



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES**

**VARIACIÓN ESTACIONAL EN LA EMISIÓN DE BROTES BASALES EN EL CULTIVO  
DEL ROSAL (*Rosa hybrida*)**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**JANET GOMORA RASSO**

**COMITÉ DE TUTORES:**

Dr. Jaime Mejía Carranza. Tutor académico

M. en C. Rafael Alvarado Navarro. Tutor adjunto

Dr. José Francisco Ramírez Dávila. Tutor adjunto

Tenancingo, Estado de México, octubre de 2021.

## RESÚMEN

La rosa es uno de los cultivos florícolas más importantes a nivel nacional y la base de la producción de tallos florales es la emisión de brotes basales. En este proyecto se evaluó el efecto de la aplicación de tratamientos hormonales, nutricionales y los factores ambientales en la emisión de brotes basales y producción de tallos florales en los diferentes periodos estacionales del año. La investigación se realizó en el Centro Universitario Tenancingo de la Universidad Autónoma del Estado de México en 696 plantas del cultivar Samourai®. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, se realizó el análisis de varianza y donde hubo diferencias significativas se realizó comparación de medias Tukey ( $P = 0.05$ ).

Los resultados obtenidos en el número de plantas con brotes basales mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), donde invierno fue la estación con mayor cantidad de emisión de brotes basales. El tratamiento con auxinas (Rooter QF®) durante invierno fue diferente a los demás, sin embargo, el 59 % fueron brotes basales ciegos. El efecto de las horas frío acumuladas en invierno aumentó el número de plantas con brotes basales. El mayor índice de proporción de basales productivos/ciegos, correspondió al tratamiento de citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) con un valor de 1.26 lo que indicó que es el tratamiento con mayor efectividad para la obtención de brotes basales productivos con efectos directos en la producción de tallos florales.

Con el manejo agronómico de los brotes basales productivos de invierno se comenzó a dar estructura a la planta y se incrementó la cantidad de tallos florales en primavera y verano. La acumulación de las unidades calor acortaron el ciclo de producción de tallos florales, en verano el ciclo se acortó 32 días comparado con invierno, que fue la estación con el ciclo de producción más largo.

Durante otoño el 68 % del total de tallos florales fue calidad exportación y en invierno se presentó la menor producción donde disminuyó la calidad. En verano se registró la mayor producción de tallos florales y el 81 % se concentró en calidad exportación

y estándar. En la evaluación de vida en florero los seis tratamientos durante las cuatro estaciones superaron los nueve días, el tratamiento con nitrógeno-calcio (Erger®) mostró la mayor tasa de absorción de agua y el tratamiento con auxinas disminuyó la vida en florero. Se observó que la aplicación de citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) incrementó el número de plantas con brotes basales y la producción de tallos florales.

## ABSTRACT

The rose is one of the most important flower crops at the national level and the base of the production of floral stems is the emission of basal shoots. This project evaluated the effect of the application of hormonal treatments, nutritional and environmental factors in the emission of basal shoots and the production of flower stems in the different seasonal periods of the year. The research was carried out at the Tenancingo University Center of the Autonomous University of the State of Mexico in 696 plants of Samourai® cultivar. The experimental design was randomized complete blocks with divided plots, variance analysis was performed and where there were significant differences, Tukey means were compared ( $P = 0.05$ ).

The results obtained in the number of plants with basal shoots showed significant differences ( $P \leq 0.05$ ), where winter was the season with the greatest amount of release of basal shoots. Treatment with auxins (Rooter QF®) during winter was different from the others, however, 59% were basal blind shoots. The effect of cold hours accumulated in winter increased the number of plants with basal shoots. The highest proportion of productive/blind basal patients corresponded to the treatment of cytokinins-gibberellins-auxins (Agromil V®) with a value of 1.26 which indicated that it is the most effective treatment for obtaining productive basal shoots with direct effects on the production of flower stems.

With the agronomic management of the productive basal shoots of winter began to give structure to the plant and increased the number of floral stems in spring and summer. The accumulation of heat units shortened the production cycle of flower stems, in summer the cycle was shortened 32 days compared to winter, which was the season with the longest production cycle.

During autumn, 68% of the total number of flower stems was export quality and in winter the lowest production occurred where quality decreased. In summer the highest production of flower stems was recorded and 81 % was concentrated in export and standard quality. In the evaluation of vase life, the six treatments during the four seasons exceeded nine days, the treatment with nitrogen-calcium (Erger®)

showed the highest rate of water absorption and treatment with auxins decreased vase life. It was noted that the application of cytokinins-gibberellins-auxins (Agromil V®) increased the number of plants with basal shoots and the production of flower stems.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Centro Universitario UAEM Tenancingo, por darme la oportunidad de realizar la investigación en sus instalaciones.

A mis tutores Dr. Jaime Mejía Carranza y Dr. José Francisco Ramírez Dávila por permitirme realizar el proyecto de investigación y por su apoyo para culminar este proyecto.

Al M. en C. Rafael Alvarado Navarro por compartir sus conocimientos, brindar su apoyo y amistad.

Al Dr. Luis Miguel Vázquez García, por los ánimos y el aporte de conocimientos para la culminación de la tesis.

A la Dra. Marithza Ramírez Gerardo, por las aportaciones en este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante los dos años de la Maestría.

## CONTENIDO

RESÚMEN .....	i
INTRODUCCIÓN .....	xiii
I. REVISIÓN DE LITERATURA .....	1
1.1 La agricultura en México .....	1
1.2 Factores ambientales en los cultivos agrícolas .....	1
1.2.1 Temperatura .....	2
1.2.2 Humedad relativa .....	3
1.2.3 Acumulación de las unidades calor .....	3
1.3 Vernalización .....	4
1.4 Nutrición y transporte .....	5
1.4.1 Definición de hormonas vegetales y reguladores de crecimiento .....	7
1.4.2 Auxinas .....	8
1.4.3 Citoquininas .....	10
1.4.4 Giberelinas .....	11
1.4.5 Etileno .....	12
1.4.6 Ácido abscísico .....	13
1.5 Procesos fisiológicos .....	14
1.5.1 Fotosíntesis .....	14
1.5.2 Respiración celular .....	16
1.5.3 Transpiración .....	17
1.6 La zona florícola del Sur del Estado de México .....	18
1.7 El cultivo del rosal .....	19
1.8 Requerimientos climáticos para el cultivo del rosal .....	21
1.8.1 Temperatura .....	21
1.8.2 Humedad relativa .....	21
1.8.3 Luminosidad .....	22
1.9 Formación de la planta .....	22
1.10 Manejo agronómico del cultivo .....	23
1.10.1 Poda .....	23
1.10.2 Descabezado .....	24
1.10.3 Desyeme y eliminación de botones laterales .....	24
1.11 Plagas y enfermedades que afectan el cultivo .....	25
1.11.1 Peronospora ( <i>Peronospora sparsa</i> ) .....	25
1.11.2 Botrytis ( <i>Botrytis cinerea</i> ) .....	26
1.11.3 Cenicilla ( <i>Podosphaera pannosa</i> ) .....	27
1.11.4 Araña roja ( <i>Tetranychus urticae</i> ) .....	28
1.11.5 Pulgón ( <i>Macrosiphum rosae</i> ) .....	28
1.11.6 Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ) .....	29

1.11.7 Gusano soldado ( <i>Spodoptera exigua</i> ) .....	29
1.12 Cosecha y vida poscosecha de la flor .....	30
1.13 <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai®.....	31
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	32
III. JUSTIFICACIÓN .....	33
IV. HIPÓTESIS .....	34
V. OBJETIVOS .....	35
5.1 Objetivo general .....	35
5.2 Objetivos específicos .....	35
VI. MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
6.1 Sitio experimental.....	36
6.2 Material vegetativo .....	36
6.3 Manejo agronómico y del cultivo .....	36
6.4 Riego y fertilización .....	37
6.5 Diseño experimental .....	39
6.6 Variables evaluadas .....	39
6.7 Variables de la planta evaluadas.....	40
6.7.1 Plantas con brotes basales .....	40
6.7.2 Brotes basales por planta .....	40
6.7.3 Diámetro de tallos basales .....	40
6.7.4 Longitud de tallos basales .....	41
6.8 Evaluación de variables ambientales .....	41
6.8.1 Temperatura .....	42
6.8.2 Humedad relativa .....	42
6.8.3 Unidades calor .....	42
6.8.4 Horas frío.....	42
6.9 Evaluación de tallos florales .....	42
6.9.1 Longitud de tallo floral.....	43
6.9.2 Diámetro de tallo floral.....	43
6.9.3 Longitud de botón floral.....	43
6.9.4 Diámetro de botón floral.....	43
6.9.5 Cantidad de tallos florales .....	44
6.9.6 Calidad de los tallos florales .....	44
6.10 Evaluación de vida en florero .....	44
6.10.1 Tasa de absorción de agua.....	44
6.11 Análisis estadístico.....	45
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46

7.1	Número de plantas con brotes basales .....	46
7.2	Número de brotes basales por planta.....	50
7.3	Variables ambientales y su influencia en los brotes basales .....	53
7.4	Crecimiento de brotes basales .....	56
7.5	Unidades calor y su influencia en el ciclo de producción .....	60
7.6	Evaluación de los tallos florales .....	62
7.7	Variables ambientales y su influencia en la producción de tallos florales.	66
7.8	Análisis de correlación .....	67
7.9	Evaluación de vida en florero .....	70
VIII.	CONCLUSIONES.....	75
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
X.	ANEXOS .....	93
	Anexo 1. Resumen de la participación oral en el XVII Congreso Nacional y X Internacional de Horticultura Ornamental.....	93

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de la rosa .....	<b>20</b>
<b>Cuadro 2.</b> Composición de la solución nutritiva Steiner (1984) y concentración de nutrimentos utilizados en el manejo agronómico de <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai®. ....	<b>37</b>
<b>Cuadro 3.</b> Concentración de los productos comerciales que se utilizaron en los tratamientos diferenciales. ....	<b>38</b>
<b>Cuadro 4.</b> Comparación de medias de número de plantas con brotes basales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020. ....	<b>47</b>
<b>Cuadro 5.</b> Medias de número de brotes basales productivos, ciegos y totales por planta en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020. ....	<b>51</b>
<b>Cuadro 6.</b> Medias de longitud y diámetro de brotes basales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020. ....	<b>58</b>
<b>Cuadro 7.</b> Comparación de medias de la calidad de tallos florales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020. ....	<b>63</b>
<b>Cuadro 8.</b> Matriz de correlación entre las unidades calor, horas frío y producción de tallos florales con plantas con brotes basales y en los tratamientos evaluados en el cultivo de <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® en las cuatro estaciones del periodo 2019-2020. ....	<b>69</b>
<b>Cuadro 9.</b> Comparación de medias de absorción de agua (mL) de los tallos florales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020. ....	<b>73</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructuras químicas correspondientes a algunas auxinas. ....	<b>9</b>
<b>Figura 2.</b> Estructuras químicas de citoquininas. ....	<b>10</b>
<b>Figura 3.</b> Estructura química del ácido giberélico .....	<b>11</b>
<b>Figura 4.</b> Estructura química del etileno. ....	<b>13</b>
<b>Figura 5.</b> Estructura química del ácido abscísico.....	<b>13</b>
<b>Figura 6.</b> Ecuación general de la fotosíntesis .....	<b>15</b>
<b>Figura 7.</b> Toque de hoja en plantas de rosal. ....	<b>23</b>
<b>Figura 8.</b> Poda en plantas de rosal.....	<b>24</b>
<b>Figura 9.</b> Descabezado de tallos de rosal.....	<b>24</b>
<b>Figura 10.</b> Botones laterales en plantas de rosal.....	<b>25</b>
<b>Figura 11.</b> Daños de peronóspora ( <i>Peronospora sparsa</i> ) en hojas de rosal.....	<b>26</b>
<b>Figura 12.</b> Daños de botritis ( <i>Botrytis cinerea</i> ) en botón floral de tallos de rosal..	<b>27</b>
<b>Figura 13.</b> Hojas de rosal dañadas por cenicilla ( <i>Podosphaera pannosa</i> ). ....	<b>27</b>
<b>Figura 14.</b> Botón floral infestado con araña roja ( <i>Tetranychus urticae</i> ).....	<b>28</b>
<b>Figura 15.</b> Botón floral infestado de pulgón ( <i>Macrosiphum rosae</i> ). ....	<b>29</b>
<b>Figura 16.</b> Botón floral infestado de trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ).....	<b>29</b>
<b>Figura 17.</b> Botón floral de rosal dañado por gusano soldado ( <i>Spodoptera exigua</i> ). .....	<b>30</b>
<b>Figura 18.</b> Descabezado y desyeme en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai®. ....	<b>36</b>
<b>Figura 19.</b> Poda en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai®.....	<b>37</b>
<b>Figura 20.</b> Disposición de tratamientos del cultivo de <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® en diseño de bloques completos al azar dentro del invernadero.....	<b>39</b>
<b>Figura 21.</b> Brote basal productivo en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai®. ....	<b>41</b>

<b>Figura 22.</b> Brote basal ciego en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai®.....	<b>41</b>
<b>Figura 23.</b> Estructura de la planta de rosal para producción de tallos florales. ....	<b>43</b>
<b>Figura 24.</b> Punto de apertura del botón floral en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai®: a) Índice 1, b) Índice 2, y c) Índice 3 (De la Cruz-Guzmán et al., 2015). ....	<b>44</b>
<b>Figura 25.</b> Medias de la interacción de los tratamientos y las estaciones en plantas con brotes basales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020. ....	<b>49</b>
<b>Figura 26.</b> Proporción del número de brotes basales productivos/ciegos en seis tratamientos hormonales y nutricionales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® en las cuatro estaciones del período 2019-2020. ....	<b>53</b>
<b>Figura 27.</b> Promedio semanal de los valores ambientales registrados, unidades calor, horas frío y número de plantas con brotes basales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® en las cuatro estaciones del período 2019-2020. ....	<b>55</b>
<b>Figura 28.</b> Promedio semanal de los valores ambientales registrados, unidades calor, horas frío y número de plantas con brotes basales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® en las cuatro estaciones del período 2019-2020. ....	<b>56</b>
<b>Figura 29.</b> Curva de crecimiento semanal de la longitud (A) y grosor (B) de los brotes basales en el tratamiento con citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® en el periodo de otoño de 2019. ....	<b>59</b>
<b>Figura 30.</b> Medias en la tasa de crecimiento de los brotes basales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en el periodo 2019-2020 (T= Testigo, C= Citoquininas, G= Giberelinas, A= Auxinas, CGA= Citoquinina-giberelina-auxina y NCa= Nitrógeno-calcio). Medias con la misma letra en las columnas dentro de cada factor de variación son iguales estadísticamente (Tukey, P = 0.05).....	<b>60</b>
<b>Figura 31.</b> Ciclo de producción y acumulación de unidades calor en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020. ....	<b>62</b>
<b>Figura 32.</b> Porcentaje del promedio de la calidad en tallos florales en <i>Rosa hybrida</i> cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020 (T= Testigo, C= Citoquininas, G= Giberelinas, A= Auxinas, CGA= Citoquininas-giberelinas-auxinas y NCa= Nitrógeno-calcio). ....	<b>65</b>

**Figura 33.** Producción de tallos florales, acumulación de unidades calor y horas frío en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020 (T= Testigo, C= Citoquininas, G= Giberelinas, A= Auxinas, CGA= Citoquininas-giberelinas-auxinas y NCa= Nitrógeno-calcio). ..... **67**

**Figura 34.** Comparación de medias de tasa de absorción de agua (mL) de los tallos florales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020. Medias con la misma letra dentro de cada factor de variación son iguales estadísticamente (Tukey, P = 0.05)..... **71**

**Figura 35.** Tallos florales defoliados y fisiopatía en hoja del tratamiento con auxinas (Rooter QF®) de *Rosa hybrida* cv. Samourai®, en el periodo de otoño 2019. **74**

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad importante que genera ingresos, producción de alimentos (Ahumada-Cervantes et al., 2018) y es un sector afectado por las variables climáticas como: la temperatura, humedad ambiental, fotoperiodo, dirección del viento, entre otras (Alfonse et al., 2018). A su vez impulsa el mantenimiento y crecimiento de la economía (Velázquez, 2018) y es competitiva en los mercados nacionales e internacionales a través del uso de grupos de productores, transferencia de tecnología, capacitación técnica y diseño de proyectos productivos (Monsalvo et al., 2017). Por lo tanto, los ocho grupos de cultivos más importantes en México son: los cereales, leguminosas, oleaginosas, frutales, forrajes, industriales, aromáticas y medicinales y hortalizas, dentro de esta última la floricultura (Sosa y Ruiz, 2017).

La floricultura es una agroindustria importante del sur del Estado de México (Andrade y Castro, 2018) y se concentra principalmente en los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo y Coatepec Harinas, donde destacan los cultivos de crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) y rosa (*Rosa* spp.), los cuales representan dos tercios de la producción (Ramírez et al., 2015). La rosa es la planta con flor más conocida en el mundo (Shah et al., 2021) y ha sido uno de los cultivos ornamentales más importantes en la floricultura (Ha et al., 2020), con valor económico y cultural (Hibrand et al., 2018). La demanda de flores se basa en las tradiciones y festividades religiosas como: el Día de San Valentín, Día de la Madre, Día de los Muertos y el Día de la Virgen de Guadalupe (Ramírez y Torres, 2021).

El género *Rosa* comprende arbustos ornamentales de diferentes tamaños con numerosas especies y variedades que mediante cruzamientos, hibridaciones y selecciones aumentan continuamente la variación genética dando origen al complejo híbrido *Rosa hybrida* (Barrera et al., 2007). Las rosas son especies leñosas perennes (El-shoura, 2018) y sus variedades son destinadas para propósitos de flor de corte, de jardín o de paisajismo. Estas plantas son comúnmente propagadas por injerto en patrones rústicos de especies como *R.*

*indica-major*, *R. manetti*, *R. canina*, *R. multiflora* y *R. hybrida* cv. Natal Briar. Los cuales son de fácil injerto en cualquier época del año, con buena ramificación, raíz fibrosa de tolerancia a diferentes tipos de suelos y resistencia a enfermedades, número reducido de espinas, podas reducidas y fácil propagación (Arzate-Fernández et al., 2014).

Uno de los problemas en la producción de rosas se debe a una productividad variante durante los 12 meses del año (SAGARPA, 2009), debido a las oscilaciones por la planta en la emisión de brotes basales (Yong, 2004) y su posterior manejo agronómico para la producción de tallos florales (El-shoura, 2018).

Con la finalidad de mejorar la producción de tallos basales productivos y analizar la variación estacional en la emisión de brotes basales en las plantas de rosal injertadas con yemas del cultivar Samourai® en portainjertos de Natal briar, se planteó estudiar el efecto de reguladores de crecimiento, así como las condiciones ambientales dentro del invernadero durante las cuatro estaciones del año en el periodo 2019-2020.

## I. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.1 La agricultura en México

Para el desarrollo de los mercados locales las exportaciones estimulan la producción y comercio, al mismo tiempo que benefician a los consumidores debido a que es una actividad de mediano y largo plazo que exige una adecuada planeación de los recursos. Actualmente, México cuenta con una red de 12 Tratados de Libre Comercio con 46 países y los tres principales productos exportados durante 2019 fueron la cerveza, el aguacate y el tomate (SADER, 2020).

La agricultura enfrenta dificultades causadas por factores ambientales, sociales y financieros que afectan la rentabilidad de la producción (Molina de Paredes, 2017). El aumento de las temperaturas, los fenómenos meteorológicos, escasez de agua, degradación del suelo, alteración de los ecosistemas y la pérdida de la biodiversidad ponen en riesgo la producción agrícola, debido a que los cultivos demandan temperatura óptima y agua suficiente para desarrollarse (Ramírez de la Ribera et al., 2017).

La gran variedad de climas en México favorece la producción de casi todos los cultivos (Tejeda-Sartorius y Arévalo-Galarza, 2012), situación de la que no escapa el Estado de México, con regiones donde la producción está generando importantes ganancias en el sector agroindustrial, como es el caso de la floricultura (Andrade y Castro, 2018) donde la demanda se establece por la belleza de las flores (De Lima et al., 2019).

### 1.2 Factores ambientales en los cultivos agrícolas

El clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos y es el resultado de la interacción de varios factores como la temperatura, la humedad, presión del aire, vientos y precipitaciones que influyen directamente en las características de un lugar (INEGI, 2020). La variabilidad del clima afecta las actividades realizadas por el

hombre y la agricultura es una de ellas porque las plantas cultivadas son sensibles en su fenología a las variaciones del clima (Jarma et al., 2012). El clima se considera como un factor determinante del rendimiento y calidad en los sistemas de producción agrícola (Álvarez-Bravo et al., 2019). La aparición de plagas y enfermedades, la eficacia en la absorción de nutrientes, la demanda de agua por las plantas y el tiempo de los ciclos vegetativos, dependen de las condiciones del clima (Silva y Hess, 2001; citado en Medina, 2015).

Los cambios que ponen en riesgo la producción son el aumento en las temperaturas atmosféricas y del suelo, las alteraciones en las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, alza del nivel del mar, cambios en el ciclo hidrológico, calidad y disponibilidad del agua, intensificación de eventos climáticos como sequías e inundaciones, y modificaciones en los puntos de rocío, entre otros (Vergara et al., 2014).

### **1.2.1 Temperatura**

La temperatura es el principal elemento ambiental que establece qué tan rápido se desarrollan las plantas (Medina y Mena, 2007) y es un componente importante dentro de las condiciones climáticas, con gran influencia en el comportamiento de los rendimientos de los cultivos. En ocasiones también es posible encontrar bajos rendimientos aun cuando las condiciones ambientales son adecuadas para el desarrollo del cultivo, lo cual depende de las labores culturales como la nutrición. En regiones donde las condiciones de temperatura son favorables, los altos rendimientos en el cultivo se deben al potencial productivo de las variedades cultivadas y al manejo agronómico realizado (Martín y Jerez, 2017).

Cada una de las especies cultivadas tiene sus límites sobre una temperatura mínima, máxima y óptima para su desarrollo y sobrevivencia (Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto, 2017). La temperatura base es cuando el desarrollo de las plantas se detiene por el frío, el desarrollo vegetal se acelera cuando la temperatura aumenta por encima de la temperatura base. La temperatura óptima es cuando el

desarrollo ocurre favorablemente, mientras que las temperaturas por encima de la óptima ocasionan estrés en las plantas afectando la fenología, fisiología y metabolismo, con cambios en la calidad y rendimiento de los cultivos (Rawson y Gómez, 2001; Argente et al., 2017). Por lo tanto, la temperatura es determinante en las fechas de siembra, cosecha y las variables de producción (Hoyos *et al.*, 2012).

### **1.2.2 Humedad relativa**

La escasez de la humedad relativa causa efectos negativos en el ambiente con sequía agrícola que merma la producción (Ponvert-Delisle y Dámaso, 2016). La disponibilidad de agua y la temperatura son factores importantes que controlan el crecimiento activo del cultivo y pueden disminuir la producción (Sharma *et al.*, 2019). Por ejemplo, la humedad relativa dentro de un invernadero puede afectar la transpiración, el crecimiento, la floración, y el desarrollo de plagas y enfermedades (López-López y Benavides-León, 2014).

### **1.2.3 Acumulación de las unidades calor**

Las unidades calor, definidas como una estimación de la energía térmica acumulada en la planta que está disponible para el desarrollo de un cultivo y permite medir los requerimientos de calor asociados a las etapas fenológicas del cultivo (León *et al.*, 2019).

Las unidades calor son un índice para estimar el desarrollo de las plantas y sirven para predecir la fecha de cosecha (Hoyos *et al.*, 2012), cada especie posee temperaturas críticas que precisan los requerimientos de calor para su crecimiento y desarrollo (García-Pereyra *et al.*, 2016). La mayor parte de los procesos fisiológicos en las plantas están determinados por la temperatura, la mayoría de las especies vegetales sobreviven a temperaturas de los 0 a los 50 °C, sin embargo, cada especie vegetal tiene ciertas temperaturas críticas. Las plantas deben

acumular determinada cantidad de calor medida en unidades calor (UC), desde la germinación hasta la madurez (Medina y Mena, 2007) y las etapas fenológicas pueden variar de acuerdo con el lugar, altitud y variedades (Sharma et al., 2019).

En el cultivo de café, se requieren 3,250 unidades calor para que se complete su desarrollo, y cuando se presentan temperaturas menores al rango se requiere mayor tiempo para obtener mayor producción, mientras que en presencia de temperaturas altas afecta el llenado del fruto (Montoya y Jaramillo, 2016).

### **1.3 Vernalización**

La vernalización es el proceso por el cual se promueve la floración después de la exposición prolongada a frío durante el invierno. Su efecto tiene lugar a nivel celular y sólo es observable en el meristemo apical, que es el único órgano vegetal con potencial para desarrollar una flor (Ortuño et al., 2015) y en las hojas (Azcón-Bieto y Talón, 2013). La vernalización se considera como un proceso que ocurre en latitudes altas donde existe un periodo frío en invierno. Los cereales, las plantas bianuales (pensamientos, alhelí, etc.) y perennes (rosa, clavel, etc.) requieren un tratamiento con frío para que puedan florecer (Bidwell, 1979).

En el caso de las leñosas perennes toda la planta entra en letargo invernal, debido a la baja actividad meristemática del cambium y del metabolismo en los tejidos de raíz y tallo. En algunos órganos de reserva como tubérculos, bulbos, cormos, etc. de las perennes bianuales o herbáceas pasan el invierno en letargo (Bidwell, 1979). La latencia varía entre especies y controla el crecimiento apical, el desarrollo de yemas, la inducción de la brotación, y es inducida por factores externos y por mecanismos endógenos (Cooke et al., 2012).

La vernalización ocurre entre los 0 a 12 °C (Miralles, 2004) y las horas frío son aquellas donde se contempla la suma diaria de horas en que la temperatura está entre 0 y 7.2 °C (Medina-García et al., 2019).

La acumulación de horas frío se relaciona con la brotación regular en árboles (Medina-García et al., 2019). Durante otoño e invierno, se realiza la acumulación de

horas frío y el método convencional para calcularlas es el método de cuantificación de frío (Weinberger, 1950).

Se han realizado estudios en la familia de las rosáceas, donde se ha reportado que en durazno aumenta su floración con la acumulación superior a 350 horas frío, para la manzana se requieren de 300 a 400 horas frío para lograr su floración al 100 % y en el caso de las ciruelas su requerimiento es mayor a las 600 horas frío (Mendoza, 2020). Los árboles caducifolios requieren determinada cantidad de horas frío que sirven para tener floración y brotación vegetativa uniforme y vigorosa. En algunas ocasiones dichos requerimientos no se cumplen por la diversidad de clima y la acumulación de horas frío, que tiende a afectar la formación y desarrollo de las plantas (Gonzales y Quiñones, 2018).

En lugares donde el invierno no es bastante frío, para el rompimiento de las yemas en primavera en ocasiones es necesario aplicar un tratamiento hormonal, sin embargo, si en medio del invierno una planta ya ha completado su tratamiento de frío, seguirá dormida hasta que se presenten temperaturas cálidas o se alarguen los días (Bidwell, 1979). Se prevé que a futuro el cambio climático disminuya la cantidad de frío invernal afectando la producción en las áreas agrícolas y es posible que la aplicación de productos que promueven la brotación sea escasa para un adecuado rendimiento en los cultivos con altos requerimientos de acumulación de frío (Grageda et al., 2016).

#### **1.4 Nutrición y transporte**

La nutrición en los cultivos es la base en la producción agrícola (Soto et al., 2020) y los nutrientes es la forma química de un elemento mineral que está disponible para que las plantas completen su ciclo vital, los nutrimentos pueden ser orgánicos como el carbono, oxígeno e hidrógeno que se obtienen del CO<sub>2</sub> de la atmósfera y del agua del suelo, e inorgánicos que son la fracción mineral restante (Azcón-Bieto y Talón, 2013). La principal fuente de alimento de las plantas es a través de la fotosíntesis, las plantas bianuales y perennes acumulan cantidades significativas de carbono

como fuente de energía y lo ocupan el año siguiente en su crecimiento. Las plantas contienen una gran variedad de elementos en varias formas químicas como fuente de alimento (Bidwell, 1979).

Las plantas adquieren del suelo los componentes esenciales para lograr su crecimiento apropiado, excepto el carbono. Los elementos minerales se clasifican en macronutrientes y micronutrientes, de acuerdo con su función y pueden variar dependiendo la especie, edad de la planta y la concentración mineral de otros elementos; son incorporados del suelo hasta el interior de las células, donde se almacenan, metabolizan o son transportados a otras células, tejidos u órganos (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

Los macronutrientes son los elementos de mayor concentración en la planta (carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre) y los micronutrientes son aquellos en menor concentración (hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno, cloro, níquel). Existen otros que estimulan el crecimiento (sodio, silicio, cobalto, selenio, aluminio), sin embargo, no son esenciales para el desarrollo de las plantas o lo son para determinadas especies y/o bajo condiciones específicas (Intagri, 2016).

Uno de los macro nutrientes más importantes es el Nitrógeno (N) que es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza, está presente en la atmósfera, en el suelo y en los restos de los seres vivos (Ortuño et al., 2015). Este elemento se transporta por el xilema y en forma de aminoácidos en los tubos cribosos, se absorbe de forma iónica por la raíz en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) (Azcón-Bieto y Talón, 2000). En la planta el Fósforo (P) se encuentra en forma de ion fosfato que se acumula en las hojas jóvenes, flores y semillas en desarrollo, y tiene un papel importante en la fotosíntesis, respiración y en el metabolismo energético (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

El Potasio (K) en conjunto con el N y P constituyen parte de los macroelementos, el cual se transloca de los órganos maduros a los jóvenes, y tiene papel importante en la osmorregulación ocasionando la apertura y cierre de los estomas, nastias y tactismos en las plantas (Azcón-Bieto y Talón, 2013). El calcio forma parte de los macroelementos y está involucrado en el metabolismo, formación del núcleo y las mitocondrias (Bidwell, 1979), y se ha reportado que el calcio no es transportado vía floema (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

Cuando se complementa con fertilizantes que no corresponden a las condiciones edáficas del área de cultivo y de la planta, puede ocasionar la degradación en el suelo, disminución del rendimiento y aumento en los costos de producción; los fertilizantes orgánicos pueden restaurar el suelo y son una fuente de nutrientes para los cultivos (Soto et al., 2020).

Las plantas pueden desarrollarse durante toda su vida debido a que los tejidos meristemáticos se mantienen activos en los centros de crecimiento, que puede interrumpirse por el cambio de las condiciones ambientales, duración del día, descensos de temperatura, periodos de latencia o dormancia, acompañado por la formación de nuevos órganos, que juntamente sufren cambios de tamaño, forma y estructura, a la vez que van adquiriendo nuevas funciones (Ortuño et al., 2015).

#### **1.4.1 Definición de hormonas vegetales y reguladores de crecimiento**

Las hormonas vegetales (fitohormonas) se definen como sustancias orgánicas, sintetizadas por las plantas, que tienen la capacidad de afectar a los procesos fisiológicos en concentraciones mucho más bajas que los nutrientes o las vitaminas (Azcón-Bieto y Talón, 2013) y actúan como moléculas señalizadoras que se localizan en los tejidos de las plantas y en cantidades fijas de acuerdo con los procesos fisiológicos y bioquímicos que regulan. Los cambios en la concentración y distribución de las hormonas vegetales afinan el desarrollo y las respuestas al estrés biótico y abiótico (Porta y Jiménez-Nopala, 2019).

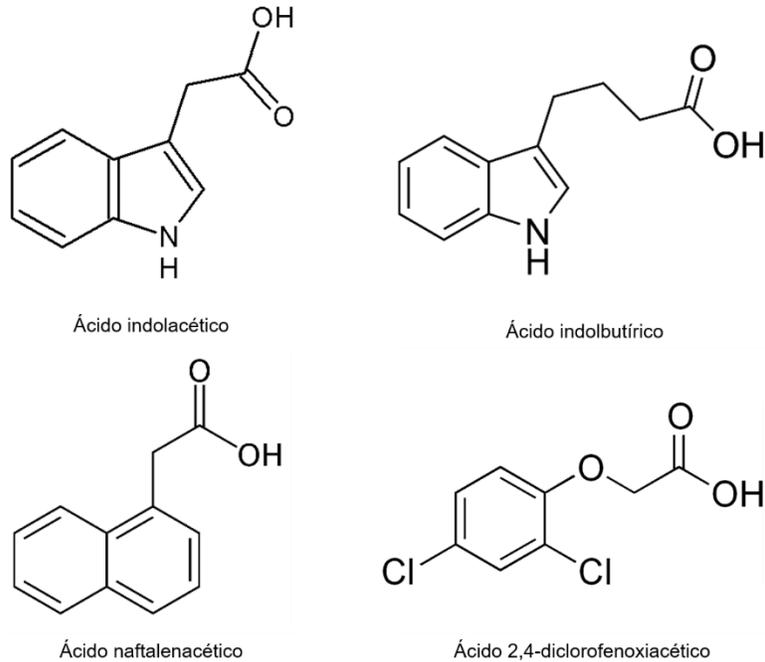
En cambio, los reguladores vegetales son productos sintéticos que se han convertido en las primeras herramientas capaces de controlar el crecimiento y actividad bioquímica de las plantas, incluso más potentes que las hormonas naturales (Alcántara et al., 2019). Las hormonas vegetales se clasifican en auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno y ácido abscísico (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

Se ha reportado en genotipos de cilantro el efecto del fotoperíodo y la temperatura sobre la variación hormonal endógena, donde se menciona que con el incremento de temperatura aumentan las giberelinas y las citoquininas; las primeras, inducen a la etapa reproductiva en las plantas de cilantro y las citoquininas parecen no influir en dicho proceso. Con la reducción del fotoperíodo se incrementan las auxinas y se retrasa la etapa reproductiva en ciertos genotipos (Hernández et al., 2003).

#### **1.4.2 Auxinas**

Las auxinas son portadoras de información en los procesos fisiológicos y en el desarrollo en las plantas (Fendrych et al., 2018). Participan en procesos del desarrollo vegetal como el crecimiento, dominancia apical, enraizamiento, partenocarpia, tropismos, abscisión (Azcón-Bieto y Talón, 2013) y regulan el desarrollo de las raíces (Xu et al., 2020).

La estructura de las auxinas posee una carga negativa en el carboxilo, separada de otra carga residual positiva por una distancia de 0.55 nm (Figura 1). Los compuestos naturales son: ácido indolacético (AIA), ácido fenilacético (AP) y ácido indolbutírico (AIB); mientras que las auxinas sintéticas son: los ácidos indólicos, naftalenicos (ANA), clorofenoxiácidos y los derivados de los ácidos benzoico y picolínico (Azcón-Bieto y Talón, 2013).



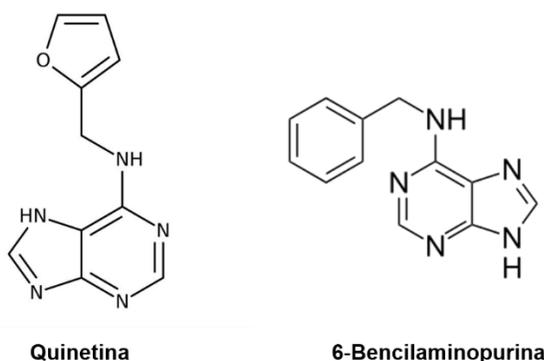
**Figura 1.** Estructuras químicas correspondientes a algunas auxinas.

Las concentraciones de auxinas determinan si la célula se dividirá, crecerá o diferenciará, contribuyendo en el crecimiento y formación de órganos mediante estímulos involucrados como el fototropismo (luz), gravitropismo (gravedad), hidrotropismo (agua), halotropismo (sales) y tigmotropismo (tacto). Las auxinas se sintetizan especialmente en las hojas jóvenes, primordios foliares y en otros tejidos de brotes y raíces (Casanova-Sáez y Voß, 2019).

Se ha demostrado entre los cultivares de rosa y las estaciones que las auxinas están involucradas con el doblamiento del pedúnculo y la deformación de los sépalos, afectando el rendimiento y el valor comercial de los tallos florales (Jing et al., 2020). Asimismo, las auxinas se han utilizado para estimular la formación de raíces en esquejes de rosa (Pacholczak y Nowakowska, 2020).

### 1.4.3 Citoquininas

La función principal de las citoquininas es la división celular, también participa en la actividad de los meristemos, el crecimiento y desarrollo de las plantas, y da protección al estrés causado por la alteración del fotoperiodo (Cortleven et al., 2019). Las citoquininas naturales son derivados de la base púrica adenina (6-aminopurina), poseen un sustituyente, de naturaleza isoprenoide o aromática, en el nitrógeno amínico de la posición 6 del anillo de purina (Figura 2) (Azcón-Bieto y Talón, 2013).



**Figura 2.** Estructuras químicas de citoquininas.

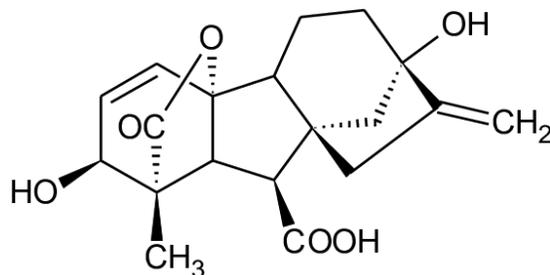
Las citoquininas pueden retrasar e impedir la senescencia estimulando la división celular, presentan menor movilidad en la planta comparadas con las giberelinas y las auxinas (Bidwell, 1979). Tienen un papel importante como moléculas de señalización entre órganos mediante la regulación del crecimiento sistémico en respuesta al nitrógeno y se relacionan con la división celular, la formación de brotes a partir de callos y el transporte de nutrientes (Jiang y Asami, 2018). También ayudan a la proliferación de yemas axilares (ruptura de la dominancia apical), la formación de órganos *in vitro*, la senescencia foliar, el desarrollo de los cloroplastos y la floración. En la mayor parte de estos procesos, las citoquininas actúan en unión con otros estímulos, especialmente hormonales y ambientales, y la fuente principal de estas hormonas es la raíz (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

Las citoquininas provienen de la adenina y son sintetizadas en varias partes de la planta, se translocan sistémicamente desde las raíces hasta los brotes y viceversa regulando así el desarrollo de los brotes y las raíces. El metabolismo y la señalización de las citoquininas están asociados con la disponibilidad de nitrógeno (Gu et al., 2018).

Gutiérrez (2016), reportó que la aplicación de citoquininas es el mejor método para la inducción de basales en rosal. Aclarando que no todos los cultivares de rosa tienen el mismo comportamiento, unas tienen el ciclo más cortó que otras promoviendo más tallos basales. En cuanto a la aplicación de 6-Bencilaminopurina (6 BAP) para la activación de yemas se reporta que promueve un mayor número de tallos basales por planta. Debido a que las citoquininas actúan en la división celular, se ha reportado que activan mayor número de yemas basales en el rosal y estas compiten por desarrollarse y su crecimiento se le relaciona con la dominancia apical.

#### 1.4.4 Giberelinas

Las giberelinas regulan el crecimiento y desarrollo de la parte superior de los vegetales (He et al., 2020). Constituyen una familia de diterpenos tetracíclicos ácidos, su estructura está constituida por un anillo de *ent*-giberelano y puede tener 19 o 20 átomos de carbono (Figura 3). Las interacciones sinérgicas o antagónicas, entre auxinas y citoquininas son la base para explicar una serie de procesos fisiológicos, entre ellos la regulación de la división celular (Azcón-Bieto y Talón, 2013).



**Figura 3.** Estructura química del ácido giberélico

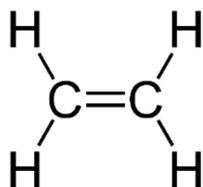
Las giberelinas son hormonas de crecimiento que estimulan el alargamiento celular, influyen en procesos como el desarrollo, alargamiento del tallo, germinación de semillas, latencia, floración y senescencia de hojas y frutos (Kalra y Bhatla, 2018). Se mueven con rapidez en la planta sin restricción aparente (Bidwell, 1979). Son de interés agronómico y regulan el desarrollo de semillas y frutos, se hallan en pequeñas cantidades en las plantas y en algunos hongos (Contreras et al., 2001). Las giberelinas fueron aisladas en 1926 a través del hongo patógeno vegetal *Gibberella fujikuroi*, que ocasiona una enfermedad que provoca alargamiento excesivo en las plántulas de arroz (Jiang y Asami, 2018).

Algunas giberelinas se encuentran en las plantas, de las cuales solo unas son activas biológicamente como hormonas, las tres giberelinas más comunes son AG<sub>1</sub>, AG<sub>3</sub> y AG<sub>4</sub>, y también se denominan ácidos giberélicos (Kalra y Bhatla, 2018). Viasus-Quintero et al. (2013), lograron aumentar la producción y el tamaño de los frutos en el cultivo de fresa con la aplicación de AG<sub>3</sub>, 6BAP y la mezcla AG<sub>4</sub>+AG<sub>7</sub>+6BAP.

#### **1.4.5 Etileno**

El etileno es un gas biosintetizado por las plantas con efectos fisiológicos en su crecimiento y desarrollo, afecta características agrícolas como la maduración de la fruta, la fisiología poscosecha y la senescencia; asimismo, disminuye la elongación y promueve sinérgicamente la senescencia de las hojas (Schaller y Binder, 2017).

Está constituido por dos átomos de carbono y cuatro de hidrógeno (Figura 4), su inhibición ayuda a alargar la vida útil de frutas, verduras y flores de corte. En las plantas se produce en bajas concentraciones y se difunde por los espacios intercelulares. La producción de etileno se estimula por factores de estrés como la abscisión de hojas y frutos, la epinastia, el cierre estomático y la disminución de la asimilación (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

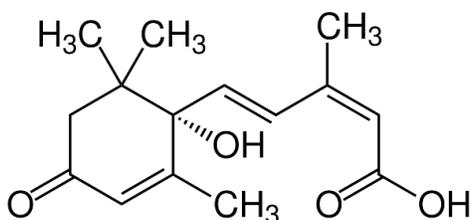


**Figura 4.** Estructura química del etileno.

El etileno altera aspectos en el desarrollo de las plantas como: la abscisión de las hojas y órganos estimula la madurez de la fruta, origina la germinación y perturba la expansión celular (Porta y Jiménez-Nopala, 2019). El etileno colabora con las auxinas en el crecimiento de las plantas y estimula o inhibe el alargamiento de raíces y brotes, también puede regular la transición floral y en algunas especies el género de las flores (Vandenbussche y Van Der Straeten, 2018).

#### 1.4.6 Ácido abscísico

El ácido abscísico (ABA) se aisló por primera vez a partir de la abscisión del fruto de algodón (Jiang y Asami, 2018) y es un sesquiterpeno apocarotenoide (Figura 5), que se sintetiza en los cloroplastos y otros plastidios (Azcón-Bieto y Talón, 2013).



**Figura 5.** Estructura química del ácido abscísico.

Desempeña varias funciones fisiológicas en el crecimiento y desarrollo de las plantas, también en la latencia y germinación en semillas, división y elongación celular, transición floral y respuestas a estrés por sequía, salinidad, frío y regula la apertura de los estomas (Jiang y Asami, 2018).

Una de las respuestas ante el estrés hídrico es el incremento en el contenido de ABA, reduce la transpiración e induce la síntesis de proteínas que favorecen la resistencia a la desecación. En algunas especies la aplicación exógena de ABA en hojas induce al cierre de los estomas, permaneciendo cerrados durante varios días tanto con luz como con oscuridad (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

Se han realizado investigaciones sobre el uso de los reguladores de crecimiento, y las citoquininas juegan un papel importante al incrementar la calidad del botón floral en rosa (Pérez et al., 2008). No obstante, en frutales como el manzano que es una especie caducifolia de zona templada y de la familia de las rosáceas, requiere la aplicación de promotores de brotación y el thidiazuron es una hormona del grupo de las citoquininas que ayuda a inducirla.

Existen sustancias que logran inducir la brotación, sin embargo, la mayoría no son aceptadas debido al costo y a la toxicidad que provocan en las plantas y al ambiente, Por lo tanto, se emplean tratamientos con hormonas y con compensadores de horas frío (Soto-Parra et al., 2020), estos últimos disminuyen los problemas de deficiencia de frío que afecta la calidad del fruto y provoca brotación desigual (Almanza et al., 2010).

Durante la dormancia de las plantas, se reducen sus actividades fisiológicas, entre ellas la fotosíntesis, transpiración, translocación de nutrientes y agua, y comienza la acumulación de horas frío (Mendoza, 2020). De igual modo, los factores ambientales interactúan con los procesos fisiológicos en las plantas, y las temperaturas altas pueden afectar la fotosíntesis, la respiración, las relaciones hídricas y el metabolismo secundario de las plantas (Jarma et al., 2012).

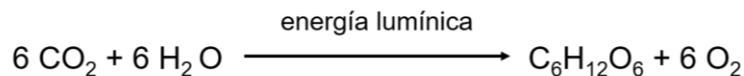
## **1.5 Procesos fisiológicos**

### **1.5.1 Fotosíntesis**

En las plantas la conexión entre células es esencial para el crecimiento y el desarrollo, las plantas no pueden desplazarse ante las condiciones adversas y

necesitan adaptarse continuamente a un entorno cambiante (Brackmann y Greb, 2014).

La fotosíntesis es un proceso en el que intervienen reacciones bioquímicas (Figura 6) y existen factores que afectan a la tasa de fotosíntesis como la luz, la temperatura, la humedad del aire, la disponibilidad hídrica y de nutrientes minerales en el suelo, entre otros (Azcón-Bieto y Talón, 2013). La fotosíntesis se lleva a cabo en los cloroplastos a través de los pigmentos fotosintéticos, la reacción del CO<sub>2</sub> con H<sub>2</sub>O forman carbono reducido que se polimeriza en azúcares (Figura 6), a altas intensidades lumínicas la tasa de fotosíntesis varía con la temperatura y a bajas intensidades de luz no se afecta (Bidwell, 1979).



**Figura 6.** Ecuación general de la fotosíntesis

La luz es uno de los factores que requieren las plantas para llevar a cabo el proceso fotosintético. La acción individual o conjunta de los factores ambientales fusionados con la acción de la luz solar pueden poner a prueba la resistencia y adaptación de las plantas. Sin embargo, las especies vegetales no responden de forma semejante en el mismo sitio y al mismo estrés. Las clorofilas son pigmentos responsables de la absorción de energía lumínica (Manrique, 2003).

La fotosíntesis aumenta con el incremento de CO<sub>2</sub> y en especies con metabolismo fotosintético de tres carbonos (C3) se reduce el efecto de la fotosíntesis derivado del aumento de la fotorrespiración (Jarma et al., 2012), donde la rubisco (enzima que fija el carbono en el Ciclo de Calvin) absorbe el O<sub>2</sub> y origina CO<sub>2</sub> por el tejido fotosintético ante la luz (Bidwell, 1979). Las especies con ruta metabólica C3 representan el 85% de todas las plantas, las especies con metabolismo ácido de las crasuláceas (MAC) componen el 10% restante, mientras que el 5% lo ocupan las especies de metabolismo fotosintético de cuatro carbonos (C4) (Vimal et al., 2017). Las plantas con metabolismo C3 tienen baja eficiencia en el uso del agua y las C4

han desarrollado un sistema que les permite fijar el CO<sub>2</sub> en forma de ácido málico o ácido aspártico, en los primeros productos de la fijación de CO<sub>2</sub> donde tienen cuatro átomos de carbono, y presentan tasas mayores de producción y eficiencia del agua, el maíz y la caña de azúcar son cultivos que pertenecen a este grupo (Azcón-Bieto y Talón, 2013). El metabolismo fotosintético MAC posee una tasa de fotosíntesis baja y tiene alta eficiencia en el uso del agua, es vinculada con órganos fotosintéticos como las hojas y tallos de anatomía suculenta, para almacenar agua en las grandes vacuolas de las células (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

Los cambios de temperatura ambiental pueden modificar en las plantas la fotosíntesis, la actividad respiratoria, las relaciones hídricas, la regulación hormonal y el metabolismo secundario (Jarma et al., 2012).

### **1.5.2 Respiración celular**

La respiración celular vegetal es el conjunto de reacciones mediante las cuales los carbohidratos sintetizados a través de la fotosíntesis son oxidados a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, y la energía liberada es transformada principalmente en adenosín trifosfato (ATP), que es utilizada para el desarrollo de los órganos vegetales y de la planta, el mantenimiento y reparación de las estructuras existentes, transporte de metabolitos e iones y la regeneración de proteínas (Ortuño et al., 2015).

La respiración además de sintetizar el ATP, se encarga de generar compuestos de carbono intermediarios que ayudan a la síntesis de aminoácidos y compuestos nitrogenados. Las reacciones que componen la respiración son la glucólisis, la vía de oxidación de las pentosas fosfato, la  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos, el ciclo de los ácidos tricarbónicos, la oxidación del poder reductor especialmente nicotinamida adenina dinucleótido (NADH) por la cadena respiratoria mitocondrial y la fosforilación oxidativa de adenosín difosfato (ADP) para originar ATP (Azcón-Bieto y Talón, 2013). La luz, heridas, estrés hídrico, metales pesados, composición del aire y la presencia de patógenos pueden modificar la actividad respiratoria de los diversos órganos vegetales (Ortuño et al., 2015).

### 1.5.3 Transpiración

Las plantas tienen la dificultad para desarrollarse debido al déficit hídrico que causa pérdidas económicas en los cultivos agrícolas. La transpiración vegetal es un proceso que controla los factores físicos y fisiológicos, y es la pérdida de agua en la planta en forma de vapor, cerca del 90 % de la transpiración escapa por los estomas de las hojas. Los factores ambientales que alteran a la transpiración son: la radiación, el déficit de presión de vapor del aire, temperatura, velocidad del viento y el suministro de agua a la planta. Sin embargo, el área y la estructura foliar, la resistencia estomática y la capacidad de absorción del sistema radical son factores de la planta que modifican la transpiración. En la noche, los estomas se cierran y la transpiración se reduce (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

La transpiración está regularizada por factores endógenos y ambientales, la radiación solar provee la fuente de energía para llevar a cabo la transpiración, la difusión del vapor de agua de la hoja al aire se produce en la cutícula y en el aparato estomático (Ortuño et al., 2015). El agua perdida en la planta mediante la transpiración afecta la turgencia de la parte aérea y se repone mediante la absorción de la humedad atmosférica en forma de niebla o rocío (Azcón-Bieto y Talón, 2013). Sin embargo, la mayor absorción foliar de agua se produce a través de las raíces (Bidwell, 1979).

La radiación solar es la fuente de energía para la transpiración, que a través de la evaporación del agua en la hoja establece el potencial hídrico en la planta. La transmisión del vapor de agua de la hoja al aire se produce a través de la cutícula y del aparato estomático, los mecanismos que regulan la abertura estomática están regulados por factores endógenos y ambientales (Ortuño et al., 2015).

El ABA es una hormona vegetal asociada con la inhibición de varios procesos fisiológicos, entre ellos cierra los estomas para regular el balance de agua en las plantas en situaciones de estrés (Floréz y Aleixo, 2009). Las plantas sintetizan el ABA en respuesta a la sequía, lo que provoca que las células guarda (estomas) se

cierren y logra influir en el uso eficiente del agua en las plantas. El ABA y las oscilaciones del calcio en respuesta al estrés, generan variaciones donde las células guarda y el calcio regulan la apertura de los estomas e influye en los rendimientos vegetativos y en el control del potencial hídrico de la planta (Reyes et al., 2013).

### **1.6 La zona florícola del Sur del Estado de México**

La región florícola más competitiva y rentable del país es el sur del Estado de México y está conformada por los municipios de Villa Guerrero, Coatepec Harinas, Tenancingo, Ixtapan de la Sal, Tonalico y Zumpahuacán. A finales de los años cincuenta del siglo pasado un grupo de japoneses llegó a Villa Guerrero con la finalidad de producir flores de corte, la producción de la flor fue desplazando poco a poco las actividades económicas de la región y durante los setenta, los estudios agronómicos apuntaron a que la región tenía condiciones óptimas para el cultivo de las flores (Andrade y Castro, 2018).

A fines de los años setenta la floricultura por primera vez figuró en la política agrícola del país y en la década de los ochenta experimentó un crecimiento económico acelerado, las grandes empresas destinaban el 70 % de su producción a los mercados extranjeros, principalmente a los Estados Unidos de América, mientras que los pequeños productores comercializaban sus flores en el mercado nacional. El desarrollo de la floricultura a lo largo de la década de los años noventa del siglo pasado y principios del siglo XXI, se vio alterado por diversas crisis que afectaron tanto a las grandes empresas como a los pequeños productores (Andrade y Castro, 2018).

La floricultura es una de las actividades agrícolas con mayor rentabilidad en México, y el país tiene la capacidad de ser potencia exportadora en este rubro (Tejeda-Santorius et al., 2015). La floricultura mexicana se encuentra cerca del lugar 30 de los países exportadores y tiene poca relevancia en el mercado internacional debido a los volúmenes que produce (Ramírez y Torres, 2021), siendo Estados Unidos de América el principal mercado internacional; sin embargo, México está muy lejos de

estar entre sus principales proveedores (Andrade y Castro, 2018). Las exportaciones mexicanas de plantas ornamentales se han visto limitadas por la falta de regularidad, baja calidad y un mercado interno que no exige calidad (Tejeda-Sartorius y Arévalo-Galarza, 2012). En el año 2020 como consecuencia de la contingencia sanitaria por la pandemia de COVID-19, disminuyó la demanda de flores lo que presentó un impacto económico en la floricultura (Ramírez y Torres, 2021).

La floricultura como actividad intensiva representa altos costos de inversión, en la adquisición de material vegetal y control de plagas y enfermedades, cuya limitación representaría baja calidad de la flor y competitividad en los mercados (Romero, 2013). En la floricultura se seleccionan cultivares de flores grandes, considerando el tamaño de botón como la longitud del tallo floral, aun cuando éstos tengan corta o larga vida de florero (Trejo-Téllez et al., 2013).

### **1.7 El cultivo del rosal**

Las rosas (Cuadro 1) son utilizadas para decorar paisajes urbanos en todo el mundo (Chacón-Hernández et al., 2020) debido a sus características como adaptabilidad, largo período floral y diferentes cultivares (Hafeez et al., 2017). Es de importancia comercial como flor de corte debido a su belleza y variedad de colores (Jacinto, 2018), y ha ocupado un lugar predominante en la producción florícola de México en las últimas tres décadas (Tejeda-Sartorius y Arévalo-Galarza, 2012).

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de la rosa

<b>Categoría taxonómica</b>	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Espermatofitos
<b>Subdivisión</b>	Angiospermas
<b>Clase</b>	Magnoliophyta
<b>Subclase</b>	Magnoliidae Novák ex Takht.
<b>Superorden</b>	Rosanae Takht.
<b>Orden</b>	Rosales Bercht. & J. Presl
<b>Familia</b>	Rosaceae Juss.
<b>Género</b>	<i>Rosa</i> L.
<b>Nombre científico</b>	<i>Rosa hybrida</i>

Durante los años ochenta del siglo XX, Visaflor fue la primera empresa que se dedicó a producir rosas de gran calidad y fue diversificando su producción con la incorporación de nuevas especies. En la década de los noventa, los productores de la zona florícola del sur del Estado de México solo se especializaban en la producción de una especie de rosa color rojo, conocida como “visa”, lo que colocaba a las empresas en una clara desventaja frente a la demanda de otros cultivares en un mercado mundial dominado por las nuevas tendencias en el consumo. En la actualidad, se producen diversas variedades de rosas y, a la vez, se han introducido nuevas variedades comerciales que tienen demanda en el mercado (Andrade y Castro, 2018).

El ciclo de vida y producción de los diferentes cultivares de rosa varía de acuerdo con los factores ambientales y el manejo agronómico que se le da a la planta. Generalmente las plantas injertadas tienen un lapso de vida óptimo de 3 a 5 años, pasado ese tiempo presenta una baja notable en la producción de rosas (Ayala, 2011). Las condiciones de humedad relativa durante el cultivo de rosas modifican la vida en florero y los tratamientos poscosecha, para lograr la longevidad de los tallos florales durante las diferentes estaciones (In y Lim, 2018). En este sentido, el manejo de los factores climáticos como la temperatura y humedad relativa son indispensables para tener éxito en el proceso de producción de tallos florales.

## **1.8 Requerimientos climáticos para el cultivo del rosal**

El índice de crecimiento para la mayoría de los cultivares de rosas sigue la curva total de luz a lo largo del año, de tal manera que, en los meses de verano, cuando prevalecen elevadas intensidades luminosas y larga duración del día, la producción de flores es más alta que durante los meses de invierno (Barrera et al., 2007).

### **1.8.1 Temperatura**

Para la mayoría de los cultivares de rosa, las temperaturas óptimas de crecimiento son de 17 °C durante la noche y una máxima de 28 °C durante el día (Barrera et al., 2007). Las temperaturas óptimas para el crecimiento se consideran entre los 17 a 25 °C, cuando la temperatura nocturna continuamente se encuentra por debajo de 15 °C afecta el crecimiento de la planta (Yong, 2004).

#### **1.8.1.1 Unidades calor**

Las unidades calor requeridas para completar el ciclo de producción para la variedad Vega fueron 1022.8 y la variedad Polo en 917.4 en la localidad de Santa Ana Ixtlahuatzingo, municipio de Tenancingo (De la Rosa, 2013).

Existen variaciones en la acumulación de unidades calor entre variedades y se asocian a la calidad de la flor, producción de tallos florales y tiempo de corte en rosas. Las cuales, mediante su cálculo durante el ciclo fenológico, son determinantes para cualquier programación de tallos florales en fechas determinadas (De la Rosa, 2013).

### **1.8.2 Humedad relativa**

Cuando se maneja la humedad relativa por debajo del 60 % puede provocar alteraciones fisiológicas en algunos cultivares como: deformación de los botones, caída y bajo desarrollo en hojas, que repercute en la calidad y producción de los tallos florales (Yong, 2004). Sin embargo, cuando la humedad supera el 80 % puede

generar aspectos negativos relacionados con la incidencia de enfermedades como botrytis y peronospora (VV.AA, 2003).

### **1.8.3 Luminosidad**

La luz es la fuente de energía en las plantas, y el rosal durante la floración se considera de día neutro. En los invernaderos la luz varía a causa de la altura del sol y la duración del día; cuando se reduce la cantidad de luz, se reduce proporcionalmente la cantidad de tallos florales y raíces. Por lo tanto, se considera un factor importante debido a que ayuda a la brotación de las yemas (VV.AA, 2003), aumenta el rendimiento y la calidad de los tallos florales (Yong, 2004).

## **1.9 Formación de la planta**

La zona basal dispone un gran número de yemas dormantes que permanecen en latencia hasta que se ejerza una presión sobre estas ya sea por dominancia apical o la aplicación de un método físico (temperatura y humedad), químico (uso de productos químicos) o mecánico (eliminación manual de plantas o partes afectadas (Ayala, 2011).

La formación de tallos no productivos (brotes ciegos) está relacionada con las temperaturas altas, déficit de iluminación, baja disponibilidad de nutrientes y desbalances hormonales que impiden la inducción floral (Díaz, 2019). Para estimular y acelerar la brotación de yemas axilares se puede realizar el toque de hoja (Figura 7) que consiste en el rompimiento mecánico de la hoja para que se puedan activar las yemas axilares y se establece como otra forma de romper la dominancia apical ejercida por los brotes superiores. Asimismo, se recomienda dar el toque a la segunda y tercera hoja, con la finalidad de incrementar la brotación de los basales secundarios en rosa (Ayala, 2011).



**Figura 7.** Toque de hoja en plantas de rosal.

En el cultivo de rosa se identifican doce etapas fenológicas durante el desarrollo del cultivo desde la poda hasta la obtención de la flor comercial, las cuales son: pinch (corte en el tallo), yema hinchada, yema brotada, brote de 2 a 4 hojas visibles, brote de 6 a 8 hojas visibles, brote de 10 a 12 hojas visibles, inicio de botón, botón “chícharo pequeño”, botón “chícharo mediano”, botón “chícharo grande”, botón “punto color” y punto de corte (De la Rosa, 2013).

## **1.10 Manejo agronómico del cultivo**

### **1.10.1 Poda**

Mediante la poda puede controlarse el crecimiento (Figura 8), beneficia la penetración de la luz, y aumenta la productividad y calidad (Pérez et al., 2016). Es una práctica que estimula el crecimiento y forma de la planta, puede ser de formación, producción, renovación y floración del rosal (Yong, 2004).



**Figura 8.** Poda en plantas de rosal.

### **1.10.2 Descabezado**

El descabezado (Figura 9) consiste en quitar el botón principal del tallo para eliminar la dominancia apical y permite que los fotosintetizados lleguen a los botones laterales (Yong, 2004).



**Figura 9.** Descabezado de tallos de rosal.

### **1.10.3 Desyeme y eliminación de botones laterales**

Consiste en quitar los brotes laterales de un tallo floral (Figura 10) desde el nudo más cercano al botón principal hasta el nudo donde se va a cortar la flor; busca obtener una flor principal proveniente de la yema apical del tallo floral para que tenga vigor, una flor con diámetro grande y adelanta su apertura; al remover los brotes

laterales disminuye la competitividad entre fotoasimilados y es una actividad que demanda mayor mano de obra y tiempo (Arévalo et al., 2007).



**Figura 10.** Botones laterales en plantas de rosal.

### **1.11 Plagas y enfermedades que afectan el cultivo**

Las rosas son susceptibles plagas y enfermedades que reducen el crecimiento y la calidad de las flores (Golizadeh et al., 2017) e incluso pueden causar pérdidas en la producción de los tallos florales (García, 2018). La demanda de los mercados nacionales e internacionales, obligan a realizar un manejo integrado plagas y enfermedades, considerando variedades, medidas de control preventivas, evitar el uso de inductores de resistencia y uso de extractos de plantas para el control (Domínguez-Serrano et al., 2016). Los rosales están infestados por plagas de insectos que reducen el rendimiento, especialmente pulgones, trips y algunas larvas de lepidópteros que dañan los brotes, hojas y flores (Sayed et al., 2019).

#### **1.11.1 Peronóspora (*Peronospora sparsa*)**

La enfermedad puede provocar en el haz de las hojas manchas color rojizo-púrpura a pardo-oscuro rodeadas de un halo clorótico (Figura 11), también ocasiona defoliación en los cultivares susceptibles de rosa y los síntomas se muestran en tejidos jóvenes y en las hojas, tallos, pedúnculos, cáliz y pétalos de las plantas.

(Ayala-Vásquez et al., 2008). La temperatura óptima en hojas de rosal para infección es 15 a 20 °C y para colonización 20 a 25 °C (Aegerter et al., 2003).



**Figura 11.** Daños de peronóspora (*Peronospora sparsa*) en hojas de rosal.

#### **1.11.2 Botrytis (*Botrytis cinerea*)**

Es una enfermedad que genera pérdidas económicas significativas si no se da un tratamiento preventivo, se le conoce como moho gris y los síntomas se presentan en la mayoría de los casos posterior a la cosecha de los tallos florales, en los pétalos (Figura 12) y en ocasiones en los tejidos del tallo u hoja (Muñoz et al., 2019). Las condiciones óptimas para el desarrollo de *Botrytis cinerea* es temperatura de 17 °C y 80 % de humedad relativa (Larios-Palacios et al., 2020).

Algunas prácticas culturales disminuyen su dispersión, a través de la desinfección de herramientas, utensilios, equipos, superficies, mesas de clasificación de la rosa, cuartos fríos, y retirar los residuos de material vegetal en las camas del cultivo (García, 2018).



**Figura 12.** Daños de botritis (*Botrytis cinerea*) en botón floral de tallos de rosal.

### 1.11.3 Cenicilla (*Podosphaera pannosa*)

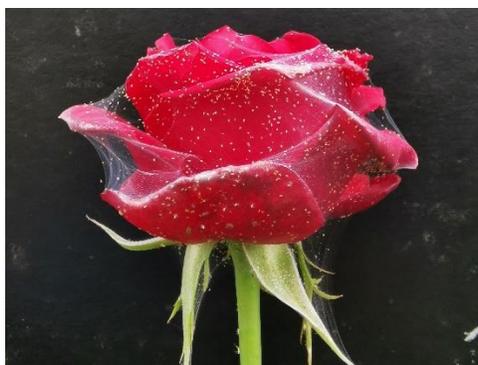
Forma manchas de micelio blanco polvoriento (Figura 13) y se desarrolla sobre las yemas, hojas, tallos y flores de las plantas, siendo más vulnerables los brotes nuevos y tiene una relación estrecha con las condiciones ambientales en los períodos del año (Domínguez-Serrano et al., 2016). Los conidios del hongo son dispersos por el viento hacia los tejidos de las plantas y las esporas germinan con temperatura de 21 °C y humedad relativa de 100 % (Perera y Wheeler, 1975; Sivapalan, 1993; citado en Domínguez-Serrano et al., 2016).



**Figura 13.** Hojas de rosal dañadas por cenicilla (*Podosphaera pannosa*).

#### 1.11.4 Araña roja (*Tetranychus urticae*)

La araña roja o ácaro de dos manchas (Figura 14) es una de las plagas con alta resistencia a acaricidas, especialmente a la abamectina (Çağatay et al., 2018). Al alimentarse de la planta se reduce la cantidad de clorofila afectando la fotosíntesis, el rendimiento e incluso puede matar la planta (Chacón-Hernández et al., 2018). Sin embargo, el cultivar Samuray tiene resistencia a la araña roja en la que se ha demostrado menor daño foliar y menor pérdida de clorofila causada por la alimentación de la araña (Chacón-Hernández et al., 2020).



**Figura 14.** Botón floral infestado con araña roja (*Tetranychus urticae*).

#### 1.11.5 Pulgón (*Macrosiphum rosae*)

Es un insecto de importancia en el cultivo del rosal, daña las hojas y las flores (Sayed et al., 2019). Los daños de los pulgones a las plantas de forma directa (Figura 15), se debe a la alimentación de la savia dando origen a la marchitez y disminución del rendimiento. El daño indirecto es la transmisión de virus y la excreción de melaza que origina el crecimiento de hollín disminuyendo la fotosíntesis (Hafeez et al., 2017).



**Figura 15.** Botón floral infestado de pulgón (*Macrosiphum rosae*).

#### 1.11.6 Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Son insectos pequeños (Figura 16), su aparato bucal es tipo chupador y son especies fitófagas que se alimentan de flores, hojas, frutos, ápices o yemas, provocando malformaciones y daños externos por la destrucción de las células (Hernández-Fuentes et al., 2018). Son de importancia económica en las plantas de invernadero y el control se basa en insecticidas sintéticos (Stepanycheva et al., 2019).



**Figura 16.** Botón floral infestado de trips (*Frankliniella occidentalis*).

#### 1.11.7 Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

Es un insecto polífago que ataca cultivos de importancia económica (Hafeez et al., 2021), el ciclo de desarrollo depende de las condiciones climáticas, especialmente

de las temperaturas. Las orugas jóvenes raspan la epidermis de las hojas (Figura 17) y dejan espacios claros (Germain et al., 2018).



**Figura 17.** Botón floral de rosal dañado por gusano soldado (*Spodoptera exigua*).

### 1.12 Cosecha y vida poscosecha de la flor

El manejo poscosecha en el almacenamiento de los tallos florales influye en la recuperación del flujo hídrico y la vida en florero (De la Cruz-Guzmán et al., 2018). La senescencia de la flor de corte está enfocada en el balance hídrico, suministro de carbohidratos y la susceptibilidad al etileno (Bolívar et al., 2005).

Uno de los problemas durante la comercialización de flor de corte es el manejo inadecuado en los tallos florales durante la cosecha y almacenamiento poscosecha que puede afectar la apertura de la flor, provocar problemas bacterianos, estrés hídrico, marchitez de las hojas y otras características fisiológicas que pueden afectar la calidad de los tallos durante la vida en florero (Ha et al., 2019). En una investigación realizada de vida florero se obtuvo como resultado en rosa cultivar Samurai una vida en florero de 7.3 días (De la Cruz-Guzmán et al., 2015).

La longitud del tallo floral es un criterio de calidad en rosas de corte, los tallos largos tienen más área seccional en el punto de corte para la absorción de agua con respecto a los cortos. De esta manera, un tallo corto muestra una longitud xilemática menor que puede influir sobre el flujo de agua e hidratación de los tejidos y vida de florero. Arriaga-Frías et al. (2016) concluyó que los vasos de xilema de diámetro

corto con una conductividad hidráulica reducida tienen una influencia negativa sobre la hidratación de los tejidos y la vida florero.

En diversos estudios se ha reportado que la adición de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) a soluciones postcosecha aumenta la vida de florero en *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) y mejora la apariencia del follaje al incrementar el contenido de clorofila (Cruz-Crespo et al., 2006). En las plantas las clorofilas y carotenoides (pigmentos fotosintéticos) impulsan el proceso fotosintético y en el caso de las clorofilas intervienen en el proceso de absorción y conversión de la energía luminosa a energía química para que la planta pueda aprovecharlo en forma de moléculas de glucosa (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

### 1.13 *Rosa hybrida* cv. **Samourai®**

El sistema de producción del rosal es por injerto de yema de las variedades seleccionadas sobre un portainjerto multiplicado por estaca (Pagliaricci y Arroyo, 2014). El injerto es una técnica que mejora la productividad en los cultivos (Velasco-Alvarado et al., 2019).

El portainjerto interviene en el vigor, precocidad, eficacia en el transporte de nutrimentos, tamaño y calidad del cultivar injertado (Romero et al., 2017). Los portainjertos de rosas modifican el enraizamiento, rendimiento y calidad del injerto (Otiende et al., 2017). Los productores de rosas usan esquejes de Natal briar y Manetti, por su capacidad de aclimatación en los invernaderos, resistencia a plagas y enfermedades, y mayor tiempo de vida en florero (Arion et al., 2020).

Samourai® es un cultivar para flor de corte color rojo, la longitud de los tallos florales es de 80 a 90 centímetros y contiene de 35 a 40 pétalos, su vida en florero es de 10 a 12 días (Meilland, 2020). Actualmente es una variedad que se encuentra en el mercado, en conjunto con otras variedades con pétalos de color rojo han sido las de mayor demanda comercial (VV.AA, 2003).

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona florícola del sur del Estado de México, la producción de rosas es una de las principales actividades económicas. Los brotes basales en la planta son estructuras fundamentales para la producción de tallos florales y la emisión es afectada por las condiciones ambientales, nutrición y las prácticas de manejo en la planta, lo que repercute en la disminución del número potencial de tallos florales que se puedan desarrollar. Algunos productores de rosa realizan manejo agronómico como el desyeme a las plantas para ayudar en la emisión de brotes basales.

Por otra parte, los floricultores realizan aplicaciones con productos hormonales y nutricionales en el área foliar para estimular y desarrollar el crecimiento de los brotes basales. Sin embargo, al realizar las aplicaciones inadecuadas pueden convertirse en una fuente de contaminación en aguas subterráneas, aumenta la acidificación de suelos, afecta la biodiversidad y al mismo tiempo incrementa los costos de producción. En este sentido, resulta importante identificar una estrategia en el nivel de participación de dichas variables en la emisión de brotes basales y su calidad para mantener la producción de tallos florales durante las estaciones del año.

### III. JUSTIFICACIÓN

En México, la floricultura como actividad intensiva genera altos ingresos en superficies reducidas y con un buen manejo agronómico (Ramírez y Avitia-Rodríguez, 2017). Además, la posición geográfica de nuestro país ofrece ventajas competitivas potenciales con puertos comerciales ubicados en dos océanos, cercanía con los Estados Unidos de América como uno de los principales mercados del exterior, y la firma de tratados de libre comercio que le permiten acceso a más de 40 mercados internacionales (Tejeda-Santorius et al., 2015), siempre y cuando se cumpla con los estándares de calidad.

La práctica florícola se hace principalmente en el Estados de México, Morelos, Puebla y Ciudad de México, y a pesar de su fomento para promover la exportación de sus productos, solo logran mandar fuera el diez por ciento de lo cultivado (Ramírez y Avitia-Rodríguez, 2017). En el Estado de México se cultiva casi 90 % de todas las flores que se venden en el país (Tejeda-Santorius et al., 2015) y las más vendidas en el mundo son, en primer lugar, las rosas seguidas por los crisantemos (*Dendranthema grandiflora* tzvelev), tercero los tulipanes (*Tulipa* L.), cuarto los claveles (*Dianthus caryophyllus*) y en quinto lugar los lilium (*Lilium hybrida*) (SADER, 2018).

La rosa es la especie que mayormente aporta a la economía nacional (Nápoles, 2014). En el cultivo de rosa, la emisión de los brotes basales es muy importante debido a que es un factor del que depende la obtención de un mayor rendimiento, de tallos florales, por lo que se requiere centrar la atención en este aspecto como alternativa para un incremento de producción por unidad de superficie. Por ser un cultivo con demanda constante, genera ingresos económicos y es importante investigar los factores que afectan la producción. Aun cuando la emisión de brotes basales entre variedades es diferencialmente afectada por su potencial genético, otros factores como las condiciones ambientales, los reguladores de crecimiento, el portainjerto, manejo agronómico y la interacción de todas ellas (Larson, 1988), es necesario diferenciar la participación de cada uno de ellos, de tal manera que permitan incrementar la producción.

#### **IV. HIPÓTESIS**

La emisión diferencial de brotes basales en las plantas de rosal en las estaciones del año es afectada por la aplicación de tratamientos hormonales y nutricionales, y su interacción con variables ambientales para la producción de tallos florales.

## V. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de fitohormonas y las variables ambientales en la emisión de brotes basales y producción de tallos florales en plantas de rosal cv. Samurai®.

### 5.2 Objetivos específicos

- Analizar la inducción de brotes basales en plantas de rosal con la aplicación foliar de productos reguladores de crecimiento a base de auxinas, giberelinas y citoquininas, así como nutrimentos específicos, en los diferentes periodos estacionales del año.
- Medir los factores ambientales (temperatura, humedad relativa, unidades calor y horas frío) en los diferentes periodos estacionales del año.
- Evaluar la producción y calidad de tallos florales en los diferentes periodos estacionales del año.
- Analizar la interacción que guardan todos los factores medidos en la emisión de brotes basales.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Sitio experimental

La investigación se realizó en las instalaciones del Centro Universitario UAEM Tenancingo de la Universidad Autónoma del Estado de México, que se localiza en el Km 1.5 de la carretera Tenancingo-Villa Guerrero, Tenancingo, Estado de México, a 18° 58' 00" de latitud norte y 99° 36' 44" longitud oeste, y a una altitud sobre el nivel del mar de 2063 metros (Google Earth Pro, 2019).

### 6.2 Material vegetativo

Se emplearon 696 plantas de *Rosa hybrida* cv. Samourai® injertadas en el portador *Rosa* Natal briar, establecidas bajo invernadero tipo cenital con plástico lechoso al 20 % de sombra. Las plantas fueron dispuestas en camas de una hilera y con densidad de plantación de 10 plantas por metro lineal.

### 6.3 Manejo agronómico y del cultivo

De mayo a julio de 2019 se realizó el descabezado y el desyeme continuo en los tallos florales durante 2 meses con la finalidad de eliminar la dominancia apical que ejerce el botón floral y al mismo tiempo para que la planta acumulara reservas para la emisión de tallos basales (Figura 18).



**Figura 18.** Descabezado y desyeme en *Rosa hybrida* cv. Samourai®.

Con la finalidad de establecer condiciones homogéneas de las plantas para la aplicación de los tratamientos, en agosto de 2019 se hizo una poda severa a 40 cm de altura a partir del punto de injerto (Figura 19), con la eliminación de tallos dañados y de calibres igual o menor de 7 mm de diámetro.



**Figura 19.** Poda en *Rosa hybrida* cv. Samourai®.

#### 6.4 Riego y fertilización

La frecuencia de riego a las plantas fue de acuerdo con las condiciones ambientales, en sistema de riego por goteo, con agua de pH de ~7.4 y conductividad eléctrica de 1.5 mS/m. La fertilización del cultivo se realizó a través de fertirriego, la solución nutritiva que se utilizó fue de acuerdo con Steiner (1984) al 80 % (Cuadro 2) y suplementada con ácidos húmicos y con los tratamientos del proyecto.

**Cuadro 2.** Composición de la solución nutritiva Steiner (1984) y concentración de nutrimentos utilizados en el manejo agronómico de *Rosa hybrida* cv. Samourai®.

Elemento	meq L <sup>-1</sup>							mg L <sup>-1</sup>					
	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
	0	7.0	9.0	4.0	12.0	7.0	1.0	2.0	0.7	0.09	0.5	0.02	0.04

Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de diferentes productos comerciales a base de reguladores de crecimiento y nutricional (Cuadro 3). A cada tratamiento se le agregó un surfactante a base de Alcohol tridecílico etoxilado (99.5%), Alcohol decílico etoxilado (99.5%) y Poli (dimetilpolisiloxano) (Inex-a®) en una concentración de 0.5 mL L<sup>-1</sup>.

**Cuadro 3.** Concentración de los productos comerciales que se utilizaron en los tratamientos diferenciales.

Tratamiento	Dosis	Producto comercial	Ingrediente activo	Clave de identificación en experimento
1	N/A	Testigo	N/A	Testigo (T)
2	0.25 mL L <sup>-1</sup>	CyStar®	Citoquininas: 6-benzyladinina [N-fenilmetil)-1H-purina6amina 1.9 %	Citoquininas (C)
3	50 mg L <sup>-1</sup>	Biogib 10 PS®	Ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) 10 %; Diluyentes y acondicionadores 90 %.	Giberelinas (G)
4	0.5 mL L <sup>-1</sup>	Rooter QF®	Auxinas: Ácido Indolbutírico 0.30 % , Ácido Naftalenacético 0.60 %, Nicotinamida 0.65 % y Ácido fúlvico 3.00 %.	Auxinas (A)
5	1 mL L <sup>-1</sup>	Agromil V®	Extractos de origen vegetal 77.80 % (Citoquininas 81.90 ppm; Giberelinas 31.00 ppm; Auxinas 30.50 ppm; Ácido fólico 0.92 ppb, Ácido pantoténico 12.53 ppb; Riboflavina 0.86 ppb; Nicotinamida 0.16 ppb; Colina 748.81 ppb; Niacina 84.56 ppb; Tiamina 100.11 ppb); Diluyentes y acondicionadores 22.20 %.	Citoquininas-Giberelinas-Auxinas (CGA)
6	1 mL L <sup>-1</sup>	Erger®	Nitrógeno 12.024 % + Fósforo 0 % + Potasio 0 %. Composición: nitrógeno 12.024 % (N ureico 4.74 %; N nítrico 4.64 %; N amoniacal 2.65 %); calcio 3.73 %.	Nitrógeno-Calcio (NCa)

N/A= No aplica

### 6.5 Diseño experimental

La parcela fue de 696 plantas distribuidas en camas, cada cama de 30 m de largo por 1 m de ancho, con pasillos de 0.6 m entre camas. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la unidad experimental fue de una planta (Figura 20). El factor A fueron las estaciones y el factor B los tratamientos, la ecuación del modelo lineal del diseño fue (Kuehl, 2001):

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \rho_k + d_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

$\mu$ , es la media general

$\alpha_i$ , es el efecto del i-ésimo nivel del factor A

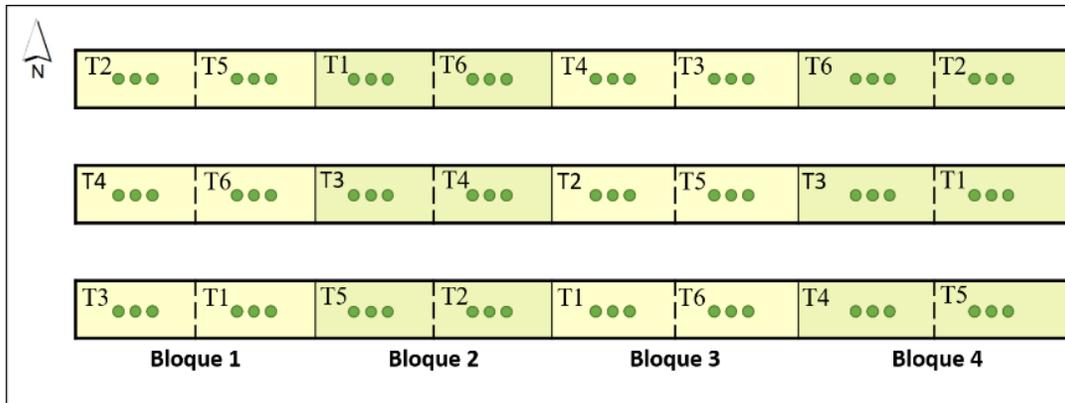
$\rho_k$ , es el efecto del k-ésimo bloque

$d_{ik}$ , es el error aleatorio de la parcela completa

$\beta_j$ , es el efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ , es el efecto de interacción entre ambos factores

$e_{ijk}$ , es el error aleatorio de la subparcela.



**Figura 20.** Disposición de tratamientos del cultivo de *Rosa hybrida* cv. Samourai® en diseño de bloques completos al azar dentro del invernadero.

### 6.6 Variables evaluadas

Catorce días después de la poda, se realizó la primera aplicación de los tratamientos vía aspersión en la parte cercana al punto de injerto con cobertura total de la parte

inferior de la planta. Posteriormente las aplicaciones se realizaron cada 14 días durante el tiempo que duró el experimento.

## **6.7 Variables de la planta evaluadas**

Las plantas con brotes basales fueron contadas cada dos semanas a partir de otoño del año 2019 hasta verano del 2020 (Cuadro 3) y se clasificaron en dos categorías: productivos (Figura 21), donde la principal característica fue su vigorosidad para formar la estructura de la planta y tallos florales; ciegos (Figura 22), solo desarrollaron rosetas bajas de hojas, estos últimos se retiraron de las plantas. Se seleccionaron 29 plantas por cada tratamiento como muestra, se utilizó un Vernier para la toma de mediciones semanales de diámetro y longitud de brotes basales hasta la etapa fenológica de botón “chícharo pequeño”. Se evaluó:

### **6.7.1 Plantas con brotes basales**

Se contabilizó el número de plantas con brotes basales, cada dos semanas durante las cuatro estaciones evaluadas.

### **6.7.2 Brotes basales por planta**

Se contaron cada dos semanas los brotes basales productivos y ciegos en cada planta, durante las cuatro estaciones evaluadas.

### **6.7.3 Diámetro de tallos basales**

Se midió el grosor de los brotes basales productivos semanalmente.

#### 6.7.4 Longitud de tallos basales

Semanalmente se midió la longitud de los brotes basales productivos.



**Figura 21.** Brote basal productivo en *Rosa hybrida* cv. Samourai®.



**Figura 22.** Brote basal ciego en *Rosa hybrida* cv. Samourai®.

#### 6.8 Evaluación de variables ambientales

Los registros de temperatura y humedad relativa fueron programados con intervalos de una hora durante las 24 horas del día con un higrotermómetro (Extech RHT10) colocado a una altura de 1.5 metros del suelo y sobre el área foliar de las plantas, durante las cuatro estaciones evaluadas.

### **6.8.1 Temperatura**

Se registraron las temperaturas diarias máximas, mínimas y se obtuvo la temperatura promedio diaria.

### **6.8.2 Humedad relativa**

Se registraron las humedades diarias máxima, mínima y promedio diaria.

### **6.8.3 Unidades calor**

Con las temperaturas diarias registradas, se tomó como punto crítico la temperatura a partir de la cual la planta entra en crecimiento, el valor de 7 °C para hacer el cálculo de las unidades por el método residual (De la Rosa, 2013).

$$U_c = (T_M - P_C)$$

Donde:

$U_c$ , son las unidades calor para un día (grados calor día)

$T_M$ , es la temperatura media ( $T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}$ )

$P_C$ , es el punto Crítico

Las unidades calor se contabilizaron para cada una de las estaciones del año.

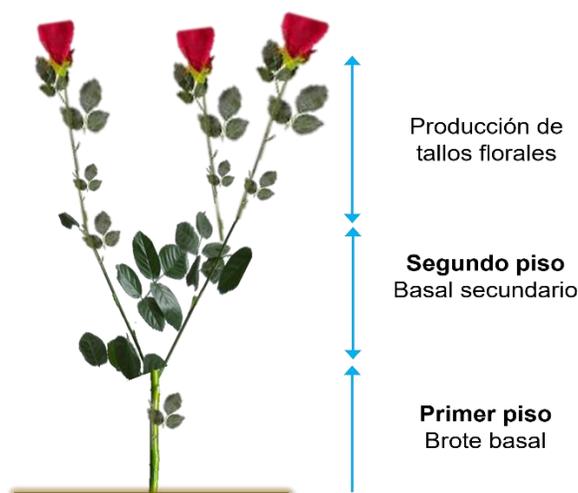
### **6.8.4 Horas frío**

A partir de los datos diarios registrados por el higrómetro se obtuvieron de forma directa, contabilizando aquellas horas que estuvieron con valores de  $\leq 7.2$  °C.

## **6.9 Evaluación de tallos florales**

Todas las plantas de los tratamientos se llevaron a producción comercial. La formación de la planta fue de dos pisos, el primer piso fue el brote basal y el segundo

piso se realizó con el pinch de los brotes basales cuando se encontraron en la etapa de chícharo pequeño (basal secundario). Los tallos florales que salieron del segundo piso se consideraron como producción (Figura 23).



**Figura 23.** Estructura de la planta de rosal para producción de tallos florales.

El pinch se programó para que en cada estación hubiera una etapa de producción y para realizar la evaluación de los tallos florales se midió:

#### **6.9.1 Longitud de tallo floral**

Con un vernier se midió el tallo floral de la parte basal hasta el hipanto.

#### **6.9.2 Diámetro de tallo floral**

Se midió con un vernier el grosor de cada tallo floral.

#### **6.9.3 Longitud de botón floral**

Se midió el perianto de cada tallo floral con un vernier.

#### **6.9.4 Diámetro de botón floral**

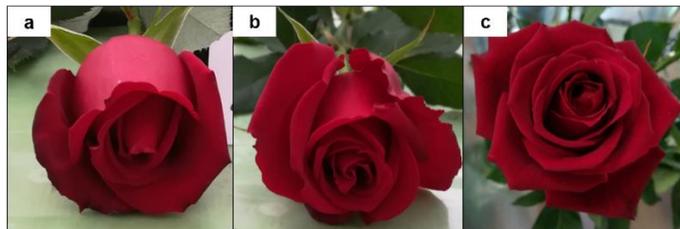
Con un vernier se midió el grosor del perianto de cada tallo floral.

### 6.9.5 Cantidad de tallos florales

Se evaluó el número de tallos florales por cada tratamiento.

### 6.9.6 Calidad de los tallos florales

Se determinó con el diámetro y la longitud del botón floral, y la apertura del botón floral (Figura 24).



**Figura 24.** Punto de apertura del botón floral en *Rosa hybrida* cv. Samourai®: a) Índice 1, b) Índice 2, y c) Índice 3 (De la Cruz-Guzmán et al., 2015).

## 6.10 Evaluación de vida en florero

Para la evaluación de vida en florero se utilizaron ocho tallos florales por tratamiento. Se asperjó sobre los botones florales una solución fungicida de 1 mL L<sup>-1</sup> de Pirimetanil: N-(4,6-dimetilpirimidin-2-il) anilina (Scala® 60 SC), con la finalidad de prevenir daño por *Botrytis cinerea*. Los tallos fueron colocados en cámara de enfriamiento durante 72 horas a una temperatura de 4 °C en una procona con cinco litros con la solución de 0.6 g L<sup>-1</sup> de sulfato de aluminio. Se hizo un cambio de solución a las 24 horas de ingresar los tallos a la cámara.

Después del tratamiento en la cámara de enfriamiento, los tallos se cortaron a 50 centímetros, ordenándolos por tratamiento y fueron colocados en floreros agregando un litro de agua potable en cada uno.

### 6.10.1 Tasa de absorción de agua

El agua de los floreros se cambió cada tres días, midiendo la cantidad de agua sobrante en los floreros y en cada cambio se agregó un litro de agua potable, se

cortó una pulgada de cada tallo y se revisó el punto de apertura del botón floral. Los tallos fueron desechados cuando presentaron doblamiento del pedúnculo.

### **6.11 Análisis estadístico**

Los datos se procesaron con el paquete estadístico InfoStat Versión 2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016) para análisis de varianza y donde hubo diferencias se hizo una comparación de medias Tukey ( $P = 0.05$ ). Para la comparación de medias se utilizó la suma semanal de plantas con brotes basales sobre el número total de plantas por repetición ( $x/29$ ). Además de análisis de correlación de Pearson, se hicieron curvas de crecimiento con el empleo del paquete estadístico Microsoft Excel.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Número de plantas con brotes basales

Se evaluaron los seis tratamientos durante las cuatro estaciones y hubo diferencias significativas en el número de plantas con brotes basales ( $P \leq 0.05$ ). La comparación de medias reunió cuatro grupos a lo largo de las estaciones, el primero incluyó a tratamientos de otoño, primavera y verano. Los otros tres grupos estuvieron en la estación de invierno (Cuadro 4). El tratamiento auxinas (Rooter QF®) difirió significativamente de los demás tratamientos con el mayor número de plantas con brotes basales, respecto al testigo se mostró una diferencia de medias de 8.00 (20.25 y 10.75). Se observó que en el último mes (invierno) se presentó la emisión de brotes basales, lo cual se puede atribuir a que en invierno los días son más cortos y Bidwell (1979) reportó que cuando las plantas entran en letargo, las yemas se inactivan con la presencia de días cortos y cuando se alargan los días las yemas se hinchan y comienzan a brotar, mientras que la auxina ácido indolacético (AIA) tiene un efecto estimulante sobre la fotosíntesis y se puede mover con rapidez para intervenir en las respuestas en el interior de la planta. Contrario a los resultados, Hoyos et al. (2008) reportaron que el AIA disminuye la emisión de brotes en la micropropagación del plátano.

De las estaciones, verano fue la que mostró los valores más bajos de plantas con brotes basales sin diferencia en tratamientos. Se ha reportado que los brotes basales y axilares se desarrollan de forma natural durante las estaciones con alta densidad de luz y cada cultivar de rosa muestra diferente respuesta (Jayroe-Cournoyer y Newman, 1995). En la producción continua de tallos florales es importante mantener área foliar para que las hojas aumenten la capacidad fotosintética y generen carbohidratos para estimular la brotación (Yong, 2004). Bidwell (1979), reportó que la fotosíntesis durante el verano se ve afectada por el bajo nivel de nitrógeno y otros nutrimentos ocasionando el almacenamiento de polisacáridos que son utilizados durante el invierno, estación donde se tiene la mayor parte del crecimiento y desarrollo de las plantas por la disponibilidad de nutrientes. En este sentido, durante verano se puede realizar el descabezado y

desyeme de los tallos delgados en las plantas de rosal, con la finalidad de que la planta acumule reservas y se utilicen para la brotación de basales.

**Cuadro 4.** Comparación de medias de número de plantas con brotes basales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020.

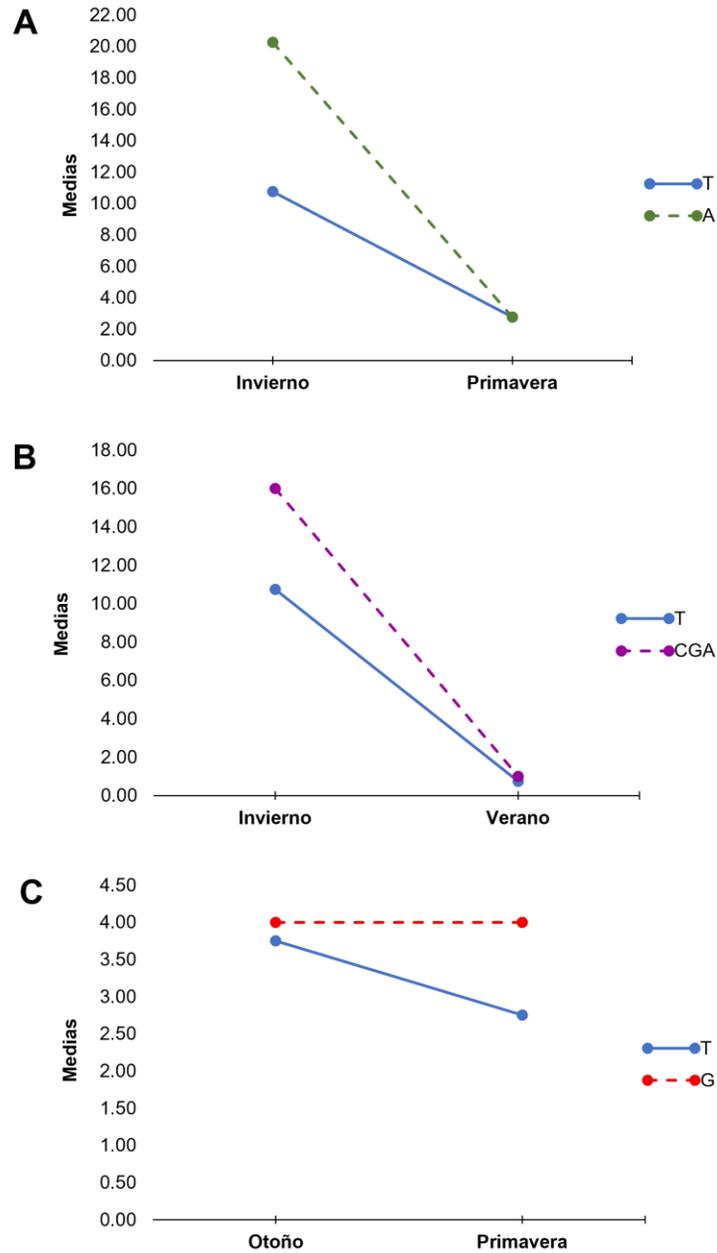
Estación	Tratamiento	Medias*
Otoño	Testigo	3.75 <sup>A</sup>
Otoño	Citoquininas	2.75 <sup>A</sup>
Otoño	Giberelinas	4.00 <sup>A</sup>
Otoño	Auxinas	2.75 <sup>A</sup>
Otoño	Citoquininas-giberelinas-auxinas	4.00 <sup>A</sup>
Otoño	Nitrógeno calcio	1.50 <sup>A</sup>
Invierno	Testigo	10.75 <sup>B</sup>
Invierno	Citoquininas	13.25 <sup>B</sup>
Invierno	Giberelinas	15.25 <sup>BC</sup>
Invierno	Auxinas	20.25 <sup>C</sup>
Invierno	Citoquininas-giberelinas-auxinas	16.00 <sup>BC</sup>
Invierno	Nitrógeno calcio	14.00 <sup>BC</sup>
Primavera	Testigo	2.75 <sup>A</sup>
Primavera	Citoquininas	3.75 <sup>A</sup>
Primavera	Giberelinas	4.00 <sup>A</sup>
Primavera	Auxinas	2.75 <sup>A</sup>
Primavera	Citoquininas-giberelinas-auxinas	2.50 <sup>A</sup>
Primavera	Nitrógeno calcio	1.75 <sup>A</sup>
Verano	Testigo	0.75 <sup>A</sup>
Verano	Citoquininas	0.25 <sup>A</sup>
Verano	Giberelinas	0.75 <sup>A</sup>
Verano	Auxinas	1.00 <sup>A</sup>
Verano	Citoquininas-giberelinas-auxinas	1.00 <sup>A</sup>
Verano	Nitrógeno calcio	1.25 <sup>A</sup>
<b>Promedio</b>		<b>5.45</b>

\* Medias con la misma letra dentro de cada factor de variación son iguales estadísticamente (Tukey,  $P = 0.05$ ).

Hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en la interacción estación-tratamiento. En invierno, las auxinas favorecieron el número de plantas con brotes basales, sin embargo, en primavera lo disminuyó. Las interacciones entre las estaciones del año

y los tratamientos refuerzan que la aplicación de auxinas (Rooter QF®) en invierno estimuló la emisión de brotes basales, comparado con el testigo que mostró una diferencia entre medias de 9.5 brotes basales (20.25 y 10.75), lo anterior demuestra que en invierno las plantas de rosa emiten de forma natural brotes basales y agregar auxinas puede incrementar el número de brotes que se ve reflejado en la producción de tallos florales. En primavera la aplicación de auxinas (Rooter QF®) no mostró efecto en el número de plantas con brotes basales (Figura 25A). De tal forma que las auxinas están activas en el período de vida de las plantas y se distribuyen diferencialmente dentro de los tejidos, lo que da lugar a la división, elongación y diferenciación celular, que promueve la emisión de brotes basales (Garay-Arroyo et al., 2014). Cooke et al. (2012), reportaron que la estacionalidad tiene efecto en el metabolismo y crecimiento de las especies perennes de zonas templadas y boreales. Sin embargo, la renovación de brotes en plantas de rosal está regulada por factores mecánicos como el agobio, y por las condiciones climáticas como: la temperatura, humedad relativa y luz, que influyen en la calidad de los brotes basales (Pizano, 2003).

La aplicación de citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) durante invierno estimuló la emisión de brotes basales, con una diferencia entre medias de 5.25 (16.00 y 10.75) comparado con el testigo, lo cual indicó que la aplicación de los tratamientos hormonales y nutricionales incrementaron la emisión de brotes basales durante invierno. Mientras que en verano la diferencia de medias fue de 0.25 (1.00 y 0.75) entre citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) y el testigo (Figura 25B). En otoño el tratamiento con giberelinas (Biogib10 PS®) indujo la emisión de brotes basales con una diferencia de medias de 0.25 (4.00 y 3.75) respecto al testigo, mientras que en primavera se presentó una diferencia de medias de 1.25 (4.00 y 2.75) entre las giberelinas (Biogib10 PS®) y el testigo (Figura 25C). Se ha reportado que durante primavera se forma ácido giberélico que desaparece en otoño y a principios de invierno (Bidwell, 1979). Asimismo, las plantas responden a las condiciones ambientales y a los reguladores de crecimiento, los cuales tienen un rol importante en la actividad bioquímica de las plantas, optimizando su crecimiento con efectos inhibitorios o estimulantes (Alcántara et al., 2019).



**Figura 25.** Medias de la interacción de los tratamientos y las estaciones en plantas con brotes basales en *Rosa hybrida* cv. Samurai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020.

## 7.2 Número de brotes basales por planta

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas en las estaciones y, en el número de brotes basales productivos, ciegos y totales ( $P \leq 0.05$ ) (Cuadro 5). Se encontraron 11 diferentes grupos en la emisión de brotes basales productivos, en otoño y primavera las giberelinas (Biogib10 PS®) mostraron efecto en la emisión de brotes basales productivos, comparado con los demás tratamientos. En invierno las auxinas (Rooter QF®) presentaron mayor respuesta en la emisión de brotes basales productivos mientras que en verano las citoquininas (Cystar®) no mostraron efecto. Entre las auxinas (Rooter QF®) en invierno y citoquininas en verano (Cystar®) presentaron una diferencia entre medias de 9.75 (9.75 y 0.0). Se ha reportado que el aumento de la temperatura puede afectar la fisiología de los cultivos (Confalone et al., 2017) y que la emisión de brotes basales en plantas de rosal es de forma gradual durante su vida productiva, Zieslin (1997) reportó que en el punto de injerto puede hallarse hasta cincuenta yemas latentes que pueden brotar en forma de basal.

En la emisión de brotes basales ciegos, la comparación de medias mostró cuatro grupos. Los tratamientos durante otoño, primavera y verano no tuvieron diferencias estadísticas entre ellos. Sin embargo, en invierno se presentaron tres grupos que tuvieron diferente respuesta; las giberelinas (Biogib10 PS®) tuvieron el mismo efecto respecto al testigo, mientras que las auxinas (Rooter QF®) manifestaron mayor cantidad de brotes basales ciegos, Ayala (2011) dio a conocer que los brotes basales ciegos se relacionan con la activación de las yemas dormantes en la zona basal en plantas de rosal, y Bidwell (1979) reportó que la aplicación de AIA inhibe la floración, lo que puede ocasionar la emisión de brotes basales ciegos. El tratamiento con auxinas (Rooter QF®) en invierno presentó mayor número de brotes basales productivos y ciegos, y por lo tanto totales. Hubo una proporción de brotes basales productivos y ciegos de casi 1:1 (3.03 y 3.31), del total de plantas el 48 % generó por lo menos un tallo floral, el otro 52 % fueron brotes ciegos, los cuales se arrocetan y eventualmente fueron eliminados durante el manejo agronómico.

Se ha reportado que al final del otoño y durante el invierno en el centro de México, la temperatura disminuye y provoca la defoliación y el letargo en las plantas para iniciar el ciclo vegetativo y reproductivo (floración), durante el letargo el fotoperiodo es percibido por las hojas que fomenta la elaboración de hormonas que se transportan a las yemas para iniciar la floración (Bidwell, 1979). Medina-García et al. (2019) menciona que el área foliar tiene un papel importante en la fotosíntesis de las plantas porque permite recuperar las reservas de carbohidratos que son ocupados en la emisión de brotes.

**Cuadro 5.** Medias de número de brotes basales productivos, ciegos y totales por planta en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020.

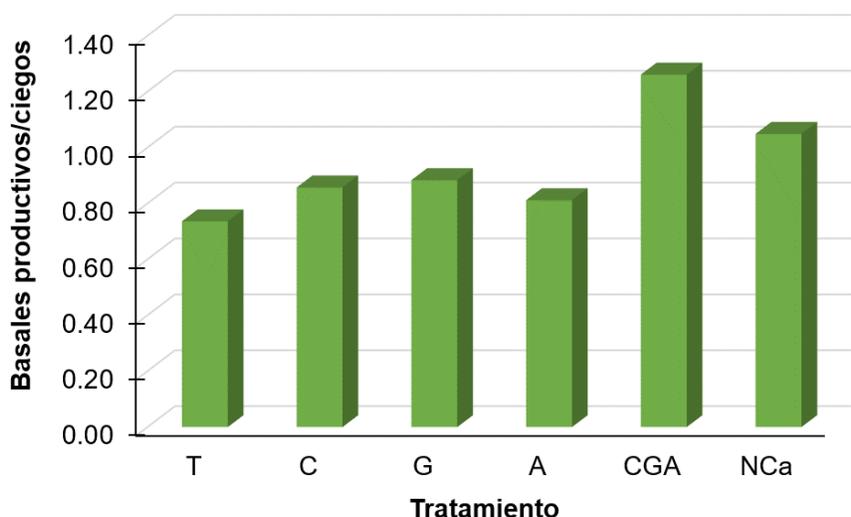
Estación	Tratamiento	Medias*		
		Productivos	Ciegos	Total
Otoño	Testigo	1.00 <sup>ABC</sup>	3.25 <sup>A</sup>	4.25 <sup>A</sup>
Otoño	Citoquininas	2.00 <sup>ABCD</sup>	0.75 <sup>A</sup>	2.75 <sup>A</sup>
Otoño	Giberelinas	3.00 <sup>ABCDE</sup>	1.50 <sup>A</sup>	4.50 <sup>A</sup>
Otoño	Auxinas	2.00 <sup>ABCD</sup>	1.25 <sup>A</sup>	3.25 <sup>A</sup>
Otoño	Citoquininas-giberelinas-auxinas	2.75 <sup>ABCD</sup>	1.50 <sup>A</sup>	4.25 <sup>A</sup>
Otoño	Nitrógeno calcio	1.50 <sup>ABCD</sup>	0.25 <sup>A</sup>	1.75 <sup>A</sup>
Invierno	Testigo	5.50 <sup>ABCDEF</sup>	9.50 <sup>BC</sup>	15.00 <sup>B</sup>
Invierno	Citoquininas	6.25 <sup>BCDEF</sup>	8.75 <sup>B</sup>	15.00 <sup>B</sup>
Invierno	Giberelinas	7.00 <sup>CDEF</sup>	11.25 <sup>BC</sup>	18.25 <sup>BC</sup>
Invierno	Auxinas	9.75 <sup>F</sup>	14.25 <sup>C</sup>	24.00 <sup>C</sup>
Invierno	Citoquininas-giberelinas-auxinas	9.00 <sup>EF</sup>	9.00 <sup>B</sup>	18.00 <sup>BC</sup>
Invierno	Nitrógeno calcio	7.25 <sup>DEF</sup>	9.00 <sup>B</sup>	16.25 <sup>BC</sup>
Primavera	Testigo	2.50 <sup>ABCD</sup>	0.50 <sup>A</sup>	3.00 <sup>A</sup>
Primavera	Citoquininas	2.25 <sup>ABCD</sup>	2.50 <sup>A</sup>	4.75 <sup>A</sup>
Primavera	Giberelinas	3.00 <sup>ABCDE</sup>	1.50 <sup>A</sup>	4.50 <sup>A</sup>
Primavera	Auxinas	1.25 <sup>ABCD</sup>	1.75 <sup>A</sup>	3.00 <sup>A</sup>
Primavera	Citoquininas-giberelinas-auxinas	1.75 <sup>ABCD</sup>	1.00 <sup>A</sup>	2.75 <sup>A</sup>
Primavera	Nitrógeno calcio	1.00 <sup>ABC</sup>	0.75 <sup>A</sup>	1.75 <sup>A</sup>
Verano	Testigo	0.75 <sup>AB</sup>	0.00 <sup>A</sup>	0.75 <sup>A</sup>
Verano	Citoquininas	0.00 <sup>A</sup>	0.25 <sup>A</sup>	0.25 <sup>A</sup>
Verano	Giberelinas	0.25 <sup>AB</sup>	0.75 <sup>A</sup>	1.00 <sup>A</sup>
Verano	Auxinas	1.00 <sup>ABC</sup>	0.00 <sup>A</sup>	1.00 <sup>A</sup>
Verano	Citoquininas-giberelinas-auxinas	1.00 <sup>ABC</sup>	0.00 <sup>A</sup>	1.00 <sup>A</sup>
Verano	Nitrógeno calcio	1.00 <sup>ABC</sup>	0.25 <sup>A</sup>	1.25 <sup>A</sup>
<b>Promedio</b>		3.03	3.31	6.34

\*Medias con la misma letra en las columnas dentro de cada factor de variación son iguales estadísticamente (Tukey, P = 0.05).

La proporción de brotes basales productivos/ciegos (Figura 26) determinó que el tratamiento citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) presentó 42 % más de brotes basales productivos que el testigo. Lo anterior determinó que las hormonas cumplen diversas funciones, algunas muy específicas y en algunos casos al involucrar dos o más hormonas regulan un efecto que puede presentarse siempre u ocasionalmente (Díaz, 2017). En el caso de las citoquininas tienen la capacidad de inducir la floración, las giberelinas impiden o rompen el letargo y las auxinas estimulan la división celular y la formación de órganos (Bidwell, 1979).

Por otra parte, el tratamiento con nitrógeno-calcio (Erger®) presentó 30 % más de brotes basales productivos/ciegos comparado con el testigo, lo que demuestra lo reportado por Hawerroth et al. (2010) donde el producto aporta nutrientes a los tejidos dormantes para inducir la brotación de yemas, y la combinación de Erger® con nitrato de calcio logró un mayor rendimiento y uniformización en la brotación de yemas axilares y terminales en manzanos. Fustec y Beaujard (2000), mencionan que la interacción de la deficiencia de nitrógeno con los días cortos aumenta el desarrollo basal en plantas de azaleas, mientras que la aplicación de nitrógeno estimula la brotación en la zona basal y media en plantas de rosal (Huché-Thélier et al., 2011).

Las auxinas mostraron una diferencia del 9 % respecto al testigo. Por lo tanto, la aplicación de éstas no ayuda a mejorar la emisión de brotes basales con la finalidad de dar estructura a la planta e incrementar la producción de tallos florales.



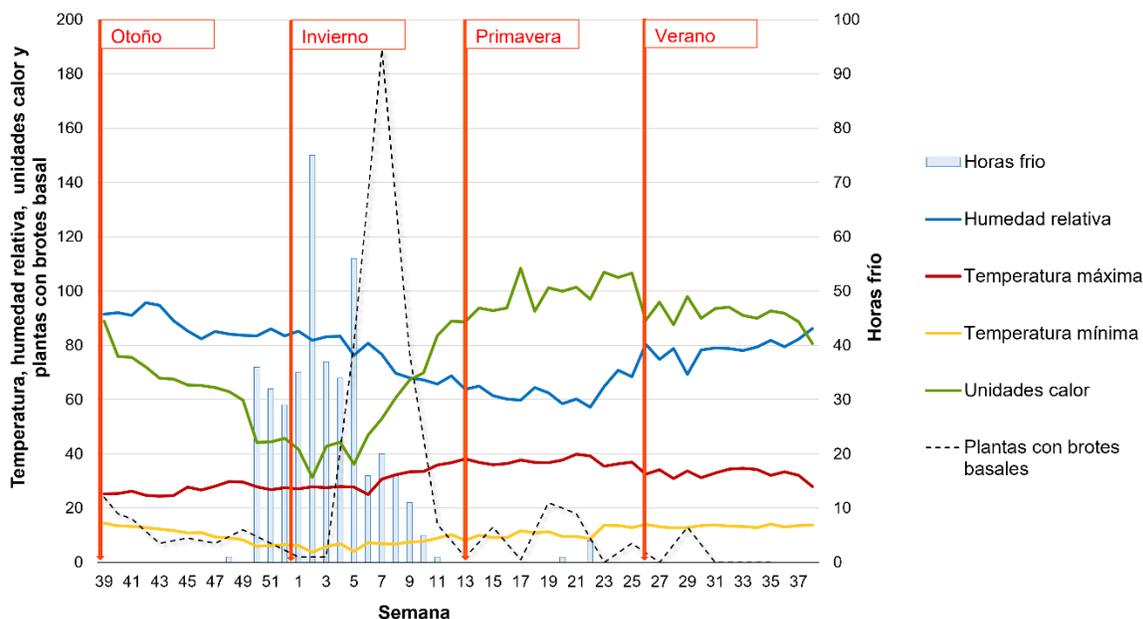
**Figura 26.** Proporción del número de brotes basales productivos/ciegos en seis tratamientos hormonales y nutricionales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® en las cuatro estaciones del período 2019-2020.

### 7.3 Variables ambientales y su influencia en los brotes basales

La humedad relativa se mantuvo por encima del 80 % durante otoño y verano, mientras que en invierno y primavera disminuyó y se mantuvo cerca del 60 % (Figura 27). Junio fue el mes más cálido, con temperaturas de 39.5 °C, y la acumulación de unidades calor fue mayor en primavera (9,015.30) que disminuyó gradualmente durante verano (8,280.51), otoño (6,300.21), e invierno (4.666.29) que fue la estación con menor acumulación. La acumulación de horas frío en otoño e invierno fue de 404 horas frío y se observó que al disminuir la temperatura en otoño las hojas comenzaron a tomar un color amarillo e incluso cayeron de la planta, lo anterior suele limitar la fotosíntesis al ocasionar que las plantas produzcan menor cantidad de clorofilas y mayor producción de carotenoides y antocianinas (Azcón-Bieto y Talón, 2013), de ahí la pigmentación púrpura intensa en hojas y tallos. Además, los días cortos y temperaturas descendentes inducen a la suspensión del crecimiento, comienzo de la latencia y la caída de hojas, las hojas más viejas de las plantas envejecen aportando su contenido de nutrientes a las partes en crecimiento (Bidwell, 1979).

Durante el verano la presencia de brotes basales fue menor comparada con las otras estaciones. La emisión de brotes basales por planta se incrementó durante invierno con la acumulación de horas frío, en la semana 10 se presentó el punto más alto en la emisión de brotes basales, lo cual disminuyó gradualmente con el aumento de las unidades calor (Figura 10). Primavera fue la estación con mayor acumulación de unidades calor (9,015.30), seguido de verano (8,280.51), otoño (6,300.21) e invierno (4,665.29). Tal y como señala Bidwell (1979), quien reportó que las plantas perennes entran en letargo antes que se establezca el invierno y que los días cortos tienen menor cantidad de unidades calor, dando como resultado que las plantas entren en letargo y formen yemas inactivas que, al ser expuestas a días largos, se hinchan y brotan.

Por otra parte, las plantas están expuestas a estímulos externos como las condiciones meteorológicas (Bielach et al., 2017). Se ha reportado que la exposición a temperaturas menores a los 7 °C estimulan el crecimiento vegetativo (Espíndola y Bernal, 2013). En este sentido, Vegis (1964) menciona que el letargo se rompe por el aumento de la temperatura y el alargamiento de los días. Al aumentar las temperaturas en primavera se origina el movimiento de las reservas, y la sacarosa se sintetiza a partir de los compuestos almacenados y liberados al xilema cuando comienza el crecimiento (Bidwell, 1979).

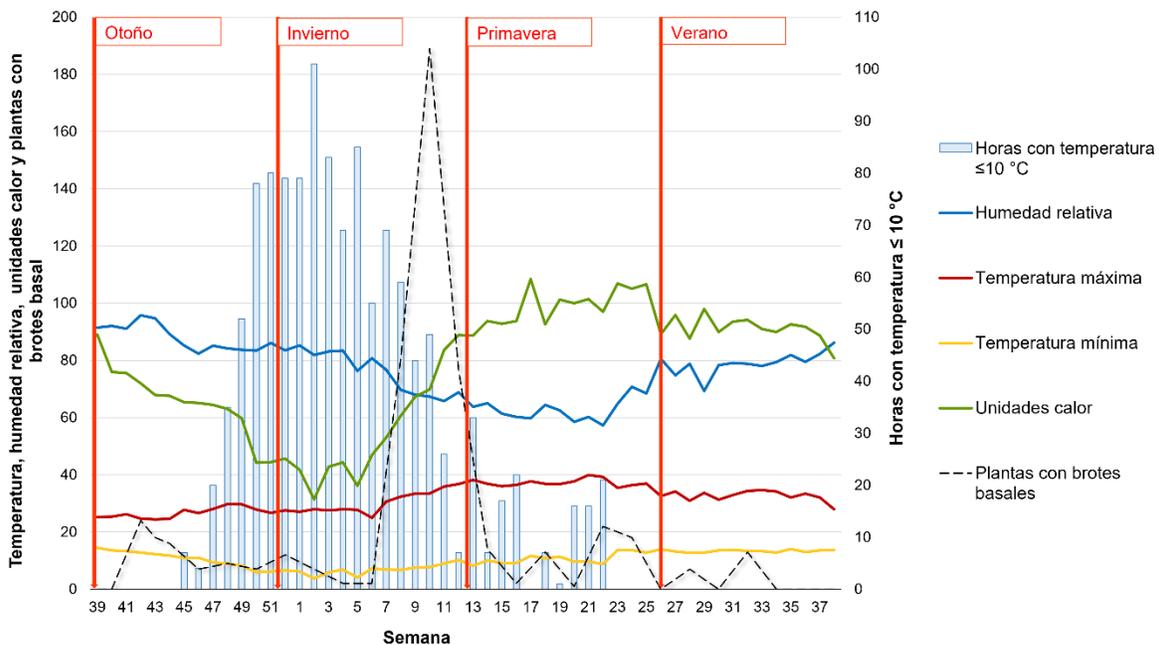


**Figura 27.** Promedio semanal de los valores ambientales registrados, unidades calor, horas frío y número de plantas con brotes basales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® en las cuatro estaciones del período 2019-2020.

La presencia de temperaturas menores a los 10 °C ocurrió durante otoño a partir del cuatro de noviembre (semana 45) hasta el 15 de marzo (semana 11), en este periodo se presentó mayor número de plantas con brotes basales y en verano las temperaturas fueron de 13 a 35 °C, donde hubo disminución de plantas con brotes basales respecto a las otras tres estaciones (Figura 28). En las plantas de rosal la temperatura base es a los 10 °C y el desarrollo se detiene por el frío (CIREN, 1989). Por otra parte, en verano existe menor emisión de brotes basales y el estrés por las temperaturas altas afecta la fenología, fisiología y metabolismo en las plantas (Argentel et al., 2017), acelerando el consumo de energía, donde la mayoría de las especies empiezan a tener problemas entre los 30 y 40 °C (Chaves-Barrantes y Gutiérrez Soto, 2017). Se ha reportado que una vez que la yema acumuló la cantidad de calor necesaria de acuerdo con cada cultivar, se desencadena la floración o la brotación vegetativa (Chaar y Astorga, 2012).

Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Khayat y Zieslin (1982), donde confirman que el efecto del frío aumenta la emisión de brotes basales

en rosa y que los factores ambientales afectan el crecimiento de las plantas. Chaar y Astorga (2012), mencionan que las plantas perennes tienen la capacidad de interrumpir y retomar su crecimiento en respuesta a las condiciones ambientales de cada estación, según la especie poseen un período de reposo durante otoño, invierno y comienzos de la primavera, y para salir del reposo las yemas florales o vegetativas deben exponerse a temperaturas bajas (acumulación de horas frío) y luego a temperaturas moderadas (acumulación de unidades calor).



**Figura 28.** Promedio semanal de los valores ambientales registrados, unidades calor, horas frío y número de plantas con brotes basales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® en las cuatro estaciones del período 2019-2020.

#### 7.4 Crecimiento de brotes basales

La comparación de medias mostró diferencias estadísticas significativas en la longitud y diámetro de los brotes basales ( $P \leq 0.05$ ). En la longitud de los brotes basales se ordenaron en tres grupos, mostrando mayor efecto en otoño con las citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®), en verano con las giberelinas (Biogib10 PS®) y las citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®), el tratamiento

con citoquininas (Cystar®) en invierno obtuvo menor longitud. Para el diámetro de los brotes basales se obtuvieron tres grupos con diferencias estadísticas significativas, en otoño las citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) mostraron diámetro mayor y el testigo durante verano fue el que presentó el diámetro menor (Cuadro 6). Las citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) presentaron mayor longitud y diámetro, siendo el mejor tratamiento durante otoño. Mientras que en verano las giberelinas (Biogib10 PS®) mostraron los mejores efectos en longitud y diámetro de los brotes basales. En primavera no hubo diferencias significativas en el efecto de los tratamientos. Bidwell (1979) menciona que los estímulos ambientales influyen en el desarrollo de las plantas y la aplicación de hormonas provoca cambios en la morfología y desarrollo. Los resultados obtenidos demostraron lo contrario a lo reportado por Lagoutte et al. (2009), donde obtuvieron plantas de mayor tamaño con la aplicación de citoquininas, debido a que son reguladores de crecimiento que permiten el desarrollo de las plantas al desinhibir y dar diferenciación a las yemas, alargamiento celular, y permitir el flujo de nutrientes en la planta. Por otra parte, las giberelinas contribuyen al crecimiento celular en las plantas (Calderón-Baltierra, 1994) y son esenciales para estimular el crecimiento del tallo floral, sin embargo, no hay combinación hormonal que estimule la floración de forma general en todas las plantas (Bidwell, 1979).

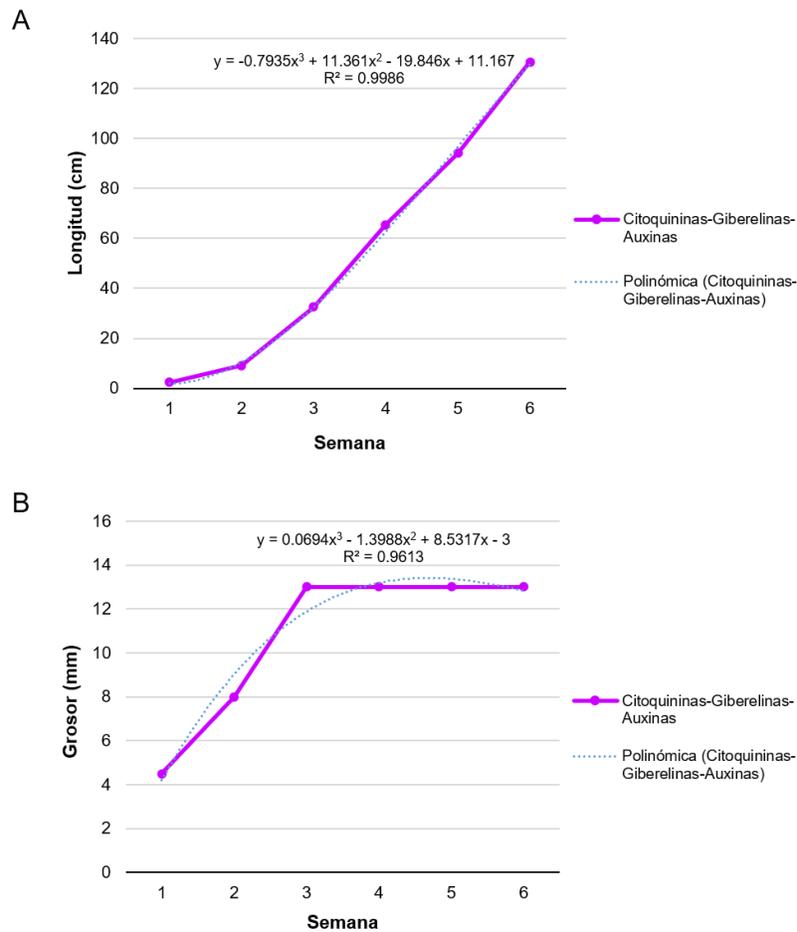
**Cuadro 6.** Medias de longitud y diámetro de brotes basales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020.

Estación	Tratamiento	Medias*	
		Longitud	Diámetro
Otoño	Testigo	120.00 <sup>AB</sup>	11.00 <sup>AB</sup>
Otoño	Citoquininas	121.50 <sup>AB</sup>	10.50 <sup>AB</sup>
Otoño	Giberelinas	127.00 <sup>AB</sup>	11.50 <sup>AB</sup>
Otoño	Auxinas	110.00 <sup>AB</sup>	10.50 <sup>AB</sup>
Otoño	Citoquininas-giberelinas-auxinas	130.50 <sup>B</sup>	13.00 <sup>B</sup>
Otoño	Nitrógeno calcio	116.50 <sup>AB</sup>	11.50 <sup>AB</sup>
Invierno	Testigo	112.50 <sup>AB</sup>	9.00 <sup>AB</sup>
Invierno	Citoquininas	100.00 <sup>A</sup>	9.50 <sup>AB</sup>
Invierno	Giberelinas	119.50 <sup>AB</sup>	10.00 <sup>AB</sup>
Invierno	Auxinas	106.00 <sup>AB</sup>	10.50 <sup>AB</sup>
Invierno	Citoquininas-giberelinas-auxinas	111.00 <sup>AB</sup>	10.00 <sup>AB</sup>
Invierno	Nitrógeno calcio	112.50 <sup>AB</sup>	9.50 <sup>AB</sup>
Primavera	Testigo	117.50 <sup>AB</sup>	9.00 <sup>AB</sup>
Primavera	Citoquininas	111.50 <sup>AB</sup>	8.50 <sup>AB</sup>
Primavera	Giberelinas	127.50 <sup>AB</sup>	9.50 <sup>AB</sup>
Primavera	Auxinas	112.50 <sup>AB</sup>	10.00 <sup>AB</sup>
Primavera	Citoquininas-giberelinas-auxinas	123.00 <sup>AB</sup>	9.50 <sup>AB</sup>
Primavera	Nitrógeno calcio	113.00 <sup>AB</sup>	9.00 <sup>AB</sup>
Verano	Testigo	114.00 <sup>AB</sup>	7.50 <sup>A</sup>
Verano	Citoquininas	123.00 <sup>AB</sup>	9.50 <sup>AB</sup>
Verano	Giberelinas	131.00 <sup>B</sup>	9.50 <sup>AB</sup>
Verano	Auxinas	118.50 <sup>AB</sup>	8.00 <sup>AB</sup>
Verano	Citoquininas-giberelinas-auxinas	132.00 <sup>B</sup>	8.50 <sup>AB</sup>
Verano	Nitrógeno calcio	122.00 <sup>AB</sup>	9.00 <sup>AB</sup>
<b>Promedio</b>		118.02	9.75

\*Medias con la misma letra en las columnas dentro de cada factor de variación son iguales estadísticamente (Tukey, P = 0.05)

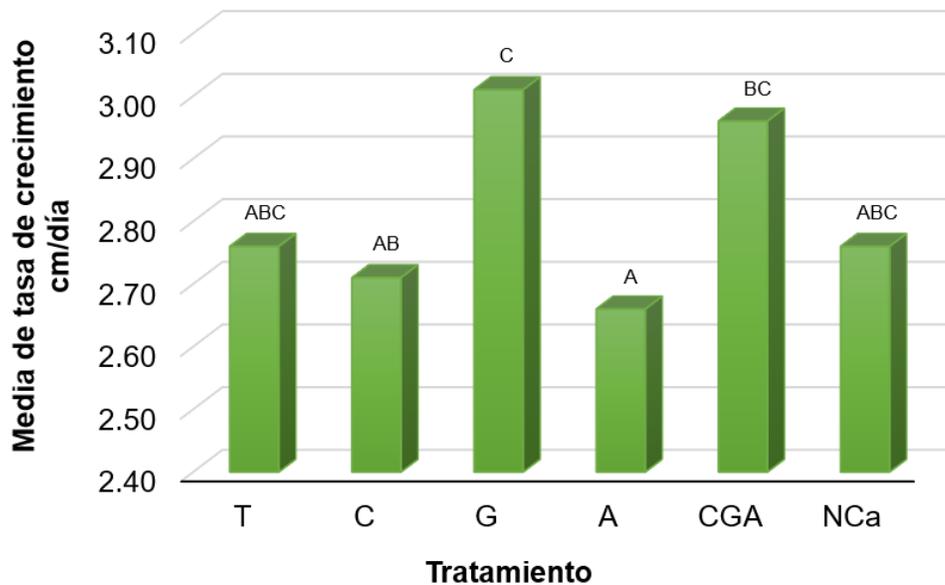
La curva de crecimiento de los brotes basales con citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) durante otoño presentó el crecimiento continuo en la longitud (Figura 29A) y grosor (Figura 29B), a partir de la tercera semana se llegó al grosor máximo de 13 milímetros. El engrosamiento final ocurrió antes de que los tallos alcanzaron la longitud máxima, por lo tanto, los brotes basales del tratamiento con citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) en otoño se pueden pinchar a partir de la cuarta

semana porque cuentan con el grosor y altura adecuada para comenzar la estructura de la planta, la interacción de las tres hormonas favoreció la longitud y diámetro en los brotes basales en plantas de rosal. Las plantas para su desarrollo requieren de reguladores hormonales, capaces de controlar en las células la actividad metabólica (Alcántara et al., 2019) y Cárdenas et al. (2010) reportó que la aplicación de dos hormonas en injertos de cacao permitió que la giberelina AG<sub>3</sub> alcanzará los mayores valores en longitud, mientras que la citoquinina 6BAP obtuvo los mayores diámetros en los injertos.



**Figura 29.** Curva de crecimiento semanal de la longitud (A) y grosor (B) de los brotes basales en el tratamiento con citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) *Rosa hybrida* cv. Samurai® en el periodo de otoño de 2019.

En la tasa de crecimiento hubo diferencias estadísticas significativas, distribuidos en cinco grupos. Las giberelinas (Biogib 10 PS®) presentaron la tasa de crecimiento más alta, favoreció 8 % comparado con el testigo (3.01 y 2.76), mientras que las citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) mostraron 7 % (2.96 y 2.76) más crecimiento respecto al testigo. Las auxinas (Rooter QF®) mostraron la menor tasa de crecimiento y de acuerdo con lo reportado por Cárdenas et al. (2010) las giberelinas permiten alcanzar la mayor longitud y su aplicación exógena origina una extensa variedad de respuestas en el desarrollo (Amador-Alfárez et al., 2013).



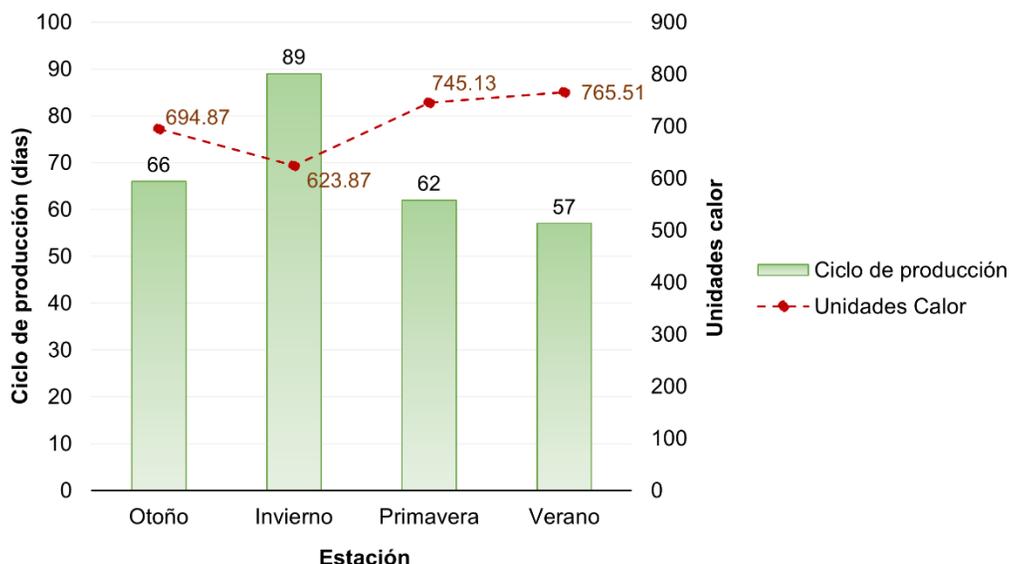
**Figura 30.** Medias en la tasa de crecimiento de los brotes basales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en el periodo 2019-2020 (T= Testigo, C= Citoquininas, G= Giberelinas, A= Auxinas, CGA= Citoquinina-giberelina-auxina y NCa= Nitrógeno-calcio). Medias con la misma letra en las columnas dentro de cada factor de variación son iguales estadísticamente (Tukey, P = 0.05).

### 7.5 Unidades calor y su influencia en el ciclo de producción.

El ciclo de producción del cultivo fue diferente durante las cuatro estaciones (Figura 31), en invierno se necesitó 36 % más días para acumular las unidades calor y completar el ciclo de producción comparado con verano (89 y 57 días). Siendo en

esta última estación donde se acumuló mayor cantidad de unidades calor en menos días durante las cuatro estaciones evaluadas. Entre otoño y primavera la diferencia en el ciclo de producción fue de 4 días (66 y 62), las unidades calor tuvieron variación en un 7 % (694.87 y 745.13). Se ha reportado que durante verano el área foliar de las plantas aumenta comparada con las demás estaciones del año (Mendoza et al., 2010). Al incrementar el área foliar, la planta aumenta la superficie fotosintética y capta mayor energía lumínica, incrementando la producción y la calidad (Casierra-Posada y Pinto-Correa, 2011). Se reportó que el cultivar de rosa Charlotte necesito 49 días desde el pinch hasta el corte y acumuló 906.3 unidades calor, para el cultivar Freedom se necesitaron 50 días y una acumulación de 779.9 unidades calor (Rodríguez y Florez, 2006).

En primavera se forman sustancias promotoras del crecimiento principalmente giberelinas que desaparecen en otoño e invierno, en verano los días son largos (Bidwell, 1979), ocasionado por la variación estacional que se da por la inclinación en el eje de rotación de la Tierra y que tiene incidencia en los rayos solares reflejados en la cantidad de luz, sombra y temperatura, dando lugar a que en verano exista mayor iluminación solar (Báez y De Oliveira, 2018). Durante invierno se consiguen temperaturas bajas y menor radiación solar que afecta el rendimiento de algunas especies como el *Ballico perenne* cultivar Barlatra que disminuye su crecimiento y rendimiento, mientras que en primavera y verano se obtiene su máxima producción (Castro-Hernández et al., 2017). La calidad de la luz capta mediante receptores específicos las diferentes longitudes de onda (Casierra-Posada et al., 2011) y pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas.



**Figura 31.** Ciclo de producción y acumulación de unidades calor en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020.

### 7.6 Evaluación de los tallos florales

El 46 % de los tallos evaluados durante la investigación fueron de calidad exportación, 39 % estándar y 15 % especial (1.91, 1.61 y 0.64). En la calidad de los tallos florales evaluados se encontraron diferencias estadísticas significativas entre estaciones ( $P \leq 0.05$ ) (Cuadro 7). En la calidad exportación se presentaron cuatro grupos y otoño fue la estación con mayor cantidad de tallos florales en esta calidad, mientras que invierno presentó menor cantidad, entre las estaciones antes mencionadas hubo una diferencia de medias de 1.37 (1.98 y 0.61). La calidad estándar tuvo dos grupos, en invierno se presentó mayor cantidad de tallos florales; se observó que en otoño, primavera y verano mostraron la misma respuesta en la calidad estándar. Los tallos calidad especial se agruparon en tres categorías con diferencias significativas, invierno y verano tuvieron más cantidad de tallos florales calidad especial, mientras que en otoño hubo menor cantidad de tallos florales de la calidad antes mencionada. Se ha reportado que las temperaturas afectan las funciones de la fotosíntesis, ocasionando que en verano se incremente y que haya más producción de tallos florales, lo contrario ocurre en invierno, al decrecer la

temperatura a partir de otoño la fotosíntesis y respiración baja y se modifica la translocación de carbohidratos que se encuentran en las hojas ocasionando que no puedan trasladarse hacia los tallos y otros brotes, provocando baja producción de tallos florales (Zieslin, 1997). Asimismo, durante verano la formación y manejo de las plantas influyen sobre la longitud y el diámetro de los tallos florales (Yong, 2004) y la calidad también depende de la temporada de corte, medio de crecimiento, humedad y nutrientes (Jing et al., 2020).

**Cuadro 7.** Comparación de medias de la calidad de tallos florales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020.

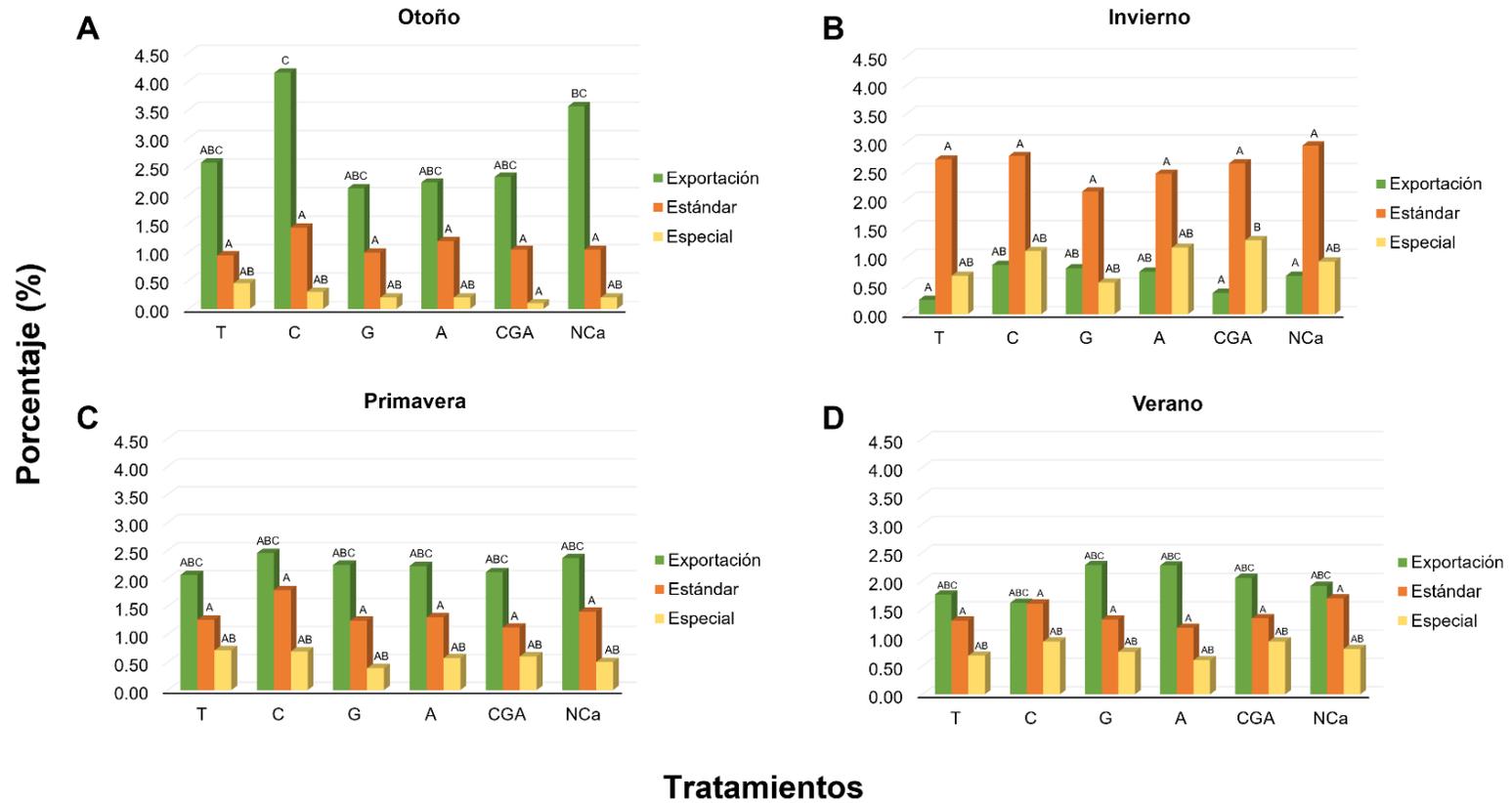
Estación	Medias de número de tallos*		
	Exportación	Estándar	Especial
Otoño	2.82 <sup>C</sup>	1.10 <sup>A</sup>	0.24 <sup>A</sup>
Invierno	0.61 <sup>A</sup>	2.60 <sup>B</sup>	0.95 <sup>B</sup>
Primavera	2.24 <sup>BC</sup>	1.35 <sup>A</sup>	0.58 <sup>AB</sup>
Verano	1.98 <sup>B</sup>	1.40 <sup>A</sup>	0.78 <sup>B</sup>
<b>Promedio</b>	1.91	1.61	0.64

\*Medias con la misma letra en las columnas dentro de cada factor de variación son iguales estadísticamente (Tukey,  $P = 0.05$ )

En la calidad de los tallos florales evaluados se encontraron diferencias estadísticas significativas entre estaciones y tratamientos ( $P \leq 0.05$ ), en la calidad exportación hubo seis grupos, en la calidad estándar no hubo diferencias significativas entre tratamientos durante las cuatro estaciones, y para la calidad especial se agrupó en 3 categorías (Figura 32). En otoño el 68 % de tallos florales cosechados fue calidad exportación y solo el 6 % fue calidad especial, los tallos con el tratamiento de citoquininas (Cystar®) produjeron mayor cantidad de tallos calidad exportación (17 %) y el tratamiento con citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) ayudo a tener menor cantidad de tallos calidad especial. Invierno fue la estación donde se presentó menor calidad en los tallos florales, siendo 62 % calidad estándar y 23 % especial, solo el 15 % fue calidad exportación. Las citoquininas (Cystar®),

giberelinas (Biogib 10 PS®) y auxinas (Rooter QF®) promovieron los tallos calidad exportación en invierno, sin embargo, las citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) y el nitrógeno-calcio (Erger®) no mostraron efecto respecto al testigo.

En primavera se logró 54 % de tallos florales calidad exportación, 32 % estándar y 14% especial. Verano fue la estación con mayor producción de tallos florales, comparado con las demás estaciones; el 48 % fue calidad exportación, 34 % estándar y 19 % especial. En primavera y verano no hubo diferencias en el efecto de los tratamientos en los tres tipos de calidad. Se ha reportado que las plantas tienen fotorreceptores para relacionarse con las variables ambientales, la radiación solar es captada por las plantas y puede aumentar la cantidad y calidad del producto cosechado, el tipo de luz afecta el metabolismo de las plantas y su transformación en energía química (Casierra-Posada y Peña Olmos, 2015) alterando el crecimiento y la calidad del producto (Casierra-Posada y Pinto-Correa, 2011). Las temperaturas afectan las funciones de la fotosíntesis, en verano aumenta y origina mayor producción de tallos florales, lo contrario ocurre en invierno, al decrecer la temperatura a partir del otoño, disminuye la fotosíntesis y respiración y se reduce la cantidad de tallos florales y modificando la traslocación de carbohidratos que se encuentran en las hojas ocasionando que no puedan trasladarse hacia los tallos y otros brotes, provocando baja producción de tallos florales (Zieslin, 1997).

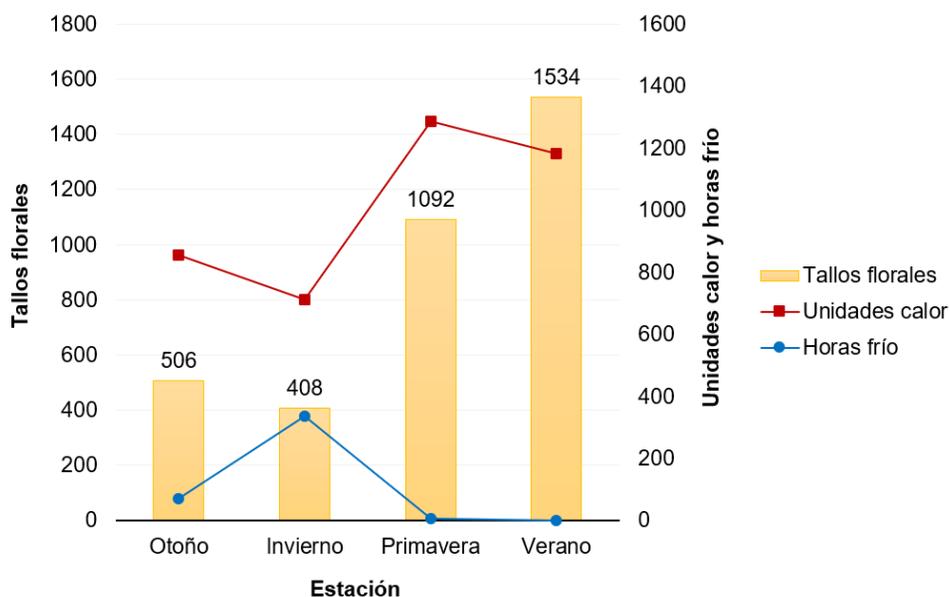


**Figura 32.** Porcentaje del promedio de la calidad en tallos florales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero con seis tratamientos hormonales y nutricionales en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020 (T= Testigo, C= Citoquininas, G= Giberelinas, A= Auxinas, CGA= Citoquininas-giberelinas-auxinas y NCa= Nitrógeno-calcio).

### **7.7 Variables ambientales y su influencia en la producción de tallos florales.**

Durante primavera la acumulación de unidades calor se mantuvo por encima de otoño, invierno y verano (Figura 33). Sin embargo, en verano se presentó la mayor producción de tallos florales, siendo 73 % más que invierno (1534 y 408). Lo anterior se puede atribuir a la formación de la estructura de la planta durante la emisión de los brotes basales en invierno y también al aumento del metabolismo de la planta a causa de las variables ambientales. Durante otoño e invierno la cantidad de tallos florales fue menor comparado con primavera y verano, estas dos últimas fueron las que acumularon mayor cantidad de unidades calor.

Lo anterior coincide con lo reportado por Espinosa-Espinosa et al. (2018), donde mencionan que los cultivos requieren energía que se estima en unidades calor para lograr su desarrollo, donde la falta de horas frío y menor acumulación de unidades calor puede disminuir el rendimiento de los cultivos. La mayor cantidad de horas frío se registraron en otoño e invierno, lo cual según Álvarez-Bravo et al. (2019) la mayor cantidad de horas frío se acumula durante los meses de noviembre a marzo. Por otra parte, Bonner y Galston (1952) concluyeron la yema apical percibe el frío y las hojas el fotoperiodo, el frío provoca el estímulo de floración y es capaz de moverse a través de la planta al igual que el estímulo de floración producido por el fotoperiodo; ambos estímulos actúan como hormonas que controlan la diferenciación floral.



**Figura 33.** Producción de tallos florales, acumulación de unidades calor y horas frío en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020 (T= Testigo, C= Citoquininas, G= Giberelinas, A= Auxinas, CGA= Citoquininas-giberelinas-auxinas y NCa= Nitrógeno-calcio).

## 7.8 Análisis de correlación

En la matriz de correlación (cuadro 8) se observaron correlaciones estadísticamente significativas entre los tratamientos con las horas frío y el número de plantas con brotes basales. Las unidades calor se correlacionaron negativamente con el número de plantas con brotes basales ( $r = -0.757$ ;  $P \leq 0.05$ ). Las horas frío tuvieron una correlación significativa y positiva con el número de plantas con brotes basales ( $r = 0.988$ ;  $P \leq 0.05$ ), y el grado de correlación entre las horas frío y la aplicación de citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) fue altamente significativo en el número de plantas con brotes basales ( $r = 0.997$ ;  $P \leq 0.01$ ). Se conoce que la aplicación de citoquininas, giberelinas y auxinas regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas (Jing et al., 2020), y la acumulación de horas frío influye en la brotación de basales, donde el déficit de frío retarda y puede causar desuniformidad en la brotación al disminuir el rendimiento de las plantas (Mendoza, 2020).

En la producción de tallos florales los tratamientos mostraron una correlación negativa ( $r = -0.798, -0.713, -0.743, -0.660, -0.735, -0.614$ ;  $P \leq 0.05$ ), sin embargo, el número de plantas con brotes basales mostraron una correlación altamente significativa y positiva con la aplicación de los tratamientos hormonales y nutricionales ( $0.992, 0.997, 0.997, 0.997, 0.991$ ;  $P \leq 0.01$ ). Se ha reportado que uno de los factores que alteran la emisión de brotes basales es el área foliar, de manera que al podar las plantas se estimula el crecimiento de brotes basales, y durante la producción continua de tallos florales se mantiene el área foliar de las plantas y la estimulación se debe hacer con tratamientos a base de frío y con el uso de reguladores de crecimiento (Khayat y Zieslin, 1982). Alcántara et al. (2019) encontró que la deficiencia de nitrógeno reduce la producción de citoquininas en las raíces lo que ocasiona que no haya brotes en la zona apical, lo anterior también afecta los niveles de auxinas ocasionando la ausencia o el bajo número de brotes apicales. Cada hormona modifica o inhibe el crecimiento o desarrollo de las plantas, en el caso de las auxinas que estimulan la elongación y se encuentran en toda la planta, están activas en los tejidos jóvenes como meristemos apicales, hojas y frutos en crecimiento; mientras que las citoquininas promueven el desarrollo de los brotes y la movilización de nutrientes hacia las hojas, se encuentran en tejidos que están en constante división celular como meristemos, frutos en maduración y raíces en desarrollo. En el caso de las giberelinas, estimulan la elongación celular y tienen la capacidad de reemplazar la necesidad de horas frío para inducir la floración en algunas especies (Lluna, 2006). El uso nitrógeno-calcio (Erger®), se ha reportado que aporta nutrientes a los tejidos dormantes y cambia el equilibrio de los promotores o inhibidores del crecimiento, al mismo tiempo inicia la actividad metabólica que conduce a la brotación de yemas (Hawerth et al., 2010).

**Cuadro 8.** Matriz de correlación entre las unidades calor, horas frío y producción de tallos florales con plantas con brotes basales y en los tratamientos evaluados en el cultivo de *Rosa hybrida* cv. Samourai® en las cuatro estaciones del período 2019-2020.

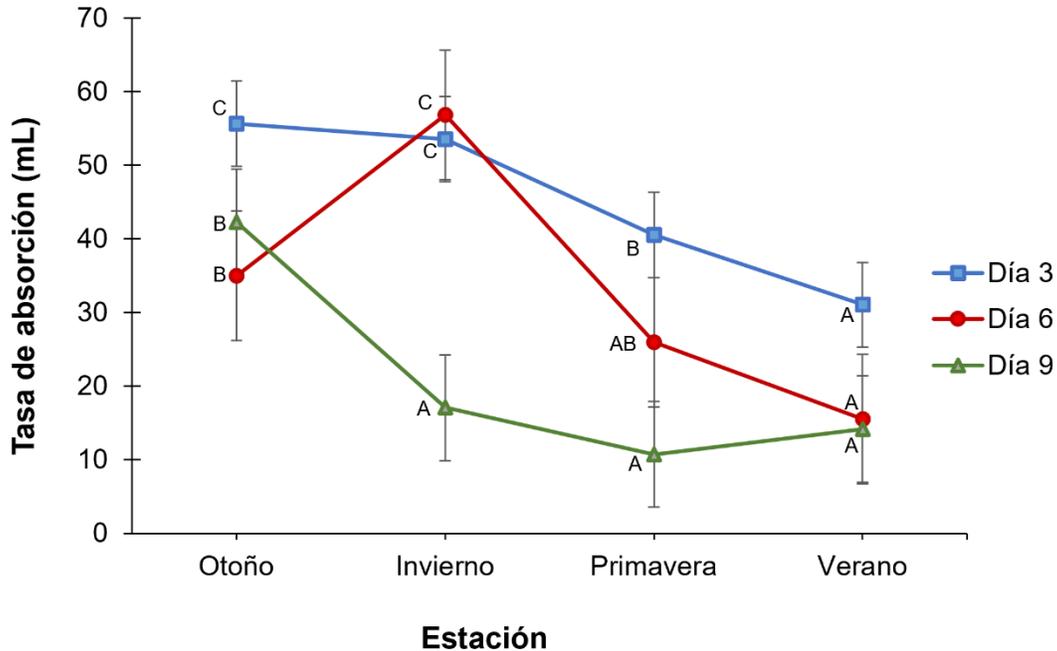
	Unidades calor	Horas frío	Producción de tallos florales	Plantas con brotes basales	T	C	G	A	CGA	NCa
<b>Unidades calor</b>	1.00									
<b>Horas frío</b>	-0.836	1.000								
<b>Producción de tallos florales</b>	0.868	-0.731	1.000							
<b>Plantas con brotes basales</b>	-0.757	0.988*	-0.707	1.000						
<b>T</b>	-0.812	0.984*	-0.798	0.990*	1.000					
<b>C</b>	-0.704	0.964*	-0.713	0.992**	0.986*	1.000				
<b>G</b>	-0.753	0.978*	-0.743	0.997**	0.995**	0.997**	1.000			
<b>A</b>	-0.741	0.988*	-0.660	0.997**	0.979*	0.985*	0.988*	1.000		
<b>CGA</b>	-0.804	0.997**	-0.735	0.997**	0.993**	0.982*	0.992**	0.994**	1.000	
<b>NCa</b>	-0.720	0.982*	-0.614	0.991**	0.964*	0.974*	0.977*	0.998**	0.986*	1.000

T= Testigo, C= Citoquininas, G= Giberelinas, A= Auxinas, CGA= Citoquininas-giberelinas-auxinas y NCa= Nitrógeno-calcio

## 7.9 Evaluación de vida en florero

Se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) en la tasa de absorción de agua en los días 3, 6 y 9 durante las cuatro estaciones (Figura 34). Hubo cuatro grupos con diferencias estadísticas, en otoño en el día 3 los tallos florales presentaron mayor consumo de agua comparado con el día 6 y 9. En invierno, la tasa de absorción de agua fue mayor en el día 3 y 6. En primavera la tasa de absorción de agua fue menor comparado con los datos registrados en otoño e invierno, mientras que en verano no hubo diferencias de absorción durante los días 3, 6 y 9. Se pudo observar que la tasa de absorción de agua fue mayor en los primeros 3 días en las cuatro estaciones y a partir del día 6 disminuyó. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por De la Cruz-Guzmán et al. (2015), donde mencionaron que los tallos del cultivar Samourai disminuyen el consumo de agua a partir del séptimo día comparados con otros cultivares de rosas. En verano los tallos florales presentaron menor absorción de agua, la cual se pudo afectar por la interrupción del flujo de agua durante el manejo de los tallos florales después del corte, debido a que las temperaturas promedio registradas en el invernadero fueron de 20 °C en verano y las máximas arriba de los 30 °C.

Contrario a los resultados se ha reportado que algunos cultivares de rosa durante verano tienen mayor vida florero que los tallos evaluados durante invierno, debido a la reserva de carbohidratos durante los días con más luminosidad. Sin embargo, los tallos hidratados tienen mayor humedad que originan la proliferación de bacterias que impiden la absorción de agua y provoca la longevidad de las flores. Por otro lado, la variación en las condiciones ambientales en el Estado de México modifica la vida en florero y se ha reportado que los tallos que crecen durante verano y se cosechan en septiembre, contienen reservas que aumentan la vida en florero (Mosqueda-Lazcares et al., 2011). La vida en florero de los tallos evaluados superó los nueve días en las cuatro estaciones y se ha reportado que el recorte de los tallos en cada cambio de agua logra aumentar la absorción de la solución hidratante durante la vida en florero (Damunupola et al., 2010).



**Figura 34.** Comparación de medias de tasa de absorción de agua (mL) de los tallos florales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020. Medias con la misma letra dentro de cada factor de variación son iguales estadísticamente (Tukey,  $P = 0.05$ ).

Se presentaron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos y estaciones en la tasa de absorción de agua de los tallos florales. Se agruparon en ocho conjuntos (Cuadro 10), el tratamiento con nitrógeno-calcio (Erger®) y las citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) en otoño presentaron 45 % mayor absorción comparado con las auxinas (Rooter QF®) que fueron las que presentaron menor tasa de absorción durante otoño. Durante invierno el nitrógeno-calcio (Erger®) absorbió 24 % más que el testigo, siendo el tratamiento con giberelinas (Biogib 10 PS®) donde los tallos florales absorbieron menor cantidad de agua, lo cual se reflejó al ser el tratamiento donde los tallos presentaron deshidratación y doblamiento de pedúnculo. En primavera el testigo presentó mayor absorción y se observó en los tallos evaluados menor doblamiento de pedúnculo comparado con los demás tratamientos. Durante verano el tratamiento con citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) presentó 7 % mayor absorción comparado con el testigo en la misma estación, los tallos florales del tratamiento con auxinas en verano a los

seis días presentaron doblamiento de pedúnculo. La vida poscosecha de las rosas como flor de corte termina con la pérdida de la rigidez del pedúnculo floral (Chávez et al., 2005) y es una característica ornamental importante en los tallos florales porque disminuye la calidad de las flores y el valor comercial (Jing et al., 2020).

Los resultados positivos del nitrógeno-calcio (Erger®) en la tasa de absorción fueron similares a los reportados por Starkey y Pedersen (1997) donde comprobaron que la deficiencia de calcio en la solución nutritiva en campo provoca la pérdida de clorofila y proteínas al acelerar la aparición de la senescencia en la vida poscosecha de rosas. Asimismo, el calcio promueve la división y elongación de la célula al tener un papel importante en el balance de los nutrientes en los tejidos de la planta, mientras que el nitrógeno tiene influencia sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos, al jugar un papel principal en varios procesos fisiológicos y bioquímicos en la planta, estableciendo la molécula de la clorofila como papel importante en la fotosíntesis (INIFAP, 2010). Chávez et al., 2015 mencionaron que la deficiencia de calcio provoca senescencia y aumenta la degradación de las paredes celulares, lo anterior afecta el desarrollo de los pétalos en rosa.

Las hormonas vegetales tienen un papel fundamental en la vida en florero, el etileno es responsable de regular los procesos de maduración y provoca la senescencia y pérdida de valor comercial, y la aplicación de calcio disminuye los efectos negativos del etileno (Balaguera-López et al., 2014). Se ha reportado que las citoquininas, en especial la 6-bencilaminopurina (BAP) son una alternativa después de los aminoácidos para mantener el follaje de color verde aumentando la vida poscosecha en tallos de *lisianthus* (Rojas-Morales et al., 2017), mientras que en rosa la elongación celular provoca la apertura floral y se controla con tratamientos hormonales (Bolívar et al., 2005).

**Cuadro 9.** Comparación de medias de absorción de agua (mL) de los tallos florales en *Rosa hybrida* cv. Samourai® cultivada en invernadero en las cuatro estaciones en el periodo 2019-2020.

Estación	Tratamiento	Medias*
		Tasa de absorción (mL)
Otoño	Testigo	44.17 <sup>DE</sup>
Otoño	Citoquininas	40.42 <sup>CDE</sup>
Otoño	Giberelinas	45.00 <sup>DE</sup>
Otoño	Auxinas	29.58 <sup>ABC</sup>
Otoño	Citoquininas-giberelinas-auxinas	53.13 <sup>E</sup>
Otoño	Nitrógeno calcio	53.54 <sup>E</sup>
Invierno	Testigo	43.75 <sup>DE</sup>
Invierno	Citoquininas	44.58 <sup>DE</sup>
Invierno	Giberelinas	35.00 <sup>BCD</sup>
Invierno	Auxinas	42.92 <sup>CDE</sup>
Invierno	Citoquininas-giberelinas-auxinas	42.92 <sup>CDE</sup>
Invierno	Nitrógeno calcio	45.83 <sup>DE</sup>
Primavera	Testigo	30.00 <sup>ABC</sup>
Primavera	Citoquininas	26.67 <sup>AB</sup>
Primavera	Giberelinas	26.04 <sup>AB</sup>
Primavera	Auxinas	23.33 <sup>AB</sup>
Primavera	Citoquininas-giberelinas-auxinas	23.75 <sup>AB</sup>
Primavera	Nitrógeno calcio	24.58 <sup>AB</sup>
Verano	Testigo	20.42 <sup>A</sup>
Verano	Citoquininas	19.17 <sup>A</sup>
Verano	Giberelinas	19.58 <sup>A</sup>
Verano	Auxinas	18.75 <sup>A</sup>
Verano	Citoquininas-giberelinas-auxinas	21.88 <sup>AB</sup>
Verano	Nitrógeno calcio	21.67 <sup>AB</sup>
<b>Promedio</b>		<b>33.20</b>

\*Medias con la misma letra dentro de cada factor de variación son iguales estadísticamente (Tukey, P = 0.05).

En otoño la vida en florero de los tallos evaluados duró nueve días (Figura 35), el tratamiento con Nitrógeno-Calcio (Erger®) presentó menor senescencia comparado con los demás tratamientos, lo anterior se puede atribuir a la absorción de agua de los tallos florales. Los tallos con auxinas (Rooter QF®) fueron los primeros que presentaron doblamiento de pedúnculo, deshidratación de pétalos y caída de hojas. A los tres días de colocar los floreros, se observó una fisiopatía en las hojas de los tallos florales del tratamiento con auxinas (Rooter QF®), ocasionando deshidratación de las hojas (Figura 14) y que los tallos presentaran defoliación. En contraste, Chávez et al. (2005) mencionaron que la aplicación de auxinas como el ácido naftalenacético (ANA) en precosecha aumenta la longevidad y absorción de agua durante la poscosecha. Sin embargo, se ha reportado que la hidratación se ve afectada por los procesos fisiológicos que ocasionan la reducción en la conductividad hídrica o por el crecimiento de bacterias que obstruyen los haces vasculares (De la Cruz-Guzmán et al., 2015).



**Figura 35.** Tallos florales defoliados y fisiopatía en hoja del tratamiento con auxinas (Rooter QF®) de *Rosa hybrida* cv. Samourai®, en el periodo de otoño 2019.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Invierno fue la estación con mayor emisión de brotes basales.
2. La aplicación de citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) aumentó el número de plantas con brotes basales con la capacidad de incrementar la producción de tallos florales.
3. El efecto de las horas frío aumentó el número de plantas con brotes basales y la acumulación de las unidades calor acortaron el ciclo de producción de tallos florales.
4. Verano fue la estación con mayor producción de tallos florales y la mejor calidad de los tallos florales se presentó en otoño.
5. Se recomienda la aplicación de citoquininas-giberelinas-auxinas (Agromil V®) para aumentar la producción de brotes basales y tallos florales.
6. La evaluación de vida en florero en los tratamientos y durante las cuatro estaciones superó los nueve días.
7. La aplicación en campo de nitrógeno-Calcio (Erger®) presentó efecto favorable en la tasa de absorción de agua y las auxinas (Rooter QF®) disminuyeron la vida en florero.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aegerter, B. J., Nuñez, J. J. y Davis, R. M. (2003). Environmental factors affecting rose downy mildew and development of a forecasting model for a nursery production system. *Plant Disease*, 87(6), 732-738.
- Ahumada-Cervantes, R., Velázquez-Angulo, G. y Ahumada-Cervantes, B. (2018). Adaptación del sector agrícola ante el cambio climático: propuesta de medidas a escala espacial fina en Guasave, Sinaloa, México. *Acta universitaria*, 28(1), 46-56. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1351>
- Alcántara, C. J. S., Acero, G. J., Alcántara, C. J. D. y Sánchez, M. R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109-129. <https://doi.org/10.25058/24629448.3639>
- Alfonse, A. A., Trejo, G. J. C. y Martínez, G. M. A. (2018). Opción climática para la producción de café en México. *Ensayos Revista de economía*, 37(2), 135-154. <https://doi.org/10.29105/ensayos37.2-1>
- Almanza, M. P. J., Serrano, C. P. A, Fischer, G. y Balaguera-López, H. E. (2010). Rompimiento de la dormancia de yemas de vid (*Vitis vinifera* L.) mediante aplicaciones de extracto de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones del trópico alto. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(2), 143-152. <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i2.1234>
- Álvarez-Bravo, A., Bugarín-Montoya, R. y Arellano-Figueroa, M. E. (2019). Acumulación de horas frío para la producción de arándano en Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 23, 175-185. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2019>
- Amador-Alfárez, K. A., Díaz-González, J., Loza-Cornejo, S. y Bivián-Castro, E. Y. (2013). Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotánica* (35), 109-131.
- Andrade, G. J. A. y Castro, D. P. (2018). Redes migratorias en el mercado de trabajo de la floricultura en el Estado de México (México). *Revista de Antropología Social*, 27(1), 145-168. <https://doi.org/10.5209/RASO.59436>
- Arévalo, G. A., Ibarra, D. A. y Flórez, V. J. (2007). Desbotone en diferentes estadios de desarrollo del botón floral en clavel estándar (*Dianthus caryophyllus* L.) var. Nelson. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 73-82.

- Argentel, M. L., Garatuza, P. J., Armendáriz, O. M. M., Yépez, G. E. A., Arredondo, M. J. T. y González, A. J. (2017). Estrés térmico en cultivo del trigo. Implicaciones fisiológicas, bioquímicas y agronómicas. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 57-67.
- Arion, L. R. R., Tinco, M. E. y Poma, L. E. (2020). Efecto del peróxido de hidrógeno en el enraizamiento de esquejes de rosa (*Rosa* sp.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 80-86.
- Arriaga-Frías, A., De la Cruz-Guzmán, G. y Mandujano-Piña, M. (2016). Conductividad hidráulica en tallos florales de rosa cv. polo con diferente longitud. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3), 233-239.
- Arzate-Fernández, A. M., Bautista-Puga, M. D., Piña-Escutia, J. L., Reyes-Díaz, J. I. y Vázquez-García, L. M. (2014). *Técnicas tradicionales y biotecnológicas en el mejoramiento genético del rosal (Rosa spp.)*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ayala, F. P. E. (2011). *Evaluación de 4 métodos de inducción de basales en plantas maduras de rosa (Rosa spp.), variedad Vendela en la Florícola Sigesa Flowers, Tabacundo – Ecuador* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito].
- Ayala-Vásquez, M., Argel-Roldan, L. E., Jaramillo-Villegas, S. y Marín-Montoya, M. (2008). Diversidad genética de *Peronospora sparsa* (peronosporaceae) en cultivos de rosa de Colombia. *Acta biológica Colombiana*, 13(1), 79-94.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2000). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Madrid. McGraw Hill Interamericana.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2013). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. (2a ed.). Madrid. McGraw Hill Interamericana.
- Báez, P. R. y De Oliveira, F. H. (2018). Estudio de la radiación solar en los equinoccios y solsticios en la Ciudad de la Habana, Cuba. *Ciência e Natura*, 40(36). <https://doi.org/10.5902/2179460X30674>
- Balaguera-López, H. E., Salamanca-Gutiérrez, F. A., García, J. C. y Herrera-Arévalo, A. (2014). Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 302-313.

- Barrera O. A., Cabrera, R. J. García P. F., Espinosa C. G. y Granada, C. L. (2007). *Producción de Rosa Coster Rosa spp.* Morelos. [Folleto técnico].
- Bolívar, C. P. A., Mora, C. A. Flórez, R., V. J. y Fischer, G. (2005). El ácido alfa-naftalenacético prolonga la vida en la poscosecha de rosas de corte. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 58(2), 2883-2891.
- Bonner, J. y Galston, A. W. 1952. *Principles of plant Physiology*. Freeman.
- Bidwell, R.G.S. (1979). *Fisiología vegetal*. México D.F.
- Bielach A., Hrtyan M. y Tognetti V. B. (2017). Plants under Stress: Involvement of Auxin and Cytokinin. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7),1427. <https://doi.org/10.3390/ijms18071427>
- Bolívar, C. P. A., Mora, C. A., Flórez, R. V. J. y Fischer, G. (2005). El ácido  $\alpha$ -naftalenacético prolonga la vida en la poscosecha de rosas de corte. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 58(2), 2883-2891.
- Brackmann, K. y Greb, T. (2014). Long and shortdistance signaling in the regulation of lateral plant growth. *Physiologia Plantarum*, 151, 134–141. <https://doi.org/10.1111/ppl.12103>
- Çağatay, N. S., Menault, P., Riga, M., Vontas, J. y Ay, R. (2018). Identification and characterization of abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch populations from greenhouses in Turkey. *Crop Protection*, 112, 112-117. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.05.016>
- Calderón-Baltierra, X. V. (1994). Influencia del calcio y ácido giberélico en el alargamiento de brotes adventicios *in vitro* de *Eucalyptus globulus*. *Revista Bosque*, 15(1), 33-38. <https://doi.org/10.4206/bosque.1994.v15n1-04>
- Cárdenas-Hernández, J. F., Álvarez-Herrera, J.G. Barragán, O. E. y Rivera, C. M. (2010). Efecto del ácido giberélico y la 6-bencilaminopurina sobre el desarrollo de yemas en injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agronomía Colombiana*, 28(1), 19-27.
- Casanova-Sáez, R. y Voß, U. (2019). Auxin metabolism controls developmental decisions in land plants. *Trends in Plant Science*, 24(8). <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.05.006>
- Casierra-Posada, F., Peña-Olmos, J. E. y Ulrichs, C. (2011). Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema II en plantas de fresa (*Fragaria sp.*) afectadas por

la calidad de la luz: implicaciones agronómicas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 43-53.

Casierra-Posada, F. y Pinto-Correa, J. R. (2011). Crecimiento de plantas de remolacha (*Beta vulgaris* L. var. Crosby Egipcia) bajo coberturas de color. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6081-6091.

Casierra-Posada, F. y Peña-Olmos, J. E. (2015). Modificaciones fotomorfogénicas inducidas por la calidad de la luz en plantas cultivadas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39, 84-92. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.276>

Castro-Hernández, H., Domínguez-Vara, I. A., Morales-Almaráz, E. y Huerta-Bravo, M. (2017). Composición química, contenido mineral y digestibilidad *in vitro* de raigrás (*Lolium perenne*) según intervalo de corte y época de crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(2), 201-210. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4445>

Centro de Información de Recursos Naturales. (1989). Cereales, cultivos industriales y flores (Publicación 86). Santiago, Chile.

Chaar, J. y Astorga, D. (2012). Determinación del requerimiento de frío y de calor en duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.] mediante un modelo de correlación. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 38(3), 289-298.

Chacón-Hernández, J. C., Camacho-Aguilar, I., Cerna-Chavez, E., Ordaz-Silva, S., Ochoa-Fuentes, Y. M. y Landeros-Flores, J. (2018). Efectos de *Tetranychus urticae* y *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae) en la clorofila de plantas de rosal (*Rosa sp.*). *Agrociencia*, 52(6), 895-909.

Chacón-Hernández, J. C., Cerna-Chávez, E., Aguirre-Urbe L. A., Ochoa-Fuentes Y. M., Ail-Catzim, C. E. y Landeros-Flores, J. (2020). Resistance of four rose varieties to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) under greenhouse conditions. *Florida Entomologist*, 103(3), 404-407. <https://doi.org/10.1653/024.103.0315>

Chaves-Barrantes, N. F. y Gutiérrez-Soto, M. V. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 237-253. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21903>

- Confalone, A. E., Vilatte, C. A., Aguas, L. M., Barufaldi, M. S., Eseiza M. F. y Ponce, G. D. (2017). Efecto biofísico del cambio climático en el rendimiento de cultivos de verano. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(2), 249-259.
- Contreras, P., Francesca, F., y Rojas, M. C. (2001). Obtención y separación de giberelinas lactónicas producidas por el hongo *Gibberella fujikuroi* para usarlas como estándares cromatográficos. *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*, 46(2), 197-202.
- Cooke, J. E. K., Eriksson, M. E. y Juntilla, O. (2012). The dynamic nature of bud dormancy in trees: environmental control and molecular mechanisms. *Plant, Cell & Environment*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02552.x>
- Cortleven, A., Leuendorf, J. E., Frank, M., Pezzetta, D., Bolt, S. y Schmölling, T. (2019). Cytokinin action in response to abiotic and biotic stress in plants. *Plant, Cell and Environment*, 42, 998-1018. <https://doi.org/10.1111/pce.13494>
- Cruz-Crespo, E., Arévalo-Galarza, L., Cano-Medrano, R. y Gaytán-Acuña, E. A. (2006). Soluciones pulso en la calidad postcosecha de *Lisianthus (Eustoma grandiflorum raf.)* cv. 'Echo blue'. *Agricultura técnica en México*, 32(2), 191-200.
- Damunupola, J. W., Qian, T., Muusers, R., Joyce, D. C., Irving, E. D. y Van Meeteren, U. (2010). Effect of S-carvone on vase life parameters of selected cut flower and foliage species. *Postharvest Biology and Technology*, 55, 66-69.
- De la Cruz-Guzmán, G. H., Arévalo-Galarza, M de L., Peña-Valdivia, C. B., Castillo-González, A. M., Colinas-León, M. T. y Mandujano-Piña, M. (2015). Influencia del índice de cosecha en la vida de florero de siete cultivares de *Rosa hybrida*. *Agroproductividad*, 8(2), 3-11.
- De la Cruz-Guzmán, G. H., Saucedo-García, D. M., Arriaga-Frías, A. y Mandujano-Piña, M. (2018). Rehidratación y longevidad en tallos florales de rosa 'Topaz' y crisantemo 'Hartman' almacenados en seco a temperatura ambiente. *Revista Bio Ciencias*, 5(1), e316. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.05.2018.04>
- De la Rosa, T. M. I. (2013). *Identificación de estados fenológicos y determinación de Unidades Calor en el cultivo de rosa (Rosa x hybrida) en la región florícola del Estado de México* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México].

- De Lima, F. F., Rodríguez, de O. M. S., Lidório, H. F., Farias, M. J. y Martins L. (2019). Chemical composition of rose, sunflower and calendula flower petals for human food use. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(1), 149-168. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num1\\_art:1252](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num1_art:1252)
- Díaz, M. D. (2017). Las Hormonas Vegetales en las Plantas. Serie Nutrición Vegetal Núm. 88. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas>
- Díaz, M. D. H. (28 de noviembre de 2019). Los ciegos: factor clave en la productividad de rosas. Metroflor. <https://www.metroflorcolombia.com/?s=los+ciegos>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves F., Balzarini M. G., González L., Tablada M. y Robledo C. W. (2016). InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Domínguez-Serrano, D., García-Velasco, R., Mora-Herrera, M. E., Salgado-Siclan, M. L. y González-Díaz, J. G. (2016). La cenicilla del rosal (*Podosphaera pannosa*). *Agrociencia*, 50(7), 901-917.
- El-Shoura, H. A. S. (2018). Effect of spraying with Ethrel, benzyladenine (BA) and seaweed on the growth and flowering of rose plants cv. (Eiffel Tower). *Middle East Journal of Applied Sciences*, 8(1), 135-140.
- Espíndola, B. M. C. y Bernal, V. B. (2013). Manejo del cultivo de fresa. Secretaría de Agricultura, ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Espinosa-Espinosa, J. L., Palacios-Vélez, E., Tijerina-Chávez, L., Ortiz-Solorio, C. A., Exebio-García, A. y Landeros-Sánchez, C. (2018). Factores que afectan la producción agrícola bajo riego: cómo medirlos y estudiar su efecto. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(2), 175-191. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-02-07>
- Fendrych, M., Akhmanova, M., Merrin, J., Glanc, M., Hagihara, S., Takahashi, K., Uchida, N., Torii, K. U. y Friml, J. (2018). Rapid and reversible root growth inhibition by TIR1 auxin signalling. *Nature Plants*, 4(7), 453-459. <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0190-1>
- Floréz, R. V. J. y Aleixo, P. M. F. (2009). El ácido abscísico acelera el desarrollo floral de solidago en días cortos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4835-4841.

- Fustec, J., y Beaujard, F. (2000). Effect of Photoperiod and Nitrogen Supply on Basal Shoots Development in *Rhododendron catawbiense*. *Biologia Plantarum*, 43(4), 511–515. <https://doi.org/10.1023/A:1002894019412>
- Garay-Arroyo, A., Sánchez, M. de la P., García-Ponce, B., Álvarez-Buylla, E. R. y Gutiérrez, C. (2014). La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Revista de educación bioquímica*, 33(1), 13-22.
- García, G. (2018). Evaluación de tres desinfectantes contra el moho gris causado por *Botrytis cinérea* en el cultivo de rosa. *Redes de Ingeniería*, 9(1), 39-45. <http://dx.doi.org/10.14483/2248762X.13882>
- García-Pereyra, J., Aviña-Martínez, G. N., Rubio-Graciano, R. B., Medina-Medrano, R., Alvarado-Gómez, O. y Alejandre-Iturbide, G. (2016). Requerimiento de unidades calor en el cultivo del amaranto. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 5(7), 1411-1421.
- Germain, J. F., Georgen, G. y Silvie, P. (2018). Un noctuido americano invade África. *Revista Phytoma*, 297, 57-61.
- Golizadeh, A., Jafari-Behi V. y Razmjou, J. (2017). Population Growth Parameters of Rose Aphid, *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Aphididae) on Different Rose Cultivars. *Neotropical Entomology*, 46, 100-106. <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0428-4>
- Gonzales, T. M. y Quiñones, G. A. (2018). Efecto del extracto de ajo como compensador de frío en la brotación del manzano red delicious en la región de nuevo ideal durango México. *Revista Ingeniería y Región*, 20, 23-28. <https://doi.org/10.25054/22161325.1935>
- Google Earth Pro (2019). Software libre. Recuperado el 24 de abril de 2019.
- Gu, J., Li, Z., Mao, Y., Struik, P. C., Zhang, H., Liu, L., Whang, Z. y Yang, J. (2018). Roles of nitrogen and cytokinin signals in root and shoot communications in maximizing of plant productivity and their agronomic applications. *Plant Science*, 274, 320-31. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.06.010>
- Gutiérrez, G. L. (2016). *Estudio experimental del uso de Bencilaminopurina en tallos portadores de Rosa sp. para la estimulación de brotes basales* [Tesis de licenciatura, Universidad de Cundinamarca].

- Grageda, G. J., Ruiz, C. J. A., García. R. G. E., Núñez, M. J. H., Valenzuela, L. J., Ruíz, A. O. y Jiménez, L. A. (2016). Efecto del cambio climático en la acumulación de horas frío en la región nogalera de Hermosillo, Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13, 2487-2495.
- Ha, S. T. T., Nguyen, T. K. y Lim, J. H. (2020). Effects of air-exposure time on water relations, longevity, and aquaporin-related gene expression of cut roses. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 62, 63-75. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00302-1>
- Ha, S. T. T., Kwon, M., Nguyen, T. K. y Lim, J. H. (2019). Relation ship Between Air Exposure Time and Water Relations of Cut Roses. *Flower Research Journal*, 27(4), 267-277. <https://doi.org/10.11623/frj.2019.27.4.04>
- Hafeez, A., Thanlass, N., Uma, S., Suheel, A. G., Mahesh, K., Sonika S. y Amit, M. (2017). Seasonal Activity and Abundance of Natural Enemies and Performance of *Coccinella septempunctata* on Rose Aphid, *Macrosiphum rosae* (Linn.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10): 2923-2927. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.345>
- Hafeez, M., Li, X., Yousaf, H. K., Khan, M. M., Imran, M., Zhang, Z. y Lu, Y. (2021). Sublethal effects of bistrifluron on key biological traits, macronutrients contents and vitellogenin (SeVg) expression in *Spodoptera exigua* (Hübner). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104802>
- Hawerroth, F. J., Petri, J. L., Leite, G. B. y Herter, F.G. (2010). Brotação de gemas em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' pelo uso de Erger® e nitrato de cálcio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(2), 243-350.
- He, J., Xin, P., Ma, X., Chu, J., y Wang, G. (2020). Gibberellin Metabolism in Flowering Plants: An Update and Perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 11, 532. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00532>
- Hernández, D. J., Zavala, G. F. y Valdés, L. C. (2003). Variación hormonal endógena en dos genotipos de cilantro por efecto del fotoperiodo y la temperatura. *Agrofaz*, 3(1), 223-228.
- Hernández-Fuentes, L. M., Magaña-Valencia, R. y Nolasco-González, Y. (2018). Toxicidad de insecticidas en el trips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en aguacate cv hass. *Entomología mexicana*, 5, 390-395.

- Hibrand, S.O., L., Ruttink, T., Hamama, L., Kirov, I., Lakhwani, D., Zhou, N. N. y Foucher, F. (2018). A high-quality genome sequence of *Rosa chinensis* to elucidate ornamental traits. *Nature Plants*, 4(7), 473–484. <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0166-1>
- Hoyos, J. L., Perea, R. C. y Velasco, M. R. J. (2008). Evaluación del efecto de diferentes concentraciones de fitohormonas en la micropropagación del plátano dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8(2), 99-104.
- Hoyos, G. D., Morales, O. J. G., Chavarría, A. H. Montoya, R. A. P., Correa, L. G. y Jaramillo, V. S. C. (2012). Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en un Modelo de Producción Aeropónico. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6389-6398.
- Huché-Thélier, L., Boumaza, R., Demotes-Mainard, S., Canet, A., Symoneaux, R., Douillet, O. y Guérin, V. (2011). Nitrogen deficiency increases basal branching and modifies visual quality of the rose bushes. *Scientia Horticulturae*, 130(1), 325-334. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.007>
- In, B. C. y Lim, J. H. (2018). Potential vase life of cut roses: Seasonal variation and relationships with growth conditions, phenotypes, and gene expressions. *Postharvest Biology and Technology*, 135, 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.09.006>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (2010). Fertilización de chile serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/854.pdf>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. (2016). Los elementos benéficos para las plantas. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/los-elementos-beneficos-para-las-plantas>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2020). Climatología. México. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#:~:text=Clima%20es%20el%20conjunto%20de,influyen%20directamente%20en%20sus%20caracter%20ADsticas.>
- Jacinto, A. M. E. (2018). Evaluación de tres niveles de auxinas y citoquininas para la obtención de plantas madre de rosa (*Rosa sp.*) Variedad Freedom en condiciones *in vitro*. *Apthapi*, 4(2), 1073-1081.

- Jarma, O. A., Cardona, A. C. y Araméndiz, T. H. (2012). Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación*, 15(1), 63-76.
- Jayroe-Cournoyer, L. y Newman, S. E. (1995). Stimulation of Basal and Axillary Bud Formation of Container-grown Hybrid Tea Roses. *Journal of Environmental Horticulture*, 13(1), 47-50.
- Jiang, K. y Asami, T. (2018). Chemical regulators of plant hormones and their applications in basic research and agriculture. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 82(8), 1265-1300. <https://doi.org/10.1080/09168451.2018.1462693>
- Jing, W., Zhang, S., Fan, Y., Deng, Y., Wang, C., Lu, J., Sun, X., Ma, N., Shahid, M.O., Li, Y. y Zhou, X. (2020). Molecular Evidences for the Interactions of Auxin, Gibberellin, and Cytokinin in Bent Peduncle Phenomenon in Rose (*Rosa sp.*). *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1360. <https://doi.org/10.3390/ijms21041360>
- Kalra, G. y Bhatla, S. C. (2018). Gibberellins. *Plant Physiology, Development and Metabolism*, 617–628. [http://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1\\_17](http://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1_17)
- Khayat, E. y Zieslin, N. (1982). Environmental Factors involved in the Regulation of Sprouting of Basal Buds in Rose Plants. *Journal of Experimental Botany*, 33(6), 1286-1292. <https://doi.org/10.1093/jxb/33.6.1286>
- Kuehl, R. O. (2001). *Diseño de experimentos* (2.ª ed). Distrito Federal, México, Thomson learning.
- Lagoutte, S., Divo de Sesar, M. y Vilella, F. (2009). Efecto del tamaño de celdas y citoquininas en el crecimiento de plantas de petunia. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 78, 31-36.
- Larios-Palacios, O. E., López-Vázquez, E. Y., Curiel Rodríguez, A., Ruíz-Espinoza, F. G., Solano-Vidal, R. y Serrato-Cruz, M. A. (2020). Evaluación *in vitro* de métodos contra *Botrytis cinérea*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 593- 606. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2077>
- Larson, R. A. (1988). *Introducción a la floricultura*. México.
- León, P. R. I., Correa, A. E. M., Romero, F. J. L., Arias, B. H., Gómez-Correa, J. C., Yacomelo, H. M. J. y Pérez, A. L. (2019). Accumulation of degree days and their effect on the potential yield of 15 eggplant (*Solanum melongena L.*)

- accessions in the Colombian Caribbean. *Facultad Nacional de Agronomía*, 72(3), 8917-8926. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.77112>
- López-López, A. J. y Benavides-León, C. (2014). Respuesta térmica del invernadero de la estación experimental Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 121-132.
- Lluna, D. R. (2006). Hormonas vegetales: crecimiento y desarrollo de la planta. *Revista Horticultura*, 22-26.
- Manrique, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Revista Ecosistemas*, 12(1).
- Martín, M. R. y Jerez, M. E. (2017). Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad romano. *Cultivos tropicales*, 38(1), 75-80.
- Medina, G. G. (2015). Reporte agrometeorológico: enero 2015 (Folleto informativo No. 136). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/folletos/Folleto-2015-01.pdf>.
- Medina-García, G., Grageda-Grageda, J., Ruiz-Corral, J. A., Casas-Flores, J. I., Rodríguez-Moreno, V. M. y De la Mora-Orozco, C. (2019). Disminución de las horas frío como efecto del cambio climático en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1325-1337. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1688>
- Medina, G. G. y Mena, C. J. (2007). Reporte agrometeorológico: abril de 2007 (Folleto informativo No. 35). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/folletos/Folleto-2007-04.pdf>
- Meilland. (2020). Samourai® Meikatana. Meilland Roses & Creation. <https://meilland.com/en/catalogue/samourai-meikatana/>
- Mendoza, P. S. I., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Quero, C. A. R., Escalante, E. J. A. S., Zaragoza, R. J. L. y Ramírez, R. O. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(3), 287-296.
- Mendoza, G. E. (2020). Efecto de la acumulación de horas frío en el porcentaje de floración de cultivares de ciruelo, manzano y duraznero en zonas de valle

- alto. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 73-79.
- Miralles, D. J. (2004). Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Trigo. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, (101), 1-7.
- Molina de Paredes, O. R. (2017). Rentabilidad de la producción agrícola desde la perspectiva de los costos reales: municipios Pueblo Llano y Rangel del estado Mérida, Venezuela. *Revista Visión Gerencial*, (2), 217-232
- Monsalvo, Z. A., Jiménez, V. M. A., García, C. J. L., Sangerman-Jarquín, D. M., Martínez, S. T., y Pimentel, E. J. L. (2017). Caracterización del perfil del extensionista rural en la zona oriente del Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), 503-515. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.27>
- Mosqueda-Lazcares, G., Arévalo-Galarza M. de L., Valdovinos-Ponce, G., Rodríguez-Pérez, J. E. y Colinas-León, M. T. (2011). Época de corte y manejo poscosecha de ocho cultivares de rosa de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 591-602.
- Montoya, R. E. C. y Jaramillo, R. (2016). Efecto de la temperatura en la producción de café. *Cenicafé*, 67(2), 58-65.
- Muñoz, M., Faust, J. E. y Schnabel, G. (2019). Characterization of *Botrytis cinerea* from commercial cut flower roses. *Plant Disease*, 103(7), 1577-1583. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-18-1623-RE>
- Nápoles, T. M. C. (2014). *Determinación de costos de producción y análisis de costos del uso del fertilizante Fosfimax® 40-20 en el cultivo de rosa en invernadero* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Ortuño, T. A. M., Díaz, E. L. y Del Río, C. J. A. (2015). Evolución de la Fisiología Vegetal en los últimos 100 años. *Revista Eubacteria*, 34, 74-82.
- Otiende, M. A., Nyabundi, J. O., Ngamau, K. y Opala, P. (2017). Effects of cutting position of rose rootstock cultivars on rooting and its relationship with mineral nutrient content and endogenous carbohydrates. *Scientia Horticulturae*, 225, 204-212. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.009>

- Pacholczak, A. y Nowakowska, K. (2020). The Effect of Biostimulators and Indole-3-Butyric Acid on Rooting of Stem Cuttings of Two Ground Cover Roses. *Acta Agrobotanica*, 73(1), 1-9.
- Pérez, O. C. P., Mendoza, A. M., Ceja, R. J. y Pacheco, L. (2008). Anatomía de la madera de cinco especies de la familia *Rosaceae*. *Madera y Bosques*, 14(1), 81-105.
- Pérez, B. M. H., Urías, L. M. A., Osuna, G. J. A., Pérez, L. A. I., Nolasco, G. Y. y García, A. N. C. (2016). Efecto de poda en escama blanca y producción de mango 'Ataulfo'. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1841-1853.
- Pizano, de M. M. (2003). *Cultivo moderno de la rosa bajo invernadero*. Hortitecnia, Bogotá, Colombia.
- Pagliaricci, L. y Arroyo, L. (2014). Análisis técnico y económico para la producción de plantas de rosa en el Partido de San Pedro 2014. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [https://repositorio.inta.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4507/INTA\\_CR\\_BsAsNorte\\_EEASanPedro\\_Pagliaricci\\_Arroyo\\_Analisis\\_Tco\\_Economico\\_Rosales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4507/INTA_CR_BsAsNorte_EEASanPedro_Pagliaricci_Arroyo_Analisis_Tco_Economico_Rosales.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ponvert-Delisle, B. y Dámaso, R. (2016). Algunas consideraciones sobre el comportamiento de la sequía agrícola en la agricultura de Cuba y el uso de imágenes por satélites en su evaluación. *Cultivos tropicales*, 37(3), 22-41.
- Porta, H. y Jiménez-Nopala. (2019). Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 22, 1-11. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.160>
- Ramírez, H. J. J., Avitia, R. J. A. y Oregon, T. F. (2015). Desarrollo en el sur del Estado de México ¿la floricultura como alternativa a la situación del sector agropecuario?. *Explanans*, 4(1), 33-58.
- Ramírez, H. J. J. y Avitia-Rodríguez, J. A. (2017). Floricultura mexicana en el siglo XXI: su desempeño en los mercados internacionales. *Revista de Economía*, 34(88), 99-122.
- Ramírez, H. J. J. y Torres, O. F. (2021). Situación de la floricultura mexicana en tiempos del COVID-19. *Revista Economía Actual*, 14(1), 17-20.

- Ramírez de la Ribera, J. L., Zambrano, B. D. A., Campuzano, J., Verdecia, A. D. M., Chacón, M. E., Arceo, B. Y., Labrada, C. J. y Uvidia, C. H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(6), 1-12.
- Rawson, H. M. y Gómez, M. H. (2001). Trigo regado. Organización de las Naciones Unidas y la Alimentación, Roma. <http://www.fao.org/3/x8234s/x8234s00.htm#Contents>
- Reyes, A. J., Álvarez-Herrera, J. G., y Fernández, J. P. (2013). Papel del calcio en la apertura y el cierre estomático y sus interacciones con solutos compatibles. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(1), 111-122. <https://doi.org/10.17584/rcch.2013v7i1.2040>
- Rodríguez, W. E. y Flórez, V. J. (2006). Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 247-257.
- Rojas-Morales, A. B. G., Morales-Rosales, E. J., Morales-Morales, E. J., Estrada-Campuzano, G., Franco-Mora, O. y López-Sandoval, J. A. (2017). Índice de verdor de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinnery) en función de la concentración de 6-bencilaminopurina. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(4), 461-469.
- Romero, A. M. C. Y. (2013). *Rendimiento y calidad de producción de cinco cultivares de rosa en el municipio de Tenancingo, Estado de México* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Romero, D. L., Parra, Q. R. A., Jacobo, C. J. L., Ojeda, B. D. L., Guerrero, P. V. M., Ávila, Q. G. D. y Ruiz, A. T. de J. (2017). Respuesta de portainjertos de manzano a vigor, eficiencia de producción y concentraciones foliar y en fruto de NPK. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(4), 849-861. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.12>
- Sayed, S. M., Ali, E. F. y Al-Otaibi, S. S. (2019). Efficacy of indigenous entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, isolates against the rose aphid, *Macrosiphum rosae* L. (Hemiptera: Aphididae) in rose production. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(19). <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0123-y>
- Schaller, G. E. y Binder, B. M. (2017). Inhibitors of Ethylene Biosynthesis and Signaling. *Ethylene Signaling*, 223-235. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6854-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6854-1_15)

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2009). La infraestructura y sistemas requeridos para el desarrollo de clústeres de horticultura ornamental orientados a la exportación de productos de valor agregado a los Estados Unidos y Canadá. [http://www.sagarpa.mx/agronegocios/Documents/Estudios\\_promercado/ORNAMENTAL.pdf](http://www.sagarpa.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/ORNAMENTAL.pdf).
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2018). Garantiza SAGARPA abasto de flores para este “Día de las Madres. <https://www.gob.mx/agricultura/puebla/articulos/garantiza-sagarpa-abasto-de-flores-para-este-dia-de-las-madres?idiom=es>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2020). México y sus exportaciones. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mexico-y-sus-exportaciones?idiom=es>.
- Shah, H. M., Ur, R. R., Mahmood, A., Usman, M. y Bibi, S. (2021). Morphological characterization, multivariate analysis and micropropagation of hybrid rose (*Rosa indica* L.) germplasm. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 58(1), 51-59.
- Sharma, P., Singh, M., Bhardwaj, S. K. y Bhatia, H. S. (2019). Impact of accumulated growing degree days (GDD) on phenology of apple (*Malus domestica* Borkh) in Kullu district of Himachal Pradesh. *The Pharma Innovation Journal*, 8(6), 850-854.
- Sosa, B. A. y Ruiz, I. G. (2017). La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles de población*, 23(93), 207-230. <https://doi.org/10.22185/24487147.2017.93.027>
- Soto, P. J. M., Flores-Cordova, M. A., Sánchez, C. E., Pérez, L. R. y Piña, R. F. J. (2020). Compensadores de frío en manzano ‘Golden Glory’: desarrollo y producción. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 69-82. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.1744>
- Starkey, K. R. y Pedersen, A. R. (1997). Increased levels of calcium in the nutrient solution improves the postharvest life of potted roses. *American Society for Horticultural Science*, 122(6), 863-868.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. Proceedings 6th international congress on soilless culture. Wageningen, The Neetherlands.

- Stepanycheva, E., Petrova, M., Chermenskaya, T. y Pavela, R. (2019). Fumigant effect of essential oils on mortality and fertility of thrips *Frankliniella occidentalis* Perg. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 30885–30892. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06239-y>
- Tejeda-Santorius. O. y Arévalo-Galarza, M. L. (2012). La floricultura una opción económica rentable para el minifundio mexicano. *Agroproductividad*, 5(3), 11-19.
- Tejeda-Santorius, O., Ríos-Barreto, Y. Trejo-Téllez L. I. y Vaquera-Huerta, H. (2015). Caracterización de la producción y comercialización de flor de corte en Texcoco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1105-1118.
- Trejo-Téllez, L. I., Ramírez-Martínez, M., Gómez-Merino, F. C. y Castillo-González, A. M. (2013). Caracterización de cultivares de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) en postcosecha. *Agroproductividad*, 6(3), 28-36.
- VV.AA. (2003). Cultivo Moderno de la Rosa Bajo Invernadero. Primera edición. Hortitecnia Ltda. Bogota, Colombia.
- Vandenbussche, F. y Van Der Straeten, D. (2018). The Role of Ethylene in Plant Growth and Development. *Annual Plant Reviews*, 44, 219–241. doi:10.1002/9781119312994.apr0481
- Vegis, A. (1964). Dormancy in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 15(1), 185-224.
- Velasco-Alvarado, M. de J., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Castro-Brindis, R., Cruz-Izquierdo, S. y Corona-Torres, T. (2019). Injertos interespecíficos entre *Solanum lycopersicum* L. y *S. habrochaites* knapp & spooner como alternativa para incrementar el rendimiento de fruto. *Agrociencia*, 53, 1029-1042.
- Velázquez, C. J. A. (2018). Agricultura multifuncional: relevancia para el turismo en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(7), 1494-1507. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1178>
- Vergara, W., Rios, A. R., Trapido, P. y Malarín, H. (2014). Agricultura y Clima Futuro en América Latina y el Caribe: Impactos Sistémicos y Posibles Respuestas. Banco Interamericano de Desarrollo.

- Viasus-Quintero, G., Álvarez-Herrera, J. y Alvarado-Sanabria, O. (2013). Efecto de la aplicación de giberelinas y 6-bencilaminopurina en la producción y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioagro*, 25(3), 195-200.
- Vimal, K., Ashutosh, S., Jeetendra, K. S. y Nitin, P. (2017). Physiological response of C3, C4 and CAM plants in changeable climate. *The Pharma Innovation Journal*, 6(9), 70-79.
- Weinberger J. H. (1950). Chilling requirements of peach varieties. *Proceedings. American Society for Horticultural Science*, 56, 122-128.
- Xu, P., Zhao, P. X., Cai, X. T., Mao, J. L., Miao, Z. Q. y Xiang, C. B. (2020). Integration of Jasmonic Acid and Ethylene Into Auxin Signaling in Root Development. *Frontiers in Plant Science*, 11, 271. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00271>
- Yong, A. (2004). Técnicas de formación y manejo del rosal. *Cultivos tropicales*, 25(4), 53-60.
- Zieslin, N. (1997). Las bases fisiológicas del rosal, Memorias del Taller técnico.

## X. ANEXOS

### Anexo 1. Resumen de la participación oral en el XVII Congreso Nacional y X Internacional de Horticultura Ornamental.

Oral.

Nutrición, propagación y sistemas de producción

#### VARIACIÓN ESTACIONAL EN LA EMISIÓN DE BROTES BASALES EN EL CULTIVO DEL ROSAL (*Rosa hybrida*)

\*J. Gomora-Rasso<sup>1</sup>; J. Mejía-Carranza<sup>1</sup>; R. Alvarado-Navarro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México. km 1.5, Carretera Tenancingo-Villa Guerrero, C.P. 52400, Tenancingo, Estado de México, México. E-mail: [jgomorar@gmail.com](mailto:jgomorar@gmail.com)

La rosa (*Rosa hybrida*), es uno de los cultivos florícolas más importantes a nivel nacional. La base de la producción de tallos florales de rosa es la emisión continua de brotes basales, regulada por las condiciones ambientales y el manejo agronómico. En este proyecto se evalúa la influencia de factores ambientales (temperatura, humedad relativa, unidades calor y horas frío) y fisiológicos, así como reguladores de crecimiento sintéticos (auxinas, giberelinas y citoquininas) en la emisión de brotes basales durante los periodos estacionales. La investigación se realiza en los invernaderos del Centro Universitario Tenancingo de la Universidad Autónoma del Estado de México en 820 plantas de rosa variedad Samurai® de tres años de edad, establecidas en camas de 0.6 m de ancho y 30 m de largo con distancia entre plantas de 10 cm. El experimento se estableció en bloques al azar con cuatro repeticiones y se evalúan seis tratamientos con productos comerciales de reguladores de crecimiento. La unidad experimental es una planta. Se evaluará la calidad de los tallos florales a atributos comerciales de cultivo y pos cosecha. De mayo a julio de 2019 se realizó el descabezado y desyeme, seguido de la poda de formación a 40 cm del punto de injerto y primera aplicación de tratamientos. Los resultados previos a la aplicación de tratamientos no muestran diferencias significativas ( $p=0.05$ ) en el número de brotes basales entre plantas en bloques, indicador de uniformidad previo a los efectos de tratamientos. Con los tratamientos se espera variación en la emisión de brotes basales por influencia hormonal y variables ambientales.

**Palabras clave:** fitohormonas, factores ambientales, nutrición.

