

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e ingenierías**

**Determinación de la correlación entre el desarrollo del área del  
botón de la rosa var. Explorer con sus días a la cosecha.**

**Tabacundo, Ecuador.**

**Andrés Esteban Hermosa Beltrán**

**Ingeniería en Agronomía**

**Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo**

**Quito, 17 de mayo de 2024**

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Determinación de la correlación entre el desarrollo del área del botón de la rosa var.  
Explorer con su día a la cosecha. Tabacundo, Ecuador.**

**Andrés Esteban Hermosa Beltrán**

**Nombre del profesor, Título académico: Antonio León-Reyes, PhD**

**Quito, 17 de mayo de 2024**

**© DERECHOS DE AUTOR**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

**Nombres y apellidos:** Andrés Esteban Hermosa Beltrán

**Código:** 00211669

**Cédula de identidad:** 1003996384

**Lugar y fecha:** Quito, 17 de mayo de 2024

**ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

### **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## Resumen

El sector floricultor en el Ecuador tiene un peso importante para la economía del Ecuador. En el 2023 este sector exportó más de 950 millones de dólares, donde el 73% fueron rosas exportadas hacia países como Rusia y Estados Unidos. Estos países importadores de flores exigen una calidad alta a sus productos, por ende, Ecuador busca siempre tener una calidad alta de sumisitos de rosas frescas. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue determinar la correlación entre el desarrollo del área del botón de la rosa var. Explorer con su día a la cosecha. Esta investigación fue realizada en Tabacundo, provincia de Pichincha. Primero, se implementó un dispositivo para medir las áreas de los botones de la rosa var. Explorer en sus fases de crecimiento. De esta forma se estableció la correlación para cada fase de crecimiento del botón de la rosa y sus días a la cosecha. Además, se calculó la probabilidad de cosechar los tallos basados en el área de del botón y su estado de desarrollo. Los resultados mostraron una correlación de  $-0,76$  entre el área del botón y sus días a la cosecha, después de 12 días del estado garbanzo. Además, se obtuvo una probabilidad del 73% de cosechar los tallos entre el periodo de 21 a 25 días, desde el estado garbanzo, por lo que se consideró un 27% de error en la estimación de cosecha de rosas en la zona productora de Tabacundo.

**Palabras clave:** Área del botón, correlación, días a la cosecha, estimación, fase de crecimiento, probabilidad de cosecha, rosa.

### **Abstract**

The flower sector in Ecuador has an important weight for the economy of Ecuador. In 2023 this sector exported more than 950 million dollars, where 73% were roses exported to countries such as Russia and the United States. These flower importing countries demand high quality of their products, therefore, Ecuador always seeks to have a high quality of fresh rose supplies. For this reason, the objective of this work was to determine the correlation between the development of the bud area of the rose var. Explorer with his day to harvest. This research was carried out in Tabacundo, province of Pichincha. First, a device was implemented to measure the bud areas of the rose var. Explorer in its growth phases. In this way, the correlation was established for each growth phase of the rose bud and its days to harvest. In addition, the probability of harvesting the stems was calculated based on the area of the bud and its stage of development. The results showed a correlation of -0.76 between the button area and its days to harvest, after 12 days of the chickpea state. In addition, a 73% probability of harvesting the stems was obtained between the period of 21 to 25 days, from the chickpea state, so a 27% error was considered in the estimation of the rose harvest in the producing area of Tabacundo.

**Keywords:** Button area, correlation, days to harvest, estimation, growth phase, harvest probability, rose.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>I.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>10</b>
<b>II.</b>	<b>Objetivos e Hipótesis.....</b>	<b>14</b>
<b>III.</b>	<b>Materiales y Métodos.....0.....</b>	<b>14</b>
	<b>3.1 Material vegetal.....</b>	<b>14</b>
	<b>3.2 Localidad.....</b>	<b>15</b>
	<b>3.3 Implementación de dispositivo para medir área de botón y uso de software.....</b>	<b>15</b>
	<b>3.4 Condiciones climáticas.....</b>	<b>16</b>
	<b>3.5 Metodología de medición.....</b>	<b>16</b>
	<b>3.6 Análisis de datos.....</b>	<b>17</b>
	<b>3.7 Análisis Estadístico.....</b>	<b>18</b>
<b>IV.</b>	<b>Resultados y Discusión.....</b>	<b>19</b>
	<b>4.1 Medición de variable climatológica.....</b>	<b>19</b>
	<b>4.2 Variación del área de la vista lateral y superior.....</b>	<b>20</b>
	<b>4.3 Análisis de variación de la vista superior y lateral.....</b>	<b>22</b>
	<b>4.4 Determinación del área del Botón en sus fases de crecimiento.....</b>	<b>24</b>
	<b>4.5 Ventana de cosecha.....</b>	<b>27</b>
	<b>4.6 Correlaciones entre área y días a la cosecha.....</b>	<b>28</b>
	<b>4.7 Cálculo de probabilidades de cosecha y análisis de cuartiles.....</b>	<b>31</b>
<b>V.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>32</b>
<b>VI.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>34</b>
<b>VII.</b>	<b>Referencias</b>	
	<b>Bibliográfica.....</b>	<b>3</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1: Coeficiente de correlación entre área y días a la cosecha.....28**

**Tabla 2: Probabilidad de cosecha a partir del día 12 de la marcación.....31**

**Tabla 3: Análisis de cuartiles del día 12 después de la marcación.....32**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Metodología usada para medir las áreas de las diferentes vistas del botón de la rosa.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2: Registro de los datos de los factores climáticos.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 3: Desarrollo del botón desde el punto cono de la vista superior y lateral.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 4: Medida de áreas de los botones en punto de corte vistos desde el lateral y superior.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 5: Desarrollo de la fisiología del botón de la rosa var. Explorer en el tiempo.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 6: Ventana de cosecha desde la marcación.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 7: Correlación entre Área y días a la cosecha del día 12 después de la marcación.....</b>	<b>30</b>

## **I. Introducción**

La industria de la floricultura en Ecuador es un sector de gran relevancia económica, con un impacto significativo a nivel nacional e internacional. En el año 2020, según datos de la Corporación Financiera Nacional (CFN), se registraron 237 empresas dedicadas al cultivo de flores, siendo la provincia de Pichincha la de mayor producción con el 73% de estas empresas. Además de la ubicación geográfica de esta provincia, resalta la importancia estratégica de esta región en la producción florícola del país. La floricultura ha sido un motor clave para la generación de empleo en Ecuador, proporcionando 28,775 puestos de trabajo en 2020, con el 34% de ellos correspondientes a Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPymes). Esta participación significativa de las MiPymes destaca el papel inclusivo de la industria en la creación de oportunidades laborales para diversos segmentos de la población (Sanmartín, et al., 2024).

En cuanto a las cifras de exportación, entre enero y noviembre de 2023, estas exportaciones ascienden a un valor total de USD 901,35 millones, según datos del Banco Central. Esta cifra refleja la importancia de la floricultura para la economía nacional, siendo uno de los principales motores de ingresos por concepto de exportación. El sector florícola en el Ecuador, con 4600 hectáreas de producción, es una industria fuerte que contribuye a la balanza comercial por el ingreso de divisas. La exportación de rosas a Estados Unidos y Rusia representa un pilar fundamental en la economía ecuatoriana, lo que representa un estimado del 57% del volumen total exportado. La exportación de rosas a estos países demandantes exige altos estándares de calidad y variedad, lo que incentiva la innovación y el desarrollo continuo en la industria florícola ecuatoriana. Lo que ha llevado a Ecuador a posicionarse en el tercer lugar como mayor exportador de flores con una participación del 10% a nivel del mundo. Dentro de la amplia variedad de flores

cultivadas en Ecuador, el rosal ocupa un lugar destacado, representando el 63% del total de las flores exportadas. Esto ratifica la posición de liderazgo del país en el mercado mundial de rosas, gracias a las condiciones climáticas favorables y óptimas para su cultivo (Cedillo et al., 2021).

Esta diversificación de la base exportadora es vital para la estabilidad y la resiliencia de la economía nacional en un entorno global en constante cambio. Sin embargo, el sector enfrenta desafíos, como el problema de estimación del número de tallos previstos para el periodo de cosecha, que puede tener repercusiones significativas en varios aspectos del negocio. La estimación semanal en el cultivo de rosa se realiza mediante conteo de los diferentes estados fisiológicos del botón en campo. Este proceso se realiza de manera subjetiva y depende mucho de la experiencia del personal para estimar correctamente el tiempo a cosecha de los botones de rosa. Una estimación incorrecta puede afectar directamente a la cuantificación de la producción semanal, impactando directamente en la eficiencia operativa, ventas, ingresos y demás procesos. El problema del desfase en la estimación del día de cosecha, se agrava aún más debido a sus repercusiones en varios aspectos operativos y comerciales. En primer lugar, las ventas pueden verse afectadas significativamente si no se cuenta con un suministro constante y de alta calidad de rosas frescas. Los clientes pueden optar por otras opciones de acuerdo a la disponibilidad de las mismas, o porque no cumple con las ventas acordadas en semanas previas o si la calidad (botones pequeños) no está acorde a los estándares preestablecidos. Además, la programación de la cosecha, se vuelve más complicada cuando no se puede preveer con precisión el momento óptimo para cosechar las rosas. Esto puede resultar en una utilización ineficiente de los recursos, como el del personal y el material utilizado durante su procesamiento, así como el espacio de almacenamiento, ya que se pueden planificar cosechas adicionales para compensar el desfase, lo que a su vez aumenta los costos operativos (Escobar et al., 2023).

Para estimar la cosecha se usa el método de Grados Día de Crecimiento (GDD) es una técnica utilizada en la agricultura para predecir el desarrollo y la cosecha de plantas, incluyendo las rosas, mediante la acumulación de temperaturas diarias por encima de una temperatura base específica. Este método calcula el GDD diario restando la temperatura base de la temperatura media diaria y acumulando estos valores a lo largo del tiempo para prever las diferentes etapas fenológicas de las plantas. Entre sus ventajas se encuentran la capacidad de proporcionar una herramienta objetiva y cuantitativa para predecir el crecimiento, optimizando así la planificación agrícola y la gestión de cultivos. Sin embargo, presenta desventajas como la exclusión de factores ambientales adicionales, como la humedad y el estrés hídrico, y la necesidad de determinar con precisión la temperatura base para cada especie y cultivar específico. Este método ya ha sido utilizado en la floricultura, una investigación de muestra que la variedad Explorer alcanza su punto de cosecha a los 92 días y acumula un promedio de 1355,65 GDD. Sin embargo, presentan un 8% de error, que si se lo analiza en días, existe un rango de error de hasta 6 días, tomando en cuenta las condiciones climáticas promedios de un invernadero de 20 grados centígrados (Cabrera, 2021).

Por lo tanto, abordar este desafío requerirá una combinación de tecnología avanzada y métodos de medición más precisos adaptados a las condiciones específicas de la producción de rosas. Así mismo, se necesitará una mayor investigación y desarrollo en este campo, para mejorar la eficiencia y la confiabilidad de las estimaciones de cosecha, lo que beneficiará tanto a los productores como a los consumidores, al garantizar un suministro consistente y de alta calidad de rosas frescas en el mercado. La implementación de métodos más precisos, como el análisis del área del botón de la rosa, puede ser una solución potencial para mejorar la gestión de la cosecha y garantizar la calidad y la rentabilidad a largo plazo del sector floricultor ecuatoriano. La implementación de un método que incluya el análisis del área del botón de la rosa se justifica como

una alternativa para minimizar el problema de la deficiente estimación del día de cosecha. Esta propuesta adquiere una importancia crucial en la producción de rosas, especialmente al inicio del proceso, donde la precisión en la determinación del día de cosecha puede marcar la diferencia entre realizar un proceso eficiente durante toda la cadena de producción. Al incorporar mediciones objetivas del área del botón de la rosa, se puede obtener una evaluación más precisa del estado de madurez de la flor. Este enfoque, permite superar las limitaciones asociadas con las estimaciones visuales subjetivas y los métodos de medición inadecuados utilizados en cultivos de rosas recién cortadas. La objetividad y precisión de estas mediciones ofrecen una herramienta invaluable para los productores, brindando una visión más clara del estado real de las rosas en el campo. El análisis del área del botón de la rosa, proporciona una medida cuantitativa y objetiva que puede ser reproducible y escalable. Esto no solo mejora la precisión en la estimación del día de cosecha, sino que también aumenta la eficiencia y la calidad de la producción de rosas (Arévalo, 2015).

Además, al monitorear el crecimiento del botón de la rosa a lo largo del tiempo, se pueden establecer patrones y correlaciones entre el área del botón, días a la cosecha, temperatura, etc. que ayuden a determinar el momento óptimo de cosecha con mayor certeza. También, es posible determinar el día de cosecha basado en factores climáticos, como la temperatura y la radiación. Es por esto que, se puede implementar un análisis en conjunto considerando todos los factores que afectan a la estimación del día de cosecha para obtener predicciones mucho más precisas (Castro & Palomar, 2022). El análisis de esta información permite ajustar las prácticas de cosecha para maximizar tanto la calidad como la cantidad de las flores cosechadas, optimizando así la eficiencia operativa y los rendimientos. La implementación de esta metodología no solo beneficiaría a los productores al mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad de sus operaciones, sino que también

garantiza un suministro consistente y de alta calidad de rosas frescas para satisfacer la demanda del mercado.

## II. Objetivos e Hipótesis

**Objetivo General:** Determinar la correlación entre el desarrollo del área del botón de la rosa var. Explorer con su día a la cosecha.

### Objetivos específicos

- Establecer una metodología de medición del área del botón en cada estado fisiológico de la rosa desde el punto “garbanzo” hasta el punto de cosecha.
- Analizar la variación del área del botón de la rosa desde la vista superior y vista lateral.
- Determinar la fase de crecimiento con mejor correlación entre el área del botón y días a la cosecha.
- Calcular las probabilidades de cosecha del botón basado en la medida de su área y los días después de la marcación.

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Material Vegetal

La variedad de rosa utilizada fue Explorer, esta variedad tiene el botón de color rojo, con un rango de 6.5 – 7.0 cm de largo y una media de 38 pétalos por botón. Posee un follaje oscuro, tiene una longitud de tallo que va desde los 60 cm - 90 cm. En campo tiene una productividad de 0.9 a 1 flor por planta mes. En Florero tiene una vida estimada de 15 días (Plantec, 2024).

### **3.2 Localidad**

El presente estudio fue realizado en la provincia de Pichincha, Cantón Pedro Moncayo, en la ciudad de Tabacundo, Ecuador. La investigación tuvo lugar en una florícola de rosas cubierta por invernadero.

### **3.3 Implementación de dispositivo para medir área de botón y uso de software**

El método fue en base a una herramienta que establece un mecanismo estandarizado y replicable para tomar fotografías a un total de 100 botones de rosas. Para esto, se empleó un instrumento compuesto de diferentes componentes, entre ellos un nivel para establecer una referencia estable en cada una de las fotografías, además de la incorporación de tres cuadrados con un área de un centímetro cuadrado ( $cm^2$ ) que fue de utilidad al momento de realizar las mediciones para tomarlo como referencia. Se colocó un fondo negro y una apertura en la base para que el tallo pueda encajar correctamente con el instrumento y la fotografía tenga mejor calidad al momento de procesar la figura.

Con el instrumento se estandarizó las fotografías para que disminuya el error entre ellas, para esto se estableció una referencia al ángulo, distancia y contraste de color; luego se procedió a la marcación de 100 tallos en el estado de “garbanzo” en la variedad de Explorer. Se marcaron con cintas adhesivas del 1 al 100 en cada uno de los tallos en una distribución de 15 camas del cultivo. Cada una de las fotografías fue tomada en campo, estas fotografías pasaron a ser procesadas en el programa “ImageJ”, donde se midió el área de cada uno de los botones tomando en cuenta las referencias de los cuadrados incorporados en la herramienta. Se realizó la toma de fotografías de la vista lateral y superior de los botones de rosa para analizar su crecimiento en el tiempo y una posible relación entre ellos.

### **3.4 Condiciones climáticas**

En el invernadero se colocó un sensor de temperatura y humedad relativa en el bloque junto a las 15 camas donde se encontraron los botones marcados. Los datos fueron registrados a las 7 am, 12 pm y 4 pm, con los cuales se realizó un promedio para obtener un dato referencial para cada día. Estos registros, se obtuvieron durante los días que se mantuvieron los tallos marcados en campo, de esta forma se analizó la variación de cada día.

### **3.5 Metodología de medición**

El proceso de tomar fotografías del botón de las rosas en cada estado fisiológico comenzó en el estado “garbanzo” hasta el punto de corte en la variedad Explorer. Se tomaron de 10 a 13 fotografías por botón, dependiendo la fecha de cosecha de cada uno de ellos. Cada fotografía fue tomada en un rango de dos a tres días, lo que permitió analizar el desarrollo fisiológico de cada una de las etapas del botón de la rosa. Una vez que se obtuvo las fotografías de cada estado fisiológico del botón, se procedió a realizar las mediciones del área correspondiente de cada uno de los botones en sus diferentes vistas, sea superior y lateral.

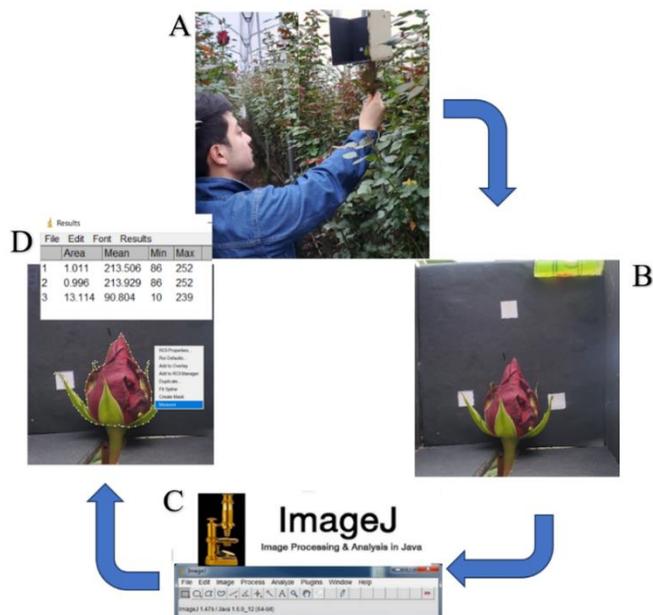


Figura 1: Metodología usada para medir las áreas de las diferentes vistas del botón de la rosa. A: Marcación en campo y toma de fotografías de los botones. B: Fotografía centrada con el nivel, las referencias y la distancia correcta. C: Programa utilizado para medir el área del botón. D: Medición de la referencia y el botón de la rosa.

### 3.6 Análisis de datos

Con las mediciones de cada uno de los botones, se procedió a realizar curvas de crecimiento donde se mostró a través del tiempo cómo cambió el tamaño del botón de la Rosa var. Explorer. Se analizó el promedio y la desviación estándar de cada una de las fechas, tomando en cuenta que las rosas fueron marcadas en un similar estado fisiológico. Este proceso fue realizado para cada una de las vistas (superior y lateral) donde se procedió a buscar la correlación entre las áreas, la relación que existe entre ambas perspectivas y su crecimiento en el tiempo.

La vista lateral fue la escogida para ser la base del estudio, por lo que se estableció una curva de crecimiento en el tiempo desde el estado “garbanzo” hasta el punto de corte. Se analizó de manera gráfica y estadística los cambios transcurridos durante el proceso de maduración del

botón. Al momento que el primer botón estuvo listo para la cosecha se empezó a registrar la ventana de cosecha de los 100 tallos marcados, donde se contó cada uno de los tallos cosechados día tras día. La ventana de cosecha terminó cuando todos los tallos marcados alcanzaron el estado fisiológico óptimo para la cosecha y fue cortado de campo. De esta forma se conoce el número de tallos que salen en la estimación semanal, los tallos que se adelantan y los que se atrasan.

Uno de los objetivos del estudio era buscar una correlación entre el área del botón y los días a cosecha, por lo tanto, se realizó una tabla donde se muestra, para cada uno de los días después de la marcación, la correlación simple que existe entre el área del botón de la rosa y los días faltantes para la cosecha de cada uno los tallos marcados. De esta forma, se busca encontrar la fuerza y dirección de la relación lineal entre ambas variables, siendo el área la variable dependiente y los días a la cosecha la variable independiente. Después del análisis de cada una de las fechas post marcación se graficó la correlación entre el área del botón y los días a la cosecha del día que obtuvo mejor correlación.

### **3.7 Análisis Estadístico**

Para obtener una mejor interpretación de la gráfica de correlación del día post marcación con mejor correlación se realizó cálculos de probabilidad. Para empezar, se realizó una separación de las áreas del botón de los 100 tallos marcados por cuartiles, cada uno de los datos con su respectivo registro de días a la cosecha. El otro parámetro se lo relacionó con la ventana de cosecha, donde se calculó la probabilidad de cosecha dentro de la semana esperada, días previos y días tardíos de lo estimado. Se relacionó estos parámetros mediante una tabla dinámica realizada en Excel y de esta forma se calculó las probabilidades, donde nos muestra la probabilidad de cosecha dentro de la semana ideal basado en el área del botón de la rosa. Esta tabla nos muestra la probabilidad de cosecha de los botones a partir del día de marcación analizado.

Con la probabilidad establecida se realizó un análisis de los cuartiles del mismo día donde existió mayor correlación entre el área del botón y los días a la cosecha. Esta tabla está conformada por el promedio de áreas, desviación estándar de las áreas, promedio de días a la cosecha y desviación estándar de días a la cosecha en cada uno de los cuartiles.

## IV.Resultados y Discusión

### 4.1 Medición de variable climatológica

La figura 2 muestra la variación de temperatura y de humedad relativa (HR) a lo largo del desarrollo de los tallos marcados dentro del invernadero. Se observa una variación entre los días, tanto en las temperaturas máximas, mínimas y promedio. Sin embargo, en la mayoría de días no se ve un delta de temperatura muy grande durante todo el periodo de investigación.

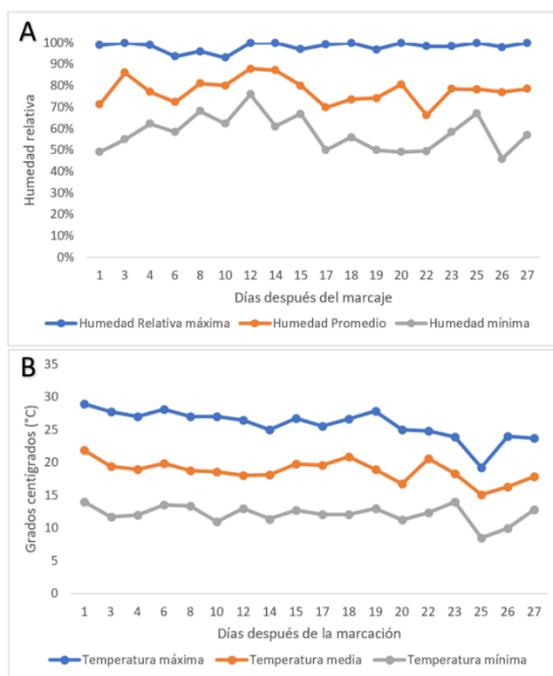


Figura 2: Registro de los datos de los factores climáticos. A: Humedad Relativa dentro del invernadero. B: Temperatura dentro del invernadero.

La temperatura se mantiene en un rango de 16 a 22 grados centígrados durante todo el periodo. Por otro lado, se observa que la humedad relativa promedio de cada día fluctuó entre 70% y 88%, de igual forma no hay cambios bruscos o variación muy grande en el periodo de investigación. Es importante resaltar que la humedad relativa máxima esta siempre cerca del 100% en las mañanas, por lo que esta humedad es propicia para el desarrollo de enfermedades que pueden afectar el desarrollo de los tallos de rosa. El cultivo de rosa para alcanzar una buena productividad requiere de condiciones climáticas como temperatura de 17°C a 25°C. Para que el cultivo no sufra estrés la temperatura mínima debe mantenerse en los 15° C y como temperatura máxima de 27° C, cuando la temperatura sobrepasa los 30° C los botones son pequeños, de pocos pétalos y de color pálido. El rango de humedad relativa para el cultivo es del 60 y 80% cuando la HR no supera el 60% la planta produce tallos delgados y botones pequeños sumado a la susceptibilidad de la planta a la presencia de ácaros y con HR superior al 90% favorece al desarrollo de enfermedades fúngicas (Escobar, Sánchez, Proaño, & Cuzco, 2023). La temperatura y la humedad relativa del cultivo de rosa var. Explorer se mantiene dentro de las condiciones climáticas ideales para su desarrollo. A pesar de tener una humedad relativa ligeramente superior a 80% en ciertos días no se mostró afecciones por enfermedades fúngicas en los tallos marcados.

#### **4.2 Variación del área de la vista lateral y superior**

En la figura 3 se muestra el desarrollo del botón desde el punto cono de la vista superior y lateral hasta el punto de corte. De esta forma se analiza cómo va cambiando el área del botón en

ambas vistas al momento que empiezan a desplegar los pétalos y su estado fisiológico óptimo para la cosecha.

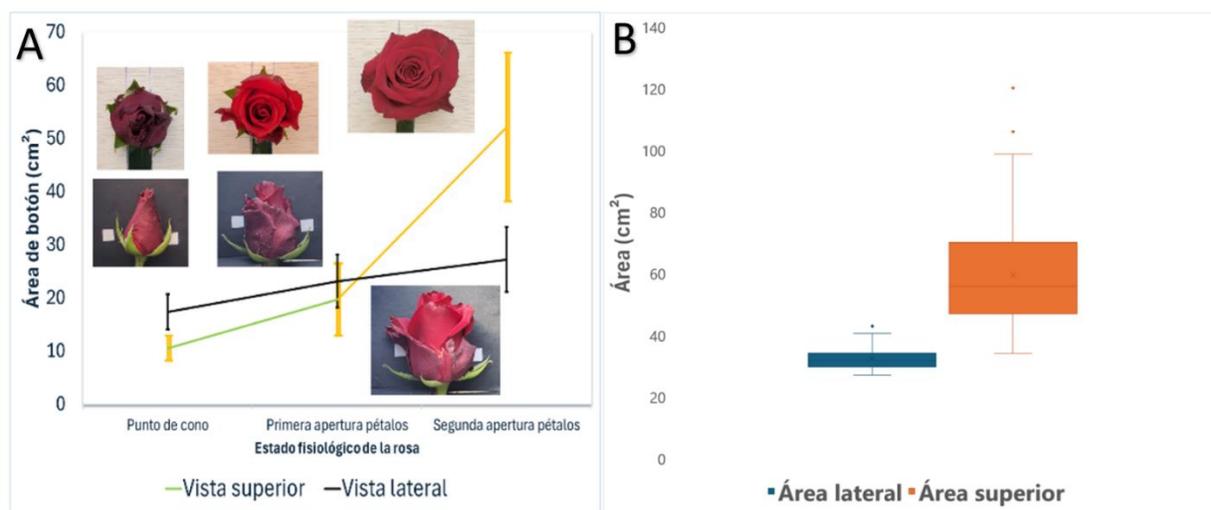


Figura 3: Desarrollo del botón desde el punto cono de la vista superior y lateral. A: Desarrollo del botón desde el punto de cono hasta segunda apertura de pétalos. B: Áreas tomadas después de cosechados.

En la figura 3 A se muestra el desarrollo del botón de la rosa desde el punto cono hasta la apertura de los pétalos tanto de la vista superior como lateral. Este análisis permite observar cómo cambia el área del botón de la rosa mientras los pétalos se van desplegando. Un estudio de Torres & Humberto (2019) muestra cómo cambia el diámetro del botón de la rosa a medida que empieza el desplazamiento de pétalos, empieza a aumentar los valores en el tiempo y sus medidas presentaron una variación entre cada botón analizado. Los resultados tiene relación con el estudio, ya que se observa que a medida que los pétalos se van desplegado la desviación va aumentando en ambos casos. Lo que significa que cada uno de los botones marcados tiene una apertura de pétalos diferente, lo que muestra gran variación del área total del botón. Sin embargo, la vista superior tiene una desviación estándar más grande en comparación a la de la vista lateral. Esto está dado

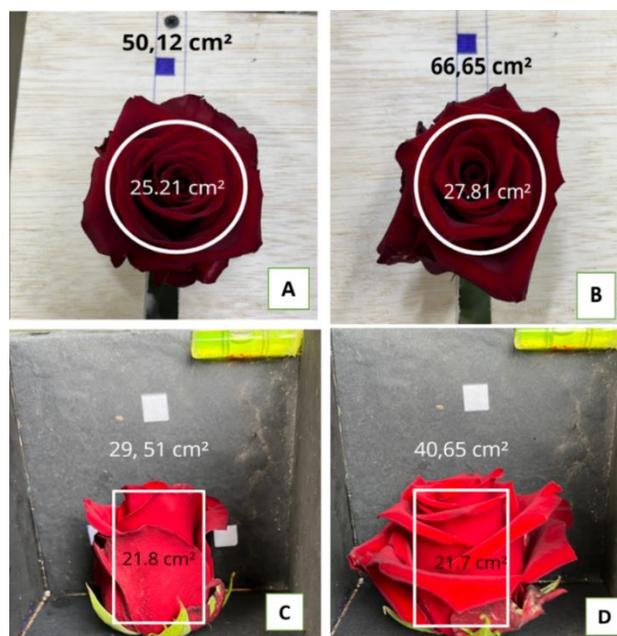
por la apertura del botón, que al ser analizado desde arriba los pétalos desplegados alrededor de todo el botón hace que exista mayor variación entre los tallos marcados.

En la figura 3 B está representada el área de los botones al momento de ser cosechados, tanto de la vista lateral como la vista superior. Se puede observar que la distribución de los datos del área lateral es menos dispersa en comparación de los datos del área de la vista superior. De igual forma, las desviaciones estándar nos muestran que en el área de vista lateral se tiene una menor variación individual con respecto a la media de todos los registros. Por otro lado, la variación individual con respecto a la media de la vista superior es más grande, así mismo se tiene una dispersión mayor. Entre ambas vistas la que tiene la mayor variación es la vista superior, los datos de las áreas son muy variables y no se puede establecer parámetros claros. Por este comportamiento de despliegue de pétalos en la vista superior es muy difícil establecer parámetros precisos para los días a cosecha. No se observa en las gráficas una inferencia de relación entre el área del botón de la vista superior con los días a la cosecha. De la misma manera, por existir una variación tan amplia no se podría establecer un rango óptimo de área para determinar el punto de corte ideal. En el caso de la vista lateral, los datos tienen una menor variabilidad y una variación individual con respecto a la media mucho menor. Estos resultados permiten inferir una relación entre el área del botón de vista lateral con los días a cosecha, así mismo al tener una menor dispersión de datos se podría establecer un rango óptimo de cosecha con respecto al área del botón.

### **4.3 Análisis de variación de la vista superior y lateral**

En la figura 4 se muestra gráficamente el efecto en el área del botón según el despliegue de los pétalos. De igual forma, se observa gráficamente porque existe un aumento de variación en

fases cercanas al punto de corte, sobre todo en el despliegue de los pétalos en cada una de las vistas analizadas.



*Figura 4: Medida de áreas de los botones en punto de corte vistos desde el lateral y superior. A: Botón con despliegue de pétalos simétrico. B: Botón con despliegue de pétalos asimétrico. C: Punto de corte apretado. D Punto de corte muy abierto.*

La figura A y B son fotografías tomadas del mismo ángulo de dos tallos de rosa distintos, pero en el punto de corte ideal para la variedad Explorer. Sin embargo, el despliegue de sus pétalos es variable, lo que hace que cambie drásticamente el área total de la rosa. Esta es la razón por la cual la desviación estándar de la vista superior mostrada en la figura 3 es muy alta y el motivo porque tiene un crecimiento exponencial al momento que los pétalos se despliegan. Por otro lado, las fotografías C y D tomadas desde la vista lateral tienen una variación igual muy grande, también influenciada por el despliegue de los pétalos. A pesar de ser dos casos extremos donde C es un botón cosechado apretado, es decir más cerrado de lo que debería y D un botón cosechado con pétalos más abiertos de lo que deberían, son casos que en la floricultura ecuatoriana están presentes. En el cultivo de rosas no está disponible alguna herramienta que permita determinar

exactamente cuando es el momento de la cosecha, por lo que esto está determinado por el criterio del trabajador. Estos casos de C y D presentados anteriormente pueden darse en ocasiones específicas semana tras semana, sobre todo al iniciar o terminar la semana laboral. Cuando la semana laboral está por terminar, se suele cosechar el punto más cerrado para evitar que los botones abran demasiado su punto cuando se retome la actividad laboral. Por otro lado, al empezar la semana es común cosechar botones con un punto de corte pasado, es decir ya muy abierto.

A pesar de las variaciones que existen en apertura de los pétalos, la vista lateral es la que tiene menor desviación estándar y una tendencia de crecimiento más marcada a medida que el botón se va desarrollando. Por lo tanto, en este estudio la vista lateral será la base para realizar los demás análisis estadísticos.

#### **4.4 Determinación del área del Botón en sus fases de crecimiento**

En la Figura 5 se puede observar el crecimiento del botón de la rosa a medida que pasan los días y el botón va alcanzando su madurez fisiológica. Los datos registrados van desde el día 0 de marcación hasta el día 21 donde se cosecharon gran número de los tallos marcados. Todos los botones partieron desde un área promedio de 2,92 cm<sup>2</sup>, visualmente conocido en la floricultura como estado “garbanzo”.

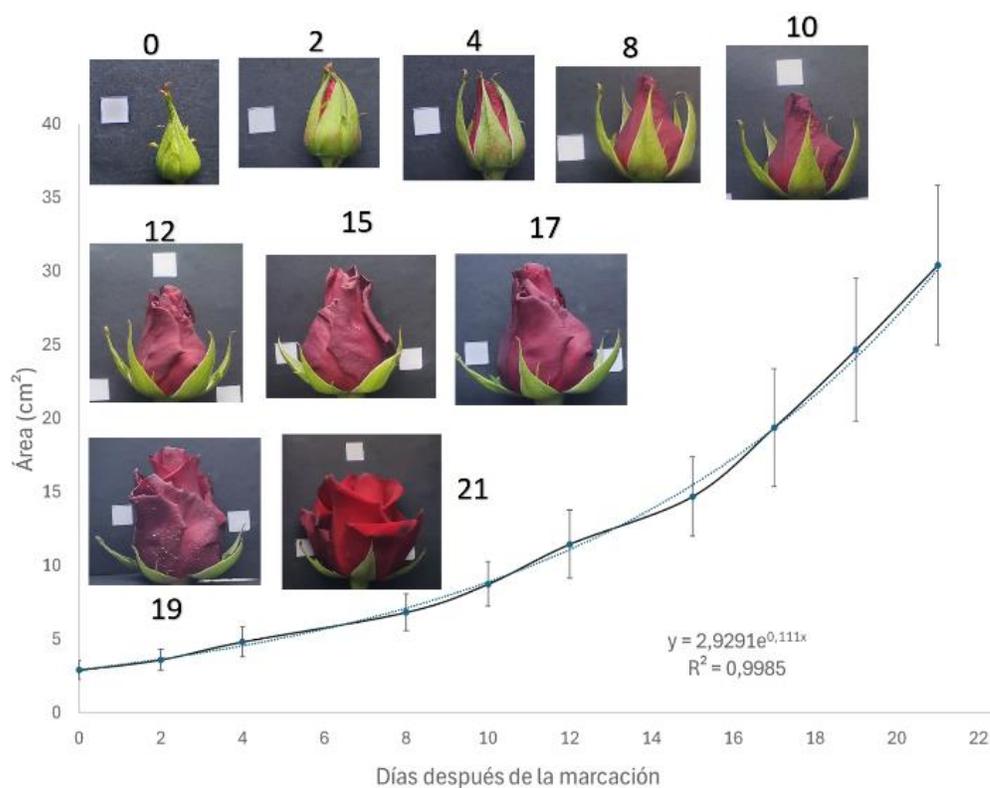


Figura 5: Desarrollo de la fisiología del botón de la rosa var. Explorer en el tiempo.

A medida que transcurre el periodo evaluado el área del botón va creciendo y la desviación estándar va variando en el tiempo. La desviación estándar es más grande conforme el área del botón va creciendo. A pesar de que todos los botones fueron marcados en un estado fisiológico similar en el proceso de desarrollo, visualmente empezaban a desfasarse unos de otros, esto es explicado por el aumento de la desviación estándar dado por el desplazamiento de los pétalos. Como menciona Tomas (2022) uno de los problemas que existe actualmente es la imposibilidad de predicción de cosecha de los tallos con precisión de semana a semana, ya que existe un error de tallos previstos a cosecha y tallos cosechados. Cuando se estima la cosecha se realiza un conteo en campo de los tallos en sus diferentes estados fenológicos y a partir de esto, se realizan cálculos y estimaciones de cuantos tallos serán cosechas las siguientes semanas. Una de las causas que genera

esta imprecisión en la estimación de cosecha es que el conteo de los tallos en estadios fisiológicos variados es realizado de forma subjetiva y poco precisa. Generalmente, el conteo en campo no se realiza con ninguna herramienta que ayude a precisar de forma objetiva el estado del botón. Por lo tanto, el operador analiza de forma visual el estado de desarrollo de la flor según su criterio, es por esto, que existe una gran variación a medida que se desarrolla el botón de la rosa. Cabe destacar, que cada una de las variedades tiene diferente tiempo de desarrollo a partir de un estado fisiológico determinado, por lo que también dificulta la precisión del operador donde generalmente en Ecuador en una florícola existen más de 80 variedades de rosa por empresa.

La figura 5 muestra la variación del área en centímetros cuadrados mientras avanzan los días de desarrollo del botón de la rosa. También, al realizar un análisis de regresión, en el cual se observa un coeficiente de 0.99, lo que nos indica que la fisiología de la rosa de la variedad Explorer tiene un crecimiento exponencial. Al observar la gráfica y su tipo de crecimiento, y relacionarlo con las fotografías tomadas, se puede destacar que a partir del día 15 después de la marcación se observa un crecimiento más acelerado que sobrepasa la línea de tendencia. Si se observa las fotografías a partir del día 15 es donde empieza la separación de los pétalos del botón, es por esto que el área va cambiando de manera drástica en los días siguientes en cada uno de los botones marcados. Al ser un análisis de área del botón de la rosa vista lateralmente, la apertura de los pétalos de la rosa ocupa mucho más espacio en la fotografía y por ende refleja una mayor área para el análisis. Un estudio realizado por Orjuela (2019) muestra la variación del diámetro del botón floral en otra variedad de rosa, sin embargo, se observa que 13 días después del estado de garbanzo, el botón floral empieza a tener un mayor diámetro y tasa de crecimiento día a día de este. Esto se da debido que a partir de este día la variedad de la rosa comienza el proceso de cambio de estado

de cono invertido a abrir sus pétalos, lo que hace que el diámetro vaya aumentando con el desarrollo del botón floral.

#### 4.5 Ventana de cosecha

La figura 6 detalla el número de tallos cosechados desde la apertura de la ventana de cosecha hasta el corte de los últimos botones marcados. La ventana de cosecha estuvo abierta por 9 días, desde el día 19 al día 27 después de la marcación desde el estado garbanzo.

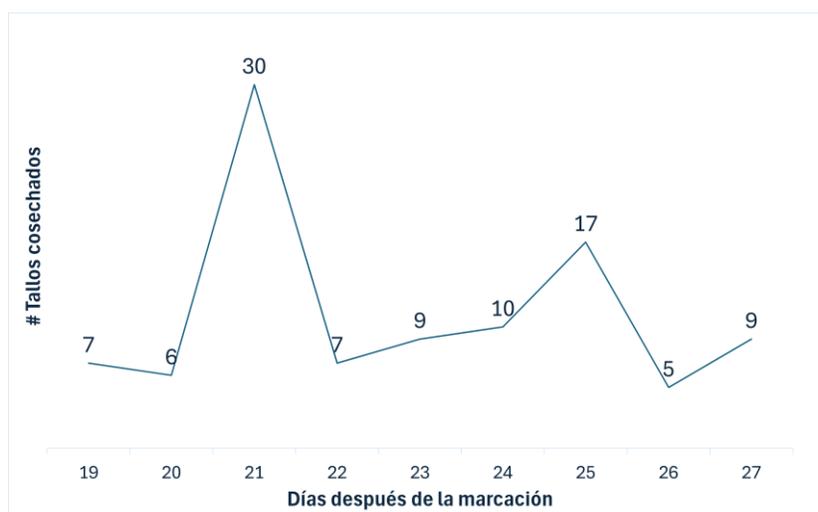


Figura 6: Ventana de cosecha desde la marcación

La ventana de cosecha empezó el día 19 después de la marcación, el día 19 y 20 son considerados botones de tallos que se han adelantado a la semana estimada de cosecha. Ya que, desde el punto de garbanzo se estima que salgan entre 21 y 25 días. Desde el estado garbanzo, se hubiera esperado que los primeros tallos salgan el día 21 y los más tardíos salgan el día 25, lo óptimo sería que los tallos marcados sean cosechados en este periodo (Rodríguez, 2017). Sin embargo, existen 13 tallos que salieron antes de lo que se estimaría y 14 tallos fueron cosechados después de lo esperado. Es importante resaltar que la organización de las fincas de rosas

ecuatorianas suele trabajar normalmente de lunes a viernes y en ciertas ocasiones de lunes a sábado. Esto influye para poder planificar los cortes de los tallos, es decir viernes o sábados cortar puntos más apretados, mientras que el lunes es común tener una producción más alta por no haber cosechado el domingo. Es por esto que el día 21, coincidió con ser lunes, y tiene una cantidad más alta de cosecha, de igual manera el día 25, viernes, también tiene un pico de cosecha de los tallos.

#### 4.6 Correlaciones entre área y días a la cosecha

En la tabla 1 se muestra los coeficientes de correlación para cada uno de los días donde se tomaron datos. Los datos muestran la relación que existe entre el área del botón con los días a la cosecha a su respectiva fecha de marcación. Las correlaciones son negativas, lo que indica que a medida que aumenta el área, disminuyen los días a la cosecha.

*Tabla 1: Coeficiente de correlación entre área y días a la cosecha*

Días después de la marcación	Coeficiente de correlación
0	-0,37
2	-0,43
4	-0,59
8	-0,68
10	-0,67
12	-0,76
15	-0,75
17	-0,66
19	-0,63
21	-0,74

De todo el periodo, el día 12 y 15 después de la marcación son los que tienen una correlación mayor a los días de cosecha. Estos días están dentro del rango donde el botón de la rosa empieza a experimentar su cambio fisiológico más drástico, con respecto al área medida desde la vista lateral. Al analizar las fotografías de estos días, se muestra el momento en el que la rosa ya

tiene su forma de cono invertido y empieza a desplegar sus pétalos. Así mismo Martínez y otros investigadores (2009) al analizar las correlaciones obtenidas para determinar que tan fuerte son las relaciones que existen entre estas dos variables hay que tener en cuenta ciertos factores como: el campo de investigación, el tamaño de la muestra, la interpretación de los signos, la variabilidad de los datos, etc. Al ser un campo biológico es complicado obtener coeficientes de correlación altos ( $\geq 0,95$ ), de ser el caso, puede inducir a la revisión de los datos o metodología usada para encontrar posibles errores. El tamaño de muestra también influye mucho en los resultados, interpretación de los datos y confiabilidad del error, para este caso, se utilizaron 100 botones de rosa para el análisis. Al estar dentro del campo biológico se establece ciertos rangos para determinar la relación que existe entre las variables. Un coeficiente de relación mayor a 0.76 es considerada una relación significativa entre variables, e incluso en tamaños de muestra más pequeños el tener de 0.5 a 0.7 también muestran una relación media. Tomando en cuenta los rangos mencionados, los resultados obtenidos anteriormente muestran una relación fuerte entre el área y el día de la cosecha después de 12 a 15 días de la marcación desde el estado garbanzo. Sin embargo, en otras etapas fenológicas del botón no existe una relación muy fuerte. Sobre todo, en el día 0, lo que nos indica que el estado de garbanzo es un estado fisiológico muy prematuro para determinar el día a la cosecha de ese botón.

En la figura 7 se muestra la correlación que existe entre el área del botón y los días a cosecha, en el momento que gran parte de los tallos marcados empiezan la separación de los pétalos. Es la correlación más alta que se obtuvo dentro del periodo analizado, esta correlación es de -0.766. Es una correlación negativa que muestra que a medida que el área del botón aumenta, existe una disminución en los días de cosecha.

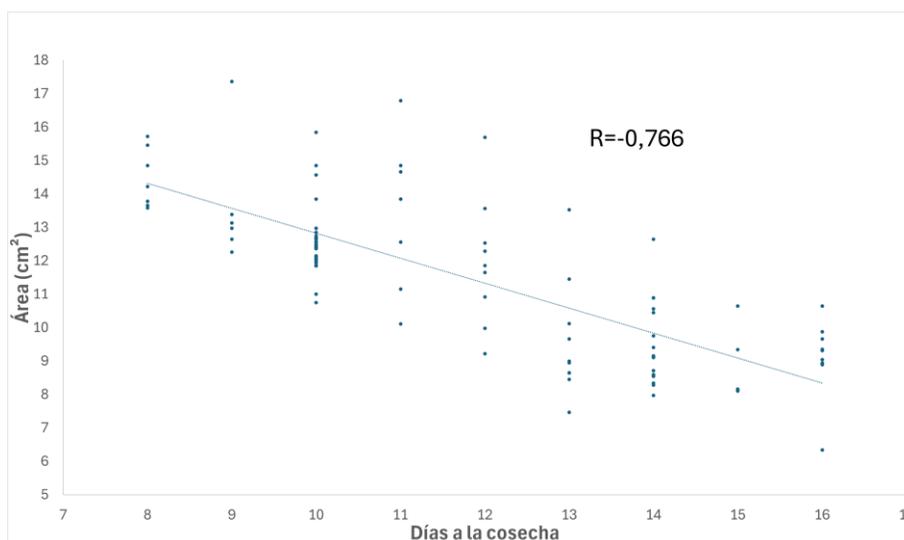


Figura 7: Correlación entre Área y días a la cosecha del día 12 después de la marcación

La gran mayoría de resultados están concentrados en el centro del gráfico, de así mismo se ve en la ventana de cosecha mostrada previamente. A pesar de existir una correlación relativamente alta para el tamaño de muestra, se puede observar una variabilidad de los datos para cada uno de los días a la cosecha. Un caso a considerar es que cuando faltan 11 días para cosechar algún tallo las medidas varían desde 9,22 cm<sup>2</sup> a 15.69 cm<sup>2</sup>, lo que puede explicar esta diferencia es la longitud del tallo. Como reporta Castro (2017) en un estudio para realizar clasificación automatizada de rosas, existe una diferencia significativa entre el diámetro y la longitud del botón floral dependiendo del grado del tallo. Esto quiere decir que tallos que tengan una longitud de 90 cm van a tener un botón floral más grande que un botón floral de 60 cm. Al existir diferencia en el diámetro y la longitud del botón también va a existir una diferencia en el área del botón de la rosa. Además de que no todas se encuentran exactamente en el mismo estado fisiológico, también la apertura de los pétalos es variable, esto hace que no todas las mediciones laterales sean iguales.

#### 4.7 Cálculo de probabilidades de cosecha y análisis de cuartiles

En la tabla 2 se observa la probabilidad de que un tallo sea cosechado en un número determinado de días, basado en el área del botón. La tabla 2 muestra las probabilidades de que un tallo sea cosechado en 7-8 días, 9-13 días, 14-15 días a partir del día 12 después de la marcación en el estado garbanzo de los botones.

*Tabla 2: Probabilidad de cosecha a partir del día 12 de la marcación.*

Área del botón (cm <sup>2</sup> )	Probabilidad de cosecha a partir del día 12 de la marcación			
	7-8 días	9-13 días	14-15 días	Total general
6,3-9,1	0,0%	65,0%	35,0%	100%
9,1-11,9	0,0%	75,0%	25,0%	100%
11,9-14,6	21,4%	78,6%	0,0%	100%
14,6-17,4	40,0%	60,0%	0,0%	100%
<b>Total general</b>	<b>13,0%</b>	<b>73,0%</b>	<b>14,0%</b>	<b>100%</b>

Se observa que el 13% de los botones fueron cosechados en 7-8 días, 73% de los botones fueron cosechados dentro de la semana esperada y 14 % de los botones fueron cosechados dentro de 14-15 días. Se observa dentro de la tabla que las probabilidades de cosecha más altas son a los 9-13 días. Se observa que si un área mide de 11, 9 a 14, 6 cm<sup>2</sup> tiene una probabilidad del 78,6% de probabilidad de ser cosechado dentro del rango de 9-13 días, siendo esta la semana estimada de cosecha de todos los botones marcados. Se observa que la distribución de probabilidades está relacionada con el área del botón, es decir si el botón mide de 6,3 a 11,9 cm<sup>2</sup> la probabilidad esta distribuida entre 9-15 días. Por otro lado, si mide de 11,9 a 17, 4 cm<sup>2</sup> después de 12 días del estado garbanzo las probabilidades se distribuyen en un rango de 7 a 13 días.

En la tabla 3 se muestra un análisis del promedio y su desviación estándar en  $\text{cm}^2$  de cada cuartil ordenado de menor a mayor por área del botón. También los resultados de días a la cosecha promedio y la desviación estándar de días de cada uno de los cuartiles.

*Tabla 3: Análisis de cuartiles del día 12 después de la marcación*

	Q1	Q2	Q3	Q4
<b>Promedio áreas (<math>\text{cm}^2</math>)</b>	8,5 $\pm$ 0,6	10,6 $\pm$ 0,8	12,4 $\pm$ 0,2	14,4 $\pm$ 1,2
<b>Promedio Días a la cosecha</b>	13,5 $\pm$ 1	12,0 $\pm$ 2,1	9,3 $\pm$ 0,9	8,8 $\pm$ 1,5

Lo que muestra la tabla 3 es que a medida que los botones tienen áreas más grandes disminuye el día a la cosecha promedio. Por lo tanto, existe una relación directa entre el área del botón con los días a la cosecha. En el día 12 después de la marcación se observa la relación área del botón y días a la cosecha tiene una relación directa, mientras mayor sea el área esta más próximo a alcanzar el estado fisiológico óptimo de cosecha. Los resultados muestran la desviación estándar de los datos de área de botón y los días a la cosecha, estos valores no son muy altos, por lo que no hay una dispersión muy alta de los datos con respecto a la media.

## **V. Conclusiones**

La metodología utilizada fue eficiente para obtener fotografías de las áreas de los botones de rosa disminuyendo la variación entre cada una de ellas. Se logró estandarizar las fotografías mediante el uso de las referencias como los cuadrados de un centímetro cuadrado, el nivel y el fondo negro. Esto permitió analizar el área del botón de la rosa en cada etapa de desarrollo desde el punto “garbanzo” hasta el punto de corte de cada uno de los tallos marcados.

Dentro del análisis de las vistas de desarrollo del botón de la rosa se determinó que la vista lateral fue la que obtuvo menor desviación estándar y mejor distribución de sus datos en sus fases de crecimiento. El comportamiento del área del botón observado desde la vista lateral en el momento de desplegar los pétalos tuvo menor variación que la vista superior. También, en punto de corte existió una menor variación de las áreas de los botones marcados cuando se los analizó desde la vista lateral. Por ende, se concluye que la vista lateral es la que tiene una menor variación en cuanto al área del botón en las distintas fases de crecimiento. Por la cual, se utilizó como base del estudio para buscar las correlaciones entre el área del botón y los días a la cosecha.

Basado en el crecimiento del botón de la rosa se estableció que el día 12 después de la marcación fue la etapa de crecimiento donde existió la mayor correlación entre el área del botón y los días a la cosecha. Esta correlación fue de  $-0,76$ , lo que indica una relación fuerte entre variables; a medida que el área del botón crece, los días a la cosecha disminuyen. Esta fase de crecimiento tiene la forma del cono invertido, por lo que este estado fisiológico sería el óptimo para realizar estimaciones de campo para semanas siguientes.

El cálculo de probabilidades nos permitió determinar el número de tallos que van a ser cosechados en diferentes intervalos de tiempo, basado en el área del botón a partir del día 12 después del estado garbanzo. El 73% de los tallos marcados desde el estado garbanzo fueron cosechados en la semana estimada, en el periodo de 21 a 25 días después de la marcación. Por lo tanto, se puede estimar que en la zona de Tabacundo existe un 27% de error al momento de estimar desde el punto garbanzo. Además, las probabilidades y el análisis de cuartiles permitieron observar que los botones con área más pequeña fueron cosechados en un intervalo de tiempo mayor desde el día 12 después de la marcación. Mientras que los botones con área más grande tienen una

probabilidad de días a la cosecha que se distribuye en un intervalo menor de tiempo, de igual forma desde el día 12 después del estado garbanzo.

## **VI.Recomendaciones**

Para un próximo estudio se recomienda utilizar un mayor tamaño de muestra, por lo menos 500 botones desde el punto garbanzo. Para obtener una mayor precisión del estado fisiológico óptimo para mejorar las estimaciones semanales.

Se recomienda el análisis de al menos 4 tomas de la vista lateral de cada uno de los botones en sus diferentes estados fisiológicos para mejor el nivel de precisión y análisis del desprendimiento de los pétalos a partir del punto cono invertido.

Realizar un estudio similar en otras variedades de rosa podría ser de utilidad para comparar diferencias y similitudes en las áreas evaluadas, para determinar si el comportamiento varietal influye en el establecimiento del punto óptimo para la estimación de corte.

## Referencias

- Arévalo-Galarza, M. (2015). INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE COSECHA EN LA VIDA DE FLORERO DE SIETE CULTIVARES DE Rosa hybrida. *Agro Productividad*, 8(2)
- Banco Central del Ecuador (2023). INFORME DE RESULTADOS DE COMERCIO EXTERIOR
- Cabrera Loja, J.A.(2021). Modelos de predicción de producción basados en el Método de Grados Días de Desarrollo en tres variedades de Rosa Sp.
- Castro Aguilar, P. A. (2017). Diseño de un sistema de identificación y clasificación de flores.
- Castro Forero, M., & Palomar Rodríguez, X. (2022). Generación de herramientas para la predicción de cosechas en variedad comercial de rosa de jardín basados en las acumulaciones de grados día y radiación acumulada (DLI).
- Cedillo Villavicencio, C., González Carrión, C., Salcedo Muñoz, V., & Sotomayor Pereira, J. (2021). El sector florícola del Ecuador y su aporte a la Balanza Comercial Agropecuaria: período 2009-2020. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 8(1), 74-82.
- Corporación Financiera Nacional (2020). SECTOR AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y PESCA.
- Escobar, E., Sánchez, E., Proaño, C., & Cuzco, R. (2023). DETERMINACIÓN DE LOS ESTADOS FENOLÓGICOS EN ROSA VAR. EXPLORER Y SALMA CON RELACIÓN A LAS UNIDADES DE CALOR. *SUCRE REVIEW*, 3(3).

- Estrada Prado, W., Lescay Batista, E., Álvarez Fonseca, A., & Caridad Maceo Ramos, Y. (2016). Correlaciones simples y variabilidad de cinco cultivares de cebolla (*Allium cepa* L.) en condiciones de déficit hídrico. *Centro Agrícola*, 43(4), 21-28.
- Martínez Ortega, R. M., Tuya Pendás, L. C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & Cánovas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2), 0-0.
- Rodríguez Vásquez, L. A. (2017). *Evaluación de embolsado de flor en estado de garbanzo a cinco variedades de rosa (rosa spp) en la finca santana, en el municipio de facatativá*
- Sanmartín, M. A. G., Corrales, E. E. L., Armijo, F. G. N., & Merlo, O. J. T. (2024). La evolución económica de la floricultura en el Ecuador. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*.
- Tomas Fuster, C. F. (2022). Fenología de seis variedades de rosa (*Rosa* sp) en producción abierta de Cayhuayna–Huánuco–2020.
- Torres, O., & Humberto, A. (2019). *Evaluación de diferentes técnicas de hormonado para incrementar el diámetro del botón floral Rosa sp Var. Energy*.