

GENERACION DE HERRAMIENTAS PARA LA PREDICION DE COSECHAS EN  
VARIEDAD COMERCIAL DE ROSA DE JARDIN BASADOS EN LAS ACUMULACIONES  
DE GRADOS DIA Y RADIACION ACUMULADA (DLI)

MATEO CASTRO FORERO  
XIMENA PALOMAR RODRIGUEZ

Universidad Jorge Tadeo Lozano

Bogotá, Colombia

2022

GENERACION DE HERRAMIENTAS PARA LA PREDICCIÓN DE COSECHAS EN  
VARIEDAD COMERCIAL DE ROSA DE JARDIN BASADOS EN LAS ACUMULACIONES  
DE GRADOS DIA Y RADIACION ACUMULADA (DLI)

**Director: Rodrigo Gil Castañeda**

**Especialización tecnológica en Horticultura protegida**

**Universidad Jorge Tadeo Lozano**

1. INTRODUCCIÓN .....	7
2. RESUMEN.....	10
3. JUSTIFICACIÓN.....	12
4. OBJETIVOS.....	14
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5. MARCO TEORICO .....	15
CULTIVO DE ROSA .....	15
TAXONOMIA.....	15
FENOLOGIA .....	16
FACTORES CLIMATICOS QUE AFECTAN SU DESARROLLO .....	17
TEMPERATURA.....	17
HUMEDAD RELATIVA (HR).....	17
RADIACIÓN SOLAR.....	18
GRADOS DÍA DE DESARROLLO (GDD).....	20
CÁLCULO PARA GDD.....	21
6. METODOLOGIA .....	23
METODOLOGIA DE MUESTREO EN CAMPO .....	29
7. RESULTADOS.....	31
8. CONCLUSIONES .....	39
9. BIBLIOGRAFÍA.....	40

## LISTA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Mapa Satelital de la ubicación de la Finca. Fuente: Google Earth, 2022.

Ilustración 2. Estados de desarrollo; Yema cero, Brotacion (activación de yema, yema menos a 3cm, palmiche), Arroz, Arveja, Garbanzo, Bola, Rayando color (Estrella), Corte.

Ilustracion 3. Pantalla plataforma de wiga. Chequeo de la informacion .

Ilustracion 4. Pantalla plataforma de wiga. Chequeo de la informacion .

Ilustracion 5. Sensores de medicion de temperatura y radiacion Wiga .

Ilustracion 6. Metodologia del ensayo .

## LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. GDA y DLI acumulados en el ciclo según los cambios de estado en diferentes semanas del año.

Tabla 2. Distribución en % de las unidades acumuladas de GDA y DLI según la semana de programación.

Tabla 3. Distribución en % de las unidades de GDA y DLI en el ciclo según el cambio de estado de desarrollo.

## LISTA DE GRAFICAS.

Grafica 1. GDA a lo largo del ciclo según los cambios de estado (vegetativo/reproductivo) señalados en diferentes semanas del año.

Grafica 2. Acumulación de GDD en 3 variedades de Rosa sp en siete estados fenológicos de interés. (1: Inducción, 2: Arroz, 3: Arveja, 4: Garbanzo delgado, 5: Garbanzo grueso, 6: Rayando color, 7: Cosecha). Fuente: Modelos de predicción de producción basados en el Método de Grados Días de Desarrollo en tres variedades de Rosa Sp.

Grafica 3. DLI a lo largo del ciclo según los cambios de estado (vegetativo/reproductivo) señalados en diferentes semanas del año.

Grafica 4. Distribución en % de las unidades acumuladas de GDA y DLI según el estado de desarrollo.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el contexto nacional, Colombia tiene dos zonas de producción bajo invernadero bien identificadas, caracterizadas por sus óptimas condiciones climáticas y su facilidad en cuanto a ubicación, mercado u otros factores logísticos, como lo son la sabana de Bogotá seguido del Antioquia-Rio Negro; en el contexto internacional contamos con países potencia en producción bajo invernadero como España, Holanda, Israel entre otros en donde se tiende a concentrar su producción en zonas estratégicas.

Los invernaderos en Colombia, en cuanto a su diseño estructural son ventilados de forma natural, de poca tecnificación, extensiones promedio de media hectárea, en general pocos invernaderos cuentan con un programa de mantenimiento de plástico que garantice el funcionamiento óptimo de la cubierta en el caso de los pequeños productores, mientras que en la mayoría de empresas consolidadas se manejan programas de mantenimiento que garanticen la calidad y la producción óptima del producto sombreado dentro del invernadero. Colombia al igual que muchos otros países productores está sometido a condiciones agroclimáticas variables las cuales dificultan una producción constante en el tiempo. Dentro de los retos más importantes es garantizar la estabilidad en la producción de los productos de mayor importancia económica para garantizar la sostenibilidad tanto del sector agropecuario, el sector empresarial y de igual manera en la parte social. Tanto de día como de noche, el invernadero tradicional colombiano no logra mantener los niveles óptimos de temperatura, incluso ocurriendo fenómenos como la inversión térmica, por la que en algunos momentos de la noche la temperatura al interior del invernadero llega a estar por debajo de la exterior. En paralelo se presentan deficiencias en el suministro de CO<sub>2</sub>, déficit de presión de vapor, con valores que no son adecuados, heterogeneidad microclimática. Sumadas

estas condiciones a los altos deltas de radiación y temperatura generando desbalances en los procesos de absorción de agua, nutrientes y la movilidad de ciertos elementos, alterando los ciclos productivos y la calidad del producto..

La rosa siendo uno de los productos que ocupan mayor % en la producción de flores de corte, surge la importancia de garantizar una producción estable y predecible para así poder entrar a los mejores mercados tanto en precio como en la sincronía de los picos de producción y los momentos oportunos de mercado (fiestas, eventos, matrimonios).

Dentro de los productos que ocupan en mayor % el área sembrada bajo invernadero encontramos las flores de corte en una alta proporción seguida de algunas hortalizas, cannabis, Berrys, entre otros.

En el país, los departamentos de Antioquia y Cundinamarca son responsables de la siembra y producción del 95% de las flores; en 2008 el departamento de Cundinamarca inscribió el 78% de las hectáreas dispuestas para la siembra de flores, mientras que el 22% restante se localizó en Antioquia.

En la actualidad el sector Floricultor cuenta con 7.290 Has cultivadas y dedicadas al corte de flores frescas para la exportación. En 2006 el área cultivada era 7000 has. El 79% del área cultivada se encuentra ubicada en la Sabana de Bogotá, 17% en Antioquia y 4% en otros departamentos, entre los que se incluyen Valle del Cáuca y Eje Cafetero.

Según ASOCOLFLORES durante los años 2004 y 2005 se cultivaron cerca de 7.200 hectáreas de flores, concentradas en los departamentos de Cundinamarca (85%) y Antioquia (12%), empleando intensivamente mano de obra no calificada (alrededor de 95.000 empleos directos y 80.000 indirectos), con una participación del 60% de mujeres del total de trabajadores. En 2008



según ASOCOLFLORES, se produjeron y exportaron principalmente rosas (48%), claveles (16%), mini claveles (8%), crisantemos (4%) y otros.

## **ROSA DE JARDIN**

Según la empresa productora Alexandra Farms la rosa de jardín ha tenido su mayor popularidad entre los diseñadores de jardines y diseñadores de arreglos florales, teniendo en cuenta que en la selección de un tipo de rosa más allá de buscar un color o una longevidad en florero se puede encontrar en la rosa de Jardín una variedad de aromas y aperturas que la hacen atractiva para el cliente, encontrando una gran variedad de fenotipos que varían en su ciclos productivos, número de pétalos en flor, tamaños de botón, absorción y demanda nutricional, susceptibilidad a plagas y enfermedades entre otras diferencias.

## 2. RESUMEN

En la industria florícola la predicción de cosecha acertada es muy importante para así lograr que la producción coincida con las fechas de mayor demanda del mercado. Varios factores climáticos principalmente la temperatura y la radiación pueden causar errores de estimación. El presente estudio tuvo como objetivo la obtención de los valores acumulados de referencia, los cuales son el punto de referencia en la predicción de producción basados en el método de acumulación de grados días de desarrollo (GDD) o grados día calor (GDC) junto con la acumulación diaria de radiación PAR o fotosintéticamente activa en ( $\text{Mol}/\text{m}^2/\text{día}$ ) de la variedad comercial más importante para la empresa Alexandra Farms de Rosas de Jardín, Permitiendo sincronizar la época de cosecha con los picos de producción y épocas de mayor demanda del mercado internacional. El experimento fue realizado bajo invernadero en un diseño completo al azar (DCA) compuesto por 6 tratamientos (semanas de programación), con dos variables a analizar. Los factores en estudio fueron acumulación de GDC en función de la temperatura junto con los DLI en función de la acumulación de la radiación PAR de una variedad en todo su ciclo, con el fin de observar la menor variación del dato acumulado, por otro lado se observó las acumulaciones de GDC y DLI para cada cambio de estado fenológico, diferenciando el periodo vegetativo del periodo reproductivo. Encontrando valores acumulados en todo el ciclo en GDA en los rangos de 900 a los 1000 grados día calor con coeficiente de variación del 4%, mientras que las acumulaciones de DLI oscilaron en los rangos de 1530 a los 1615  $\text{Mol}\cdot\text{m}^2$  con un coeficiente de variación del 1.8%; tomando las acumulaciones de DLI como la variable de mayor confianza a la hora de realizar la predicción de cosecha. Las diferencias en los promedios de las acumulaciones para el semestre A del 2022 en GDA fueron mayores con respecto a las acumulaciones de GDA en el semestre B del 2021, incremento asociado

a un posible desgaste de la planta por acción de los picos de producción y condición climática entre los semestres.

**PALABRAS CLAVE: GRADOS DÍAS CALOR (GDC) / LUZ DIARIA INTEGRADA (DLI) / SEGUIMIENTO FENOLOGICO / FENOLOGIA / RADIACION PAR.**

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los modelos de predicción con base en datos históricos, duración de ciclos en número de días, no resultan ser un ejercicio eficiente en la predicción de cosechas debido a la variabilidad climática. Debido a esto se propone trabajar en pro al desarrollo de herramientas y valores de referencia asociados a los ciclos fenológicos, logrando administrar de una mejor forma la producción en pro de los mercados y realizar un ejercicio óptimo en la venta de la flor.

Por esta razón se propone en este trabajo la determinación de la variable de mayor sensibilidad o confianza entre los Grados día calor y La Luz Diaria Acumulada para la predicción de cosechas y seguimientos de las curvas de crecimiento. Junto con esto se pretende observar cual es el rango de cambio de estado de fenológico más sensible a verse afectado por la acumulación de estas variables, esto con el fin de prevenir retrasos de cosecha a través de estrategias de manejo agronómico previamente establecidas.

En gran medida en los sistemas productivos de rosa, la predicción de cosecha se basa solamente en la interpretación de la acumulación de los GDA, mientras que la medición y la inclusión de la Luz diaria integrada, vista como la radiación diaria acumulada no se involucra en este proceso, teniendo la hipótesis que para la Rosa de Jardín en este caso, su desarrollo y crecimiento fenológico obedecen más a las variables de radiación(DLI) en algunos estados fenológicos y a la temperatura (GDA) en otros estados.

Este estudio en la predicción de cosecha de rosas, basado en la acumulación de grados-día y DLI, es una herramienta predictiva que proporciona una información valiosa a los productores de rosa colombianos y más aun de la Rosa de Jardín. Al contar con herramientas que permitan un control del clima al igual que la determinación de decisiones de enfriamiento, calentamiento de los

invernaderos o implementación de luz artificial adicional si es necesario, se obtendría un mejor resultado en los estudios que se quieran desarrollar en un futuro.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

- Generar herramientas eficientes en la predicción de cosecha de rosa de jardín basadas en acumulación de grados día calor (GDC) junto con la acumulación de radiación diaria (DLI).

### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las acumulaciones de grados día y radiación diaria desde el primer estado fenológico (yema 0) hasta el día de cosecha para una variedad de rosa de Jardín.
- Buscar la variable de mayor confianza entre la temperatura (GDA) y la radiación PAR (DLI) para la etapa vegetativa y la etapa reproductiva de la rosa de Jardín en relación al coeficiente de variación.
- Determinar la variable de mayor confianza para el modelo de predicción de cosecha.
- Proporcionar herramientas que apoyen la predicción de cosechas de rosa.

## 5. MARCO TEORICO

### CULTIVO DE ROSA

La rosa es identificada por ser una planta perenne con tallos florales continuos, con cambios en cantidad y calidad respecto a variedad y el estadio de desarrollo en el que se encuentre desde yema cero hasta corte. De acuerdo a datos reportados el ciclo floral es de aproximadamente 10 a 11 semanas donde se considera que la mitad del periodo es vegetativo y el restante es reproductivo. El primer periodo es dividido en dos fases donde se encuentra la inducción del brote y desarrollo del tallo floral tomando una tonalidad rojiza; las yemas de la parte inferior son vegetativas mientras que las de la parte superior en el tallo son generativas. En el periodo reproductivo se evidencian varios cambios de estados iniciando con la inducción de primordio floral que tiene cambios en tallo y hojas su tonalidad de rojizo a verde, seguido por arroz que su diámetro es de 0,4 cm, arveja de 0,5 a 0,7 cm, garbanzo de 0,8 a 1,2 cm, rayar color es la separación de sépalos debido al crecimiento del botón lo que permite evidenciar el color y el punto de corte o cosecha que la flor tiene la apertura para comercio (TORRES, 2012).

La rosa tiene una clasificación de acuerdo al tamaño del botón, la forma y la longitud del tallo; sin embargo, la calidad se ve afectada por diversos factores como lo son las propiedades que contenga el suelo, ambientales el clima y la temperatura y sanitarios plagas y enfermedades que generan un daño directamente a la flor.

### TAXONOMIA

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosoidae

Género: Rosa

Especie: *Rosa chinensis*

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la rosa. Fuente: Autor

## FENOLOGIA

Según Yzarra & López (2011), se conoce como fenología a las fases del ciclo biológico relacionados con los factores climáticos, o al periodo en el cual, los órganos de la planta aparecen, se transforman o desaparecen. En la rosa se presentan dos fases fenológicas la vegetativa que va, desde la formación de una yema axilar la misma que forma parte importante en la estructura de la planta y la reproductiva con la formación de un tallo con las estructuras florales. De acuerdo con su ubicación las yemas en el tallo pueden ser generativas (hojas superiores) y vegetativas (hojas inferiores) (Hoog, 2015).

Según Cáceres et al., (2003), dependiendo de la variedad de la rosa el ciclo puede variar de 9 a 11 semanas, desde el corte hasta la cosecha. Se consideran dos crecimientos uno vegetativo que conlleva la mitad de este periodo es decir entre 4.5 – 5.5 semanas y el crecimiento reproductivo la otra mitad. El periodo vegetativo se divide en inducción del brote y desarrollo del tallo con un color característico rojo, mientras que el periodo reproductivo inicia con la inducción de la yema o primordio floral la cual coincide con un cambio en el color del tallo de rojo a verde. Seguido de estados fenológicos llamados; “arroz”, “arveja”, “garbanzo”, “rayando color” y “cosecha”. Así en las rosas se consideran los siguientes estados:

- Yema cero: brotación



- Brote: crecimiento vegetativo previo a diferenciación
- Arroz: formación del primordio floral de pequeño tamaño
- Arveja: crecimiento del botón
- Garbanzo
- Rayando Color: formación de características de color
- Cosecha: corte

## FACTORES CLIMATICOS QUE AFECTAN SU DESARROLLO

### TEMPERATURA

La temperatura es el factor más influyente en el desarrollo de la rosa, prolongando o reduciendo la velocidad de crecimiento. Temperaturas óptimas que oscilan entre 17 °C y 24 °C, con calidad y duración de la luz determinan mayor longitud del tallo (Rimache, 2011). Según Hoog (2015), la temperatura combina con la luz, humedad relativa y CO<sub>2</sub> también influyen en el desarrollo del botón floral.

Temperaturas altas o bajas estresan a la planta y tienen efecto negativo dando como resultados botones pequeños y débiles. Temperaturas altas o bajas a nivel de invernadero producen estrés fisiológico resultando en un cambio en tiempo de floración (Tipan, 2015).

### HUMEDAD RELATIVA (HR)

La HR es la relación entre la presión de vapor de agua actual y la presión de vapor saturado (Martínez, 2007). Durante la brotación y el crecimiento de nuevas yemas, la HR debe fluctuar entre el 80 % y el 90 % para estimular el crecimiento. En la fase de alargamiento del tallo es deseable un valor entre 70 % - 75 %. Un porcentaje inferior al 60 % puede provocar trastornos fisiológicos, dando como resultado hojas pequeñas, botones pequeños y deformes. Por el contrario, con una HR alta el desarrollo de enfermedades es mayor (Bañón et al., 1993).

La HR dentro del invernadero recomendada oscila entre 60 % y 80 %, un ambiente muy seco favorece la presencia de plagas como los ácaros, al contrario, un ambiente demasiado húmedo favorece la proliferación de enfermedades como botritis, mildiu polvoso y veloso (Tipan, 2015). Se controla la HR mediante el uso de ventiladores o calefactores, el movimiento del aire causado por la ventilación al igual que la apertura de cortinas permite descender la temperatura y HR. Por otro lado, el riego baja la temperatura, pero sube la HR (Villares, 2018).

## RADIACIÓN SOLAR

La principal fuente de energía es la radiación solar por lo que debería tener una determinación alta dentro de los factores ambientales. Las plantas perciben la radiación solar de tres diferentes formas, la intensidad lumínica que es la cantidad de energía radiante por unidad, la calidad de luz que es la distribución espectral de la radiación y las horas luz por día que se refiere al fotoperiodo (Villas, 2009). La ubicación geográfica del Ecuador es el principal factor que determina alta radiación por estar cerca de la línea Equinoccial, se está más cerca al sol y los rayos caen perpendicularmente (Inamhi, 2016). La mayor radiación se produce en los meses de verano julio-septiembre donde la nubosidad disminuye, caso contrario sucede en los meses entre abriljunio, donde la radiación disminuye debido a la alta presencia de nubes (INAMHI, 2016).

La luz fotosintética o Quantum se refiere a la intensidad de la luz emitida que es aprovechada por los fotosistemas de las plantas y es un factor relevante en términos de productividad. La cantidad de luz receptada en un invernadero es del 70 %, pero depende de los factores de limpieza y de la cantidad de materiales plásticos utilizados (INAMHI, 2016).

Cuando la intensidad de la luz es alta aumenta el número de brotes y los tallos crecen más rápido por el contrario cuando la radiación solar es muy baja el rosal produce tallos ciegos. Otro factor importante es el número de horas de luz, necesarias entre 5 a 6 h para que los rosales tengan una buena producción (Cañizares & Leiva, 2016). La duración de la iluminación o fotoperíodo tiene directa influencia en la fase de floración del rosal. En Ecuador la duración del día es de 12 h que se prolongan en verano y disminuyen en invierno (Moreno et al., 2002).

Luz acumulada La luz acumulada o integral de luz diaria (DLI), es la cantidad de PAR recibida cada día como función de la intensidad de luz (luz instantánea en  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) y duración de un día y se expresa en  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ; este es un parámetro importante a medir porque influencia en el crecimiento, desarrollo y calidad de las plantas. Para convertir la luz PAR a DLI se utiliza la siguiente ecuación:  $\text{PAR } (\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}) \times 0.0864$  (Torres & López, s.f). El promedio de luz acumulada en rosas para una alta calidad, es de 22 a 30 moles por día. A la luz acumulada se la conoce también por luz diaria integrada (DLI) y es la medición de la cantidad de luz expuesta por  $\text{m}^2$  por un día, la luz acumulada recibida durante el transcurso de un día determina el desarrollo de la planta (Torres & López, s.f).

En cuanto al proceso de cultivo de rosas, la cantidad media de luz acumulada por día es de 22 a 30 moles  $\text{d}^{-1}$ . La luz acumulada también se llama luz diurna integrada (LDI) y mide la exposición a la luz de cada metro cuadrado en un día. La luz que recibe una planta en un día determina su desarrollo (Cañizares & Leiva, 2016). El efecto del fotoperíodo en la floración de cultivos ha sido

ampliamente estudiado, en el caso de árboles de hoja caduca de las zonas tropicales de Costa Rica se observó una floración sincronizada inmediatamente después de una reducción rápida de la duración del día que se produjo en el equinoccio de septiembre, comprobando luego que en efecto la reducción de 30 minutos induce floración (Rivera & Borchet, 2001).

## GRADOS DÍA DE DESARROLLO (GDD)

Según Bach et al., (2000), la temperatura es un factor importante en el desarrollo de los cultivos porque es primordial para la determinación de la fecha de siembra, cosecha y en algunos casos de producción. Los GDD, o unidades térmicas (HU por Heat Units), se utiliza para determinar el desarrollo de las plantas. (Angel, 2016). Los cuales según Holen & Dexter (1997), han sido utilizados en varios sistemas de producción de hortalizas. Con la finalidad de predecir el número de días desde la siembra hasta la cosecha. Los GDD combinan la temperatura y el tiempo para determinar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por otra parte, nos dicen que el desarrollo de un organismo se produce solo si la temperatura supera los valores del umbral mínimo de crecimiento (Hoyos et al., 2012).

Según Holen & Dexter (1997), los GDD son una medida de desarrollo determinada por el calor aprovechable, la misma que se calcula en base a temperaturas máximas y mínimas. Se refiere al calor que puede utilizar y acumular la planta en un día, la acumulación de GDD depende de la temperatura, y de acuerdo con la acumulación de los mismos, el desarrollo de la planta acelera o se retrasa. Según la Universidad de California (2005), los GDD no son más que unidades que relacionan la temperatura y el tiempo necesario de un organismo para su completo desarrollo desde un punto a otro. También se las conoce como unidades térmicas, las cuales son el producto acumulado de la temperatura en el tiempo. Desde la germinación hasta la madurez, las plantas

deben acumular una cierta cantidad de calor medido en grados día o unidades de calor, esta cantidad es aproximadamente constante y es llamada constante térmica. Estos requisitos de calor están definidos por temperatura mínima, temperatura máxima y temperatura óptima (Inifap, 2010).

La temperatura controla la velocidad de desarrollo de muchos organismos, y cada organismo necesita acumular una cierta cantidad de calor durante su ciclo de vida para pasar de un estado a otro. Esta medida de calor acumulado se llama tiempo fisiológico, y este concepto implica la combinación de temperatura y secuencia de tiempo. Dependiendo de la tasa de acumulación de GDD, los eventos fenológicos se retrasarán o acelerarán (Inifap, 2010).

El efecto de la temperatura en la floración en frutales tropicales como el mango ha sido estudiada ya que antes de la floración es necesario la iniciación de yemas que estaría asociada con la biosíntesis de un promotor de floración (PF) y su translocación desde los sitios de producción hasta las yemas depende de la temperatura. Así mangos del subtrópico mueven el PF 100 cm de distancia mientras que los del trópico tan solo 52 cm (Ramírez & Davenport, 2010). Se puede utilizar un modelo de tiempo térmico llamado método grado-día para medir el desarrollo del cultivo en función de la temperatura. Utilizando la temperatura base del cultivo y la temperatura media del día para obtener un valor de temperatura acumulativo que permite el desarrollo de diferentes cambios fisiológicos a lo largo del tiempo (Infante, 2010). Según Pérez et al. (2001), la metodología de GDD permite obtener y recopilar información de la energía que las plantas en función de la temperatura y tiempo acumulan.

## CÁLCULO PARA GDD

Según Mancera (2011), La fórmula para el cálculo de los grados días de desarrollo más utilizada es la siguiente:

$$\frac{T_{max} - T_{min}}{2} - T_{base}$$

T máx: Máxima temperatura del aire en el día.

T mín: Mínima temperatura del aire en el día.

T base: Temperatura por debajo de la cual el crecimiento de la planta no ocurre, esta temperatura depende de cada cultivo.

Según la Universidad de California (2017), en ambientes donde las condiciones no son controladas, para que la precisión en el cálculo de GDD mejore se recomienda el registro de temperaturas máximas y mínimas por hora. Según Monroy et al., (2014), para mejorar los datos mediante el modelo grado-día. Los datos de temperatura originales se toman dentro de las 24 h y se establecen rangos que van 14 entre 5.3 y 30° (umbral inferior y el umbral superior, respectivamente).

Dentro de este rango, la planta tendrá buenas funciones fisiológicas y, más allá de estos umbrales, la planta no tendrá un desarrollo significativo. Los GDD diario se suman, para poder obtener la cantidad total de GDD requerida en la etapa de desarrollo fenológico o durante todo el ciclo de vida del cultivo. Ahora bien, si el valor de GDD es negativo o cero, no debe ponerlo en el total (PROECUADOR, 2017).

## CALCULO LUZ ACUMULADA

Se registraron lecturas diarias de radiación PAR con un sensor de radiación PAR ubicado al interior del invernadero para así registrar el dato de radiación que realmente le esta llegando a la planta.

$$DLI = PAR (\mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$$

La conversión de radiación PAR a DLI se hizo diariamente y al final del ciclo se sumó la luz acumulada diaria para cada variedad, la unidad de medida para esta variable fue: mol.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> .

## 6. METODOLOGIA

Este ensayo se realizó en la finca Alexandra Famrs, empresa productora y exportadora de Rosa de Jardín, ubicada en el municipio de Gachancipa-Cundinamarca, a una altitud de (2587) Latitud: 1.043.927N - 1.018.343E, la localidad presenta una temperatura en el rango de los 15 a los 30

en el día y en la noche puede llegar bajar la temperatura a 2°C en temporada de heladas y precipitación promedio de 1500mm al año.



Ilustración 1. Mapa Satelital de la ubicación de la Finca. Fuente: Google Earth, 2022.

**Precipitación (mm).** La precipitación promedio anual es de 1200-1600 mm; los valores más bajos

La distribución de las lluvias durante el año de tipo bimodal con dos periodos de lluvia marcados entre marzo y junio y finalizando año entre septiembre y noviembre..

**Temperatura ambiental (°C).** La temperatura media anual es de 15 °C;



Los meses más calurosos se presentan en enero y febrero con temperaturas promedio de 26 a 28°C

## **METODOLOGIA**

El seguimiento fenológico se realizó en dos periodos del año, semestre A y semestre B, en 6 semanas del año, según el calendario agrícola correspondieron a las semanas 33 a 36 del año 2021 y semana 1 y 2 del 2022; el ensayo se realizó sobre una de las variedades más representativas para la empresa, injertada sobre el patrón Natal Bride y creciendo bajo unas condiciones bajo cubierta y Fertirriego. Para el estudio se seleccionó una cama estándar de 32 mts de largo, sobre la cual se realizaron 30 cortes a lo largo de la cama sobre portadores que tuvieran mínimo un calibre de 3cm sin exceder los 5 cm de calibre, con el objetivo de poder observar el desarrollo desde la emergencia y brotación de la yema hasta el día de corte del tallo, para esto se marcó cada uno de ellos para facilitar el reconocimiento de cada muestra durante el ensayo, cada uno de estos tallos se les llevo un seguimiento tomando mediciones de acumulación de GDA (Grados Dia Calor) y DLI (luz diaria integrada), las mediciones se realizaron de forma semanal llevando el seguimiento hasta el día de corte de cada tallo que ha cumplido todo su desarrollo y ha llegado al punto en el cual se garantiza la apertura de este en florero. Los tallos que en su proceso de seguimiento fueran afectados por daño mecánico, engeyecimiento, rosetas o yemas que no activaron, no fueron tomados en cuenta para los resultados, tomando como resultado representativo cada tallo que llevo a su punto de corte y cumplió su desarrollo.



Ilustración 2. Estados de desarrollo; Yema cero, Brotacion (activación de yema, yema menos a 3cm, palmiche), Arroz, Arveja, Garbanzo, Bola, Rayando color (Estrella), Corte. Fuente: Autor.

Los datos de radiación y temperatura se tomaron a través de sensores ubicados en el bloque 16 donde se realizó el muestreo ; los valores de GD y DLI fueron obtenidos a través de la plataforma de WIGA la cual procesa los datos de las temperaturas del día entre los 6°C y los 28°C valores de referencia para rosa, ya que dicha planta por debajo de los 6°C y sobre los 28°C cierra sus estomas, frenando el intercambio gaseoso y así mismo su crecimiento y desarrollo ; la plataforma procesa los valores de DLI asociados a la radiación PAR para así determinar una Radiación acumulada en Mol\*m<sup>2</sup>/día.

Sector  Grupo  Grados Acumulados  Simpson

SEGUNDO SEMESTRE  Variedad  Modelos  Sensores  02/01/2022

[Programar Reporte](#)

**Valores a graficar**

02/01/2022  09/14/2022

<input checked="" type="checkbox"/>	Sensor	Fecha Inicial	Fecha Final
<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura B3	02/01/2022 <input type="text"/>	09/14/2022 <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura B7	02/01/2022 <input type="text"/>	09/14/2022 <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura B8	02/01/2022 <input type="text"/>	09/14/2022 <input type="text"/>

[Graficar](#)

Ilustracion 3. Pantalla plataforma de wiga. Chequeo de la informacion .Fuente: Plataforma Wiga

Gráfica Vs Gráfica Acumulado Min. - Max. Integral Modelo Acumulado

[AMPLIAR GRAFICA](#)

**Grados Dia**

Zoom 1S 1M **Todo**

7. Feb 14. Feb 21. Feb 28. Feb 7. Mar 14. Mar 21. Mar 28. Mar

→ Temperatura B3 → Temperatura B7 → Temperatura B8

**Tabla Versus Grados Dia (°C)**

Fecha	Temperatura B3	Temperatura B7	Temperatura B8
01-02-2022	12.68	12.65	13.3
02-02-2022	12.63	12.84	13.45
03-02-2022	11.29	11.32	12.12
04-02-2022	11.84	11.62	12.18
05-02-2022	12.22	12.29	12.68

[AMPLIAR GRAFICA](#)

**Grados Dia**

→ Simpson

**Total Grados Dia Acumulado (°C)**

Sensor	Valor	Fecha Inicial	Fecha Final
Temperatura B3	740.21	01-02-2022	31-03-2022
Temperatura B7	733.98	01-02-2022	31-03-2022
Temperatura B8	755.75	01-02-2022	31-03-2022

Ilustracion 4. Pantalla plataforma de wiga. Chequeo de la informacion . Fuente: Plataforma Wiga.

SENSOR DE  
TEMP.



SENSOR DE  
RADIACION

Ilustracion 5. Sensores de medicion de temperatura y radiacion Wiga .Fuente:Autor

### CÁLCULO PARA GDD

Según Mancera (2011), La fórmula para el cálculo de los grados días de desarrollo más utilizada es la siguiente:

$$\frac{T_{max} - T_{min}}{2} - T_{base}$$

T máx: Máxima temperatura del aire en el día.

T min: Mínima temperatura del aire en el día.

T base: Temperatura por debajo de la cual el crecimiento de la planta no ocurre, esta temperatura depende de cada cultivo.



### **Diseño experimental.**

Se utilizará un diseño completamente al azar (DCA) con 6 tratamientos referidos a las semanas de programación y 30 réplicas representadas en el número de tallos tomados como muestra en cada una de las programaciones, para un total de 180 unidades experimentales. Cada unidad experimental estará compuesta por un tallo pinchado en determinada semana de programación.

### **Análisis estadístico.**

Con los datos obtenidos se determinaron los coeficientes de variación para poder comparar los datos y dar conclusiones de los valores acumulados de referencia más confiables para realizar la predicción de cosecha.

### **VARIABLES INDEPENDIENTES**

- Acumulación de GDC
- Acumulación DLI

### **VARIABLES DEPENDIENTES**

- Longitud
- Estado fenológico

## 7. RESULTADOS

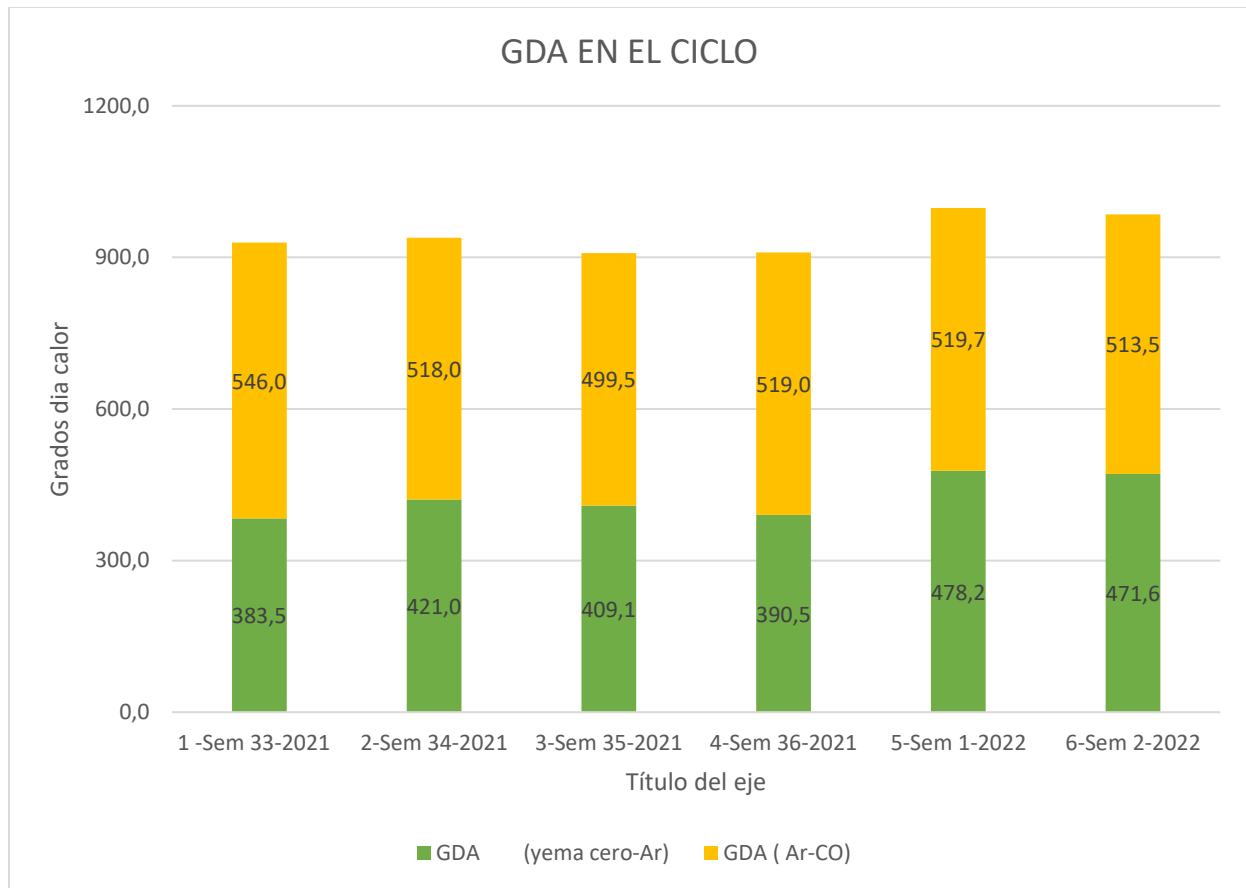
### GRADOS DÍA ACUMULADOS Y DLI

ACUMLACIONES DE GDA/DLI EN EL CICLO COMPLETO						
FECHA DEL PINCH	ESTADO				COSECHA	
	VEGETATIVO		REPRODUCTIVO		GDA (ciclo)	DLI (ciclo)
	GDA (yema cero-Ar)	DLI (yema cero-Ar)	GDA ( Ar-CO)	DLI (Ar-CO)		
1 -Sem 33-2021	383,5	626,5	546,0	948,7	929,6	1575,1
2-Sem 34-2021	421,0	704,8	518,0	908,2	939,0	1613,0
3-Sem 35-2021	409,1	709,8	499,5	856,7	908,6	1566,4
4-Sem 36-2021	390,5	685,3	519,0	899,0	909,5	1584,3
5-Sem 1-2022	478,2	765,8	519,7	795,0	997,9	1560,7
6-Sem 2-2022	471,6	760,3	513,5	768,7	985,2	1529,0
C.V.	9,5	7,3	2,9	8,1	4,0	1,8

Tabla 1. GDA y DLI acumulados en el ciclo según los cambios de estado en diferentes semanas del año. Fuente: Autor.

Para la variedad en estudio observamos que los promedios de acumulaciones de GDA hasta cosecha están en el rango de los 910 hasta los 997 grados día calor con un coeficiente de variación del 4%, observando una alta variación en las acumulaciones obtenidas en el semestre B del 2021 comparado con las acumulaciones del semestre A del 2022. Con el baja coeficiente de variación (2.9%) obtenido en los acumulados de GDA en el estado reproductivo podemos resaltar la importancia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo del botón floral.

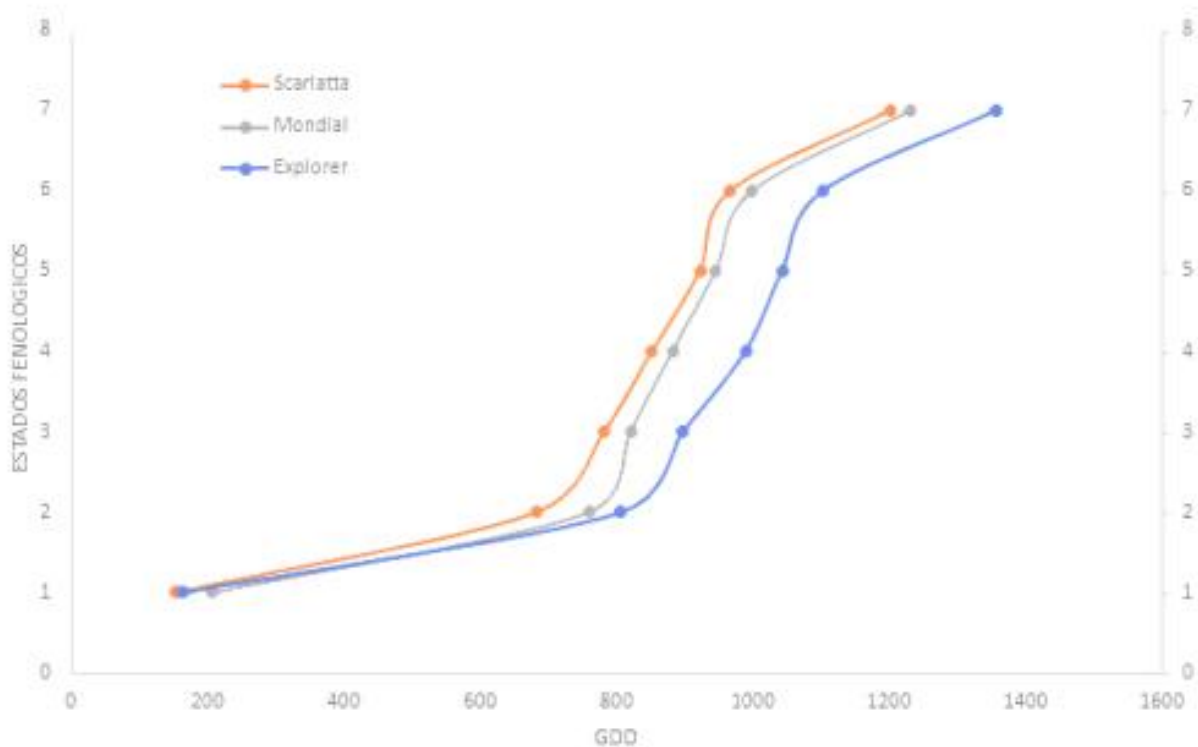
Con respecto a los DLI, observamos en el acumulado a cosecha una menor variación en el dato acumulado, sin presentar variaciones mayores al 2 % independientemente del semestre evaluado.



Grafica 1. GDA a lo largo del ciclo según los cambios de estado (vegetativo/reproductivo) señalados en diferentes semanas del año. Fuente:Autor.

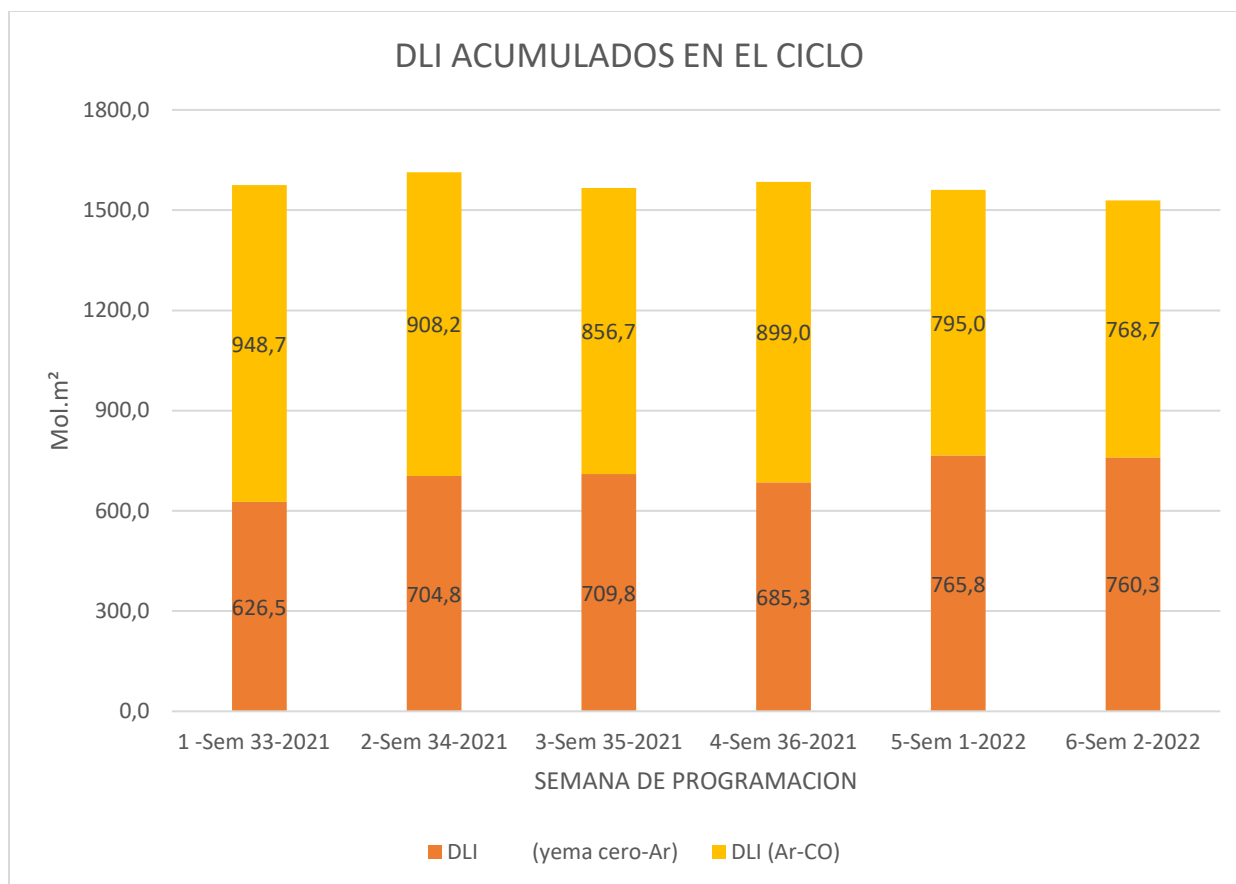
En la investigación realizada por Pérez, Cure & Monroy (2001), se obtuvieron resultados diferentes en la acumulación de GDD desde el yema 0 hasta la cosecha; Madame Delbart - 1007 GDD, Charlotte - 759 GDD y Alsmeer - 717 GDD. Indicando que hay variedades que llegan a cumplir su ciclo de cultivo en menor acumulación de GDD, haciendo referencia a las variedades de ciclo corto. Resaltando la importancia de conocer los valores de referencia para conocer la duración del ciclo aproximada.





Grafica 2. Acumulación de GDD en 3 variedades de Rosa sp en siete estados fenológicos de interés. (1: Inducción, 2: Arroz, 3: Arveja, 4: Garbanzo delgado, 5: Garbanzo grueso, 6: Rayando color, 7: Cosecha). Fuente: Modelos de predicción de producción basados en el Método de Grados Días de Desarrollo en tres variedades de Rosa Sp.

Observando la gráfica de los valores acumulados de 3 variedades de rosa estándar encontramos que los valores acumulados en GDD de yema 0 hasta la diferenciación del botón floral (Arroz) vemos valores acumulados en rosa estándar desde los 700 hasta los 800 grados día calor, viendo las diferencias encontradas con respecto a la Rosa de Jardín en donde para esta variedad se encontró acumulaciones en promedio de 450 grados día; entendiendo que la variedad de Rosa de Jardín evaluada es de ciclo corto.

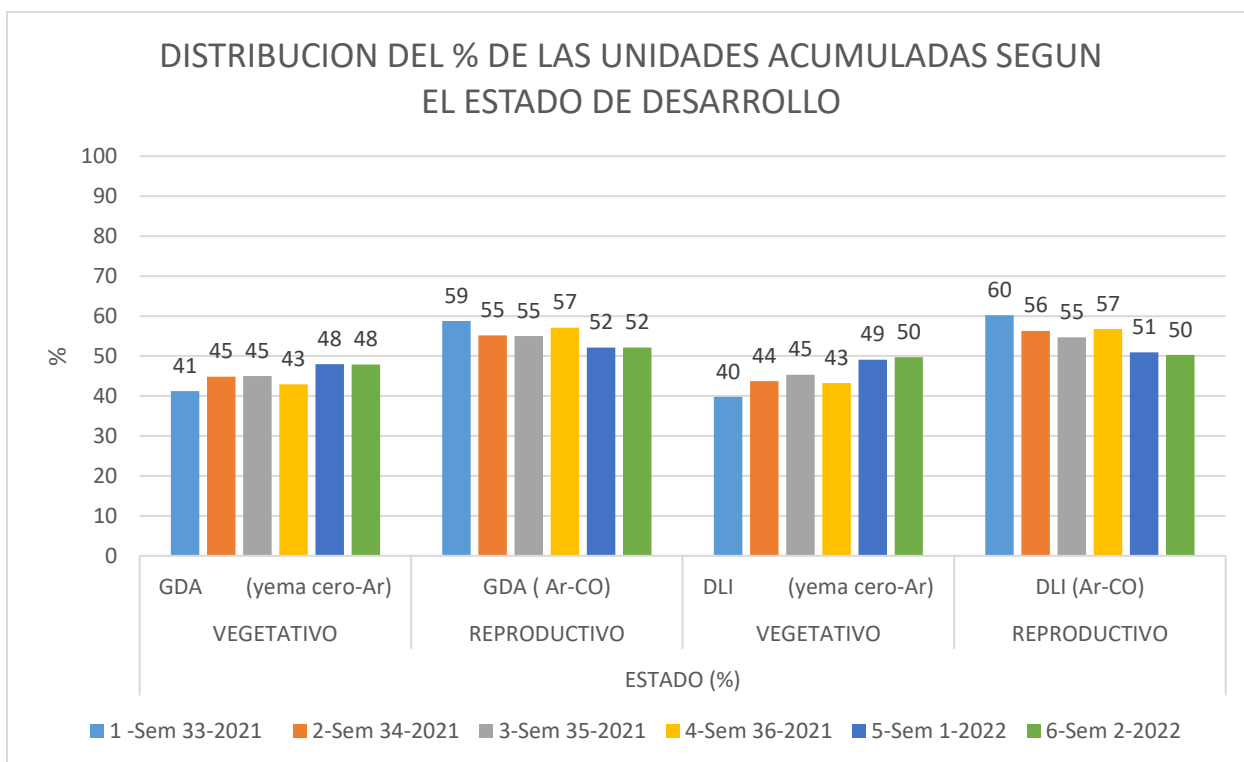


Grafica 3. DLI a lo largo del ciclo según los cambios de estado (vegetativo/reproductivo) señalados en diferentes semanas del año. Fuente:Autor.

Comparando la distribución de las unidades acumuladas a lo largo del ciclo de la rosa se comparan los datos con el estudio realizado sobre variedades de rosa estándar los cuales afirman que las acumulaciones de grados día obtenida en la fase vegetativa (yema 0-Arroz) las variedades estudiadas acumularon cerca del 60% de su requerimiento total; comprando estos resultados con los obtenidos en el estudio encontramos concordancia en los % de distribución de las unidades acumuladas tanto en los valores de grados día calor acumulados como en los datos acumulados de DLI.

DISTRIBUCION EN % DE LAS UNIDADES ACUMULADAS DE GDA Y DLI SEGÚN LA SEMANA DE PROGRAMACION				
FECHA DEL PINCH	ESTADO (%)			
	VEGETATIVO	REPRODUCTIVO	VEGETATIVO	REPRODUCTIVO
	GDA (yema cero-Ar)	GDA ( Ar-CO)	DLI (yema cero-Ar)	DLI (Ar-CO)
1 -Sem 33-2021	41	59	40	60
2-Sem 34-2021	45	55	44	56
3-Sem 35-2021	45	55	45	55
4-Sem 36-2021	43	57	43	57
5-Sem 1-2022	48	52	49	51
6-Sem 2-2022	48	52	50	50
C.V.	5.8	4.8	8.3	6.3

Tabla 2. Distribución en % de las unidades acumuladas de GDA y DLI según la semana de programación. Fuente:Autor.



Grafica 4. Distribución en % de las unidades acumuladas de GDA y DLI según el estado de desarrollo. Fuente:Autor.

Según la gráfica de los porcentajes de distribución de las unidades según el estado vegetativo y reproductivo observamos que la distribución no muestra diferencias entre GDA y DLI, encontrando que independientemente de la variable, las unidades se distribuyen en un 45 % en el estado vegetativo y un 55% en el estado reproductivo; estos resultados los podemos comprar con el trabajo “Comportamiento fenológico de tres variedades de flor roja en función de la temperatura” en donde muestran los valores acumulados en grados día de 1121 a cosecha y una acumulación de yema 0 a estado de arroz de 515, asociando y confirmando el resultado obtenido en el estudio, determinado que la rosa de jardín con respecto a la rosa estándar no tiene diferencias en la distribución de las unidades acumuladas con respecto al estado vegetativo o reproductivo.

Comparando las acumulaciones obtenidas entre el semestre B del 2021 y el semestre A del 2022 encontramos que la diferencia en la distribución está dada en el incremento del % para el estado vegetativo en ambas variables , pasando de un 45% en el semestre B 2021 a un 48% en el semestre A 2022. El incremento en el valor acumulado a cosecha en los GDA para el semestre A del 2022 se ve reflejado en el estado vegetativo, manteniendo los valores acumulados en el estado reproductivo dentro de los promedios de las otras semanas de programación pero incrementando el valor final acumulado con respecto a las programaciones del semestre B 2021, observando los DLI encontramos que de igual manera el % de la distribución de los valores acumulados por estado de desarrollo incrementaron para el estado vegetativo, mientras que el valor final acumulado a cosecha a diferencia de los GDA se mantuvo dentro de los promedios de los valores acumulados en el semestre A 2021 sin incrementarse el valor a cosecha.

DISTRIBUCION EN % DE LAS UNIDADES DE GDA Y DLI EN EL CICLO								
FECHA DEL PINCH	ESTADO (%)							
	VEGETATIVO		REPRODUCTIVO		VEGETATIVO		REPRODUCTIVO	
	GDA (yema cero-Ar)	GDA (Ar-B)	GDA (B-CO)	GDA (Ar-CO)	DLI (yema 0-Ar)	DLI (Ar-B)	DLI (B-CO)	DLI (Ar-CO)
1 -Sem 33-2021	41	33	25	59	40	36	25	60
2-Sem 34-2021	45	31	24	55	44	33	23	56
3-Sem 35-2021	45	34	21	55	45	35	20	55
4-Sem 36-2021	43	33	24	57	43	33	23	57
5-Sem 1-2022	48	31	21	52	49	30	20	51
6-Sem 2-2022	48	28	25	52	50	27	23	50
C.V.	5,9	7,2	7,8	4,8	8,3	9,3	8,0	6,9

Tabla 3. Distribución en % de las unidades de GDA y DLI en el ciclo según el cambio de estado de desarrollo. Fuente: Autor.

Los resultados arrojados por las muestras no marcan una diferencia a nivel de los coeficientes de variación manteniendo los rangos previamente mencionados, un 45% de acumulación de las unidades para el estado vegetativo y un 55% para el estado reproductivo; con respecto a la distribución en los cambios de estado de desarrollo en el periodo reproductivo encontramos distribuciones de los % muy similares tanto para GDA como para DLI con las diferencias entre los semestres A y B mencionadas anteriormente.

Con la información obtenida se pudo determinar que tanto los Grados Día Desarrollo como la luz acumulada pueden ser consideradas variables predictivas, teniendo en cuenta que para los estados vegetativos la variable de menor variación en sus datos acumulados fue la radiación,

asociando en crecimiento vegetativo y ganancia de biomasa al proceso de fotosíntesis el cual involucra la radiación como fuente de energía, junto con otras variables involucradas en el proceso, entendiendo esto como si la radiación fuese la variable que influenciara en mayor proporción en los estados vegetativos como crecimiento y desarrollo de hojas, tallo y dominancia apical; mientras que los grados días a su vez tuvieron una menor variación en los datos acumulados para los estados reproductivos, considerando que para el desarrollo del botón la variable que influye en mayor medida es la temperatura en GDA, teniendo en cuenta esto se propone plantear un modelo de predicción basado en el análisis de las variables de forma dependiente, esto quiere decir que según los resultados obtenidos se podría esperar que la planta en primera medida debe ganar cierto número de Moles/m<sup>2</sup> en el estado vegetativo teniendo en cuenta que la radiación es la variable de mayor sensibilidad en este estado y posteriormente iniciar un conteo acumulado de los grados día en función de la temperatura para el seguimiento del desarrollo reproductivo en el crecimiento y desarrollo del botón .

## 8. CONCLUSIONES

1. Independiente de la semana de programación y la variable analizada (DLI/GDA) los % de distribución de las unidades guardan la misma distribución, un 45 % para la etapa vegetativa y un 55% de acumulación para el estado reproductivo.
2. La variable DLI presento un coeficiente de variación de 1.8% en los valores acumulados desde yema 0 a cosecha, mientras que el coeficiente de variación para los valores acumulados en todo el ciclo para GDA fue de 4%, concluyendo que la variable con menor coeficiente de variación será la variable que proporcione el dato acumulado de referencia más confiable para realizar una predicción de cosecha.
3. Los valores acumulados de GDA para el semestre A del 2021 fueron los valores acumulados más elevados; mientras que los valores acumulados en DLI fueron similares tanto en el semestre A del 2022 como en el semestre B 2021.
4. Independientemente del semestre del año evaluado las acumulaciones de DLI se mantuvieron en los mismos rangos.
5. Para el semestre B el estado se alarga vegetativo en ambas variables teniendo un % acumulado del periodo vegetativo de un 50 % de los valores acumulados incrementando en un 5 % con respecto al semestre A.
6. Los datos obtenidos de referencia basados en GDA y DLI, constituyen una herramienta fundamental y fácil de implementar a la hora de realizar un ejercicio de predicción de cosecha.
7. Los valores de referencia de acumulaciones para todo el ciclo en DLI fue de 1570 Mol/m<sup>2</sup> con una variación del 1.8%, mientras que en GDA encontramos valores de 945 grados calor

acumulados con una variación del 4% siendo variables de referencia a utilizar en los modelos de predicción de cosechas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Calvache, M. (2001). Determinación de la acumulación y exportación de nutrientes en tres variedades de rosa bajo invernadero. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Cañar, Y. (2016). Determinación del ciclo fenológico en cinco variedades de rosa (rosa sp.) para un cultivo en producción abierta en el sector La Esperanza provincia del Carchi. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing. Agrp. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán.
- Arianap. Torres(2016) Measuring daily light integral in a Greenhouse
- Ignacio Perez; Cure, J;Monroy N (2001); Modelo de predicción y manejo de cultivos de rosa
- Wbeymar E; Flores, V; Comportamiento fenológico de tres variedades de rosa roja en función de la acumulación de la temperatura
- Taco, J. (2018). Determinación de la acumulación de grados día desarrollo en seis estados fenológicos de cinco variedades de Rosa. Tesis de pregrado. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.
- Tipan, J. M. (2015). Estudio fenológico y productivo de diez variedades de rosa (Rosa sp) en dos ciclos de producción en Cayambe. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Cabrera, L. (2021). Modelos de predicción de producción basados en el Método de Grados Días de Desarrollo en tres variedades de Rosa Sp.
- CEDAIT, C. d. (Noviembre de 2020). Aspectos sociales de la floricultura en Colombia. Obtenido de <https://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/f7bf8dd0-7161-4ca3-b2b6->



70780776f2d2/Boleti%CC%81n+flores+aspectos+sociales+de+la+floricultura+en+colombia.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nmvYyyv.

- Martínez., D. (2009). Análisis del crecimiento y estimación de la producción de rosas para flor cortada basada en variables climáticas. Obtenido de <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2054.%20VI%20Congreso%20Ib%C3%A9rico%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas.%20XII%20Congreso%20Nacional%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas/Comunicaciones/An%C3%A1lisis%20del%20crecimiento%20y%20estimaci%C3%B3n%20de%20>