivar 'Roja', podría relacionarse con una menor capacidad de sintetizar compuestos que contribuyen con la firmeza del pedúnculo, y entonces perder fuerza y aumentar así la predisposición al curvado.

ii) Contenido de minerales en el pedúnculo floral

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de calcio (Ca), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) entre las tres cultivares evaluadas al INICIO del ensayo (Tabla 5). Es decir, los pedúnculos florales provienen del cultivo con el mismo contenido de nutrientes, por lo que las posibles diferencias encontradas durante la postcosecha de las tres cultivares no se podrían relacionar con el contenido de minerales al momento de la cosecha. Las concentraciones de Ca, N, P y K encontradas en el presente trabajo fueron muy similares a las obtenidas para estas mismas variedades por Valenzuela (2011, datos no publicados), quien realizó una caracterización química de distintas partes de la vara floral y en diferentes momentos de desarrollo en las mismas cultivares de gerbera.

González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) tampoco hallaron diferencias en el contenido de calcio en el momento de la cosecha cuando evaluaron cultivares de gerbera con diferente sensibilidad al curvado.

Tabla 5. Valores medios de la concentración de calcio (Ca), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral al INICIO del experimento para las cultivares de gerbera.

	Ca (meq L-1)		N (meq L-1)		P (meq L-1)		K (meq L-1)	
	Segmentos							
Cultivar	1	2	1	2	1	2	1	2
‘Amarilla’	0,150 a	0,248 a	10,400 a	11,300 a	1,650 a	1,500 a	31,150 a	29,900 a
‘Naranja’	0,226 a	0,226 a	9,750 a	9,050 a	1,400 a	1,350 a	22,850 a	19,000 a
‘Roja’	0,175 a	0,283 a	9,800 a	10,550 a	1,600 a	1,900 a	21,900 a	21,500 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Sin embargo, al transcurrir la vida en florero, la dinámica de éstos nutrientes se diferenció según la cultivar y el nutriente considerado (Tabla 6).

Tabla 6. Tasa de variación diaria de la concentración de calcio (Ca), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) durante la vida en florero de las cultivares de gerbera.

	Tasa de variación diaria de Ca (meq L-1 d-1)		Tasa de variación diaria de N (meq L-1 d-1)		Tasa de variación diaria de P (meq L-1 d-1)		Tasa de variación diaria de K (meq L-1 d-1)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
	Segmento							
Cultivar	1	2	1	2	1	2	1	2
´Amarilla`	0,002 a	0,003 a	0,050 a	0,450 a	0,020 a	0,050 a	0,050 a	0,200 a
´Naranja`	0,002 a	0,002 a	0,100 a	0,300 b	0,010 a	0,050 a	0,075 a	0,150 a
´Roja`	0,004 a	0,004 a	-0,250 a	-0,150 c	0,015 a	0,050 a	0,100 a	0,100 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

En el contenido de calcio, fósforo y potasio no se encontraron diferencias significativas entre las cultivares, ni en el segmento 1 ni en el segmento 2 de cada cultivar. Pero sí se diferenciaron en el contenido de nitrógeno en el segmento 2.

La cultivar ´Roja` perdió significativamente más nitrógeno que las otras dos cultivares pudiendo explicarse por el rápido crecimiento del pedúnculo en el segmento 1, dado que se elonga en la misma magnitud que las otras dos, pero en la mitad del tiempo, lo cual explicaría la mayor demanda de nitrógeno.

Acock & Nichols (1979) sostienen que el nitrógeno, junto a otros minerales como fósforo y potasio, y azúcares especialmente sacarosa, contribuyen a aumentar el potencial osmótico y con ello favorecer el balance hídrico. Por lo tanto, el mayor contenido de nitrógeno encontrado en la tasa de variación diaria de

los tejidos de las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' podría también explicar, al menos en parte, la menor pérdida de peso fresco que presentaron éstas cultivares respecto a la 'Roja'.

En el segmento 1 de la cultivar 'Roja', se encontró una mayor pérdida de nitrógeno respecto al segmento 2 y respecto a las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja', tanto en el segmento 1 como en el 2 (Tabla 6). A ello se suma que en la cultivar 'Roja' se había encontrado un aumento del contenido de solutos en el agua del florero al FIN del ensayo. Lo expuesto hace pensar que la cultivar 'Roja' podría haber sufrido una mayor desintegración en el segmento distal del pedúnculo, reflejada en el balance negativo de nitrógeno y de agua y en el lixiviado de solutos hacia el agua del florero, debilitando los tejidos y favoreciendo a la manifestación del curvado y por ende acortando la vida en florero.

Ranwala & Miller (2000) también sostienen que existe una relación entre el contenido de nitrógeno y los hidratos de carbono solubles con la vida en florero. Las varas de *Lilium* sp. que presentaban menor contenido de nitrógeno tuvieron menor duración en florero, en éste caso determinada por la intensa clorosis manifestada en las hojas.

iii) Histología del pedúnculo floral

Al analizar las características histológicas de los pedúnculos de gerbera de las tres cultivares evaluadas, se encontraron diferencias durante su vida en florero en lo relacionado con la estructura del pedúnculo.

Al INICIO del ensayo, la estructura anatómica de los pedúnculos presentó similares características entre las tres cultivares estudiadas. No así al FIN del ensayo, donde las características anatómicas que presentaron los pedúnculos de la cultivar 'Roja' se diferenciaron de las características observadas en las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja'. Entre éstas últimas no se registraron diferencias apreciables a través de los cortes observados (Figura 1, 2, 3 y 4).

Hernández *et al.* (2009) arribaron a similares resultados al estudiar las características anatómicas de tallos de rosas de diversas cultivares. Los autores encontraron diferente comportamiento postcosecha entre las variedades estudiadas a pesar de haber presentado las mismas características morfológicas en el momento de la cosecha. Al observar las imágenes correspondientes a los cortes celulares de las tres cultivares se encontró que al INICIO del ensayo los tejidos de los pedúnculos presentaron similares características en cuanto a su descripción histológica. El pedúnculo estaba constituido por tejido celular dispuesto en un

cilindro dentro del cual se encontraba una cavidad central, denominada cavidad medular o medula. La misma presentó diferente superficie, según la porción del pedúnculo y la cultivar considerada. Las tres cultivares presentaron una epidermis uniestratificada y sin tricomas, un córtex formado por células parenquimáticas, un anillo de haces vasculares colaterales en el que alternaban haces grandes, medianos y chicos. En los haces vasculares se observaron casquetes de esclerénquima hacia el polo floemático y hacia el polo xilemático. Las regiones interfasciculares presentaron un variable grado de esclerificación, observándose un anillo continuo de células esclerificadas, formado por los casquetes de esclerénquima del floema y las regiones interfasciculares esclerificadas (Figura 1, 2, 3 y 4).

Las características descritas para el pedúnculo de las cultivares de gerbera bajo estudio, se corresponden con la anatomía típica de un tallo herbáceo de dicotiledónea (Esau, 1972). González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) manifestaron que los pedúnculos de gerbera están compuestos por haces vasculares colaterales, con xilema hacia el interior y floema hacia el exterior, arreglados en un anillo central y con tejido interfascicular de diferente grado de lignificación.

Las tres cultivares de gerbera presentaron una maduración acrópeta. La base del pedúnculo (segmento 2) presentó las características de un tejido maduro, haces vasculares mayores con tejido interfascicular lignificado. La región distal (segmento 1) presentó haces pequeños y tejido interfascicular no lignificado. Esta característica se correspondería con tejidos más jóvenes (González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012).

Las características anatómicas entre las diferentes cultivares evaluadas, y entre los diferentes segmentos de cada una, fueron cambiando a medida que transcurrió la vida en florero.

Al analizar las características anatómicas de las distintas partes del pedúnculo se encontró que el segmento distal (segmento 1) se diferenció del segmento basal (segmento 2) en las tres cultivares. El segmento 1 de la cultivar 'Roja', al FIN del ensayo fue la que más cambios experimentó durante la vida en florero.

La cavidad medular se diferenció entre las cultivares bajo estudio y a su vez entre las distintas partes de la misma cultivar. En el momento de la cosecha, se encontró una cavidad continua en el pedúnculo de las tres cultivares que terminó 6 cm antes de la inserción del pedúnculo con el capítulo. Al FIN de la vida en florero se observó una disminución de la cavidad medular desde la base al ápice, en relación al grado de

desintegración de las capas de parénquima de esos segmentos y en ese momento se registraron diferencias entre las tres cultivares. En la cultivar 'Roja' se observó mayor cavidad medular apareciendo en consecuencia un menor número de capas de éste parénquima y por lo tanto observándose una mayor desintegración del tejido (Figura 3 y 4). En ésta cultivar la cavidad se había extendido hasta llegar a una distancia de 1,5 cm por debajo del capítulo, en las otras dos cultivares no se encontró variación respecto al momento de cosecha.

El cambio morfoanatómico experimentado por los pedúnculos de gerbera bajo estudio durante el período postcosecha, podría haber contribuido al diferente comportamiento en florero, especialmente en lo que respecta a la resistencia mecánica de los tejidos, evidenciada en la manifestación del curvado. Éstos resultados se corresponden con lo encontrado por otros autores que también estudiaron las características anatómicas y su relación con la vida en florero en otros genotipos de gerbera (Marousky, 1986; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Perik *et al.*, 2012; Cohen *et al.*, 2007).

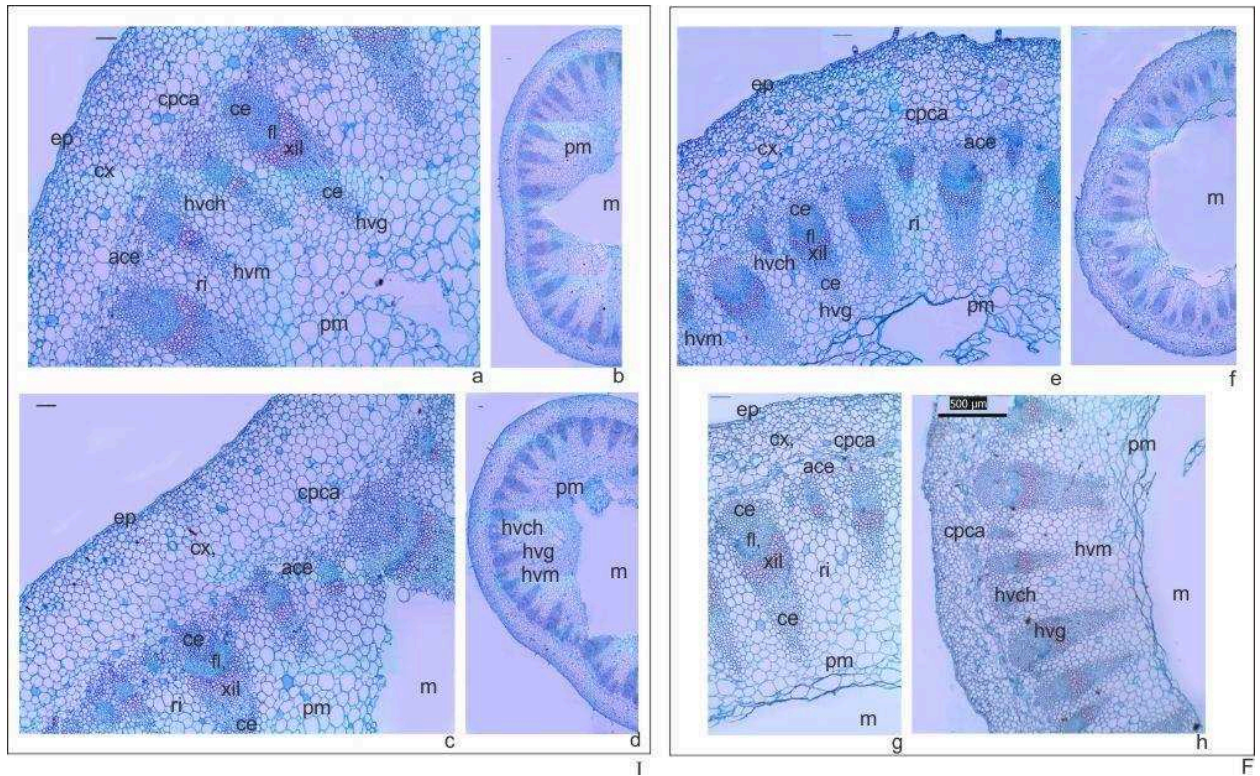


Figura 1. Corte histológico correspondiente a la cultivar 'Amarilla'. I: INICIO, F: FIN. a, b, e, f: segmento 1. c, d, g, h: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerenquima, cpca: células parenquimáticas corticales aplastadas, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema.

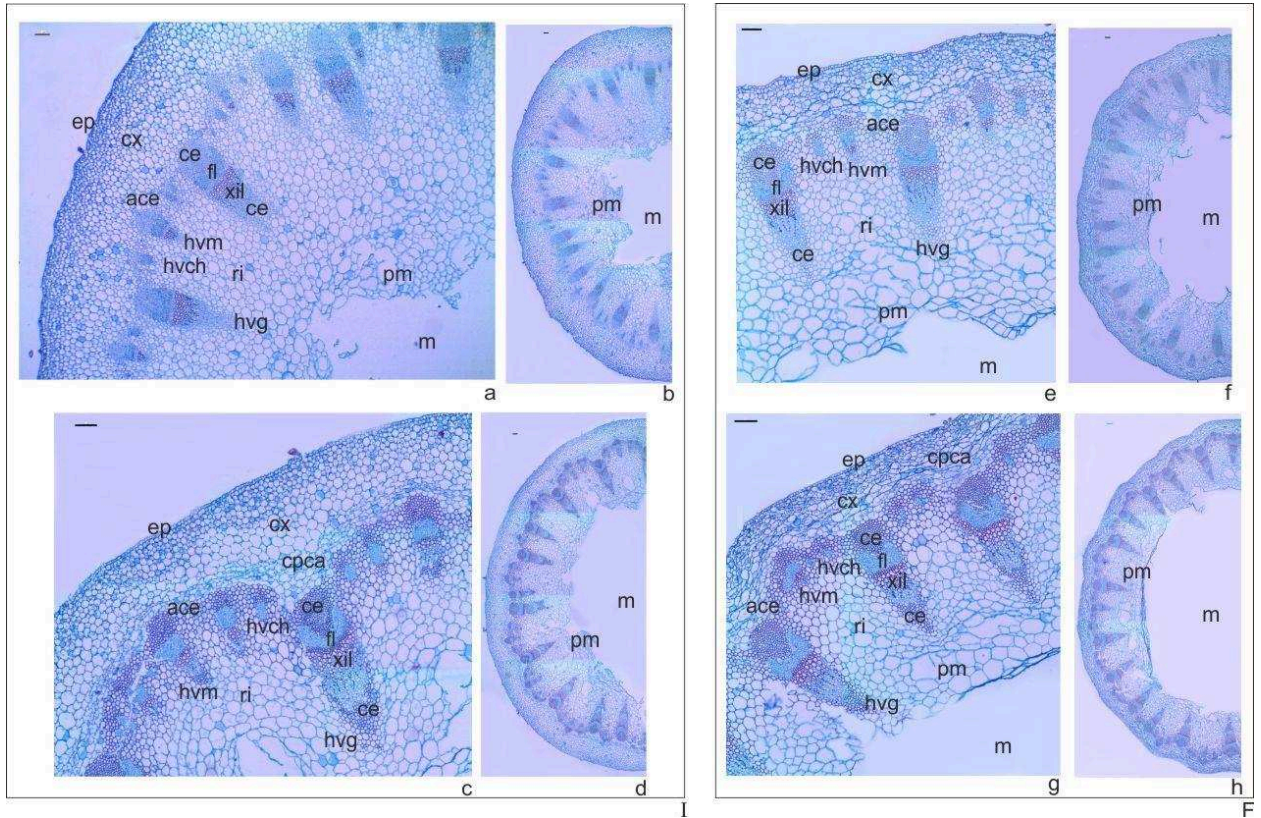


Figura 2. Corte histológico correspondiente a la cultivar 'Naranja'. I: INICIO, F: FIN. a, b, e, f: segmento 1. c, d, g, h: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerenquima, cpca: células parenquimáticas corticales aplastadas, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvvg: haz vascular grande, hvvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema.

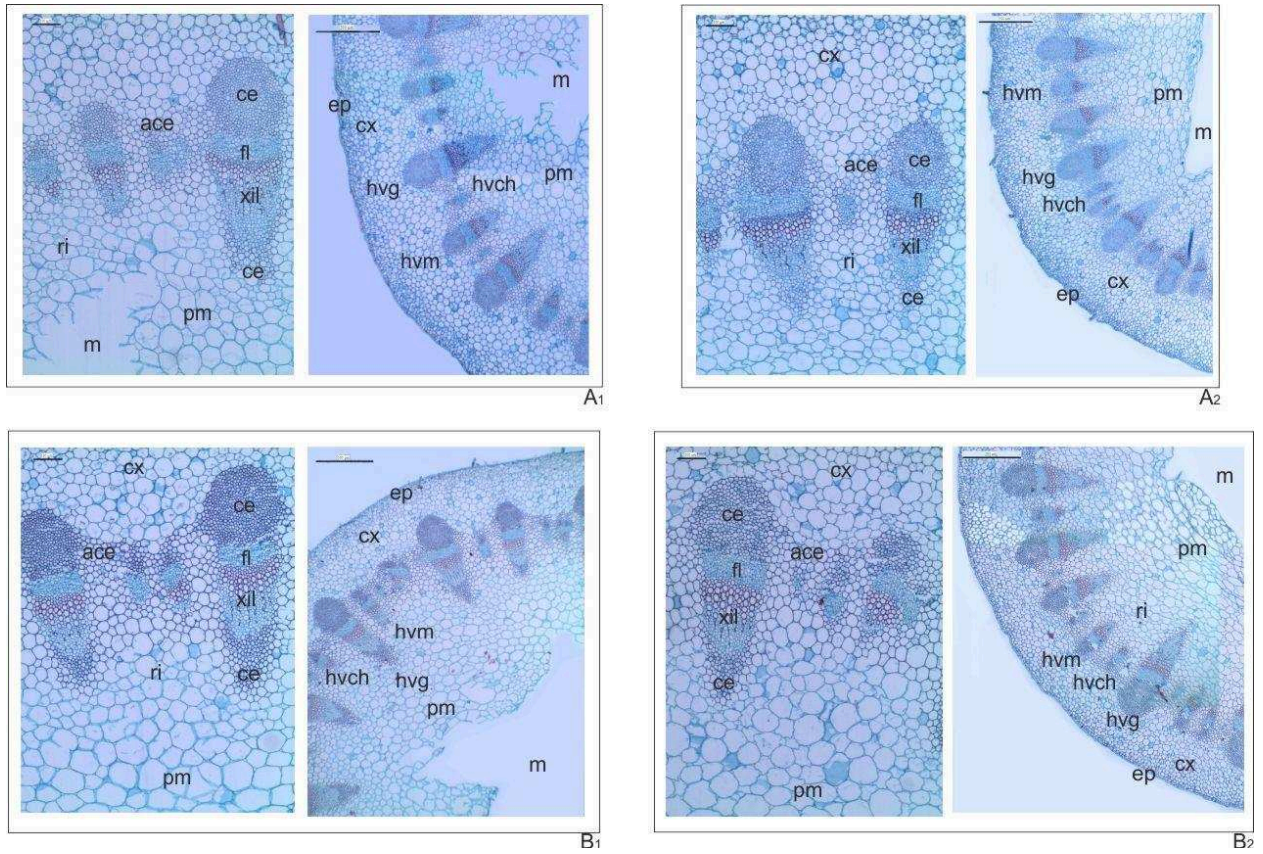


Figura 3. Corte histológico correspondiente a la cultivar 'Roja' INICIO. A_{1,2}: segmento 1. B_{1,2}: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerenquima, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema.

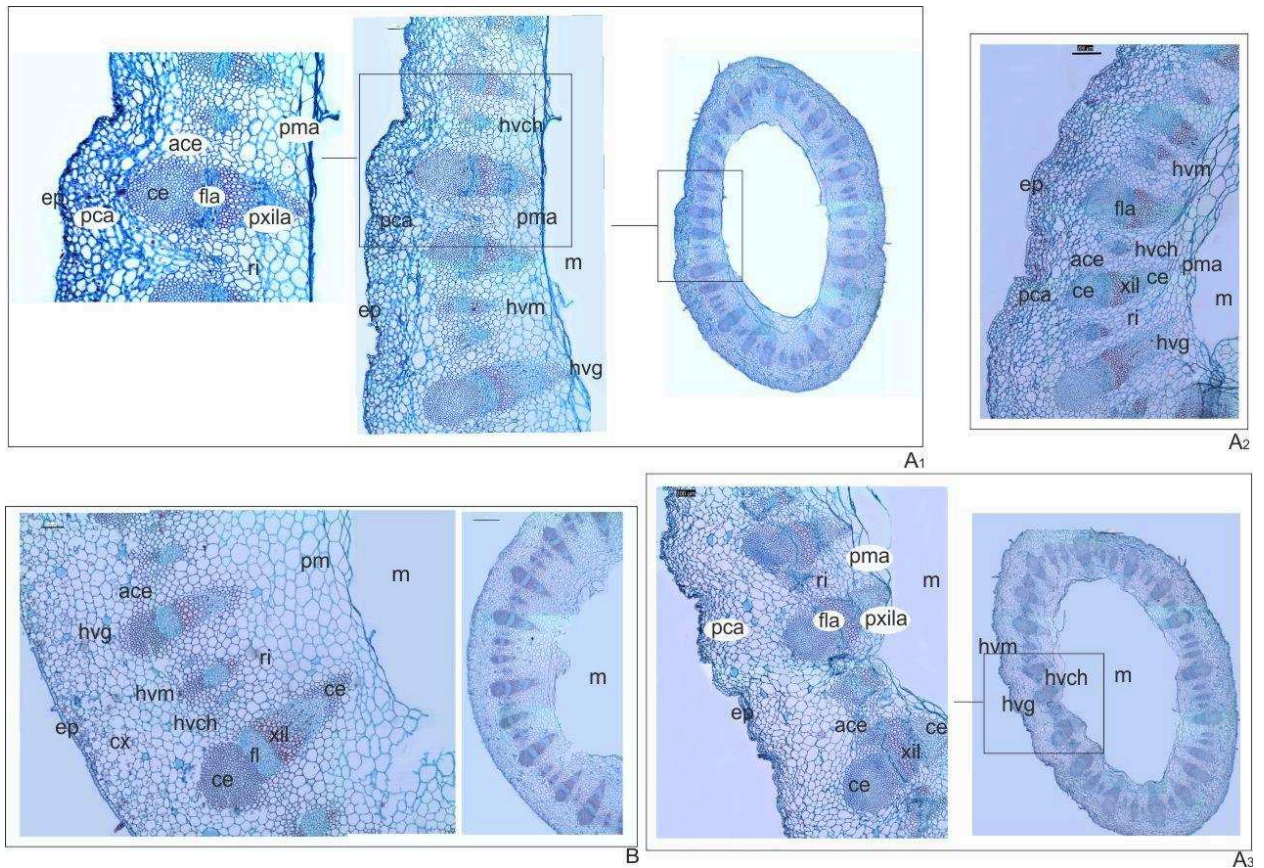


Figura 4. Corte histológico correspondiente a la cultivar 'Roja' FIN. A_{1,2,3}: segmento 1. B: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerenquima, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, fla: floema aplastado, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pca: parénquima cortical aplastado, pm: parénquima medular, pma: parénquima medular aplastado, pxila: parénquima de xilema aplastado, ri: región interfascicular, xil: xilema.

iv) Superficie del pedúnculo floral

Al INICIO del ensayo, si bien las tres cultivares presentaron similar anatomía en sus tejidos, al medir el área ocupada por la médula y por tejido en el segmento 1 se encontró que hubo diferencias significativas entre las cultivares. La cultivar 'Roja' presentó mayor cavidad medular respecto de la 'Amarilla' y 'Naranja' que no se diferenciaron entre sí (Tabla 7 y Figura 5).

Tabla 7. Proporción de tejido y de médula en los pedúnculos florales de las cultivares 'Amarilla', 'Naranja' y 'Roja' en el segmento 1 al INICIO del experimento de postcosecha.

Cultivar	Proporción de tejido	Proporción de médula
'Amarilla'	94,70 a	7,20 a
'Naranja'	92,45 a	7,50 a
'Roja'	90,79 b	8,20 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Al FIN del experimento también se encontraron diferencias significativas, sin embargo, de mayor magnitud que las encontradas al INICIO. Esto indica que durante la vida en florero el pedúnculo fue sufriendo transformaciones en sus estructuras. Este hecho se evidenció claramente al observar las imágenes correspondientes a los cortes histológicos (Figura 5) y al medir el área ocupada por la médula y por el tejido celular (Tabla 7 y Tabla 8).

Tabla 8. Proporción de tejido y de médula en los pedúnculos florales de las cultivares ‘Amarilla’, ‘Naranja’ y ‘Roja’ en el Segmento 1 al FIN del experimento de postcosecha.

Cultivar	Proporción de tejido	Proporción de médula
‘Amarilla’	71,31 a	28,29 a
‘Naranja’	75,99 a	24,00 a
‘Roja’	64,72 b	32,27 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

En la cultivar ‘Roja’, la cavidad medular al FIN de su vida en florero fue mayor respecto al segmento 1 de las cultivares ‘Amarillas’ y ‘Naranjas’ (Figura 5). En correspondencia con la mayor proporción de médula, en la cultivar ‘Roja’ se encontró una menor proporción de tejido celular. En las cultivares ‘Amarilla’ y ‘Naranja’ ocurrió exactamente lo contrario, es decir sus pedúnculos estaban compuestos por una mayor proporción de tejido y una menor proporción de espacio medular (Tabla 8).

El aumento en la cavidad medular de la cultivar ‘Roja’ fue acompañado de una disminución del grosor del tejido parenquimático del pedúnculo. La menor proporción de tejido parenquimático hizo que el pedúnculo sea más delgado pudiendo contribuir con la pérdida de firmeza y aumentando la predisposición al curvado.

Similarmente, Marousky (1986) al estudiar la anatomía de dos cultivares de gerbera de diferente comportamiento postcosecha encontró que las diferencias en las características anatómicas proveen resistencia diferencial al curvado. González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) también descubrieron que en otras cultivares de gerbera que las varas florales con mayor superficie de médula, especialmente en el segmento distal, presentaron curvatura de los pedúnculos.

En otras especies de flores de corte, pero que también presentan tallos con cavidad medular, se observó la misma tendencia. Por ejemplo, hay autores que sostienen que el curvado del ápice del tallo de rosa se

podría atribuir a las características de los tejidos primarios y vasculares (Cohen *et al.*, 2009; Hernández *et al.*, 2009).

Las diferentes partes del pedúnculo de las gerberas bajo estudio, también mostraron diferencias en cuanto al grado de esclerificación. En las imágenes se observó que el segmento 1 presentó menor esclerificación que el segmento 2 en las tres cultivares, especialmente al FIN del ensayo. Sin embargo, esta diferencia fue más marcada en la cultivar 'Roja'.

En las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' si bien el ápice del pedúnculo (segmento 1) presentó menor esclerificación de las células del anillo de esclerénquima en relación a la región basal (segmento 2), tanto al INICIO como al FIN del ensayo (Figuras 1 y 2) no se tradujo en una curvatura del pedúnculo que afecte su calidad comercial.

En la cultivar 'Roja' se observó menor esclerificación respecto de las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja', tanto en el segmento distal (segmento 1) como en el segmento basal (segmento 2) (Figura 3 y 4). Además, en la región distal del pedúnculo de la cultivar 'Roja' donde se manifestó el curvado, se observó un aplastamiento de las células parenquimáticas corticales y medulares, un aplastamiento de la región floemática y del parénquima del xilema y una más pronunciada reducción de la esclerificación de los casquetes de esclerénquima y de las regiones interfasciculares (Figura 4).

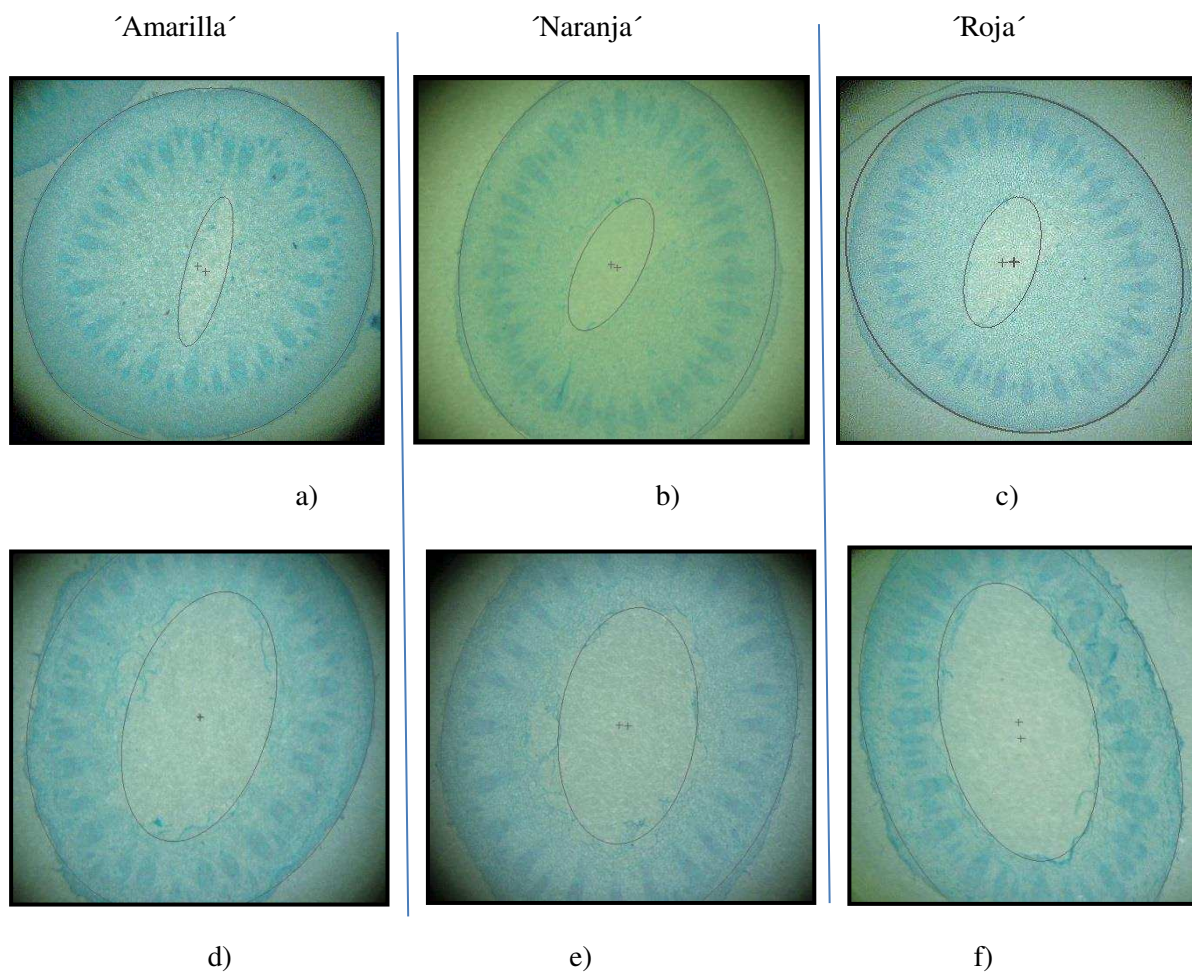


Figura 5. Imágenes correspondientes a los cortes histológicos de los pedúnculos florales en el segmento distal (segmento 1) de las cultivares a) 'Amarilla', b) 'Naranja' y c) 'Roja' al INICIO de la vida en florero y d) 'Amarilla', e) 'Naranja' y f) 'Roja' al FIN de la vida en florero. Las imágenes fueron observadas en lupa estereoscópica (Olympus, SZX9, Japón) (25X) y fotografiadas con el software CellSens Standard Imaging.

Las diferencias anatómicas observadas se podrían atribuir a las características propias de cada uno de los genotipos estudiados, ya que las tres cultivares crecieron y se desarrollaron en idénticas condiciones ambientales y bajo el mismo manejo de pre y postcosecha. Nijse (2001a) arribó a las mismas conclusiones al estudiar el comportamiento postcosecha de diferentes cultivares de *Chrysanthemum*, y resaltó la influencia de la constitución celular en el comportamiento postcosecha de cada cultivar.

Estudiando cultivares de *Chrysanthemum* sp. con diferencias en su vida en florero, Lv *et al* (2011) relacionaron la mayor proporción de elementos vasculares, y un mayor contenido de lignina con una mayor vida en florero. Similares resultados se observaron en especies no ornamentales, tales como el trigo (Ma, 2009).

Por lo expuesto, el mayor incremento en la cavidad medular y la menor proporción de esclerénquima observado en la cultivar 'Roja' podría relacionarse con el curvado del pedúnculo manifestado durante la vida en florero. La desintegración del tejido producida durante la etapa postcosecha, originaría una pérdida de soporte mecánico debida a la pérdida de esclerénquima y de otras estructuras que podrían contribuir a la firmeza y sostén de la vara floral.

Estas diferencias podrían explicar, al menos en parte el diferente comportamiento en florero de las tres cultivares de gerbera estudiadas. Marousky (1986), Liao *et al.* (2003), González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012), Perik *et al.* (2012) llegaron a similares conclusiones al estudiar otras cultivares de gerbera. Los autores sostienen que entre las causas del curvado en gerbera, la pérdida de resistencia mecánica y el menor contenido de esclerénquima en la parte distal del pedúnculo serían los principales factores que originarían la falta de resistencia mecánica.

Por lo tanto, la curvatura de los pedúnculos de la cultivar 'Roja' podría estar relacionada por un lado con un menor número de capas de parénquima medular y un mayor tamaño de la cavidad medular en la cultivar 'Roja' y por otro asociado a los siguientes cambios ocurridos durante el periodo postcosecha; aplastamiento de las células parenquimáticas corticales y medulares; aplastamiento de la región floemática y del parénquima del xilema; una más pronunciada reducción de la esclerificación de los casquetes de esclerénquima y de las regiones interfasciculares.

Los cambios asociados al período postcosecha se relacionarían con una afectación de los tejidos de paredes primarias celulósicas y de protoplasto vivo y una reducción de la lignificación de las células esclerificadas tanto a nivel de los casquetes floemáticos y xilemáticos, como de las regiones interfasciculares.

En las regiones basales y distales de las cultivares `Amarilla` y `Naranja`, se presentó un aplastamiento de células parenquimáticas corticales al INICIO del ensayo. Al FIN, éste aplastamiento se completó y las células colapsaron, abarcando sólo 1 o 2 capas de células. Esto último, sumado al hecho que se observó mayor esclerificación de los casquetes de esclerénquima y de los segmentos interfasciculares, podría explicar el mayor sostén y la no curvatura del pedúnculo.

2.8- CONCLUSIONES

- Se encontraron diferencias entre las distintas cultivares y entre las distintas partes de la vara floral en cuanto al contenido de azúcares y características morfo histológicas de las mismas.
- En el contenido de minerales no se encontraron diferencias significativas entre las cultivares al inicio del ensayo, y sólo se encontraron al fin del ensayo para el nitrógeno.

2.9- BIBLIOGRAFÍA

- Acock, B., & Nichols, R. (1979). Effects of sucrose on water relations of cut senescing carnation flowers. *Ann Bot.* 44 (2), 221.
- Amado, S. Cohen, G. Mascarini, L., & Lorenzo, G.A. (2007). Diferencias anatómicas de tallos florales de distintos cultivares de *Gerbera jamesonii* Bolus y *Rosa x hybrida* y su relación con la vida en florero. 9º Jornadas Nacionales de floricultura: Un agronegocio posible en Salta. ISBN 978-987-521-275-6.
- Bañón, S., Cifuentes, D., Fernández, J.A., & González, A. (1993). Gerbera, liliun, tulipán y rosa. Madrid, Mundi Prensa, pp. 250.
- Blesington, T.M. (2004). Postharvest handling of cut flowers. University of Maryland Cooperative Extension Service, pp. 5.
- Bohnert, H.J., Nelson, D.E., & Jensen, R.G. (1995). Las adaptaciones al estrés ambiental. *Plant Cell.* 7, 1099-1111.
- Borochoy, A., & Woodson, W. (1989). Physiology and biochemistry of flower petal senescence. *Hortic. Rev.* 11, 15-43.
- Borochoy, A. (1976). Increase in microviscosity with ageing in protoplast plasmalemma of rose petals. *Nature.* 263, 158-159.
- Botondi, R., Esposito, G., Massantini, R., & Mentcarelli, F. (1998). Influence of auxins on stem bending in cut gerbera flowers. *Adv. Hortic. Sci.* 127-131.
- Breeze, E., Wagstaff, C., Harrison, E., Branke, I., Rogers, H., Stead, A., Thomas, B., & Buchanan Wollaston, V. (2004). Gene expression patterns to define stages of postharvest senescence in alstroemeria petals. *Plant Biotechnol. J.* 2 (2), 155-168.
- Çelikel, F.G., & Reid M.S. (2002). Storage temperature affects the quality of cut flowers from the *Asteraceae*. *HortScience* 37 (1), 148-150.
- Cho, M.S., Çelikel, F.G., Dodge, L., & Reid, M.S. (2001). Sucrose enhances the postharvest quality of cut flowers of *Eustoma grandiflorum* (RAF.) shinn. In: *Proceedings of the 7º Symp. Postharv. Physiol. Ornam. Acta Hort.* 543.
- Chung, B.C., Lee, S.Y., Oh, S.A., Rhew, T.H., Nam, H.G., Lee, C.H. (1997). The promoter activity of sen 1, a senescence-associated gene of Arabidopsis, is repressed by sugars. *J. Plant Physiol.* 151, 339-345

- Cohen, G., Mascarini, L., Lorenzo, G., & Xifreda, C.C. (2009). Anatomía de estomas y consumo de agua en tallos florales de dos cultivares de *Rosa hybrida* y su relación con la vida postcosecha. En: Libro de actas: 11° Jornadas Nacionales de Floricultura. Montecarlo, Misiones, Argentina.
- Cohen, G., Mascarini, L., Mantese, A., & Lorenzo, G. (2008). Diferencias anatómicas y morfológicas de tallos florales de distintos cultivares de *Rosa x hybrida* y su relación con la vida en vaso. En: Libro de Actas 4° Congreso Argentino de Floricultura y Plantas ornamentales. 10° Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes, Argentina.
- Cohen, G., Mascarini, L., & Xifreda, C.C. (2012). Leaf and stem anatomy and micromorphology in two cut flower cultivars of *Rosa hybrida* L. *Int. J. Exp. Bot.* 81, 199-204.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. (1986). Manual de Técnicas de Anatomía Vegetal. Buenos Aires, Hemisferio Sur S.A., pp 83.
- Damunupola, J.W., Ratnayake, k., Joyce, D.C., & Irving, D.E. (2011). Characterisation of xylem conduits and their possible role in limiting the vase life of cut *Acacia holosericea* (*Mimosaceae*) foliage stems. *Funct. Plant Biol.* 38 (7), 614-623.
- Darras A. I., Joyce D. C., & Terry L. A. (2004). A survey of possible associations between preharvest environment conditions and postharvest rejections of cut freesia flowers. *Aust. J. Exp. Agric.* 44.
- Dixon, M.A., Butt, J.A., Murr, D.P., & Tsujita, M.J. (1988). Water relations of cut greenhouse roses: The relationships between stem water potential, hydraulic conductance and cavitation. *Sci. Hortic.* 36 (1-2), 109-118.
- Dole, J.M., & Wilkins, H.F. (2005). Floricultura: Principios y Especies. 2ª ed., New Jersey, Prentice Hall. pp 613.
- Donaldson, L. (2001). Lignification and lignin topochemistry-an ultrastructural view. *Phytochem. Anal.* 57, 859-873.
- Durkin, D.J., 1985. Studies on the handling of cut rose flowers. *Roses Inc. Bull.* August. pp. 77-87.
- Eason, J.R., Ryan, D., Page, B., Watson, L., & Coupe, S.A. (2007). Harvested *Broccoli* (*Brassica oleracea*) responds to high carbon dioxide and low oxygen atmosphere by inducing stress-response genes. *Postharv. Biol. Technol.* 43, 358-365

- Elibox, W., & P. Umaharan. (2008). Morphophysiological characteristics associated with vase life of cut flowers of Anthurium. HortScience 43, 825–831.
- Esau, K. (1972). Anatomía Vegetal. Barcelona, Omega S.A., pp. 779.
- Ferrante, A., & Serra, G. (2009). Lignin content and stem bending incidence on cut gerbera flowers. Acta Hort. 847, 377-384.
- Gapper, N.E., Coupe, S.A., McKenzie, M.J., Sinclair, B.K., Lill, R.E., & Jameson, P.E., (2005). Regulation of harvest-induced senescence in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) by cytokinin, ethylene, and sucrose. J. Plant Growth Regul. 24, 153-165.
- Gerasopoulus, D., Chebli, B. (1999). Effects of pre- and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerbera. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 74, 78–81.
- González Aguilar, S., & Zavaleta Mancera, A. (2012). El CaCl₂ en la vida florero de gerbera: pigmentos, fenoles, lignina y anatomía del escapo. Rev. Mex. Cienc. Agric. 3 (3), 539-551.
- Halevy, A.H., & Mayak, S. (1979). Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 1. Hortic. Rev. 1, 204-236.
- Halevy, A.H. (1976). Treatments to improve water balance of cut flowers. Acta Hort. 64, 223-230.
- Han, S.S. (2003). Role of sugar in the vase solution on postharvest flower and leaf quality of oriental lily Stargazer. HortScience 38, 412- 416.
- Hernández Hernández, F., Arévalo Galarza, M.L., Colinas León, M.T., Zavaleta Mancera, H.A., & Valdes, C.J. (2009). Diferencias anatómicas y uso de pulso en dos cultivares de rosa (*Rosa* sp.). Rev. Chapingo, Serie Horticultura 15 (2), 11-16.
- Ichimura, K., Taguchi, M., & Norikoshi, R. (2006). Extension of the vase life in cut roses by treatment with glucose, isothiazolinonic germicide, citric acid and aluminum sulphate solution. JARQ. 40, 263-269.
- Ichimura, K., Kawabata, Y., Kishimoto, M., Goto, R., & Yamada, K. (2003). La escasez de carbohidratos solubles es en gran parte responsable de la vida de vaso corto de corte 'Sonia' flores color de rosa. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 72, 292-298.
- Ichimura, K. (1998). Improvement of postharvest life in several cut flowers by the addition of sucrose. Jpn. Agric. 32 (4), 275- 280.

- Ichimura, K., & Suto, K. (1999). Effects of the time of sucrose treatment on the vase life, soluble carbohydrate concentrations and ethylene production in cut sweet pea flowers. *Plant Growth Regul.* 28, 117-122.
- Ichimura, K., & Tamotsu H. (1999). Effects of continuous treatment with sucrose on the vase life, soluble carbohydrate concentrations, and ethylene production of cut snapdragon flowers. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 68 (1), 61-66.
- Irving, D.E., & Joyce, D.C. (1995). Sucrose supply can increase longevity of broccoli (*Brassica oleracea*) branchlets kept at 22 °C. *Plant Growth Regul.* 17, 251- 256.
- King, A., & Morris, S.C. (1994). Early compositional changes during postharvest senescence of broccoli. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119, 1000-1005.
- Kuiper, D., Ribot, S., Van Reenen, H.S., & Marissen, N. (1995). The effect of sucrose on the flower bud opening of ‘Madelon’ cut roses. *Sci. Hortic.* 60, 325-336.
- Liao, L., Peng, Y., & Ye Q. (2003). Neck bending phenomena in cut gerbera flower. *Acta Hortic. Sinica* 1.
- Liao, L.J., Lin, Y., Huang, K.L., Chen, W.S., & Cheng, Y. (2000). Postharvest life of cut rose flowers as affected by silver thiosulphate and sucrose. *Bot. Bull. Acad. Sinica.* 41, 299-303.
- Locke, E.L. (2010). Extending cut flower vase life by optimizing carbohydrate status: preharvest conditions and preservative solution. (PhD. D). Raleigh, NCSU. pp. 246.
- Loescher, W.H. (1987). Fisiología y metabolismo de los alcoholes de azúcar en las plantas superiores. *Physiol. Plant.* 70, 553-557.
- Lv, G., Tang, D., Chen, F, Sun, Y., Fang, W., Guan, Z., Liu, Z., & Chen, S. (2011). The anatomy and physiology of spray cut chrysanthemum pedicels, and expression of a caffeic acid 3-O-methyltransferase homologue. *Postharv. Biol. Technol.* 60, 244–250.
- Ma, Q.H. (2009). The expression of caffeic acid 3-O-methyltransferase in two weath genotypes differing in lodging resistance. *J. Exp. Bot.* 60, 2763-2771.
- Markhart, A.H., & Harper, M.S. (1995). Los efectos nocivos de la sacarosa en soluciones conservantes en las hojas de rosas cortadas. *HortScience* 30, 1429-1432.

- Marousky, F.J. (1972). Water relations, effects of floral preservatives on bud opening and keeping quality of cut flowers. *HortScience* 7 (2), 114-116.
- Martínez, G. (2008). Metodologías destinadas a retrasar el proceso de senescencia durante la postcosecha. En: Libro de Actas 4º Congreso Argentino de Floricultura y Plantas ornamentales. 10º Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes, Argentina. ISBN: 978-987-521-326-5.
- Martínez, G. (2009). Curso Fisiología de la producción florícola. Maestría en Floricultura. Universidad Nacional de Lomas de Zamora - Instituto de Floricultura. Castelar, Buenos Aires, Argentina.
- Mélida, J. L. (1980). Cultivo del rosal en invernadero. Madrid. Mundi Prensa. Cap. 21, pp. 259.
- Mur, M., Serrano, M., Pretel, M.T., Martínez Madrid, M.C., & Romojaro, F. (2003). Vida comercial de gerbera en postcosecha. *Hortic. Int.* 42, 40-47.
- Nell, T., & Reid, M. (2002). Poscosecha de las flores y plantas. Estrategias para el siglo 21. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp 216. ISBN 978-958-96864-5-4.
- Nijse, J. 2001 b. Functional analysis of the water transport system in cut *Chrysanthemum*. Thesis (Ph. D.). Wageningen, WUR.
- Nijse, J., Van der Heijden, G.W.A.M., Van Ieperen, W., Keijzer, C.J., & Van Meeteren, U. 2001a. Xylem hydraulic conductivity related to conduit dimensions along chrysanthemum stems. *J. Exp. Bot.* 52, 319-327.
- Otsubo, M., & Iwaya Inoue, M. (2000). La trehalosa retrasa la senescencia en espigas corte gladiolo. *HortScience* 35, 1107-1110.
- Page, T., Griffiths, G., & Buchanan Wollaston, V. (2001). Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli. *Plant Physiol.* 125, 718-727.
- Paulin A. & Jamain, C. (1982). Development of flowers and changes in various sugars during opening of cut carnation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107 (2), 258-261.
- Paulin, A., (1997). Poscosecha de las flores cortadas. Bases fisiológicas. 2ª ed. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp. 142.
- Perik, R.R., Razé, D., Ferrante, A., & van Doorn, W.G. (2014). Stem bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers: Effects of a pulse treatment with sucrose and calcium ions. *Postharv. Biol. Technol.* 98, 7-13.

- Perik, R.R., Razé, D., Harkema, H., Zhong, Y., & Van Doorn, W.G. (2012). Bending in cut *Gerbera jamesonii* L. flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. *Postharv. Biol. Technol.* 74, 11-18.
- Pilate, G., Chabbert, B., Cathala, B., Yoshinaga, A., Leplé, J.C., Laurans, F., Lapierre, C., & Ruel, K. (2004). Lignification and tension wood. *C. R. Biol.* 327, 889-901.
- Put, H.M.C., & Rombouts, F.M. (1989). The influence of purified microbial pectic enzymes on the xylem anatomy, water uptake and vase life of rose cv. 'Sonia'. *Sci. Hort.* 38, 147-160.
- Ranwala, A.P., Miller, W.B., Kirk, T.I., & Hammer, P.A. (2000). Ancymidol drenches, reversed greenhouse temperatures, postgreenhouse cold storage, and hormone sprays affect postharvest leaf chlorosis in Easter lily. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 125, 248- 253.
- Reid, M.S (2009). Poscosecha de las flores cortadas. Manejo y recomendaciones. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp. 36.
- Rudnicki, R.M., Goszczynska, D., & Nowak, J. (1986). Storage of cut flowers. *Acta Hort.*, Noordwijkerhout, 1 (181), 285-296.
- Serrano, M. (2002). Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. *Food Sci. Technol. Inter.* 8 (3), 147-154.
- Shtein, I., Meir, S., Riov, J., & Philosoph Hadas, S. (2011). Interconnection of seasonal temperature, vascular traits, leaf anatomy and hydraulic performance in cut *Dodonaea* 'Dana' branches. *Postharv. Biol. Technol.* 61, 184–192.
- Slootweg, G. (2005). Effects of greenhouse conditions on the quality and vase life of *Freesia* 'Yvonne'. A nursery comparison. *Acta Hort.* 669, 297-301.
- Torre, S., Fjeld, T., & Gislerod, H.R. (2001). Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. *Sci. Hortic.* 90, 291-304.
- Twumasi, P., Van Ieperen, W., Woltering, E.J., Emons, A.M.C., Schel, J.H.N., Snel, J.F.H., Van Meeteren, U., & Van Marwijk, D. (2005). Effects of water stress during growth on xylem anatomy, xylem functioning and vase life in three *Zinnia elegans* cultivars. *Acta Hort.* 669.

- Van Der Meulen-Muisers, J.M., Van Oeveren, J.C., Linus, H., Van Der Plas, W., & Van Tuyl, J.M. (2001). Postharvest flower development in Asiatic hybrid lilies as related to tepal carbohydrate status. *Postharv. Biol. Technol.* 21, 201-211.
- VanderMolen, G. E., Labavitch, J. M., Strand, L. L., & DeVay, J. E. (1983). Pathogen induced vascular gels: Ethylene as a host intermediate. *Physiol. Plant.* 59(4), 573-580.
- Van Doorn, W.G. (1997). Water relations of cut flowers. *Hortic. Rev.* 18, 1-85.
- Van Meeteren, U., Arévalo Galarza, L., & Van Doorn, W.G. (2006). Inhibition of water uptake after dry storage of cut flowers: Role of aspired and wound- induced processes in *Crysanthemum*. *Postharv. Biol. Technol.* 41, 70-77.
- Van Meeteren, U. (1979). Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. III. Water content, permeability and dry weight of ageing petals. *Sci. Hortic.* 10 (3), 261–269.
- Van Meeteren, U. (1978a). Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. II. Water balance of ageing flowers. *Sci. Hortic.* 9, 189-197.
- Van Meeteren, U. (1978b). Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. I. The cause of stem break. *Sci. Hortic.* 8, 65–74.
- Van Doorn, W.G. & Reid, M.S. (1995). Vascular occlusion in stems of cut rose flowers exposed to air: Role of xylem anatomy and rates of transpiration. *Physiol. Plant.* 93, 624,629.
- Verdugo, G, Biggi, M., Montesinos, A., Soriano, C., & Chahin, G. (2006). Manual de poscosecha de flores. Fundación para la innovación agraria. Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaiso, pp. 74.
- Wilberg, B. (1973). Physiologische untersuchungen zum Knicker-problem als voraussetzung fur die slektion haltbar gerbera schnittblumen. *Z. Pflanzenzucht* 69, 107-114.
- Wills, R., Glasson, B., Graham, D., & Joyce, D. (1999). Introducción a La fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. 2ª ed., Zaragoza, Acribia S.A., pp. 240. ISBN: 84-200-0892-3.
- Zhong, R., Ripperger, A., & Ye, Z. (2000). Ectopic deposition of lignin in the pith os steams of two *Arabidopsis* mutants. *Plant Physiol.* 123, 59-69.

Zhong, R., Ripperger, A., & Ye, Z. (2000). Ectopic deposition of lignin in the pith os steams of two *Arabidopsis* mutants. *Plant Physiol.* 123, 59-69.

Zieslin, N., Spiegelstein, H., & Halevy, A.H. (1978). Components of axillary bud inhibition in rose plants. IV. Inhibitory activity in plant extracts. *Bot. Gazette* 139, 64–68.

3- CAPÍTULO 3

**“EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL
AGUA DEL FLORERO SOBRE EL CURVADO DEL PEDÚNCULO FLORAL DE
Gerbera jamesonii L. CULTIVAR RUBY RED”**



3- CAPÍTULO 3

“EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL AGUA DEL FLORERO SOBRE EL CURVADO DEL PEDÚNCULO FLORAL DE *Gerbera jamesonii* L. CULTIVAR RUBY RED”

3.1- RESUMEN

Se evaluó el efecto de la utilización de una solución de cloruro de calcio al 0,5 % en el agua del florero sobre el curvado del pedúnculo floral de *Gerbera jamesonii* L. cultivar Ruby Red. Las varas florales se desarrollaron bajo cubierta y mediante el sistema de cultivo sin suelo, dentro de la estación experimental agropecuaria del INTA San Pedro, Buenos Aires (Latitud: 33° 41' Sud, Longitud: 59° 41' Oeste). Las varas florales fueron cosechadas y se estudió el comportamiento postcosecha. Se determinó la duración en florero, los indicadores del fin de la vida en florero, la curvatura y longitud del pedúnculo floral, el consumo de agua y el peso fresco de la vara floral, la conductividad eléctrica y pH del agua del florero, el contenido de azúcares de la vara entera y por partes, el contenido de calcio en el pedúnculo floral, y se caracterizó histológicamente el pedúnculo floral. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y las medias se diferenciaron mediante el test de Tuckey al 0,05%. La solución de cloruro de calcio al 0,5 % contenida en el florero permitió mejorar la calidad postcosecha de la cultivar Ruby Red, evitar el curvado del pedúnculo floral, prolongar significativamente la vida en florero, reducir la pérdida de peso, la lixiviación de iones, el consumo de azúcares, e incrementar el contenido de calcio en las distintas partes de la vara floral, como también retrasar la degradación de las estructuras histo-anatómicas de sostén.

Palabras clave: *Gerbera jamesonii* L. cultivar Ruby Red, curvado del pedúnculo, cloruro de calcio, vida en florero.

3.2- ABSTRACT

It was studied the effect of a calcium chloride 0.5% vase solution on the *Gerbera jamesonii* L. Ruby Red bending. Plants were grown under greenhouse and soil less culture, at INTA Agricultural Experimental Station of San Pedro, Province of Buenos Aires (33 ° 41' S, 59 ° 41' W). Floral rods were handpicked and classified following Veiling Holambra standards. Subsequently the postharvest behavior was studied. Vase life, flower span indicator, curvature and length of the floral stalk, water consumption and the fresh weight of the floral stick and electrical conductivity and pH of the water of the vase were recorded, as well as sugar entire and partial portions content, calcium content and histology of the flower rod. Results were analyzed through ANOVA and means separated through Tuckey test 0.05%. Calcium chloride 0.5% solution applied to vase improve post-harvest quality, avoiding bending, improving significantly vase life, reducing weight loss, water loss, ion lixiviation, and sugar consumption, and improving calcium content at different flower rod levels, delaying anatomic-tissue support structures degradation.

Key words: calcium chloride, *Gerbera jamesonii* L. Ruby Red, stem bending, vase life.

3.3- INTRODUCCIÓN

El curvado del pedúnculo floral manifestado durante la postcosecha de gerbera ha sido registrado desde hace muchos años atrás y actualmente continúa siendo el principal problema de calidad comercial (Wilberg, 1973; Van Meeteren, 1978 b; Gerasopoulus & Chebli, 1999; Liao, 2003; Ferrante & Serra, 2009; Nazari *et al.*, 2011; Perik *et al.*, 2012; Perik *et al.*, 2014).

Se entiende por curvado a la inclinación del pedúnculo floral respecto a una línea imaginaria perpendicular al suelo (Sosa Nan, 2007).

Las causas del curvado no están completamente dilucidadas, pero numerosos trabajos de investigación concluyeron que se trata de un complejo fenómeno del que participan diversos factores (Garibaldi & Jona, 1989; Van Doorn, 1994; Botondi *et al.*, 1998; Nazari *et al.*, 2011; Perik *et al.*, 2014). Entre ellos se encontraron factores relacionados con la anatomía y composición de los tejidos, que determinarían la resistencia mecánica del pedúnculo (Marousky, 1986; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Perik *et al.*, 2012); factores hídricos, donde la pérdida de turgencia debida a desequilibrios en el contenido de agua contribuiría con la pérdida de la estructura del pedúnculo (Van Meeteren, 1978a; Van Meeteren, 1980) y factores relacionados al metabolismo de los tejidos, donde queda de manifiesto las diferencias entre los genotipos y la sensibilidad a la acción de los procesos de senescencia (Trujillo *et al.*, 2006; Wernett *et al.*, 1996).

El curvado manifestado en algunos cultivares de gerbera para corte, podría evitarse o retrasarse mediante el uso de sales de calcio. Numerosos autores sostienen que el calcio posee una acción de retraso del proceso de senescencia de los tejidos y una capacidad estructurante que permitiría evitar el curvado de gerbera y prolongar su vida en florero (Trujillo *et al.*, 2006; González Aguilar & Zavaleta Mancera, 2012; Hatamzadeh & Shafyii Masouleh, 2013; Perik *et al.*, 2014). Se ha comprobado que el calcio, retrasa el deterioro de la pared celular, ayuda a mantener las funciones de la membrana, y en el citosol actúa como segundo mensajero para eventos metabólicos. Además de ser componente esencial de la pared celular y laminilla media, confiriéndole firmeza y rigidez mecánica (Conway *et al.*, 1995; Serrano, 2002; Van Ieperen & Van Gelder, 2006).

La acción positiva de la utilización de distintas fuentes de calcio tanto en pre como en postcosecha ha sido evaluada tanto en gerbera, como en otras flores de corte que también presentan predisposición al curvado. Se ha encontrado que contribuyen a prolongar la vida en florero, produciendo mejoras en los parámetros de calidad postcosecha. Al respecto existen antecedentes en *Rosa* sp. (Starkey y Pedersen, 1997; Tamimi & Matsuyama, 1999; Halevy *et al.*, 2001; Picchioni *et al.*, 2002; Bass *et al.*, 2003), en *Lupinus* sp. (Li *et al.*, 2012), en *Paeonia* sp. (Aghdam *et al.*, 2012), en *Gladiolus* sp. (Bai *et al.*, 2009) y en *Narcissus* sp. (Sardoei, 2014).

En diversos trabajos de investigación se encontró que la utilización de cloruro de calcio en la solución del florero ha dado los mejores resultados. Gerasopoulus & Chebli (1999) estudiaron los efectos de la aplicación pre y postcosecha de cloruro de calcio en gerbera y concluyeron que los tratamientos realizados durante la postcosecha fueron los más promisorios para prolongar la vida en florero de la especie, reduciendo significativamente la incidencia del curvado. Similares resultados fueron encontrados por Sosa Nan (2007) demostrando que las aplicaciones en la postcosecha tanto de cloruro de calcio como de otras fuentes de calcio tuvieron un efecto positivo en la calidad de girasol ornamental, mejorando el balance hídrico y reduciendo la pérdida de peso fresco durante la vida en florero, mientras que las aplicaciones precosecha no tuvieron efecto sobre la vida en florero.

En gerbera, Trujillo *et al.* (2006) evaluaron diferentes soluciones de florero que contenían cloruro de calcio al 0,5; 1,0 y 1,5 %, sobre la calidad de las cultivares 'Shirlene' y 'Duela' y encontraron que la solución al 0,5 % fue la óptima, ya que fue la que mayor efecto tuvo sobre el retraso del curvado, y el mantenimiento de la turgencia y rigidez del mismo, a su vez retrasó la senescencia debido a su acción sobre la actividad de enzimas antioxidantes.

González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) evaluaron las mismas concentraciones de cloruro de calcio y sobre las mismas cultivares y también observaron que la concentración de 0,5 % de cloruro de calcio fue el tratamiento que mejores resultados proporcionó debido a que evitó el curvado, prolongando la vida en florero. En correspondencia con ello, se encontró una reducción en la pérdida de peso fresco y una mayor acumulación de calcio en los tejidos de las varas tratadas respecto de las no tratadas.

Geshnizjani *et al.* (2014) también reportaron que el uso de soluciones de cloruro de calcio prolongó la vida en florero de gerbera. Las varas tratadas con calcio presentaron mayor peso fresco al fin de su vida en florero respecto al testigo y no mostraron curvado del pedúnculo floral.

Soad *et al.* (2011) sostienen que el uso de cloruro de calcio redujo la pérdida de azúcares solubles, y la pérdida de peso fresco, retrasando la senescencia de las varas florales de gerbera. A similares resultados llegaron Farahat & Gaber (2009) en follajes de corte. Los autores encontraron que el tratamiento de cloruro de calcio preservó el contenido de azúcares solubles en *Monstera deliciosa*.

Sardoei (2014) también evaluó el efecto del cloruro de calcio en *Narcissus sp.* para corte, y pudo observar un incremento significativo en la vida en florero, relacionándolo con un retraso generalizado en los síntomas de senescencia y una mayor absorción de agua que se reflejó en una menor pérdida de peso.

Pruthi *et al.* (2001), en *Gladiolus sp.* corroboraron los efectos positivos del uso de cloruro de calcio sobre la calidad postcosecha. Bai *et al.* (2009) en la misma especie encontró que el uso de calcio en las soluciones de florero retrasó la senescencia y extendió el período en que los pimpollos florales permanecieron abiertos y vigorosos, además de ser el responsable de la estabilidad de las membranas celulares.

La creciente exigencia en calidad por parte de los mercados genera un incremento en la demanda por prolongar la vida en florero, sin acentuadas pérdidas de calidad estética del producto. El color rojo es un atributo muy valorado por los consumidores de flores. La menor vida en florero de la cultivar 'Ruby Red' respecto a otros cultivares va en detrimento del desarrollo de la cultivar a nivel comercial. Por ello, el uso de cloruro de calcio en cultivares sensibles al curvado podría evitar o retrasar el mismo, prolongando la vida en florero y contribuyendo al desarrollo comercial en el mercado.

3.4- HIPÓTESIS

El calcio influye en la estructura y metabolismo de la cultivar 'Ruby Red' y juega un rol determinante en el curvado del pedúnculo floral.

3.5- OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la utilización de una solución de cloruro de calcio en el agua del florero sobre el curvado del pedúnculo floral de *Gerbera jamesonii* L. cultivar Ruby Red.

Objetivos específicos

- Determinar el grado de curvado y la duración en florero.
- Evaluar la variación de peso y la longitud del pedúnculo en las distintas partes de la vara floral, el consumo de agua, y la CE y pH del agua del florero.
- Determinar el contenido de azúcares (sacarosa, glucosa, fructosa) en las distintas partes del pedúnculo floral.
- Determinar el contenido de calcio en las distintas partes de la vara floral al inicio y fin de la vida en florero.
- Estudiar las características histológicas de las distintas partes del pedúnculo floral.

3.6- METODOLOGÍA Y MATERIALES UTILIZADOS

El experimento se llevó a cabo durante el mes de enero de 2011. El sitio de investigación, el material vegetal, la forma de cosecha, acondicionamiento y selección se realizó siguiendo la misma metodología expuesta en el capítulo 1. Las varas seleccionadas se evaluaron en la misma sala de postcosecha y utilizando la misma metodología.

Diseño del experimento y análisis de los resultados

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones. Flores cortadas en las condiciones indicadas en los experimentos anteriores de la cultivar 'Ruby Red' fueron introducidas en floreros, resultando los siguientes tratamientos: Testigo, conteniendo los floreros 200 mL de agua destilada (cultivar 'Roja') y tratamiento con calcio, conteniendo los floreros de 200 mL de una solución de cloruro de calcio 0,5 % m:m (cultivar 'Roja Ca').

Las soluciones de cloruro de calcio y de agua se mantuvieron durante toda la vida en florero, sin realizar recambio de las mismas.

Se utilizaron 10 varas florales por cada tratamiento. Por lo tanto, se evaluaron 30 varas por cada uno. La unidad experimental fue el florero.

Los resultados de las determinaciones se sometieron un análisis de la varianza. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los valores medios, se compararon utilizando el test de Tuckey, con un nivel de significancia del 95 %. Se utilizó el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2010).

Mediciones realizadas

Se determinó: i) la duración de la vida en florero, ii) los indicadores del FIN de la vida en florero, iii) el grado de curvatura del pedúnculo floral, iv) la longitud del pedúnculo floral de la vara entera y por segmentos, v) el peso fresco de la vara floral entera y por partes, vi) el consumo de agua de la vara floral, vii) la conductividad eléctrica (CE) y el potencial hidrógeno (pH) en el agua florero, viii) el contenido de

azúcares en la vara entera y por partes, ix) el contenido de calcio en el pedúnculo floral entero y por segmentos, x) la histología del pedúnculo floral y xi) la superficie del pedúnculo floral.

Las determinaciones se realizaron siguiendo la metodología descrita en los capítulos 1 y 2, y en dos momentos, INICIO y FIN de la vida en florero, y sobre la vara floral entera y por segmentos, tal como se describió en el experimento del Capítulo 2.

3.7- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

i) Duración de la vida en florero

La vida en florero de las varas mantenidas en la solución de cloruro de calcio 0,5 % (‘Roja Ca’) difirió significativamente de aquellas que se mantuvieron en agua (‘Roja’ o Testigo). El tratamiento con calcio prolongó la duración en florero 7 días más respecto al testigo (Tabla 1 y Figura 1).

La mayor duración en florero de las varas mantenidas en la solución de calcio se debió a que se evitó la manifestación del principal síntoma de pérdida de calidad comercial para la especie, que es el curvado del pedúnculo floral (Mentcarelli *et al.*, 1995; Çelikel & Reid, 2002) (Figura 2).

Tabla 1. Valores medios correspondientes a la vida en florero de la cultivar ‘Roja’ y ‘Roja Ca’

Tratamiento	Vida en florero (días)
‘Roja’	10 a
‘Roja Ca’	17 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

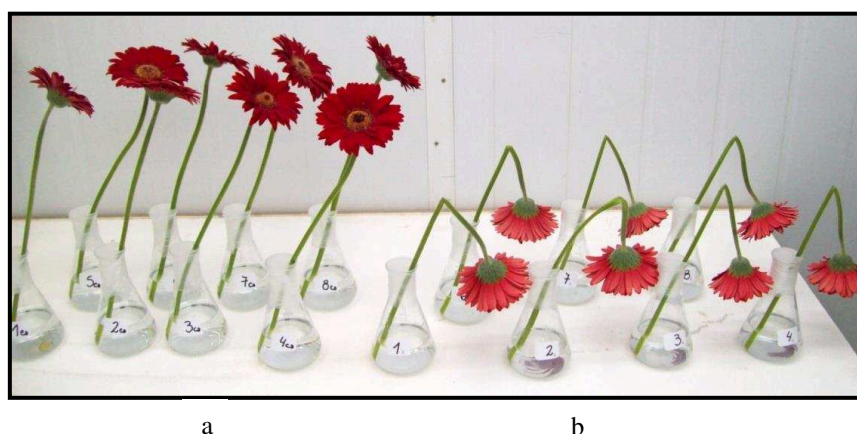


Figura 1. Comportamiento en florero a los 10 días de vida en florero: a) tratamiento ‘Roja Ca’, mostrando la rectitud del pedúnculo floral y b) tratamiento ‘Roja’, mostrando el curvado experimentado por los pedúnculos florales, que indicaron el fin de su vida en florero.

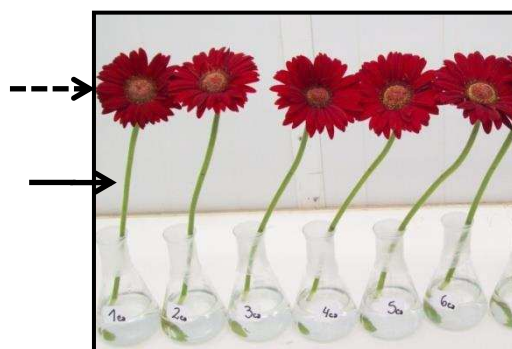


Figura 2. Comportamiento en florero de la cultivar ‘Roja Ca` a los 17 días de vida en florero, mostrando la rectitud del pedúnculo (—→) y la apertura de las flores centrales del capítulo (- - -→).

ii) Indicadores del FIN de la vida en florero y iii) Grado de curvatura del pedúnculo floral

En la cultivar ‘Roja` el curvado del pedúnculo floral indicó el FIN de la vida en florero. El grado de curvatura al FIN del ensayo fue muy pronunciado en la cultivar ‘Roja`, siendo aproximadamente 121° mayor respecto al presentado al INICIO (Figura 3). En cambio, en las varas mantenidas en calcio (‘Roja Ca`), la curvatura se modificó en menos de 1° respecto al INICIO (Tabla 2 y Figura 4).

Siguiendo la escala de curvatura desarrollada por Çelikel & Reid (2002) y Sosa Nan (2007) para flores de corte, y las normas de calidad de los principales mercados de flores de corte se procedió a clasificar las varas florales bajo estudio. Se encontró que al FIN del ensayo las varas mantenidas en agua, presentaron un grado de curvatura III, indicando una “avanzada curvatura” que impediría su comercialización como flor de corte. En cambio, las varas en la solución con calcio, se mantuvieron en el mismo grado de curvatura que al iniciar el ensayo, es decir en un grado I, “leve curvatura” y no vieron afectada su calidad comercial.

Tabla 2. Valores medios correspondientes al grado de curvatura y segmento de curvado experimentado durante la vida en florero de la cultivar 'Roja' y 'Roja Ca'.

Tratamiento	Curvatura (grados sexagesimales)		Segmento de curvado
	INICIO	FIN	
'Roja'	4,40 a	126,25 a	A los 13 cm por debajo del capítulo
'Roja Ca'	4,80 a	5,50 b	No manifestó curvado

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.



a)

b)

Figura 3. Comportamiento en florero de las varas florales de la cultivar 'Roja' a) INICIO del experimento mostrando la rectitud del pedúnculo y b) al FIN de la vida en florero, indicado por el curvado de los pedúnculos florales.



a)

b)

Figura 4. Comportamiento en florero de las varas florales de la cultivar 'Roja Ca` al a) INICIO del experimento, donde se observa la rectitud del pedúnculo floral y el comienzo de la apertura de las flores centrales del capítulo y b) al FIN de la vida en florero, ocurrida a los 17 días, donde se observa la rectitud de los pedúnculos florales y la apertura de todas las flores centrales del capítulo.

Otros autores que también estudiaron el fenómeno del curvado del pedúnculo en gerbera observaron que el curvado se manifestó en el segmento distal de la vara floral, a una distancia que no superaba los 15 cm por debajo del capítulo (Wilberg, 1973; Botondi *et al.*, 1998; Gerasopoulos & Chebli, 1999; Perik *et al.*, 2012). Dichos resultados se corresponden con lo encontrado en el presente trabajo, tanto en éste experimento como en los correspondientes a los presentados en los capítulos 1 y 2.

En las varas mantenidas en la solución de calcio ('Roja Ca`) no se manifestó curvado del pedúnculo en ningún momento de su vida postcosecha, incluso más allá de su vida en florero. Para ellas, el indicador del FIN de la vida en florero fue la caída de las primeras lígulas, junto a la apertura de las flores centrales (Figura 4). Ambos hechos son propios de los síntomas que manifiestan las varas florales en estados avanzados de desarrollo y que se asocian a procesos naturales de senescencia (Nell & Reid, 2002; Soroa, 2005).

Los resultados del presente trabajo se corresponden con los de otros autores que también evaluaron el efecto de soluciones de calcio en la vida en florero de gerbera y también encontraron que la misma se

prolongó debido a que se evitó o retrasó el curvado del pedúnculo floral. Trujillo *et al.* (2006) concuerdan con lo antedicho al encontrar un aumento en la duración en florero de 8 y 9 días en dos cultivares de gerbera con predisposición al curvado, utilizando la misma concentración de cloruro de calcio en la solución del florero que la del presente ensayo.

González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) al evaluar diferentes concentraciones de cloruro de calcio (0,1, 0,5 y 1,0 %) en el agua del florero, también registraron un aumento de la vida en florero y un retraso en la manifestación del curvado de diferentes cultivares respecto al testigo. La concentración de 0,5 % produjo el mayor incremento, siendo de 5 y 11 días superior al testigo.

Perik *et al.* (2014) notaron igual diferencia en el incremento de la vida en florero de otras cultivares de gerbera evaluando la misma fuente de calcio y arribando a la misma conclusión.

Geshnizjany *et al.* (2014) evaluaron el efecto de pulverizaciones con cloruro de calcio en diferentes concentraciones durante la postcosecha y también hallaron una mayor vida en florero en las varas que recibieron el tratamiento con calcio respecto a las que no lo recibieron. El incremento fue de entre 5 a 12 días más de duración y se debió a que se evitó el curvado.

iv) Longitud del pedúnculo floral de la vara entera y por segmentos

El efecto del calcio sobre el metabolismo también se evidenció en la longitud que presentaron los pedúnculos florales. La longitud de los mismos se diferenció significativamente al FIN de la vida en florero (Tabla 3). Al iniciar el experimento de postcosecha todos los pedúnculos florales habían sido recortados de forma tal que tenían una longitud de 35 cm. Sin embargo, al FIN del ensayo se encontró que los pedúnculos de la cultivar 'Roja' se habían alargado aproximadamente 5 cm en promedio y los de las 'Roja Ca' prácticamente tenían la misma longitud, ya que el incremento fue de poco menos de 0,5 cm (Tabla 3).

Así durante la vida en florero, los pedúnculos florales de las varas mantenidas en agua experimentaron un aumento significativo en su longitud, mientras que los mantenidos en la solución de calcio no lo hicieron (Tabla 3).

Tabla 3. Valores medios correspondientes a la longitud del pedúnculo al FIN de la vida en florero, elongación del pedúnculo durante la vida en florero y variación diaria de la longitud.

Tratamiento	Longitud del pedúnculo al FIN (cm)	Tasa diaria de variación de la longitud del pedúnculo (cm d ⁻¹)	Alargamiento total del pedúnculo (cm)
'Roja'	40,33 a	0,40 a	5,03a
'Roja Ca'	35,48 b	0,03 b	0,48 b

Letras distintas, en la misma columna, indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

El alargamiento de las varas ocurrió sólo en la porción distal del pedúnculo, específicamente en los dos primeros segmentos en que había sido señalizada la vara floral al INICIO del ensayo. El alargamiento no sobrepasó los 15 cm en promedio por debajo del capítulo (Tabla 4 y Figura 5).

Tabla 4. Valores medios correspondientes a la longitud del pedúnculo por segmentos al FIN de la vida en florero para los tratamientos utilizados en la cultivar de gerbera 'Ruby Red' sin solución de calcio ('Roja') y con calcio ('Roja Ca').

Longitud del segmento del pedúnculo debajo del capítulo (cm)	'Roja'	'Roja Ca'
0 a 5	7,55 a	5,20 b
5 a 10	7,55 a	5,30 b
10 a 15	5,00 b	5, 00 b
15 a 20	5,00 b	5, 00 b
20 a 25	5,00 b	5, 00 b
25 a 30	5,00 b	5, 00 b
30 a 35	5,00 b	5, 00 b

Letras distintas entre filas y columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.



Figura 5. Varas florales de la cultivar 'Roja' al FIN de su vida en florero mostrando curvatura del pedúnculo floral en la porción distal del mismo.

Los resultados encontrados se corresponden con los de otros autores, quienes también observaron que el alargamiento del pedúnculo de las varas florales ocurrió en el segmento distal de los mismos. Botondi (1998) halló que el alargamiento de los pedúnculos de gerbera se produjo hasta los 10 cm por debajo del capítulo, coincidiendo con el segmento de curvado. Perik *et al.* (2012), también observaron que el alargamiento de gerbera se restringió al segmento distal, aunque no en todas las cultivares evaluadas existió una relación estrecha con el curvado.

Philosoph Hadas *et al.* (1996) encontraron que las varas florales de *Antirrhinum majus* tratadas con diversas fuentes de calcio durante la postcosecha no se alargaron, atribuyendo el efecto a la inhibición de las auxinas. También hallaron una significativa reducción del gravitropismo, contribuyendo en su conjunto a evitar el curvado. Precisamente el efecto inhibitorio del calcio sobre las auxinas ya fue expuesto anteriormente por Salisbury & Ross (1994).

Botondi (1998) comprobó que el alargamiento de los pedúnculos de gerbera se debió a la acción de las auxinas y en correspondencia con lo encontrado en este experimento las varas que presentaron alargamiento de sus pedúnculos lo hicieron en su segmento distal, manifestando curvado, mientras que las que no se alargaron se mantuvieron erectas durante toda su vida en florero.

Nichols y Kofranek (1982) también notaron que las cultivares de *Tulipa* que presentaron alargamiento del pedúnculo manifestaron durante su vida en florero una curvatura comercialmente inaceptable. Halevy & Mayak (1981) arribaron a similares conclusiones e indicaron que el excesivo alargamiento encontrado en las varas de *Tulipa* sp. se asoció con la curvatura.

Vinculado con este defecto de calidad, varios autores manifestaron que la tasa de alargamiento podría ser reducida inhibiendo la acción de las auxinas y giberelinas, y utilizando productos que retrasen la senescencia (Saniewski & De Munk, 1981; Okuba & Uemoto, 1985).

Sobre la base de estos antecedentes, y los resultados encontrados en el presente experimento, se plantea la posibilidad de que el calcio haya sido el responsable o al menos haya contribuido a evitar el alargamiento de las varas tratadas a través de su acción inhibitoria sobre las auxinas y sobre la senescencia. Lo mencionado se fundamenta en que el incremento del calcio citoplasmático podría abolir la señal de transducción para el movimiento lateral de las auxinas y por esa razón prevenir la producción asimétrica del etileno y la respuesta gravitrópica (Philosoph Hadas, 1996).

En concordancia con ello, otros autores también sostienen que el gravitropismo es fuertemente influenciado por la acción de las auxinas (Salisbury & Ross, 1994; Maki Diaz, 2009; Philosoph Hadas *et al.*, 2012). En el experimento bajo estudio el calcio podría haber influido sobre el gravitropismo que presentó la especie en cuestión y que se evidenció en la curvatura del pedúnculo de algunos genotipos.

Verdugo *et al.* (2006) manifestaron que el gravitropismo es un problema frecuente en la vida postcosecha de aquellas varas florales que presenten activo crecimiento durante la postcosecha. Tal fue el caso de las varas de gerbera mantenidas en los floreros con agua y donde se manifestó el curvado. Al respecto, González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) y Perik *et al.* (2012) agregan que el alargamiento de los pedúnculos de gerbera haría que los capítulos, relativamente más pesados, se muevan hacia arriba, potenciando el efecto gravitatorio y contribuyendo al curvado en aquellos genotipos que presenten escasas estructuras de sostén. Debido a lo observado en el experimento presentado en el capítulo 2 y corroborado en éste, la alta tasa metabólica que podría presentar la cultivar 'Roja' podría haber contribuido con el curvado debido a que no se alcanzaron a formar adecuadamente las estructuras de sostén. Esto determinaría por consecuencia que el tejido presente mayor debilidad y falta de firmeza, haciendo que se manifieste con más intensidad la fuerza de la gravedad sobre la vara floral.

En las varas tratadas con calcio, no se produjo alargamiento y la fuerza de gravedad no se manifestó con intensidad, pudiendo evitar de ésta forma el gravitropismo. El calcio habría influido en el metabolismo, retrasando la senescencia, y por lo tanto la manifestación de otros eventos que contribuyen a la pérdida de resistencia tales como la pérdida de agua, la descomposición de las membranas celulares, etc. Y contribuyendo a la mayor resistencia mecánica de las varas.

v) Peso Fresco de la vara floral entera y por partes

El peso fresco de las varas florales al inicio del experimento no se diferenció significativamente entre los tratamientos (Tabla 5). Ello indica que las muestras correspondientes al INICIO del ensayo presentaron homogeneidad en cuanto al peso. Sin embargo, a medida que transcurrió la vida en florero y las varas florales continuaron su desarrollo se fueron diferenciando significativamente. Este hecho se evidenció en los valores correspondientes a la tasa diaria de pérdida de peso fresco (Tabla 5). Si bien, en ambos

tratamientos hubo una pérdida de peso fresco diario, en las varas mantenidas en calcio dicha pérdida fue un 40 % menor.

Tabla 5. Valores medios correspondientes al peso fresco (PF) de la vara entera al INICIO y Tasa de variación diaria de PF de la vara entera durante la vida en florero.

Tratamiento	PF INICIO (g)	Tasa de variación diaria de PF (gd ⁻¹)
‘Roja`	20,95 a	-0,35 a
‘Roja Ca`	21,04 a	-0,21 b

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Al INICIO del experimento el peso fresco del segmento 1, segmento 2 y del capítulo floral no se diferenció significativamente entre los tratamientos (Tabla 6). Este hecho se correspondió con lo encontrado al analizar el peso fresco de la vara entera (Tabla 5).

Sin embargo, al avanzar la vida en florero, el peso fresco de las distintas partes de la vara floral de ambos tratamientos se fue diferenciando significativamente. El segmento 1 y 2 del pedúnculo y el capítulo floral correspondientes al tratamiento de la cultivar ‘Roja` perdió un 50 % más de peso respecto a lo experimentado en el tratamiento con calcio (‘Roja Ca`) (Tabla 6).

Tabla 6. Valores medios correspondientes al peso fresco (PF) (g) del segmento 1 y 2, y al capítulo floral al INICIO del experimento y tasa de variación diaria de PF (g d⁻¹) durante su vida en florero.

Tratamiento	Segmento 1		Segmento 2		Capítulo floral	
	PF (g) INICIO	Tasa de variación diaria (g d ⁻¹) de PF	PF (g) INICIO	Tasa de variación diaria (g d ⁻¹) de PF	PF (g) INICIO	Tasa de variación diaria (g d ⁻¹) de PF
‘Roja’	3,90 a	-0,10 a	7,25 a	-0,14 a	10,10 a	-0,15 a
‘Roja Ca’	3,75 a	-0,05 b	7,00 a	-0,07 b	9,89 a	-0,08 b

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Zhang *et al.* (2004) también encontraron que el tratamiento con calcio redujo la pérdida de peso fresco en otras cultivares de gerbera y mejoró el balance hídrico contribuyendo al mantenimiento de la rectitud de los pedúnculos tratados. Los resultados de Liao (2003) también demuestran la influencia del calcio en la reducción del peso fresco de las distintas partes de la vara floral.

La menor pérdida de peso fresco contribuiría al mantenimiento de la turgencia de las células a través de un favorable balance entre el agua transpirada y consumida.

vi) Consumo de agua de la vara floral

Al analizar los valores del consumo de agua de las varas mantenidas en calcio y de las mantenidas en agua se encontró que el mismo no se diferenció al considerar el consumo de agua durante su vida en florero. Sin embargo, si se considera el consumo de agua que las varas realizaron en forma diaria, se pudo observar que las varas mantenidas en agua (‘Roja’) consumieron el doble de agua que las mantenidas en la solución de calcio (Tabla 7).

Tabla 7. Valores medios correspondientes al consumo total (mL) de agua y tasa de variación diaria (mL d⁻¹) del consumo de agua durante la vida en florero para los tratamientos 'Roja' y 'Roja Ca'.

Tratamiento	Consumo total de agua (mL)	Tasa de variación diaria del consumo de agua (mL d ⁻¹)
'Roja'	45,3 a	4,5 a
'Roja Ca'	41,2 a	2,42 b

Letras distintas, en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Al analizar en forma conjunta el consumo de agua y el peso fresco se observó que el mayor consumo de agua del tratamiento 'Roja' no estuvo reflejado en un mayor peso fresco de la vara, sino que, por el contrario, en este tratamiento se midió la mayor pérdida de peso fresco, tanto en la vara entera (Tabla 5) como por partes (Tabla 6). Por lo tanto, se infiere que las varas mantenidas en agua transpiraron más que las mantenidas en calcio.

Cabe destacar que al igual a lo registrado en los experimentos presentados en los capítulos 1 y 2, no hubo cambios en el volumen de agua contenido en el florero sin vara y tapado de igual forma que los floreros que sí contenían las varas. Esto permitió deducir entonces que la pérdida de agua registrada al FIN del experimento no se debe a un fenómeno de evaporación y sí se podría asociar a un mayor consumo y pérdida de agua por transpiración en la cultivar 'Roja'.

Por lo expuesto, el tratamiento con calcio podría haber intervenido por un lado a través de un retraso en la tasa metabólica de los tejidos, que se evidenció en un menor consumo de agua diario y en una menor pérdida de agua diaria. Por otro lado, el calcio al influir en el balance hídrico también tendría un efecto relacionado con la resistencia física mecánica debido a que las células con mayor contenido de agua presentarían mayor turgencia, confiriéndole mayor rigidez y podrían soportar con más facilidad el peso, especialmente del capítulo. Las células de las varas mantenidas en agua, al perder más agua presentarían menor turgencia, mayor debilidad en sus tejidos lo cual contribuiría al curvado del pedúnculo.

Numerosos trabajos de investigación concuerdan con lo antes dicho acerca del papel del calcio sobre el metabolismo de los tejidos y la reducción en la tasa de senescencia, como así también en la contribución al mantenimiento de la estructura de los mismos y al balance hídrico (Murali, 1990; Bai *et al.*, 2009).

Otros investigadores también evaluaron el efecto del calcio en gerbera y en otras flores de corte y sostienen que el mismo participa en las relaciones hídricas de los tejidos afectando la vida en florero. Por ejemplo, Zhang *et al.* (2004) encontraron que el uso de cloruro de calcio prolongó la vida postcosecha de gerbera debido a que mejoró el balance hídrico al haber contribuido a un mayor flujo de agua en los vasos de conducción. Por su parte, Sosa Nan (2007) al evaluar distintas fuentes de calcio, formas y momentos de aplicación en girasol de corte concluyó que el calcio tuvo un efecto anti senescente debido a que retrasó la degradación de las membranas y con ello contribuyó a mantener la integridad de las células, lo cual se evidenció en la menor pérdida de peso fresco de las varas tratadas con calcio. Sardoei (2014) arribó a similares resultados al evaluar la influencia del cloruro de calcio en otra especie floral de corte como el *Narcissus* sp. También encontró que el uso de cloruro de calcio redujo la pérdida de peso fresco e incrementó la longevidad en florero. El autor relacionó el incremento en la longevidad producido por el cloruro de calcio, con el efecto que el calcio tendría en el decrecimiento del ritmo respiratorio y el incremento en la resistencia de las células postulado anteriormente por otros autores (Gregory *et al.*, 1988; Anjum *et al.*, 2001).

Trujillo *et al.* (2006) descubrieron que una de las causas del mantenimiento de la rectitud de las varas de gerbera tratadas con cloruro de calcio sería debido a la contribución del mismo en la turgencia de las células. Estos autores sostuvieron que el calcio estaría participando en el mecanismo de cierre estomático, evitando de esta forma la salida de agua desde los tejidos hacia la atmosfera. Ruiz *et al.* (1993) observaron que, si la concentración de calcio alrededor de las células oclusivas aumenta, la conductancia estomática disminuye y se promueve así el cierre de las estomas. Por lo tanto, debido a que el escape es un tallo verde, fotosintético y con estomas (Trujillo *et al.*, 2006), se sugiere que el calcio podría promover el cierre estomático y reducir la pérdida de agua del tejido, manteniendo la turgencia de las células, como lo demuestra la menor pérdida de peso fresco en las varas mantenidas en la solución de calcio.

Meyer *et al.* (1973) y Mithofer & Mazars (2002) indicaron que la mayor pérdida de agua en las plantas ocurre debido al fenómeno de transpiración. La magnitud de pérdida de agua por transpiración depende

de la apertura y cierre estomático dada por la participación de diversos iones. Entre los más influyentes se encuentran el calcio y el potasio. El calcio, al contrario del potasio, cuando entra a la célula del estoma epidermal causa una disminución de la turgencia, el cierre del mismo y con ello disminuye la transpiración.

Por otro lado, el calcio también podría participar en la turgencia de las células debido a que participa en la estabilidad de las membranas, reduciendo la salida de iones, y manteniendo el potencial osmótico, y por lo tanto evitando la salida de agua hacia el exterior de la célula (Paulin, 1997; Klusener *et al.*, 2002). Lo expuesto se corresponde con lo presentado por Van Leperen & Van Gelder (2006), quienes además sostienen que la presencia de calcio en las soluciones de florero podría contribuir al mantenimiento de la turgencia debido a que han encontrado un aumento del flujo de agua en los pedúnculos florales debido a la asociación del calcio con las pectinas de las paredes del xilema, confiriéndole mayor estabilidad y firmeza. Cosgrove (2005) & Brummell (2006), en esta misma línea de razonamiento también sostuvieron que el calcio contribuye a la estabilidad y firmeza debido a que encontraron que la rigidez de las paredes de las células se incrementó debido a la unión con las pectinas de las mismas y a la acción cementante del calcio en la laminilla media de las células. Bai *et al.* (2009) al estudiar la influencia del calcio en la vida en florero de *Gladiolus* sp. concluyeron que el calcio contribuyó a la estabilidad de las membranas al unirse a las cabezas de los fosfolípidos constituyentes de las membranas otorgándoles mayor estabilidad.

vii) Conductividad eléctrica (CE) y potencial hidrógeno (pH) en el agua florero

Los valores de pH y CE se modificaron estadísticamente entre el INICIO y el FIN sólo en el tratamiento correspondiente a la cultivar 'Roja'. Se registró un incremento respecto del INICIO en la CE y en el pH. En cambio, en la cultivar 'Roja Ca', los valores de pH y CE se mantuvieron sin cambios significativos durante la vida en florero (Tabla 8).

Tabla 8. Valores medios correspondientes a la conductividad eléctrica (CE) y el potencial hidrógeno (pH) en la solución del florero al INICIO y al FIN del experimento para los tratamientos testigo (‘Roja’) y con calcio (‘Roja Ca’).

Tratamiento	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)		pH	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN
‘Roja’	2,6 a	30,94 b	5,5 a	6,58 b
‘Roja Ca’	8000 a	8174 a	7,14 a	7,30 a

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

El incremento de CE y pH encontrado en el agua de los floreros estaría indicando un aumento de iones, especialmente de cationes que migraron desde la vara floral hacia la solución del florero a medida que transcurrió la vida de postcosecha en el mismo. La vara floral sería la única fuente posible de donde pueden provenir dichos iones, ya que fue el único elemento que estuvo en contacto con el agua del florero. Estos resultados se corresponden con los encontrados previamente en los experimentos presentados en los capítulos 1 y 2.

La salida de iones hacia la solución del florero podría estar indicando la pérdida de la capacidad de regulación iónica y la desintegración (Paulin, 1997) de los tejidos que las varas florales mantenidas en agua podrían haber experimentado durante su vida en florero.

Cuando las membranas celulares se deterioran se registra una pérdida de electrolitos hacia afuera de la célula, que finalmente resulta en un desbalance hídrico dentro y fuera de las células (Halevy y Mayak, 1981; Eze *et al.*, 1986; Borochoy & Woodson, 1989; Torre *et al.*, 1999). El deterioro de las membranas y consecuente pérdida de compartimentalización juega un rol fundamental en la senescencia de diversas flores de corte y podrían asociarse a la fuga de solutos desde las células (Adam *et al.*, 1983; Eze *et al.*, 1986; Borochoy & Woodson, 1989; Itzhaki *et al.*, 1990; Rubinstein, 2000).

Así, a medida que transcurrió la vida en florero el pH y la CE de la solución fue aumentando, lo cual estaría indicando la lixiviación de iones de la vara floral, posiblemente relacionada con la pérdida de

selectividad de las membranas celulares, y la desintegración consecuente de los tejidos (Tabla 8). Este fenómeno también fue denominado por otros autores como ´fuga de electrolitos` (Borochoy *et al.*, 1976; Paulin, 1997).

En cambio, en el tratamiento con calcio no se observaron cambios en el contenido de iones durante la vida en florero (Tabla 8). El calcio mediante su acción como protector de la estabilidad de las membranas podría haber influido sobre los tejidos conservando su integridad y retrasando la senescencia (Salisbury & Ross, 1994; Taiz & Zeiger, 2006).

En las varas estudiadas mantenidas en la solución de cloruro de calcio, el calcio absorbido por los tejidos, podría haber conferido mayor estabilidad a las membranas, retrasando o evitando la fuga de electrolitos.

Torre *et al.* (1999) mostraron que el uso de cloruro de calcio retrasó la degradación de las proteínas y de los fosfolípidos de las membranas e incrementó la actividad de las enzimas responsables del suministro de energía en pétalos de *Rosa hybrida* L. Nabigol (2012) al estudiar el efecto del sulfato de calcio sobre la calidad postcosecha de *Rosa hybrida* L. manifestó que el calcio participa de una serie de eventos intracelulares como segundo mensajero que contribuye a mantener el normal funcionamiento de la célula.

Los antecedentes disponibles y los resultados obtenidos en estos experimentos indican que las características químicas del agua del florero son indicadores del comportamiento de postcosecha. El incremento en el contenido de iones en el agua de los floreros indicaría una ´fuga de electrolitos` desde la vara debido a la senescencia de la misma durante su vida en florero. El calcio habría intervenido sobre las paredes y membranas celulares retrasando los eventos de senescencia y contribuyendo al mantenimiento de la compartimentalización celular.

viii) Contenido de azúcares en la vara entera y por partes

El contenido de azúcares al INICIO del experimento no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, como era de esperarse ya que se trataba de la misma cultivar (Tabla 9). Luego, a medida que transcurrió la vida en florero, la disponibilidad de azúcares se diferenció significativamente entre los tratamientos. La tasa de variación diaria de glucosa y fructosa permitió observar una pérdida significativa de ambos azúcares en el tratamiento testigo (´Roja`) en comparación con el tratamiento con calcio (´Roja Ca`) (Tabla 10). Esta marcada disminución del contenido de glucosa y fructosa, indican que los tejidos

del tratamiento sin calcio tuvieron un metabolismo más activo. En las varas que habían sido mantenidas en la solución de calcio (‘Roja Ca’), la pérdida de dichos azúcares fue significativamente menor, siendo aproximadamente 50 % menos para la glucosa y 60 % menos para la fructosa (Tabla 9).

La tasa de variación diaria de sacarosa, mostró una respuesta opuesta. Es decir, se produjo un aumento en ambos tratamientos, aunque en las varas mantenidas en agua (‘Roja’) este incremento fue significativamente superior (Tabla 10).

Tabla 9. Valores medios correspondientes al contenido de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa expresados en función del peso fresco (PF) de la vara floral entera al INICIO del ensayo.

Tratamiento	Azúcar (mg g ⁻¹ PF)		
	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
‘Roja’	8,86 a	8,24 a	1,11 a
‘Roja Ca’	8,94 a	8,06 a	1,34 a

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Tabla 10. Tasa de variación diaria de la concentración de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa en la vara floral entera durante la vida en florero.

Tratamiento	Tasa de variación diaria de azúcares (mg g ⁻¹ PF d ⁻¹)		
	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
‘Roja’	0,28 a	-0,47 a	-0,99 a
‘Roja Ca’	0,10 b	-0,20 b	-0,60 b

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Al analizar el contenido de azúcares en el segmento 1 y 2 del pedúnculo floral se encontró la misma tendencia que en la vara entera, es decir no hubo diferencias significativas entre los tratamientos al INICIO del ensayo y sí las hubo durante la vida en florero, y especialmente en el segmento 1 (Tabla 11 y Tabla 12).

En el segmento 1 del tratamiento sin calcio (‘Roja’), se encontró una pérdida diaria de glucosa y fructosa muy superior respecto a la encontrada en el tratamiento con calcio (‘Roja Ca’). El segmento 1 del tratamiento sin calcio (‘Roja’) perdió más del 50 % tanto de glucosa como de fructosa (Tabla 12). Sin

embargo, y tal como fuera observado anteriormente con este azúcar no reductor, la tasa de cambio de sacarosa tuvo un incremento estadístico significativo en el segmento 1, habiendo resultado cinco veces mayor en el tratamiento `Roja` en comparación al tratamiento `Roja Ca` (Tabla 12).

Tabla 11. Valores medios correspondientes al contenido de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral al INICIO del experimento.

Tratamiento	Azúcar (mg g ⁻¹ PF)					
	Sacarosa		Glucosa		Fructosa	
	Segmento					
	1	2	1	2	1	2
‘Roja’	1,00 a	0,96 a	5,46 a	1,33 a	0,32 a	0,13 a
‘Roja Ca’	1,07 a	0,99 a	5,00 a	1,43 a	0,33 a	0,13 a

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Tabla 12. Tasa de variación diaria de sacarosa, glucosa y fructosa en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral durante la vida en florero.

Tratamiento	Tasa de variación diaria (mg g ⁻¹ PF d ⁻¹)					
	Sacarosa		Glucosa		Fructosa	
	Segmento					
	1	2	1	2	1	2
‘Roja’	0,10 a	0,02 a	-0,50 a	-0,13 a	-0,30 a	-0,78 a
‘Roja Ca’	0,02 b	0,13 a	-0,30 b	-0,06 b	-0,18 b	-0,41 b

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

La disminución encontrada en el contenido de azúcares a medida que transcurrió la vida en florero tanto de las varas mantenidas en calcio como las mantenidas en agua, también ha sido observada por otros investigadores en diversas flores de corte (Acock & Nichols, 1979; Markhart & Harper, 1995; Ichimura &

Tamotsu, 1999; Ichimura *et al.*, 1999; Liao *et al.*, 2000; Otsubo & Iwaya, 2000; Ranwala & Miller 2000; Cho *et al.*, 2001; Han, 2003).

Los azúcares presentes en las varas al momento de la cosecha fueron utilizados como sustratos para la respiración y por ende para la obtención de la energía necesaria para continuar con las demandas metabólicas (Paulin, 1997; Wills *et al.*, 1999). Sin embargo, las varas mantenidas en la solución de calcio consumieron azúcares a una menor tasa metabólica. Es decir, el efecto retardante del calcio sobre el metabolismo de los tejidos podría haber originado un menor consumo energético, resultando en un retraso de la senescencia de los tejidos y en una mayor duración en florero.

Autores como Acock & Nichols (1979), Irving & Joyce (1995), Gapper *et al.* (2005), Ichimura *et al.* (2006) y Eason *et al.* (2007) sostienen que un mayor nivel de sacarosa en los tejidos contribuyó a mejorar los parámetros de calidad postcosecha de diversas especies de flores de corte debido a que se retrasa la senescencia y se mantiene un adecuado balance hídrico. Sin embargo, son los azúcares reductores los que según Reid (2009) y Locke (2010) posibilitan que durante el periodo postcosecha se mantenga la calidad de las flores por mayor tiempo. En este sentido posiblemente se explique la disminución relativa encontrada en las concentraciones de glucosa y fructosa del presente trabajo (Tabla 12).

Por lo expuesto, se puede afirmar que la mayor pérdida de glucosa y fructosa junto al menor contenido de sacarosa observado en la cultivar `Roja` contribuyó a que los síntomas de senescencia se manifestaran antes y con mayor intensidad, explicando en parte, su corta vida en florero que estuvo determinada por el curvado del pedúnculo floral.

El curvado del pedúnculo ocurrió sólo en el segmento 1 de las varas mantenidas en agua. En dicho segmento se registró la mayor pérdida de glucosa y fructosa y la menor acumulación de sacarosa.

Steinitz (1982), Steinitz (1984), Perik *et al.* (2014) demostraron que el curvado del pedúnculo de gerbera se relaciona con varas florales que poseen menores contenidos de sacarosa. Por lo tanto, las varas mantenidas en calcio permitió que éstas acumulen más sacarosa en forma diaria respecto a las varas mantenidas en agua contribuyendo así a evitar el curvado.

Un bajo contenido de lignina en los tejidos y, por ende, una mayor predisposición al curvado, puede relacionarse a la baja disponibilidad de hidratos de carbono, como los azúcares. Cho *et al.* (2001),

Ferrante & Serra (2009) y Perik *et al.* (2012) estudiaron la relación entre el contenido de lignina y la proporción de esclerénquima en el curvado en gerbera y concluyeron que el curvado estaba asociado a una pérdida de esclerénquima en la parte distal del de la vara floral que se correlacionaba con bajos niveles de lignina, originando un escaso soporte mecánico. Cosgrove (2005) y Brummell (2006) sostuvieron que el calcio mantiene la rigidez de las paredes celulares ya que se une a las moléculas de pectina incrementando de éste modo el soporte mecánico del pedúnculo. Por ello, la mayor disponibilidad de azúcares en el segmento 1 de las varas mantenidas en la solución de calcio se podría relacionar con una mayor firmeza del pedúnculo en ese segmento y consecuentemente permitir que el pedúnculo floral se mantenga erecto durante toda su vida en florero.

Los valores encontrados en los azúcares estudiados también se puede relacionar con el curvado del pedúnculo debido a que los mismos podrían haber influido en el balance hídrico a través de su efecto osmótico. Lo mencionado se corresponde con los resultados planteados por Gerasopoulos & Chebli (1999) y Perik *et al.* (2014), quienes al estudiar el efecto de la utilización de soluciones conservantes compuestas por sacarosa y sales de calcio sobre el curvado de gerbera encontraron que las mismas favorecen el balance hídrico a través de una disminución de la transpiración y retrasan el curvado o incluso lo evitan dependiendo de la sensibilidad del cultivar al mismo. En el presente trabajo, las varas mantenidas en la solución de calcio, que perdieron menos azúcares, y presentaron una menor pérdida de agua no se curvaron. Por lo tanto, al analizar conjuntamente las variables estudiadas se podría concluir que el agregado de calcio favoreció el mantenimiento de las estructuras. Esta situación determinó por ejemplo que en el tratamiento 'Roja Ca', las varas florales tengan un comportamiento en florero comparable a la que tuvieron las cultivares 'Amarilla' y 'Naranja' descritas en el experimento del capítulo 2.

ix) Contenido de calcio en las distintas partes de la vara floral

El contenido de calcio al INICIO del experimento no se diferenció significativamente entre los tratamientos, ya que por cierto se utilizaron los mismos materiales genéticos. Los resultados expresan así la homogeneidad de las muestras respecto al contenido inicial de calcio en ambos tratamientos (Tabla 13).

Durante la vida en florero las varas mantenidas en la solución de calcio fueron absorbiendo dicho catión, diferenciándose significativamente en el contenido de calcio de las varas mantenidas en agua.

En la Tabla 14 se presentan los valores correspondientes a la variación diaria en el contenido de calcio, donde se observa el significativo incremento experimentado por las varas mantenidas en la solución de calcio. La magnitud del incremento en la concentración de calcio fue función del tipo de tejido considerado, siendo el capítulo y el segmento 1 del pedúnculo, en ese orden, los que presentaron mayor acumulación de calcio.

El contenido de calcio en los capítulos correspondientes a las varas mantenidas en calcio ('Roja Ca') se incrementó 338 veces respecto a los de la misma cultivar mantenida en agua ('Roja'), y el segmento 1 y 2, en 36 y 28 veces, respectivamente.

El incremento de calcio en los tejidos se relacionaría con el curvado, ya que a idénticas condiciones genéticas y ambientales, las varas mantenidas en calcio no manifestaron curvado y las mantenidas en agua sí lo hicieron. La misma tendencia fue encontrada por Sosa Nan (2007) al estudiar el efecto de la suplementación con calcio pre y postcosecha sobre la duración en florero de *Helianthus annuus* para corte. El autor encontró que sólo la suplementación postcosecha evitó el curvado correlacionándolo con una mayor acumulación de calcio en los capítulos y primera porción del pedúnculo.

Tabla 13. Valores medios de la concentración de calcio (Ca), en el capítulo y en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral al INICIO del experimento.

Tratamiento	Ca (meq/l)		
	Capítulo	Segmento 1	Segmento 2
'Roja'	0,244 a	0,197 a	0,250 a
'Roja Ca'	0,213 a	0,189 a	0,239 a

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

Tabla 14. Tasa de variación diaria de la concentración de calcio (Ca) durante la vida en florero en el capítulo y en los segmentos 1 y 2 del pedúnculo floral.

Tratamiento	Tasa de variación diaria de Ca (meq L ⁻¹ d ⁻¹)		
	Capítulo	Segmento 1	Segmento 2
‘Roja’	0,001 a	0,004 a	0,004 a
‘Roja Ca’	0,331b	0,143 b	0,081 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012), al utilizar la misma concentración de cloruro de calcio en el agua del florero de diferentes cultivares de gerbera también hallaron que una mayor acumulación de calcio en la región distal evitó el curvado del pedúnculo. Por ejemplo, la cultivar ‘Shirlene’ acumuló 9 veces más calcio que el testigo (sin calcio). Los valores encontrados en las concentraciones de calcio tanto del segmento distal como basal del pedúnculo del presente trabajo fueron muy superiores a la reportada por el mencionado autor.

El calcio contribuiría con el mantenimiento de la integridad y con la permeabilidad selectiva de las membranas celulares. En investigaciones previas se descubrió que el calcio actúa inhibiendo o retrasando la degradación de los fosfolípidos que componen las membranas, permitiendo de ésta forma su normal funcionamiento por un mayor periodo de tiempo (Borochoy *et al.*, 1997; Bush, 1995). Leshem (1987) sostiene que el calcio se une a las cabezas de los fosfolípidos contribuyendo a la estabilidad de las membranas. Marangoni *et al.* (1996) afirmaron que estos eventos bioquímicos y biofísicos son determinantes en la senescencia de los tejidos.

Por otro lado, el calcio también habría ejercido un efecto positivo sobre la estructura de las células de las varas mantenidas en la solución de calcio ya que el mismo es responsable de la unión de las mismas a través de su participación como componente de la laminilla media, principal cementante entre ellas. Grignon & Sentenac (1991), Van Ieperen & Van Gelder *et al.* (2006) observaron que el calcio se asoció a

las pectinas de las paredes de las células del xilema contribuyendo al mantenimiento de las mismas y favoreciendo así el flujo de agua a través del tallo.

Además, el calcio también habría participado en el balance hídrico a través de su participación en el fenómeno de transpiración. El agua sale de los tejidos a través del espacio que dejan las estomas turgentes en la epidermis. El calcio cuando ingresa a las células estomáticas causa una pérdida de turgencia en las mismas que produce el cierre del estoma y con ello la reducción en la pérdida de agua y por ende de la transpiración (Meyer *et al.*, 1973; Mithofer & Mazars, 2002). Diversos autores reportaron que el ion calcio interviene en el balance hídrico de los tejidos, modificando especialmente la conductancia de agua en los tallos. Dichas modificaciones se relacionan con las cargas negativas presentes en las paredes de las células del xilema que interactúan con cationes como el Ca^{+2} , K^+ , Na^+ y Mg^{2+} porque la disociación de los ácidos poligacturónicos presentes en las membranas libera grupos con cargas negativas como los COO^- . Este incremento en la efectividad de la conductancia hidráulica es más evidente con el uso de cationes divalentes como el calcio (Grignon & Sentenac, 1991).

Por lo expuesto, el incremento en el contenido de calcio observado en los tejidos de las varas mantenidas en la solución de calcio, y de mayor magnitud en los órganos superiores de la vara floral (capítulo y segmento distal del pedúnculo), contribuyó a prolongar la vida en florero, debido principalmente a que evitó el curvado del pedúnculo, principal problema postcosecha de la cultivar estudiada.

x) Histología del pedúnculo floral y xi) Superficie del pedúnculo floral

El pedúnculo floral del tratamiento 'Roja' presentó las mismas características histológicas que la cultivar 'Roja' evaluada en el capítulo 2, lo cual era esperable debido a que se trataba del mismo material genético (Figuras 6 y 7). Se observó una epidermis uniestratificada, un cortex formado por células parenquimáticas, un anillo de haces vasculares colaterales en el que alternaron haces grandes, medianos y chicos. Los haces vasculares mostraron casquetes de esclerénquima hacia el polo floemático y hacia el polo xilemático. Las regiones interfasciculares presentaron un variable grado de esclerificación, lo que determinó que se observe un anillo continuo de células esclerificadas formado por los casquetes de esclerénquima del floema y las regiones interfasciculares esclerificadas (Figura 6).

Las características histológicas de los pedúnculos correspondientes al INICIO fueron las mismas para los dos tratamientos evaluados, ya que las varas florales provenían del mismo material genético y recibieron el mismo manejo hasta el momento en que fueron colocados en los floreros y comenzó a su vida en florero. Al INICIO del ensayo, al estudiar las características del segmento 1 y del segmento 2 se observó que el diámetro de la cavidad medular era diferente entre las mismas. La cavidad disminuyó desde la base al ápice del pedúnculo, es decir desde el segmento 2 hacia el segmento 1. El grado de esclerificación fue similar en ambos segmentos (Figura 6). Sin embargo, al FIN de la vida en florero, el segmento 1 presentó menor grado de esclerificación, éste hecho se observó con mayor intensidad en los pedúnculos de la cultivar `Roja`, no tratadas con calcio (Figura 6).

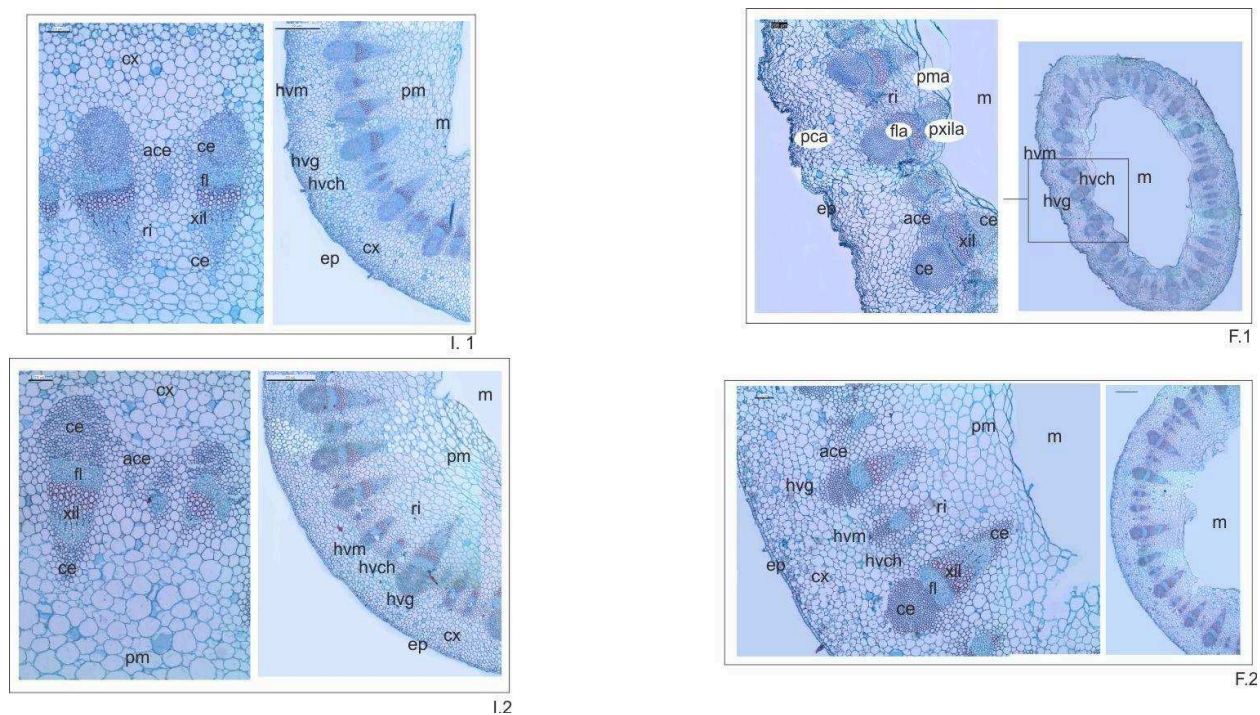


Figura 6. Corte histológico del pedúnculo floral de la cultivar 'Roja' al inicio y fin del experimento en la región distal (segmento 1) y en la región basal (segmento 2). I: INICIO. F: FIN. 1: segmento 1. 2: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerenquima, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema, pca: parénquima cortical aplastado, pma: parénquima medular aplastado, pxila: parénquima de xilema aplastado, xil: xilema.

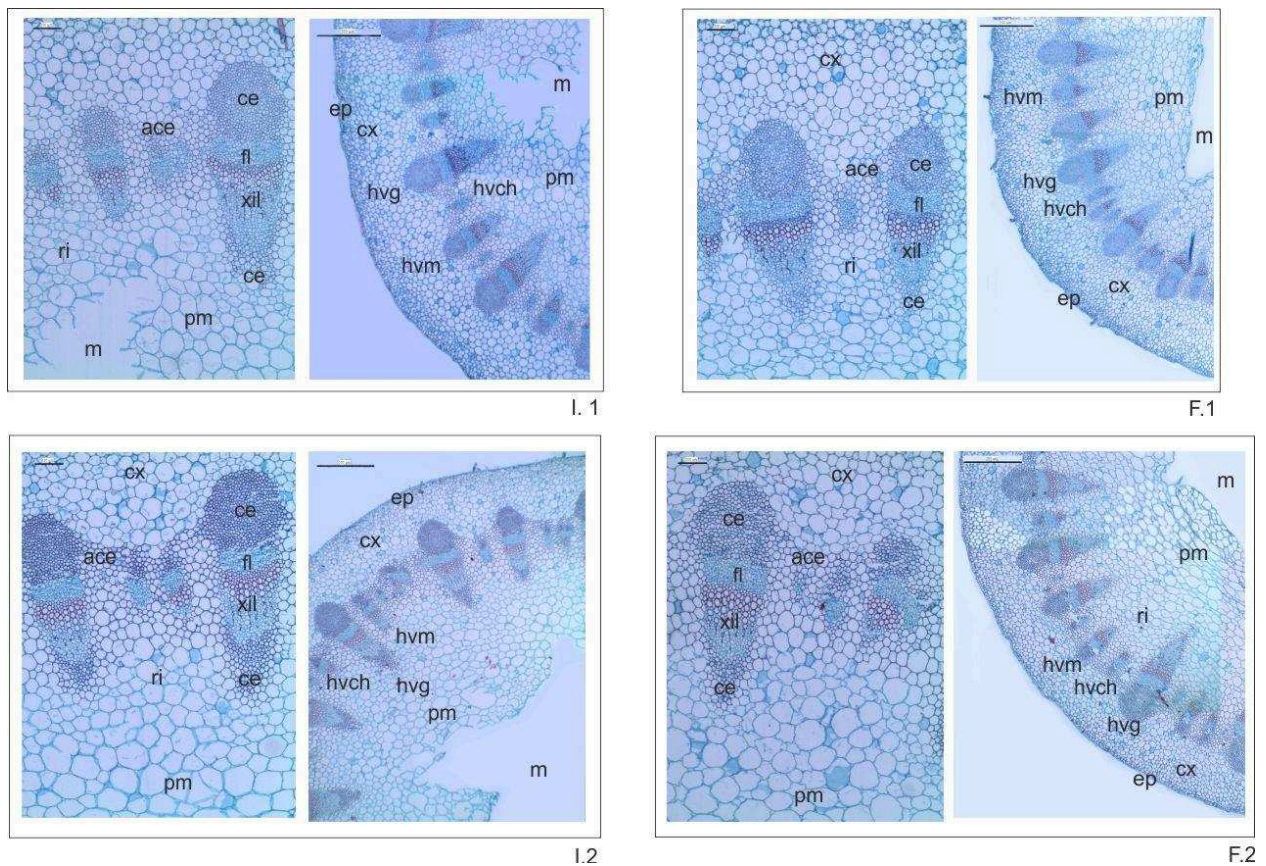


Figura 7. Corte histológico del pedúnculo floral de la cultivar 'Roja Ca' al inicio y fin del experimento en la región distal (segmento 1) y en la región basal (segmento 2). I: INICIO. F: FIN. 1: segmento. 2: segmento 2. ace: anillo de células esclerificadas, ce: casquete de esclerenquima, cx: cortex, ep: epidermis, fl: floema, hvch: haz vascular chico, hvg: haz vascular grande, hvm: haz vascular mediano, m: médula, pm: parénquima medular, ri: región interfascicular, xil: xilema.

Estas diferencias entre ambos segmentos podrían explicar al menos en parte, el curvado manifestado en las varas no tratadas con calcio. Marousky (1986); Liao *et al.* (2003); González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) y Perik *et al.* (2012), coincidieron en que la baja incidencia del curvado en otras cultivares de gerbera estuvo asociada a la mayor proporción relativa de tejido de sostén y de lignina en la parte media del pedúnculo, independientemente de que las varas sean o no tratadas con calcio. En el presente trabajo la parte media se corresponde con el segmento 2. Por lo tanto, las diferencias anatómicas entre los dos segmentos de las varas tratadas con calcio se asemejarían por el efecto que ejerce el calcio en la firmeza de los tejidos, contribuyendo a mantener el pedúnculo erecto en el período postcosecha.

Los resultados del presente trabajo se corresponden con lo expuesto por González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) donde las cultivares de gerbera tratadas con cloruro de calcio no presentaron curvado del pedúnculo. Los autores atribuyeron éste hecho a la mayor resistencia en el pedúnculo debida a un aumento en el contenido de lignina de los tejidos. Similarmente otros autores indican que el uso de calcio en las soluciones de florero aumenta la firmeza de los tejidos por su asociación con la pectina de las paredes celulares. Van Leperen & Van Gelder (2006), lo demostraron en crisantemo (*Chrysanthemum Dendranthemaxgrandiflorum* Tzvelev) y en laurel ornamental (*Prunus laurocerasus* L.), y Ramírez *et al.*, (2010) en *Tulipa gesneriana* L.

Así, las varas florales mantenidas en la solución de calcio a medida que transcurrió la vida en florero, se fueron diferenciando de las varas mantenidas en agua. Este hecho se pudo corroborar cuali y cuantitativamente en las imágenes correspondientes y en las mediciones del área ocupada por la cavidad medular y por tejido (Tablas 13 y 14 y Figuras 8).

Al FIN de la vida en florero, la cavidad medular de la cultivar `Roja` era de mayor tamaño que la correspondiente a la misma cultivar mantenida en la solución de calcio. Al analizar los resultados obtenidos en la medición del área ocupada por la médula y por el tejido celular en el segmento 1, al INICIO y al FIN del ensayo, se encontró que la proporción de médula aumento significativamente en el tratamiento `Roja` al transcurrir su vida en florero. Junto a ello, se encontró una disminución significativa del tejido celular en la misma cultivar (Tabla 15).

Tabla 15. Proporción relativa de tejido y de médula en los pedúnculos florales de la cultivar 'Roja` y 'Roja Ca` en segmento 1 al INICIO y FIN del ensayo.

Tratamiento	INICIO		FIN	
	Proporción de tejido	Proporción de médula	Proporción de tejido	Proporción de médula
'Roja´	87,20	9,20	61,09 a	38,90 a
'Roja Ca´	87,20	9,20	75,17 b	24,82 b

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%.

En la cultivar mantenida en la solución de calcio ('Roja Ca'), también se encontró la misma tendencia, es decir aumento significativo de la medula y disminución del tejido. Sin embargo, ambos cambios fueron de menor intensidad respecto a la cultivar mantenida en agua ('Roja'). En el tratamiento 'Roja` el aumento de tamaño de la cavidad medular fue mayor que en el tratamiento 'Roja Ca`, y la disminución del tejido fue significativamente mayor (Tabla 15).

El aumento de tamaño de la médula se debería a la a desintegración de las células próximas a ella. Sí bien la desintegración de las células ocurrió en ambos tratamientos, y tanto en el segmento 1 como en el segmento 2, en las varas mantenidas en agua se produjo con mayor intensidad, especialmente en el segmento 1. Este hecho se observó no sólo visualmente en las imágenes obtenidas para tal fin, sino que también se comprobó a través de la medición del tamaño de la cavidad medular (Tabla 14). Consecuentemente, la proporción de tejido celular también se modificó. Perik *et al.* (2012) trabajando con gerbera también encontró que el segmento distal del pedúnculo perdió significativamente más esclerénquima que en la porción basal, atribuyendo a éste hecho la pérdida de firmeza mecánica del pedúnculo y con ello la manifestación del curvado.

En otras especies de flores de corte que presentan cavidad medular en sus pedúnculos también se observó la misma tendencia, la cual se relacionó con las características de los tejidos primarios y vasculares (Hernández *et al.*, 2009; Cohen *et al.*, 2007). Estudiando cultivares de *Chrysanthemum* con diferencias en

su vida en florero, Lv *et al.* (2011) encontraron que la misma estaba relacionada con una mayor proporción de elementos vasculares, y un mayor contenido de lignina.

Como se mencionó anteriormente la adición de cloruro de calcio a la solución de florero mejoró significativamente la vida postcosecha de la cultivar bajo estudio, donde el tratamiento con calcio evitó el curvado característico de éste material genético. Estos resultados demuestran el efecto particularmente positivo del ion calcio en cultivares con predisposición al curvado y por lo tanto corta vida en florero. A la misma conclusión arribaron González Aguilar & Zavaleta Mancera (2012) utilizando otros cultivares de gerbera, pero la misma fuente de calcio y similar concentración.

Los cambios experimentados durante la vida en florero de los pedúnculos florales mantenidos en agua se asociaron a la afectación de los tejidos, especialmente en sus paredes primarias celulósicas y en su protoplasto vivo, como así también a una reducción de la firmeza debida a la pérdida de lignificación de las células esclerificadas tanto a nivel de los casquetes floemáticos y xilemáticos como de las regiones interfasciculares.

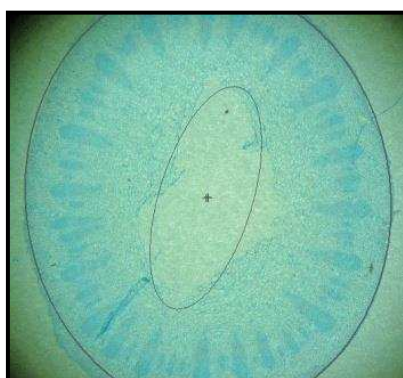
Al analizar las imágenes obtenidas correspondientes a los cortes histológicos se observó que las varas que se mantuvieron en la solución de calcio durante toda su vida en florero, presentaron un menor aplastamiento de las células parenquimáticas corticales y medulares, un menor aplastamiento de la región floemática y del parénquima del xilema y una menor pérdida de la esclerificación de los casquetes de esclerénquima y de las regiones interfasciculares, quienes otorgaron consecuentemente más sostén y firmeza, evitando el curvado o contribuyendo a que el mismo no se manifieste (Figura 6, 7 y 8).

Estos hechos se evidenciaron claramente al FIN del experimento, donde los pedúnculos mantenidos en la solución de calcio mantuvieron las características que presentaban al INICIO, y no manifestaron curvado en ningún momento de su vida en florero. Se diferenciaron de los pedúnculos curvados, es decir mantuvieron la integridad y turgencia del parénquima cortical y perimedular, así como el floema y parénquima del xilema y las células del anillo esclerificado, que a su vez presentaban sus paredes más engrosadas que en los pedúnculos curvados (Figura 6, 7).

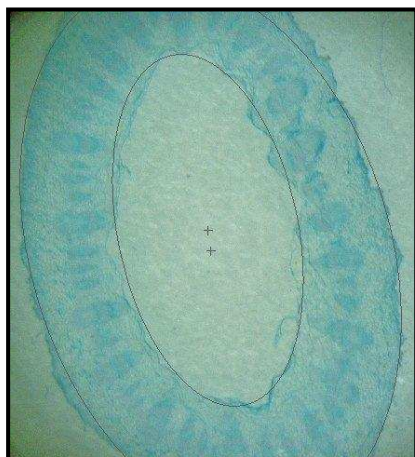
Por lo tanto, la estructura anatómica de los tejidos se vio modificada en las varas mantenidas en la solución de calcio respecto de las que estuvieron en agua. El calcio contribuyó claramente a disminuir la

perdida de tejidos, conservando el parénquima y las estructuras de sostén del mismo y a mantener la firmeza que el pedúnculo necesitaría para no manifestar curvatura, y por ende prolongar la vida en florero.

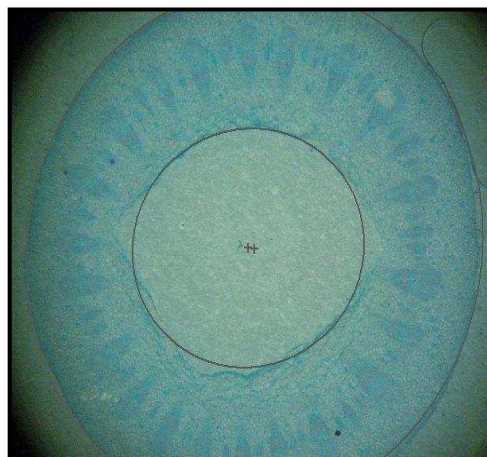
Es dable destacar que el tratamiento con calcio permitió prácticamente igualar la duración en florero de las cultivares ´Amarilla´ y ´Naranja´, evaluadas en el Capítulo 2, quienes no manifestaron curvatura y mantuvieron una larga vida en florero, necesaria para la comercialización de toda flor de corte.



a)



b)



c)

Figura 8. Imágenes correspondientes al corte histológico de los pedúnculos florales en el segmento distal (segmento 1) de los tratamientos: a) 'Roja' al INICIO de la vida en florero; b) 'Roja' al FIN de la vida en florero y c) 'Roja Ca' al FIN de la vida en florero, observados en lupa estereoscópica (Olympus, SZX9, Japón) (25X) y fotografiadas con el software CellSens Standard Imaging.

3.8- CONCLUSIONES

La solución de cloruro de calcio al 0,5 % contenida en el florero permitió:

- Mejorar la calidad postcosecha de la cultivar Ruby Red
- Evitar el curvado del pedúnculo floral
- Aumentar considerablemente la vida en florero, prolongando su duración 7 días.
- Reducir la pérdida de peso, de agua, la lixiviación de iones y el consumo de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa.
- Incrementar el contenido de calcio en las distintas partes de la vara floral
- Retrasar la degradación de las estructuras histo-anatómicas de sostén

3.9- BIBLIOGRAFÍA

- Acock, B., & Nichols, R. (1979). Effects of sucrose on water relations of cut senescing carnation flowers. *Ann. Bot.* 44 (2), 221.
- Adam, Z., Borochoy, A., Mayak, S., & Halevy, A. H. (1983). Correlative changes in sucrose uptake, ATPase activity and membrane fluidity in carnation petals during senescence. *Physiol. Plant.* 58, 257-262.
- Aghdam M.S, Hassanpouraghdam, M.B., Paliyath, G., & Farmani, B. (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Sci. Hortic.* 144, 102-115.
- Anjum, M.A., Naveed, F., Fariha, A., & Shazia, A. (2001). Effect of some chemical on keeping quality and vase life tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cut flowers. *J. Res. Sci.* 12 (1), 1-7.
- Baas, R., Van Oers, S., Silber, A., Bernstein, N., Ioffe, M., & Bar Tal, A. (2003). Calcium distribution in cut roses as related to transpiration. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 78(1), 1-9.
- Bai, J., Xu, P., Zong, C., & Wang, C. (2009). Effects of exogenous calcium on some postharvest characteristics of cut *Gladiolus*. *Agric. Sci. China*, 8 (3), 293-303.
- Borochoy, A., Spiegelstein, H., & Philosoph, H.S. (1997). Ethylene and flower petal senescence: interrelationship with membrane lipid catabolism. *Physiol. Plant.* 100, 606-612.
- Botondi, R., Esposito, G., Massantini, R., & Mentcarelli, F. (1998). Influence of auxins on stem bending in cut gerbera flowers. *Adv. Hortic. Sci.* 127-131.
- Brummell, D.A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. *Funct. Plant Biol.* 33, 103-119.
- Bush, D. (1995). Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 46, 95-122.
- Çelikel, F.G., & Reid M.S. (2002). Storage temperature affects the quality of cut flowers from the *Asteraceae*. *HortScience* 37 (1), 148-150.
- Cho, M.S., Çelikel, F.G., Dodge, L., & Reid, M.S. (2001). Sucrose enhances the postharvest quality of cut flowers of *Eustoma grandiflorum* (RAF.) shinn. *Acta Hort.* 543, p. 304-315.
- Conway, W.S., Sams, C.E. & Watada, A.E. (1995). Relationship between total and cell bound calcium in apples following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. *Acta Hortic.* 398, 31-39.
- Cosgrove, D.J. (2005). Growth of the plant cell wall. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 6 (11), 850–861.

- Dimitri, M. J. & Orfila, E.N. (1985). Tratado de morfología y sistemática vegetal. Buenos Aires, ACME, pp. 53.
- Eason, J.R., Ryan, D., Page, B., Watson, L., & Coupe, S.A. (2007). Harvested broccoli (*Brassica oleracea*) responds to high carbon dioxide and low oxygen atmosphere by inducing stress-response genes. *Postharv. Biol. Technol.* 43, 358-365.
- Eze, J.M.O., Mayak, S., Thompson, J.E., & Dumbroff, E.B. (1986) Senescence in carnation flowers: temporal and physiological relationships among water status, ethylene, abscisic acid and membrane permeability. *Physiol. Plant.* 68, 323–328.
- Farahat, M.M., & Gaber, A. (2009). Influence of preservative materials on postharvest performance of cut window leaf foliage (*Monstera deliciosa*). *Acta Hort.* 3, 1715-1718.
- Ferrante, A., & Serra, G. (2009). Lignin content and stem bending incidence on cut gerbera flowers. *Acta Hort.* 847, 377-384.
- Friedman, H., Meir, S., Halevy, A.H., & Philosoph Hadas, S. (2003). Inhibition of the gravitropic bending response of flowering shoots by salicylic acid. *Plant Sci.* 165 (4), 905-11.
- Friedman, H., Meir, S., Rosenberger, I., Halevy, A.H., & Philosoph Hadas, S. (2005). Calcium antagonist inhibits bending and differential ethylene production of gravistimulated *Ornithogalum Nova* cut flower spikes. *Postharv. Biol. Technol.* 36, 9-20.
- Garibaldi Accati, E. & Jona, R. (1989). Parameters influencing gerbera cut flower longevity. *Acta Hort.* 261, 63-68.
- Gerasopoulos, D., & Chebli, B. (1999). Effects of pre and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerbera. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 74, 78- 81.
- Geshnizjany, N., Ramezani, A., & Khosh-Khui, M. (2014). Postharvest life of cut gerbera (*Gerbera jamesonii*). *J. Hortic. Sci. Technol.* 1 (2), 171-180.
- González Aguilar, S., & Zavaleta Mancera, A. (2012). El CaCl₂ en la vida florero de gerbera: pigmentos, fenoles, lignina y anatomía del escapo. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 3 (3), 539-551.
- Gregory, M., Reddy, A.S., & Poovaiah, B.W. (1986). Effect of calcium on cell wall structure, protein phosphorylation and protein profile in senescing apples. *Plant Cell. Physiol.* 29, 565-572.

Grignon, C., & Sentenac, H. (1991). pH and ionic conditions in the apoplast. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42, 103-128.

Halevy, A.H., & Mayak, S. (1981). Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 2. *Hortic. Rev.* 3: 59-143.

Halevy, A.H., Torre, S., Borochoy, A., Porat, R., Philosoph Hadas, S., Meir, S., & Friedman, H. (2001). Calcium in regulation of postharvest life of flowers. *Acta Hort.* 543, 345-351.

Han, S.S. (2003). Role of sugar in the vase solution on postharvest flower and leaf quality of oriental lily Stargazer. *HortScience* 38, 412- 416.

Hatamzadeh, A., & Shafyii Masouleh, S.S. (2013). Nano-silver pulsing calcium sulfate improve water relations on cut gerbera flowers. *South Western J. Hort. Biol. Environ.* 4 (1), 1-11.

Hernández Hernández, F., Arévalo Galarza, M.L., Colinas-León, M.T., Zavaleta-Mancera, H.A., & Valdes, C.J. (2009). Diferencias anatómicas y uso de pulso en dos cultivares de Rosa (*Rosa* sp.). *Rev. Chapingo, Serie Horticultura* 15 (2), 11-16.

Ichimura, K., Taguchi, M., & Norikoshi, R. (2006). Extension of the vase life in cut roses by treatment with glucose, isothiazolinonic germicide, citric acid and aluminum sulphate solution. *JARQ.* 40, 263-269.

Ichimura, K., & Tamotsu H. (1999). Effects of continuous treatment with sucrose on the vase life, soluble carbohydrate concentrations, and ethylene production of cut snapdragon flowers. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 68 (1), 61-66.

Ichimura, K., Ueyama, S., & Goto, R. (1999). Possible roles of soluble carbohydrate constituents in cut rose flowers. *J. Jpn. Sci.* 68 (3), 534-539.

Irving, D.E., & Joyce, D.C. (1995). Sucrose supply can increase longevity of broccoli (*Brassica oleracea*) branchlets kept at 22 °C. *Plant Growth Regul.* 17, 251- 256.

Itzhaki, H., Borochoy, A. & Mayak, S. (1990). Age related changes in petal membranes from attached and detached rose flowers. *Plant Physiol.* 94, 1233-1236.

Klusener, B., Young, J.J., Murata, Y., Allen, G.J., Mori, I.C., Hugouvieux, V., & Schroeder, J.I. (2002). Convergence of calcium signaling pathways of pathogenic elicitors and abscisic acid in Arabidopsis guard cells. *Plant Physiol.* 130, 2152–2163.

- Konings, H. (1995). Gravitropism of roots: an evaluation of progress during the last three decades. *Acta Bot. Neerlandica*, 44 (3), 195-223.
- Leshem, Y. A. Y. (1987). Membrane phospholipid catabolism and Ca^{+2} activity in control of senescence. *Physiol. Plant.* 69 (3), 551-559.
- Li, C., Tao, J., Zhao, D., You, C., & Ge, J. (2012). Effect of calcium sprays on mechanical strength and cell wall fractions of herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* pall.) inflorescence stems. *Int. J. Mol. Sci.* 13 (4), 4704-13.
- Liao, L., Peng, Y., & Ye Q. (2003). Neck bending phenomena in cut gerbera flower. *Acta Hort. Sinica* 1.
- Locke, E.L. (2010). Extending cut flower vase life by optimizing carbohydrate status: preharvest conditions and preservative solution. (Ph. D). Raleigh, NCSU. pp. 246.
- Lv, G., Tang, D., Chen, F, Sun, Y., Fang, W., Guan, Z., Liu, Z., & Chen, S. (2011). The anatomy and physiology of spray cut chrysanthemum pedicels, and expression of a caffeic acid 3-O-methyltransferase homologue. *Postharv. Biol. Technol.* 60, 244-250.
- Maki Díaz, G. (2009). Gravitropismo en inflorescencias de perrito (*Antirrhinum majus* L.). Recursos Genéticos y Productividad. Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco.
- Marangoni, A.G., Palma, T., & Stanley, D.W. (1996). Membrane effects in postharvest physiology. *Postharv. Biol. Techol.* 7, 193-217.
- Markhart, A.H., & Harper, M.S. (1995). Los efectos nocivos de la sacarosa en soluciones conservantes en las hojas de rosas cortadas. *HortScience* 30, 1429-1432.
- Marousky, J. (1986). Vascular structure of the gerbera scape. *Acta Hort.* 181, 399-405
- Mentcarelli, F., Agostini, R.R., Botondi, R., & Massantini, R. (1995). Ethylene production, ACC content, PAL and POD activities in excised section of straight and bent gerbera scapes. *J. Hort. Sci.* 70, 09-416.
- Meyer, B.S., Anderson, D.B., Bohning, R.H., & Fratianne, D.G. (1973). Introduction to plant physiology. 2^a ed. New York, D. Van Nostrand Company, pp. 463.
- Mithöfer, A., & Mazars, C. (2002) Aequorin based measurements of intracellular Ca^{+2} signatures in plant cells. *Biol. Proced. Online.* 4, 105-118.

- Murali, T.P. (1990). Mode of action of metal salts and sucrose extending the vase life of cut gladioli. *Acta Hort.* 266, 307-316.
- Nabigol, A. (2012). Preharvest calcium sulfate application improves postharvest quality of cut rose flowers. *Afr. J. Biotechnol.* 11 (5), 1078-1083.
- Nazari deljou M.J, Khalighi A., Arab M. & Karamian R. (2011). Postharvest evaluation of vase life, stem bending and screening of cultivars of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) flowers. *Afr. J. BioTechnol.* 10 (4), 560-566.
- Nell, T., & Reid, M. (2002). Poscosecha de las flores y plantas. Estrategias para el siglo 21. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp 216. ISBN 978-958-96864-5-4.
- Nichols, R., & Kofranek, A. M. (1982). Reversal of ethylene inhibition of tulip stem elongation by silver thiosulphate. *Sci. Hort.* 17 (1), 71-79.
- Okubo, H., & Uemoto, S. (1985). Changes in endogenous gibberellin and auxin activities during first internode elongation in tulip flower stalk. *Plant Cell Physiol.* 26(4), 709-719.
- Paulin, A., (1997). Poscosecha de las flores cortadas. Bases fisiológicas. 2ª ed. Bogotá, Hortitecnia Ltda., pp. 142.
- Perik, R.R., Razé, D., Ferrante, A., & Van Doorn, W.G. (2014). Stem bending in cut *Gerbera jamesonii* L. flowers: Effects of a pulse treatment with sucrose and calcium ions. *Postharv. Biol. Technol.* 98, 7-13.
- Perik, R.R., Razé, D., Harkema, H., Zhong, Y., & van Doorn, W.G. (2012). Bending in cut *Gerbera jamesonii* L. flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. *Postharv. Biol. Technol.* 74, 11-18.
- Picchioni, G.A., Valenzuela Vazquez, M., & Murray, L.W. (2002). Calcium and 1-methylcyclopropene delay desiccation of *Lupinus havardii* cut racemes. *HortScience* 37 (1), 122- 125.
- Pruthi, V., Godara, R. K., & Bhatia, S. K. (2001). Effect of different pulsing treatments on postharvest life of gladiolus cv. Happy End. *Haryana J. Hort. Sci.* 30 (3/4), 196-197.
- Ranwala, A.P., Miller, W.B., Kirk, T.I., & Hammer, P.A. (2000). Ancymidol drenches, reversed greenhouse temperatures, postgreenhouse cold storage, and hormone sprays affect postharvest leaf chlorosis in Easter lily. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 125, 248–253.
- Reid M. (2001). Advances in shipping and handling of ornamentals. *Acta Hort.* 543, 277-284.

- Rubinstein, B. (2000). Regulation of cell death in flower petals. *Plant Mo. Biol.* 44, 303-318.
- Ruiz, L.P., Atkinson, J.C., & Mansfield, T.A. (1993). Calcium in the xylem and its influence on the behavior of stomata. *Philos. Trans. Roy. Soc. Biol. Sci.* 341 (1295), 67-74.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1994). *Fisiología Vegetal*. México, Iberoamérica, p. 363-365.
- Singh K.P., S. (2005). Studies on postharvest quality of gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolux ex Hook, F.) cultivars grown under fan and pad cooled greenhouse. *J. Ornam. Hortic.* 8 (1), 56-58. ISSN: 0972-0499.
- Saniewski, M., & De Munk, W.J. (1981). Hormonal control of shoot elongation in tulips. *Sci. Hortic.* 15, 363- 372.
- Sardoei, A. S. (2014). Effect of gibberellic acid and calcium chloride on keeping quality and vase life of narcissus (*Narcissus tazetta*) cut flowers. *J. Plant, Animal, Environ. Sci.* 4 (2), 473-478.
- Serrano, M. (2002). Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. *Food Sci. Technol. Inter.* 8 (3), 147-154.
- Soad, M.M., Ibrahim, Lobna, S. Taha & Rawia, A.E. (2011). Extending postharvest life and keeping quality of gerbera cut-flowers using some chemical preservatives. *J. Appl. Sci. Res.* 7 (7), 1233-1239.
- Solgi, M., Kafi, M., Taghavi, T.S., Naderi, R. (2009): Essential oils and silver nanoparticles (SNP) as novel agents to extend vase life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. 'Dune') flowers. *Postharv. Biol. Technol.* 53: 155-158.
- Soroa, M. (2005). Revisión bibliográfica: *Gerbera jamesonii* L. Bolus. *Cultivos Tropicales.* 26 (4), 65-75.
- Sosa Nan, S. (2007). Effects of pre- and postharvest calcium supplementation on longevity of sunflower (*Helianthus annuus* cv. Superior Sunset). Tesis (M Sc.). Louisiana, LSU. 94 p.
- Starkey, K.R., & Pedersen, A.R. (1997). K.R. Starkey, A.R. Pedersen. Increased levels of calcium in the nutrient solution improves the postharvest life of potted roses. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 122 (6), 863-868.
- Steinitz, B. (1982). The role of sucrose in stabilization of cut gerbera flower stalks. *Gartenbauwissenschaft* 47, 77-81.
- Steinitz B. (1984). The influence of sucrose and silver ions on dry weight, fiber and lignin contents and stability of cut gerbera flower stalks. *Gartenbauwissenschaft* 48, 67-71.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiol.* 4^a ed., Sunderland, Massachusetts, Sinauer Assoc. pp 583.

- Tamimi, Y.N., & Matsuyama, D.T. (1999). Distribution of nutrients in cut flower roses and the quantities of biomass and nutrients removed during harvest. *HortScience* 34, 251-253.
- Torre, S., Borochoy, A., & Halevy, A. H. (1999). Calcium regulation of senescence in rose petals. *Physiol. Plant.* 107 (2), 214-219.
- Trujillo Villagarcía, B.A., Zavaleta Mancera, H.A., Mora Herrera, M.E., & López Delgado, H.A. (2006). Efecto del CaCl₂ sobre la actividad enzimática antioxidante durante la vida florero de gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolux ex Hook F.). *Rev. Chapingo, Serie Hort.* 12 (2), 203-209.
- Van Doorn, W.G, & Han, S. (2011). Postharvest quality of cut lily flowers. *Postharv. Biol. Technol.* 62, 1-6.
- Van Ieperen, W. & Van Gelder, A. (2006). Ion mediated flow changes suppressed by minimal calcium presence in xylem sap in *Chrysanthemum* and *Prunus laurocerasus*. *J. Exp. Bot.*, 57: 2743- 2750.
- Van Meeteren, U. (1978a). Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. II. Water balance of ageing flowers. *Sci. Hortic.* 9, 189-197.
- Van Meeteren, U. (1978b). Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. I. The cause of stem break. *Sci. Hortic.* 8, 65-74.
- Van Meeteren, U. (1980). Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. VI. Role of pressure potential. *Sci. Hortic.* 12 (3), 283-292.
- Verdugo, G, Biggi, M., Montesinos, A., Soriano, C., & Chahin, G. (2006). Manual de poscosecha de flores. Fundación para la innovación agraria. Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaiso, pp. 74.
- Wang, Z.L. (1997). Fresh keeping effect of inorganic salt on cut gladiolus. *Northern Hortic.* 112, 38-39.
- Wilberg, B. (1973). Physiologische untersuchungen zum Knicker-problem als voraussetzung fur die slektion haltbar gerbera schnittblumen. *Z. Pflanzenzucht.* 69, 107-114.
- Wills, R., Glasson, B., Graham, D., & Joyce, D. (1999). Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. 2ª ed. Zaragoza, Acribia S.A. pp. 240. ISBN: 84-200-0892-3.

Wernett, C.H., Wilfret, J. G., Sheehan, J.T.; Lyrene, P.M.; Martin, F.G., White, L.T.; Powell, G.L., & Wilcox, C.J. (1996). Postharvest longevity of cut flower gerbera. II. Heritability of vase life. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 121 (2), 222-224.

Zhang, Y.P., Xian, Z.Y., & Cheng, X.Y. (2004). Effects of different preservative formulas on cut *Gerbera jamesonii* flower. Subtrop. Plant Sci. 1, 007.

vi- CONCLUSIONES GENERALES DEL TRABAJO

- Bajo las condiciones del presente ensayo se logró desarrollar un paquete de manejo para las cultivares de gerbera Ruby Red, Dune y Super Nova, que permitió cumplir con las exigencias de los estándares internacionales de calidad y eliminó la manifestación del curvado del pedúnculo en las cultivares sensibles al mismo. Además, se generó un método de evaluación postcosecha del cual no había antecedentes en el país.

- El diferente comportamiento postcosecha se debe a características histoquímicas, metabólicas y estructurales propias de cada cultivar bajo estudio.

- El uso de una solución de cloruro de calcio al 0,5 % permitió evitar el curvado de la cultivar Ruby Red, prolongando su vida en florero y haciéndola similar a la duración de las cultivares Dune y Super Nova, que no manifiestan curvado en sus pedúnculos.