

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



Determinación de la fenología e identificación de la densidad de siembra óptima en la producción de flores de *Calendula officinalis* L. en ambiente controlado

Sara Graciela Pineda Rodas

Maestría Multidisciplinaria en Producción y Uso de Plantas Medicinales

Guatemala, marzo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



Determinación de la fenología e identificación de la densidad de siembra óptima en la producción de flores de *Calendula officinalis* L. en ambiente controlado

Informe de Tesis presentado por
Sara Graciela Pineda Rodas

Para optar al grado de Maestra en Ciencias
Maestría Multidisciplinaria de Producción y uso de Plantas Medicinales

Guatemala, marzo de 2021

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

MA. Pablo Ernesto Oliva Soto	DECANO
Licda. Miriam Roxana Marroquín Leiva	SECRETARIA
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	VOCAL I
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	VOCAL II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	VOCAL III
BR. Giovani Rafael Funes Tovar	VOCAL IV
BR. Carol Merari Caceros Castañeda	VOCAL V

CONSEJO ACADÉMICO
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Pablo Ernesto Oliva Soto, MA.
Tamara Ileana Velásquez Porta, MSc.
Jorge Mario Gómez Castillo, MA.
Clara Aurora García González, MA.
Silvia Marisol Archila Jiménez, MSc.

ACTO QUE DEDICO

A Dios, porque me permitió venir a esta vida para disfrutarla.

A Guatemala, porque es un país hermoso donde nada tengo y todo lo tengo.

A mi mamá, Yolanda Rodas, porque me trajo a esta vida, donde crecí rodeada de amor, valores y principios éticos. Por enseñarme una frase de Paul J. Meyer que dice: “todo lo que uno vivamente imagine, ardientemente desee, sinceramente crea y con entusiasmo emprenda... tiene inevitablemente que suceder”.

A mi abueilita Sarahí y a mi tía Myrna, por amarme incondicionalmente.

A mis hermanos: Guillermo y Adriana, por ser admirables y acompañarme en esta vida, enseñándome otras tonalidades.

A mis tías, por ser mujeres inteligentes, ejemplares, valientes y bellas.

A mis primas y primos, porque somos una familia llena de risas y desafíos intelectuales.

A toda mi familia, porque me encanta estar con ustedes, son mi fortaleza y mi mayor orgullo.

A mis amigos y amigas, almas con quienes he tenido el honor de encontrarme en esta vida.

A “Los tomateros”, porque cada clase que compartimos durante la maestría fue un desafío divertido.

A mis catedráticos, porque me entregaron su conocimiento para que yo pudiera ser mejor persona.

A mis amigas *coaches*, porque me permitieron mostrarles este sueño antes de que se hiciera realidad.

A Katia, porque tu *coaching* fue sincero y efectivo, descubrí que lo más importante era disfrutar el camino y celebrar mis pequeños pasos.

AGRADECIMIENTO

A mi familia: por apoyarme en mis decisiones

A la familia Faillace: especialmente al Ing. Leonardo Faillace Abascal, por su asesoría.

A mis asesores de tesis: Ing. Oscar Medinilla e Inga.Vilma Porres, por compartirme sus conocimientos y ayudarme a trazar la ruta.

A mis profesores de la maestría: Mario García, Manuel Arias, Benito Soler, Oscar Medinilla, Armando Cáceres, Dora Rojas, Silvia Velasco, Oscar Cobar, Dalia Lau, Vicente Martínez, Rosa María Oliva y Sully Cruz, por compartirme su tiempo y transmitirme sus conocimientos.

A mis amigos de la maestría: Porque cada uno fue un maestro para mí.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi casa de estudios.

ACRÓNIMOS

IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
PIDAASSA GTM	Programa de Intercambio, Diálogo y Asesoría en Agricultura Sostenible y Seguridad Alimentaria en Guatemala
FUNDEBASE	Fundación para el Desarrollo y Fortalecimiento de las Organizaciones de Base
CONIC	Coordinadora Nacional Indígena y Campesina
SIEMBRA	Asociación para el Desarrollo Comunitario
ASECSA	Asociación de Servicios Comunitarios en Salud
ILUGUA	Iglesia Luterana de Guatemala
AFOPADI	Asociación de Fortalecimiento para el Desarrollo Integral
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola
CEUNP	Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia
ITC	International Trade Center

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación se desarrolló en Santa Lucía Milpas Altas, Guatemala, a 1,950 metros sobre el nivel del mar.

En la Finca El Rosario, sitio donde se produce tomate manzano bajo invernadero desde 2006. En 2015, como parte del plan de diversificación de actividades, surgió la oportunidad de sembrar plantas medicinales. Tomando en cuenta la disponibilidad de espacio, tiempo y aspiración de iniciar actividades de vanguardia, en el campo de la agrotecnología de plantas medicinales, se tomó la iniciativa de cultivar *Calendula officinalis* L.

Sin embargo dado que el cultivo de *C. officinalis* nunca había sido probado en las condiciones agroclimáticas de la finca El Rosario, se planteó como objetivo el determinar el desarrollo fenológico de la especie cultivada en invernadero, así como identificar la densidad de siembra óptima para la producción de sus flores, que son el órgano vegetal indicado en las farmacopeas, como fuente de droga seca de la especie.

Para cumplir con el objetivo, se estudió el efecto de las densidades de siembra en el desarrollo de las plantas, las características del desarrollo fenológico y las opciones o sistemas de producción agrícola, con sus beneficios.

A partir de mayo 2015 se inició con la observación y documentación del desarrollo fenológico de *C. officinalis*. Se partió de la semilla y se documentó cada etapa: germinación, brote de las primeras hojas, elongación del tallo, formación de brotes laterales, aparición de órganos florales, floración, formación y maduración del fruto, inicio del reposo vegetativo y muerte de la planta. Para su registro se utilizó la escala extendida BBCH y se codificó cada estadio principal y secundario observado.

En junio del mismo año se inició con el estudio del efecto de seis densidades de siembra. Se sembraron plantas a 10, 15, 20, 30, 40 y 60 cm entre sí en un diseño experimental de bloques al azar. Se hicieron tres repeticiones para cada densidad en surcos de 6 m de largo, para un total de 18 unidades experimentales.

A partir de la labor agronómica se obtuvieron resultados cuantitativos y cualitativos. Los resultados cuantitativos se obtuvieron de la evaluación fenológica, en la cual se identificaron ocho estadios; y en el estudio del efecto de las densidades de siembra, donde se identificó la densidad de siembra de plantas con distanciamiento de 10 cm entre sí como la mejor.

Es este tratamiento, la densidad de 100,000 plantas/ha, durante nueve cosechas, otorgó resultados altamente significativos en el rendimiento de flores secas ($125.53 \pm 70.26 \text{g/m}^2$), en el rendimiento de flores frescas ($18.98 \pm 10.85 \text{g/m}^2$) y en la cantidad de brotes florales por planta (6 ± 3).

Se evaluó la correlación entre las densidades y el rendimiento en peso de flores frescas y secas y se obtuvo correlación positiva 0.861 y 0.78, respectivamente. Sabiendo la existencia de la correlación, se evaluó la tasa de crecimiento promedio de las densidades evaluadas y se obtuvo la ecuación polinómica de grado seis: $y = 0.0006x^6 - 0.0144x^5 + 0.1282x^4 - 0.4639x^3 + 0.4947x^2 + 0.5774x$, con coeficiente de determinación $R^2 = 0.9905$. Adicionalmente, se determinó la ecuación polinómica correspondiente a la densidad óptima y se obtuvo la siguiente: $y = 0.0002x^6 - 0.0057x^5 + 0.0595x^4 - 0.2285x^3 + 0.1774x^2 + 0.7196x$, con coeficiente de determinación $R^2 = 1$.

La densidad de siembra óptima se identificó en el distanciamiento en el cual se obtuvo mayor producción de flores secas, a menor costo. Dicho óptimo correspondió a las plantas con 10 cm entre sí. Esto se concluyó considerando que en 972 m^2 , el costo de producción es de Q.459.14/lb, el cual es el menor, en relación a las otras densidades de siembra evaluadas.

Para finalizar, considerando el potencial económico con *C. officinalis* se realizó un estudio financiero basado en la proyección del flujo de caja a 5 años, con lo cual se obtuvo tasa interna de retorno (TIR) de 30%, valor actual neto (VAN) de Q7,774.55 y beneficio costo (B/C) de 1.05.

Después de realizar este estudio, los resultados obtenidos comprueban que el cultivo de esta planta medicinal es viable y económicamente atractivo.

De este modo, se recomienda realizar más estudios para evaluar los efectos de la fertilización y de otras condiciones geográficas en el desarrollo de las plantas y continuar el estudio para conocer el efecto en la producción de los principios activos.

Para concluir, también se exhorta a evaluar el cultivo bajo condiciones estrictas de producción orgánica, al lado de la conducción de investigaciones específicas para comprender cómo se pueden aprovechar circunstancias de estrés en la planta, y aumentar su productividad.

INDICE

I.	Introducción.....	1
II.	Justificación.....	3
III.	Marco teórico	5
	A. Conceptos clave	5
	1. Optimización	5
	2. Conceptos de medición	5
	3. Indicadores	5
	B. Fenología	6
	1. Escala extendida BBCH	7
	C. Densidad de siembra	7
	1. Ventajas de las densidades de siembra óptima	10
	D. Agricultura intensiva	10
	E. Ambiente controlado o protegido	12
	1. Ventajas del invernadero	13
	2. Efectos negativos del ambiente controlado	13
	F. Flora medicinal de Guatemala	13
	G. Producción sostenible	16
	H. Cultivo de especies medicinales en Guatemala	17
I.	Generalidades de <i>Calendula officinalis</i> L.....	20
	1. Historia.....	20
	2. Clasificación taxonómica	20
	3. Dibujo botánico	21
	4. Descripción botánica	22
	5. Origen y distribución geográfica	22
	6. Características biológicas.....	22
	7. Composición química y principios activos	23
	8. Usos y propiedades terapéuticas	23
	9. Toxicología	24

10.	Formas galénicas/posología.....	24
J.	Agro tecnología	24
1.	Estados fenológicos.....	24
2.	Propagación.....	26
3.	Preparación del terreno	27
4.	Siembra	27
5.	Espaciamiento	28
6.	Riego	28
7.	Fertilización.....	29
8.	Enfermedades	29
9.	Cosecha.....	29
10.	Rendimiento.....	30
11.	Secado y almacenamiento	30
12.	Especificaciones de calidad.....	31
IV.	Objetivos	33
A.	Objetivo General	33
B.	Objetivos específicos:	33
V.	Hipótesis	34
VI.	Marco metodológico.....	35
A.	Fuentes de información.....	35
B.	Lugar	35
C.	Materiales.....	36
D.	Alcance del proyecto.....	37
1.	Alcance de Análisis I: Determinación de la fenología.....	37
2.	Alcance de Análisis II: Determinación de la densidad de siembra óptima para la producción de flores.....	37
E.	Diseño experimental	37
1.	Diseño experimental del Análisis I: Determinación de la fenología	37
2.	Diseño experimental del Análisis II: Determinación de la densidad de siembra óptima para la producción de flores	38

F. Diseño agronómico	39
G. Diseño del instrumento de recopilación de datos	39
H. Análisis realizados	40
1. Análisis I: Determinación fenológica.....	40
2. Análisis II: Determinación de la densidad de siembra óptima para la producción de flores.....	41
VII. Resultados	43
A. Análisis I: Determinación fenológica	43
B. Análisis II: Determinación de la densidad de siembra óptima para la producción de flores	46
C. Evaluación de costos	52
1. Costos de depreciación	52
2. Costos fijos	53
3. Costos variables	54
4. Costo de producción.....	55
D. Estudio financiero.....	55
1. Inversión inicial	55
2. Gastos fijos	56
3. Gastos variables	57
4. Beneficio	59
5. Flujo de caja proyectado.....	60
6. Tasa interna de retorno (TIR), Valor actual neto (VAN) y beneficio-costo 61	
VIII. Discusión.....	62
IX. Conclusión	68
X. Recomendaciones	70
XI. Referencias bibliográficas	71
XII. Anexos	78
Anexo 1. Escala Extendida BBCH, esquema general.....	78
Anexo 2. Mapa de clasificación de clima mundial de Köppen-Geiger (1980-2016)	

Anexo 3. Plantillas de documentación de datos.....88

I. INTRODUCCIÓN

En el cultivo de plantas medicinales el estudio de las densidades de siembra es importante porque éste influye directamente en favorecer una adecuada floración, población de tallos y, consecuentemente, en el rendimiento productivo agroindustrial de una explotación agrícola (Calderón & Chaves, 2003). De acuerdo con Calderón (2003), la cantidad de semilla que se emplea en la siembra está directamente vinculada con la densidad que técnicamente se utilizará, de manera que su optimización implique menores costos y la rentabilidad sea más atractiva para el agricultor. En Guatemala, un país con más de 300 especies de plantas medicinales y aromáticas, nativas e introducidas, el cultivo de estas especies se desarrolla de forma empírica y artesanal y no se ha encontrado literatura del cultivo en invernadero de estas especies.

En ese sentido, el estudio de la fenología y la densidad de siembra se hacen importantes para profundizar en análisis como el de Reza, Hashemabadi, Vali y Kaviani (2011), quienes identificaron que la densidad de siembra de *Calendula officinalis* L. presenta interacción significativa en el peso de la droga seca, en la floración, en la ramificación, en el peso de las flores, en el rendimiento unitario de las flores y en la cantidad de aceite esencial producido.

En este trabajo se presenta la información generada de la observación y evaluación de la fenología y los efectos de la densidad de siembra en la producción de flores de *C. officinalis* en Guatemala, especie cuyo potencial representa la oportunidad de suplir la demanda de productos naturales para el tratamiento de afecciones que requieren actividad farmacológica cicatrizante, antiinflamatoria, tranquilizante y antibacterial, entre otras, para las siguientes afecciones: cicatrización de heridas, colutorios en la estomatitis, tratamiento de gastritis, úlceras, hepatitis, entre otras (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

El cultivo de la planta medicinal *C. officinalis* se llevó a cabo en el departamento de Sacatepéquez, a 1,950 m de altitud sobre el nivel del mar. Esta tierra tiene

historia desde 1824, cuenta con la tradición de cultivo de maíz, frijol, café y verduras. Con precipitación promedio de 1320 mm anuales y temperaturas que oscilan entre 18.1 a 15 °C.

El objetivo de este trabajo fue identificar la densidad de siembra óptima para hacer uso eficiente del espacio y los recursos, mediante la observación del comportamiento fenológico de *C. officinalis* a lo largo de nueve cosechas en invernadero, para la toma de decisiones en la producción de estas flores, cuyo aprovechamiento es útil en programas de asistencia para cuidado personal, médico o como producto en el mercado nacional.

II. JUSTIFICACIÓN

Calendula officinalis L. (Caléndula) es una planta que se cultiva en Guatemala y en otros países del mundo. Las flores se utilizan para fines ornamentales y medicinales. En la farmacopea de la OMS se le atribuyen propiedades farmacológicas, entre las cuales destacan: antibacteriales, inmunoestimulantes y antiinflamatorias. En el país existen productos elaborados a base de Caléndula y su utilización está en expansión, así como el consumo de productos de origen natural.

En la finca El Rosario, en el departamento de Sacatepéquez, a 1,950 m de altitud sobre el nivel del mar, surgió el interés por desarrollar el cultivo de *C. officinalis* con fines comerciales con la necesidad de “hacer más, con menos”, en la búsqueda de mayores rendimientos en menor tiempo, menor espacio y menos recursos. Dicho fin comercial surge al identificar la necesidad de producir materia médica. Conforme se reducen los espacios y aumenta la contaminación, se incrementan las enfermedades y la búsqueda de soluciones para las afecciones.

Al considerar los cambios ambientales, el estudio de la fenología de *C. officinalis* es importante en la ecología porque describe el desarrollo de poblaciones de esta planta y sirve de guía para entender y predecir su comportamiento. Su utilidad toma relevancia en el desarrollo y evaluación de hipótesis; en la evaluación del efecto de diferentes densidades de siembra en modelos de competencia entre plantas, entre otros estudios mayores, se puede estudiar los principios activos de cada una de las especies para las cuales se pueden elaborar modelos de comunidades de plantas, definir y cuantificar alteraciones en el ambiente y su efecto en las comunidades mencionadas.

Procedente de los cambios climáticos, desde 2000 ha aumentado la preocupación por las enfermedades inflamatorias dérmicas; se busca protección contra el sol, especialmente en países tropicales, y según la publicación de 2005

de la OMS, se estima que cada año se producen en el mundo 132,000 casos de melanoma maligno (el cáncer de piel más dañino que existe) y mueren, aproximadamente, 66,000 personas por causa de éste y otros tipos de cáncer de piel (Organización Mundial de la Salud, 2005). Un estudio in vitro publicado por el *Journal of Young pharmacists*, realizado por Mishra et. al (2012) sugiere que el aceite de Caléndula, en la formulación en crema, puede ser utilizado para proteger la piel de la radiación UV, de los rayos solares y mantener la pigmentación natural de la misma.

Dichos estudios promueven el conocimiento respecto a los beneficios de la Caléndula, fortalecen el conocimiento y utilización tradicional y aumentan la demanda de la misma.

Para satisfacer los requerimientos del mercado nacional y/o internacional, es necesario iniciar investigaciones que sirvan de guía y contribuyan al conocimiento de las condiciones que permitan el mayor aprovechamiento de la planta y las condiciones de cultivo.

En la presente investigación se buscó contribuir con la identificación de las condiciones que permiten la optimización del rendimiento de las flores de la *C. officinalis*, con la mejor utilización posible de terreno, dentro de un invernadero con condiciones controladas. Asimismo, el estudio contribuyó con el establecimiento de una metodología replicable en otras especies medicinales, la cual se puede adaptar según el cultivo. Por otro lado, mediante la investigación se desarrollará un método para medir las variables de estudio en el Departamento de Sacatepéquez, con posible aplicabilidad en otros departamentos.

III. MARCO TEÓRICO

A. Conceptos clave

1. Optimización

Su objetivo es encontrar el valor máximo o mínimo que alcanza una función en un determinado espacio de búsqueda (Lence, 2007).

2. Conceptos de medición

Medir las actividades permite definir objetivos y prioridades, planificar con mayor acierto y asignar recursos de acuerdo a los niveles exigidos a las circunstancias del momento, explicar el comportamiento de la calidad y los resultados a los interesados en el desarrollo del producto. Las mediciones que se realizan son las herramientas para que los indicadores provean resultados y se de paso al análisis.

3. Indicadores

Los indicadores son magnitudes que expresan el comportamiento o desempeño de un proceso, que al compararse con algún nivel de referencia permite detectar desviaciones positivas o negativas.

Se considera que en la construcción y en la revisión de indicadores se debe tomar en consideración los siguientes elementos (Rodriguez & Gomez Bravo, 1997)

- **Definición del indicador:** Expresión matemática que cuantifica el estado de la característica o hecho que se desea conocer o controlar.
- **Objetivo del indicador:** Debe expresar el ¿para qué? Se utiliza: eliminar, maximizar, sintetizar, tener cero retrasos, y otros.
- **Niveles de referencia:** El acto de medir se basa en la comparación; para ello, se necesita una referencia contra la cual contrarrestar el resultado del indicador.

- **Responsabilidad:** Quién debe actuar de acuerdo al comportamiento del indicador respecto a las referencias escogidas.
- **Instrumentos:** Quién hace, organiza las observaciones y define las muestras y con qué instrumentos.
- **Periodicidad:** Es fundamental saber con qué frecuencia se deben hacer las lecturas: diaria, semanal o mensual.

B. Fenología

Según la Agencia Estatal de Meteorología del Gobierno de España (2015), la fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente acoplados a ritmos estacionales y tienen relación con el clima y el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar.

Las plantas, a pesar de tener el mismo genotipo, si se siembran bajo distintas condiciones climáticas pueden presentar diferentes estados de desarrollo después de que transcurre el mismo tiempo cronológico. Este fenómeno otorga importancia al uso de escalas fenológicas para referirse a las observaciones del cultivo en una etapa de desarrollo determinada. (Azkues, 2015)

En la evaluación del desarrollo de las plantas se utilizan dos términos: fase y etapa.

- a. **Fase:** Una fase fenológica es el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. También se entiende como el tiempo de una manifestación biológica (Yzarra & López, 2011).
- b. **Etapa o estadio:** El período crítico que se presenta entre dos fases distintas (Azkues, 2015).

Las principales variables que intervienen en la fenología de un cultivo son: fecha de siembra, duración del día, temperatura, suministro de humedad, componente genético y manejo de la planta.

Para el estudio de la fenología, existen diversas escalas. Entre las escalas se encuentra la Escala extendida BBCH, la cual se detalla en el apartado siguiente.

1. Escala extendida BBCH

La escala extendida BBCH es un sistema creado para codificar de manera uniforme la identificación fenológica de los estadios de crecimiento para todas las especies de plantas Liliopsidas (monocotiledóneas) y Magnoleopsidas (dicotiledóneas). Es el resultado de un grupo de trabajo conformado por el Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (BBA) de la República Federal Alemana, el Instituto Federal de Variedades (BSA) de la República Federal de Alemania, la Asociación Alemana de Agroquímicos (IVA) y el Instituto para Horticultura y Floricultura en Grossbeeren/Erfurt, Alemania (IGZ) (Meier, 2001).

Utiliza un código decimal, dividido principalmente entre los estadios de crecimiento principales y secundarios y tiene la intención de dar un mayor uso a las claves fenológicas (Meier, 2001). En el Anexo 1 se detallan las generalidades de la escala de medición y registro fenológico.

C. Densidad de siembra

La densidad de siembra se define como el número de plantas por unidad de área de terreno. La densidad de siembra está relacionada con los efectos que produce en la planta la competencia de otras plantas de la misma o de otra especie y, además, con una mayor o menor eficiencia de captación de la radiación solar (Pulgarín, Farfán, Moreno, Fernando & Gómez, 2007).

Cuando hay competencia entre plantas, éstas responden con el cambio en la duración del período de crecimiento, sus características físicas y químicas, la utilización de los recursos para su crecimiento y el arreglo espacial.

Pulgarín, Farfán, Moreno, Fernando y Gómez (2007) identificaron que la longitud del período de crecimiento interviene en plantas que tienen un período de

crecimiento muy corto, donde se necesitan más plantas para alcanzar la máxima producción por unidad de área; en cultivos cuyo producto comercial es la parte vegetativa, se necesita mayor densidad de siembra para las cosechas tempranas y, en los cultivos cuyo producto comercial es la parte reproductiva, se requieren densidades de siembra más altas para la maduración temprana.

También se ha identificado que, mientras más se despliegue la planta para interceptar la radiación solar, menor será la densidad de la población. Asimismo, respecto a la obtención del recurso hídrico se ha identificado que, en situaciones de estrés hídrico moderado, pueden ser necesarias las densidades de siembra un poco más altas, para estimular el crecimiento radical a mayor profundidad.

Dentro de límites razonables para la especie, el arreglo espacial tiene menos efecto en la producción que el número de plantas.

Se ha intentado identificar o explicar el patrón para medir los rendimientos de producción. Para la “producción vegetativa” y la “producción reproductiva”, como le llaman en Cenicafé, existe una curva de respuesta. La producción vegetativa tiene rendimientos decrecientes, con curva asintótica (Pulgarín, Farfán, Moreno, Fernando & Gómez, 2007); mientras que la producción reproductiva tiene una curva de respuesta que alcanza un valor máximo y luego disminuye. Tiene un punto de inversión y su curva es parabólica (Figura 1).

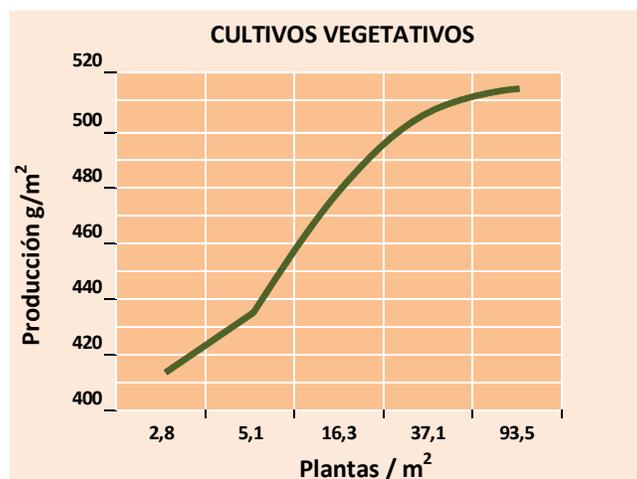


Figura 1. Curva de respuesta para cultivo vegetativo (Asintótica)

Fuente: (Pulgarín, Farfán, Moreno, Fernando & Gómez, 2007)

En la Figura 1 se observa que la población máxima es la población mínima de plantas con la cual se alcanza la producción máxima.

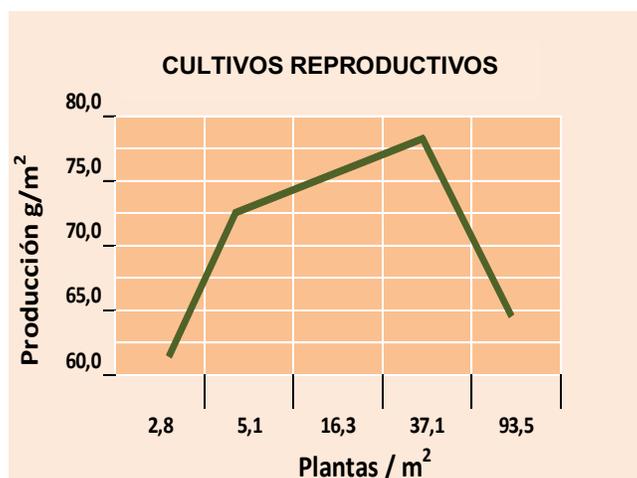


Figura 2. Curva de respuesta para cultivo reproductivo (Parabólica)

Fuente: (Pulgarín, Farfán, Moreno, Fernando & Gómez, 2007)

En la Figura 2 se observa que la población máxima es la población de plantas en el punto de inversión.

El óptimo de la población propuesto por Willey y Heat (1969), está dado entonces por las siguientes ecuaciones:

Ecuación	Población óptima	Máxima producción
$1/w = a + bx$	infinita	$1/b$
$1/w = a + bx + cx^2$	$\sqrt{a/c}$	$1/(\sqrt{a/c} + b)$

Figura 3. Ecuación de óptimos

Fuente: (Pulgarín, Farfán, Moreno, Fernando & Gómez, 2007)

En donde:

$1/w$ = producción por planta

x = población de plantas

a y b = constantes

Las ecuaciones previamente descritas (Figura 3) permiten tener una referencia de la densidad de siembra óptima, según la biología de la planta.

1. Ventajas de las densidades de siembra óptima

En los cultivos vegetativos se ha identificado que las densidades de siembra óptima permiten tener cultivos más productivos, ocasionar menor erosión del terreno, reducción de costos al momento de limpiar el terreno, mejor aprovechamiento de los recursos como el agua y los fertilizantes, mayor eficiencia en la mano de obra, el reciclaje de material orgánico, entre otras variables de cultivo. Esto permite que la actividad agrícola sea más competitiva (Pulgarín, Farfán, Moreno, Fernando & Gómez, 2007).

D. Agricultura intensiva

Existen dos métodos agrícolas: el método tradicional y el método moderno. Al método tradicional se le llama agricultura extensiva y al moderno se le denomina agricultura intensiva.

La agricultura extensiva es un sistema de producción agrícola que se lleva a cabo en espacios al aire libre, sin estar cubiertos por una estructura fija durante todo

el ciclo de cultivo. Este tipo de agricultura está directamente relacionado con las condiciones ambientales que pueda sufrir la planta. Generalmente se produce una cosecha al año aprovechando el periodo lluvioso (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, 2014). La agricultura extensiva se asocia a menudo a la agricultura pastoral, en áreas vastas y de baja producción (Martín, 2013)

La agricultura intensiva se caracteriza por la alta utilización de insumos y alto rendimiento por hectárea de tierra cultivada o por animal de granja. Los insumos, como mano de obra, fertilizantes, pienso, agroquímicos, tecnologías y energía pueden aplicarse en proporciones variables; por ejemplo, trabajo manual intensivo y bajo consumo de combustibles fósiles, o viceversa. Por consiguiente, tanto la horticultura manual como la agricultura altamente mecanizada pueden ser intensivas (Martín, 2013).

En un sistema de producción agrícola la cosecha puede llevarse a cabo repetidas veces al año; usualmente, se emplean fertilizantes, pesticidas y sistemas de riego. Este sistema requiere menos espacio de tierra para producir que el sistema de agricultura extensivo; la productividad es alta (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, 2014).

Existen diversos sistemas de producción agrícola que permiten la producción de cantidades altas en espacios reducidos. Entre los métodos de cultivo intensivo se encuentran:

- **Cultivo en sustrato:** Es el método más semejante al cultivo en tierra. Se diferencia en que se provee un soporte a la raíz de la planta y se le proporciona humedad, aireación, drenaje; se utiliza como medio para anclar las plantas, protegiéndolas de la luz y el sol.
- **Cultivo extensivo:** El método consiste en cultivar plantas; utiliza gran superficie de terreno a campo abierto.

- **Cultivo hidropónico:** El método de cultivo de plantas hace uso de disoluciones minerales; sustituye al terreno agrícola. A la planta se le aporta una disolución nutritiva equilibrada disuelta en agua, la cual se aplica en las raíces directamente, por la vía de solución mineral o medio inerte, como arena, grava o perlita, entre otras.
- **Cultivo orgánico:** En el cultivo orgánico no se utilizan aditivos químicos o sustancias sintéticas que alteren la biología de la planta. Su actividad se basa en sistemas agronómicos, biológicos y mecánicos.
- **Cultivo protegido:** El cultivo protegido se logra con el establecimiento de una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo, lo cual permite crear un ambiente propicio para la actividad agrícola. Los ambientes protegidos se logran con:
 - **Micro túneles:** Técnica utilizada para la protección de los cultivos, contra condiciones climáticas adversas en las primeras fases de desarrollo de la planta; tienen como objetivo obtener precocidad en la cosecha. (INTA, 2005)
 - **Techos plásticos:** Instalaciones transparentes y flexibles colocadas en hileras con soportes en uno o varios surcos de vegetales, con el propósito de mejorar el crecimiento y rendimiento de la planta ya que, crean un microclima favorable para las plantas que crecen debajo de ellas. (INTA, 2005)
 - **Invernaderos:** Estructuras fijas que protegen a los cultivos de las condiciones adversas climáticas. (INTA, 2005)

E. Ambiente controlado o protegido

El invernadero se concibe como el ambiente para proteger al cultivo agrícola de los efectos adversos del medio ambiente en el cual se genera un microclima diferente al existente en el ambiente exterior.

1. Ventajas del invernadero

Las ventajas que ofrece el invernadero son: intensificación de producción de hortalizas, frutas y plantas, con la cual se logra mayor rendimiento por unidad de superficie; menor riesgo en la producción, ya que es posible la protección de la variabilidad climática lo cual permite la extensión del período de producción; obtención de productos fuera de temporada; obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas; obtención de productos de alta calidad; protección contra plagas, malezas y enfermedades; uso más eficiente de insumos, agua y riego localizado; reciclaje de nutrientes y mayor comodidad y seguridad para realizar el trabajo. A nivel social, una de las ventajas que presentan los invernaderos es la generación de empleos fijos y la generación de desarrollo rural. A nivel académico tiene las condiciones idóneas para la experimentación e investigación porque reduce la influencia distorsionante de los factores climáticos. (Abraham, 2011)

2. Efectos negativos del ambiente controlado

El ambiente controlado no sólo tiene ventajas, sino también efectos colaterales indeseables, que pueden tener efecto en la salud pública y en el medio ambiente. Entre ellos: aumenta el volumen de residuos vegetales y plásticos, tiende a aumentar el uso de plaguicidas y productos químicos y agotamiento y contaminación de reservas hídricas subterráneas (Hernández, Laffita & Ojeda, 2006).

F. Flora medicinal de Guatemala

Aproximadamente el 80% de la población utiliza las plantas medicinales que se cultivan en Guatemala, como fuente primaria de tratamiento médico. El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), desde 1989, ha documentado información de más de 300 especies y ha recolectado material de propagación de 150 plantas medicinales, las cuales se han sembrado en una colección de campo en el Centro de Generación y Difusión de Tecnología Agrícola del ICTA en Chimaltenango (Orellana, 2000).

Robles, Oliveira y Villalobos (2000) indican que en diferentes trabajos se ha citado hasta 663 plantas de uso medicinal, nativas y exóticas, que muestran que la medicina tradicional encontró un sitio preponderante debido a la cosmovisión de la población indígena acerca de la naturaleza. Cáceres (1996) hace referencia a las 120 plantas medicinales de más amplio uso, de las cuales, aproximadamente, el 50 por ciento son nativas.

De la totalidad de plantas medicinales que se exportan de Guatemala, según la UN Comtrade database (2016), en 2014, el 24% se exportaba a Costa Rica, el 20.4% a Alemania, el 16.8% a El Salvador, el 14.6% a Honduras y el 14% a EUA. La exportación de plantas medicinales de Guatemala representa el 0.03%, estando en la posición 96 en exportadores de esta categoría a nivel mundial, con potencial de crecimiento de 11% en el mercado (International Trade Centre, 2014).

Robles et al. (2000), indicaron que los productos naturales no maderables (PFNM) han sido históricamente importantes. Desde el periodo colonial, durante el siglo XVI, se exportaba raíces de zarzaparrilla (*Smilax dominguensis*) a España, de donde era distribuida a otros países de Europa. Actualmente, Guatemala domina en la exportación de aceite esencial de hierba de limón hacia Estados Unidos, con exportaciones de 18.7 toneladas, con precio de US\$23/kg, en 2013 y el aceite de cardamomo, con precio de exportación de US\$185/kg (Centro de Comercio Internacional, 2016). Adicionalmente, se está desarrollando la oferta de aceite de Pachulí, con precios que oscilan de US\$40 a US\$60/kg (Centro de Comercio Internacional, 2014).

A continuación se muestra la Tabla 1 con la clasificación de las materias primas que incluyen plantas medicinales que se exportan de Guatemala, enteras y por partes, en semillas o en frutos, especialmente para perfumería, medicina o usos insecticidas, parasiticidas o similares, frescos, secos, incluyendo cortados, triturados, pulverizados, y el valor económico que representan por su comercialización:

Tabla 1.

Datos del comercio de plantas medicinales

Código de mercancía	Mercancía	Valor comercial (US\$)
121,190	Semillas y frutos oleaginosos; granos diversos, semillas y frutas; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes // Plantas, partes de plantas (incluidas las semillas y frutos) de los utilizados principalmente en perfumería, medicina o para usos insecticidas, parasiticidas o similares, frescos o secos, incluso cortados, quebrados o pulverizados // - Las demás plantas, partes de plantas.	\$1,053,069.00
120,770	Semillas y frutos oleaginosos; granos diversos, semillas y frutas; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes // otras semillas y frutos oleaginosos, incluso fragmentados // - Semillas de melón	\$215,622.00
120,729	Semillas y frutos oleaginosos; granos diversos, semillas y frutas; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes // otras semillas y frutos oleaginosos, incluso fragmentados // - Semillas de algodón : // -- Las demás	\$118,900.00
120,190	Semillas y frutos oleaginosos; granos diversos, semillas y frutas; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes // Habas de soja, incluso quebrantadas. // - Otras	\$31,757.00
120,110	Semillas y frutos oleaginosos; granos diversos, semillas y frutas; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes // Habas de soja, incluso quebrantadas. // -Semillas	\$22,155.00
121,229	Semillas y frutos oleaginosos; granos diversos, semillas y frutas; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes // Algarrobas, algas y otras algas, remolacha y caña de azúcar, frescas, refrigeradas, congeladas o secas, incluso pulverizadas; huesos y almendras de frutos y demás productos vegetales (incluidas las raíces de achicoria sin tostar de la variedad <i>Cichorium intybus sativum</i>) de los tipos utilizados principalmente para la alimentación humana, no expresados ni comprendidos en otra parte. // - Algas marinas y otras algas : // -- Otros	\$1,363.00
120,241	Semillas y frutos oleaginosos; granos diversos, semillas y frutas; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes // Cacahuets sin tostar ni cocer de otro modo, incluso sin cáscara o rota // - Otros:	\$105.00
120,242	Semillas y frutos oleaginosos; granos diversos, semillas y frutas; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes // Cacahuets sin tostar ni cocer de otro modo, incluso sin cáscara o rota // - Otros: // Sin cáscara, incluso quebrantados.	\$1.00
Total general		\$1,442,972.00

Fuente: (UN Comtrade Database, 2016)

El cultivo y exportación de plantas medicinales tiene potencial económico en Guatemala, dadas las condiciones geográficas y la diversidad botánica del país. La actividad agronómica se ha limitado a la agricultura de subsistencia, representa la mayor la fuente de ingresos de la población rural del país; la misma tiene conocimientos limitados, la cual resulta en un manejo inadecuado de las plantas al momento de almacenarlas y procesarlas. El cultivo de plantas medicinales es una actividad ejecutada por minorías de productores o es una tarea relegada a la naturaleza, de la cual se hace la extracción silvestre de plantas medicinales (Mendez, 2002).

El conocimiento sobre las prácticas tradicionales de curación y agricultura se ha visto limitado porque la mayor parte ha sido transmitida de forma oral, no existe una metodología consistente, ni el recurso humano y financiero disponible, por lo que es difícil plasmar ese conocimiento en documentos confiables y accesibles a la población (Cáceres, 1996).

G. Producción sostenible

La producción sostenible es una temática que en Guatemala empieza a hacer eco en la zona urbana, pero es en la zona rural donde hay extensiones de tierra en las cuales el cultivo se lleva a cabo con un método tradicional o repetitivo.

La producción sostenible promueve la incorporación de principios científicos en donde se involucra al ecosistema en el correcto manejo agrícola, para fortalecer la producción de cultivos, especialmente en lo referente a los rendimientos.

Para Guatemala, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) estableció un programa de cooperación técnica que se centró en el análisis estratégico para la agricultura y la institucionalidad de la agricultura al promover inversiones para su modernización. El programa tiene como objetivo el fortalecimiento de los agronegocios, el desarrollo rural territorial, la modernización en la institucionalidad; se empezó a gestionar el conocimiento sostenible con un mínimo de 20 eventos (talleres, foros, entre otros) (IICA, 2010).

Las instituciones promueven la intensificación del cultivo de forma sostenible, para que haya mayores oportunidades de producción agrícola por unidad de superficie tomando en consideración aspectos de sostenibilidad que impactan en la política, la economía, el ambiente y la sociedad como un todo. La FAO tiene programas educativos en donde involucra aspectos de intensificación agrícola, donde toma en cuenta: sistemas agrícolas integrados, manejo integrado de plagas, estrategias de mecanización sustentable y conservación de la agricultura, salud de los suelos, servicios de ecosistemas en la producción agrícola, rehabilitación y manejo de suelos áridos e infértiles y manejo integrado de las malezas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015).

El Programa de Intercambio, Diálogo y Asesoría en Agricultura Sostenible y Seguridad Alimentaria en Guatemala (PIDAASSA GTM) indica que en 2013 se registraban 9,000 productores orgánicos en el país y 22 organizaciones que dentro de sus actividades planteaban de forma explícita la promoción de la agricultura sostenible, la formación de promotores agroecológicos, la agricultura orgánica o el manejo productivo sostenible (Castañeda & Sigüenza, 2013).

H. Cultivo de especies medicinales en Guatemala

En el Compendio de plantas medicinales y aromáticas (2014) se indica que *Calendula officinalis* L. es una planta con potencial comercial por su uso en el tratamiento de dolor reumático, actividad antiséptica, digestiva, regeneradora y antiinflamatoria. En Guatemala, existen comercializadores y fabricantes de productos que se generan en base de *C. officinalis*, como Farmacia y Droguería Paracelsus y La casa de la caléndula; esta última es una empresa familiar, fundada en Chimaltenango en 2010, la cual logró ampliar su mercado nacional a partir de marzo 2014. Distribuye oleatos, champú y baño cremoso para el cuidado de bebés, niños y pieles delicadas, a través de Lingua y Farmacias Ivory.

También existen casos de éxito en agricultura sostenible, tanto de plantas alimenticias como medicinales. La Fundación para el Desarrollo y Fortalecimiento de las Organizaciones de Base (FUNDEBASE) ha documentado casos en donde los agricultores relatan sus experiencias de éxito y cómo han compartido su conocimiento a otras personas y organizaciones. Según el reporte 2014, las plantas medicinales son de interés de las mujeres, quienes se organizan y fabrican jabones y champú de sábila, manzanilla, escudilla y atol de sábila; también, fabrican pomadas, jarabes y tinturas a base de milenrama, ruda y albahaca (Castañeda & Sigüenza, 2013).

En Chimaltenango, en la Granja permacultural “El Porvenir”, se está sustituyendo el cultivo de maíz y caña por amaranto, ya que han identificado que el amaranto tiene el mismo contenido nutricional que una libra de Incaparina, la cual tiene valor de Q.8.00 (USD 1.00 aproximadamente). A las gallinas enfermas les dan Verbena, preparan extractos de Llantén o les dan gotas de limón en agua. Esta granja con otra, representan 2 granjas de 200; solamente el 1% tiene el conocimiento, preparación y capacitación, para saber que las especies medicinales son fuente de salud humana y animal (Castañeda & Sigüenza, 2013).

En Quiché, la Coordinadora Nacional Indígena y Campesina (CONIC) presenta un caso de éxito, donde una familia cosecha té de limón, curarina, mirto (para quienes “hace mal” el caldo de gallina), y el marrubio, para la fiebre. La familia León Urizar se dedica a curar niños, cuando tienen empachos. Curan con ruda y albahaca el “mal de ojo”. Para el malestar estomacal utilizan ajenojo, jacaranda y ajo; para la lactancia, el Ixbut. La propagación de las plantas se logra con intercambios de semillas o de plantas, los cuales van acompañados de la experiencia de sus dueños, quienes comparten los usos medicinales (Castañeda & Sigüenza, 2013).

Las personas también empiezan a tener interés por los cultivos orgánicos, en los cuales los abonos son orgánicos, especialmente el abono orgánico bocashi, el cual aplica a la milpa. De la hoja del árbol de sauce hacen las aboneras, con lo cual

evitan la gallina ciega. Adicionalmente, hacen abonos foliares, utilizando hierba mora o “Flor de Santa Catalina” y “Cola de caballo” (Castañeda & Sigüenza, 2013).

En San Marcos, Sololá, Chiquimula, entre otros, hay historias de éxito en los cuales los productores han identificado las ventajas del cultivo sostenible de plantas alimenticias y medicinales. Estos productores procuran utilizar el 75% de abono orgánico y tienen más de 65 plantas medicinales y alimenticias. Las tecnologías que se utilizan también son modelos de desarrollo que han difundido instituciones como la Fundación para el Desarrollo y Fortalecimiento de las organizaciones de Base (FUNDEBASE), la Asociación para el Desarrollo Comunitario (SIEMBRA), la Coordinadora Nacional Indígena y Campesina (CONIC), la Plataforma Agraria, la Alianza de Mujeres Rurales, la Asociación de Servicios Comunitarios en Salud (ASECSA), la Iglesia Luterana de Guatemala (ILUGUA) y la Asociación de Fortalecimiento para el Desarrollo Integral (AFOPADI) (Castañeda & Sigüenza, 2013).

Los cultivos que ocupan la mayor extensión de tierra son: maíz, banano y café; sin embargo, en todas las parcelas, esos cultivos están acompañados por otros, tales como hortalizas, frutas, pastos para alimentar animales, especies forestales, flores ornamentales, plantas medicinales y aromáticas (Castañeda & Sigüenza, 2013).

El ICTA, ubicado en Chimaltenango, tiene una colección de 156 especies de plantas medicinales, en donde las plantas se utilizan con la finalidad de propagación y extensión. El banco de especies alimenticias nativas y plantas medicinales es utilizado principalmente en investigación y por agricultores en muy bajo porcentaje (menos del 5 por ciento) y se corre alto riesgo de erosión genética debido a la pérdida de los ecosistemas y hábitats naturales y a que no hay un cultivo formal de las mismas. En gran mayoría, carecen de tecnología para cultivarlas; por otra parte, muchos agricultores únicamente las colectan en su ambiente natural para su venta, lo que pone en peligro de extinción a muchas de ellas (Martínez, 1995).

I. Generalidades de *Calendula officinalis* L.

La *Calendula officinalis*, a pesar de ser una especie introducida en Guatemala, es una planta que se puede cultivar en el país con fines terapéuticos. Esta planta es utilizada en un amplio rango por sus diversas actividades ya demostradas. Entre estas: antiinflamatoria, antibacterial y antioxidante. Estudios con extractos fito farmacéuticos de *C. officinalis* han demostrado actividad antitumoral. En estudios clínicos, el extracto de *C. officinalis* fue eficaz en la prevención de dermatitis agudas inducidas en pacientes por radiación ultravioleta (UV). Existen fito cosméticos de *C. officinalis*, indicados para el tratamiento de acné, eczema, abscesos e impétigo, así como para la prevención de *rash* en niños y como protector contra rayos UV A y UV B. La actividad terapéutica de *C. officinalis* se debe a la presencia de flavonoides y especialmente a la presencia de rutina (Severino, da Conceisao, Sousa, Carréra & Ribeiro, 2014).

1. Historia

Calendula officinalis L. (Asteraceae) se le conoce popularmente en castellano como caléndula, y en inglés se le denomina *marigold*. Existe una leyenda que data de la Edad Media, en la que se asociaba a la virgen María con las flores doradas de la Caléndula (*gold* significa oro en inglés), de allí se deriva la denominación *Mary Gold*. Su nombre genérico se deriva del latín *calendae*, que significa primer día del mes, mientras que el nombre científico *officinalis* expresa su carácter medicinal (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

2. Clasificación taxonómica

Taxonómicamente la Caléndula se clasifica así:

Tabla 2.

Clasificación taxonómica de *Calendula officinalis* L.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Asterales
Familia:	<i>Asteraceae</i> o <i>Compositae</i>
Género:	Caléndula
Especie:	<i>Calendula officinalis</i> L.

Fuente: (Orozco, y otros, 2007)

3. Dibujo botánico

Figura 4. *Calendula officinalis* L.
Fuente: (Eggen, 2011)

4. Descripción botánica

Hierba anual aromática, tallo ramoso, angulado, peludo, 30-60 cm de alto. Hojas inferiores espatuladas, superiores lanceoladas, 5-15 cm de largo, alternas, pilosas en ambas superficies, márgenes dentados. Capítulo grande, 3-5 cm de diámetro, flores centrales tubulares, rodeadas de varias filas de lígulas; flores amarillo pálido o anaranjado, en filas simples o dobles (Cáceres, 2003). El fruto es una cipsela con espina trasera de pico curvo (Lehmuskallio, 2016)

5. Origen y distribución geográfica

La *Calendula officinalis* L. se reporta originaria del sur y centro de Europa y del norte de Egipto. Cultivada en Europa en el siglo XII, luego se extendió por el resto del mundo; existe subespontánea en toda la región mediterránea, crece fácilmente durante los meses de verano en las islas Británicas y goza de gran fama como planta ornamental. Es cultivada en Inglaterra y en más de 10 países, por sus propiedades medicinales; entre ellos: Alemania, Colombia, Costa Rica, España, Estados Unidos, Francia, Hungría, Japón, Kuwait, México, Polonia, Rumania, Suecia y Suiza (Orozco, y otros, 2007). Se cultiva universalmente en jardines de clima templado. En Guatemala se cultiva en el altiplano central del país (Cáceres, 2003).

6. Características biológicas

Es una especie rústica, por lo que es poco exigente para el tipo de suelo; crece bien en los de mediana fertilidad, pero se conoce que se dedican a este cultivo tierras ricas en materia orgánica. La temperatura óptima para la germinación está entre 18 y 24 °C; sin embargo, durante el resto de las etapas del desarrollo, admite temperaturas superiores (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

Prefiere climas templados, aunque resiste heladas y sequías; crece en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 1 000 m. Por ser una planta cultivada desde la antigüedad existen numerosas variedades, las que se diferencian

fundamentalmente por el tamaño, coloración y complejidad de la corola (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

7. Composición química y principios activos

Las lígulas contienen un principio amargo (calendulina), carotenoides (β -caroteno, licopina, flavocromo), esteroides (fucostanol), sesquiterpenoides (loliolido), triterpenoides (heliantriol, usadiol), aceite esencial en (0.2 a 0.3%) (mentona, terpineno, cariofileno, carvona), flavonoides (isorhamnetina), resinas, mucílago, ácidos orgánicos y sus ésteres (láurico, mirístico, pentadecílico y salicílico), saponinas (calendulósidos), alcoholes, esteroides (campostero, amirina, arnidiol, calenduladiol, faradiol, β -sitosterol, stigmasterol) y taninos (Cáceres, 1996).

No existe una clara correlación entre los principios activos y su acción farmacológica; aunque se reconoce que tiene propiedad antiinflamatoria, antihemorrágica, cicatrizante, diaforética, espasmolítica, emenagoga, hipotensora, sudorífica y vulneraria (Cáceres, 2003).

8. Usos y propiedades terapéuticas

Las flores liguladas de caléndula tienen uso medicinal y farmacéutico, para uso interno y externo por su propiedad antiinflamatoria y cicatrizante, anti espasmódica, emenagoga, colagoga, sedativa, tonificante, sudorífica, vulneraria y bactericida contra *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus fecalis*; adicional, el extracto de la inflorescencia se recomienda en el tratamiento de síntomas de leucorrea. En aplicación interna se usa para condiciones inflamatorias de los órganos internos, para estimular la actividad hepática y, por tanto, la secreción biliar y el tratamiento de úlceras gástricas; y externamente, la decocción, tintura o pomada se emplea en escaras, heridas causadas por dolencias vasculares, úlceras varicosas e inflamaciones de la piel, como erupciones cutáneas, piel seca, picadura de abeja y ulceraciones causadas por el frío. Se usa en forma de infusión combinada con otras plantas medicinales, en forma tópica, en tintura, y para la preparación de medicamentos tales como gel preventivo de úlceras, supositorios vaginales y

emulsión acuosa para el tratamiento de afecciones de la piel. En Francia se reporta potente actividad antitumoral y citotóxica de los extractos de caléndula (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

Además de su uso medicinal se refiere su empleo en cosméticos, en la preparación de champú, cremas, colorante de cabello y en la industria alimentaria, en la fabricación de galletas, caramelos, licores, como colorante natural de la mantequilla o como sucedáneo del azafrán (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

9. Toxicología

En estudios clínicos de aplicación tópica prolongada no se ha encontrado toxicidad ni efectos adversos (Cáceres, 2003).

10. Formas galénicas/posología

- Administrar 1-4 g/taza en infusión, 0.5-1.5 ml de extracto líquido 1:1 en alcohol 40% y 0.3-1.2 ml de tintura 1:5 en alcohol 90%, 3 veces/día.
- Aplicar, en forma de lavados, la preparación de una infusión o decocción de 60-90 g/l, la tintura diluida 1:4, o bien en forma de pomada, ungüento o talco.
- En la conjuntivitis está indicado el uso de colirios o lociones oculares al 10%. (Cáceres, 2003).

J. Agro tecnología

1. Estados fenológicos

En trabajos desarrollados en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia CEUNP, para evaluar las etapas fenológicas, la emergencia de plántulas y la aparición de la primera hoja cotilenodal se registró seis días después de la siembra (dds). La floración se inició a los 40 días y a los 45 días se puede iniciar la cosecha de los primeros capítulos. La Tabla 3 presenta un resumen de los estados fenológicos de la caléndula en condiciones del Valle del Cauca, Colombia (Orozco, y otros, 2007).

Tabla 3.

Estados fenológicos de *Calendula officinalis* L. en condiciones del Valle del Cauca, Colombia.

Estado de desarrollo	Días después de siembra	Duración (días)
Emergencia de plántulas de semillas	5	7
Crecimiento vegetativo	12	28
Floración		
Inicio	40	90
Máxima	48	
Cosecha de capítulos		80-100
Inicio	45	
Máxima		
Cosecha de semillas	83	30-40

Fuente: (Orozco, y otros, 2007)

En otro estudio llevado a cabo en Hisar, India, durante diciembre 2012 a mayo 2013, se evaluó el desarrollo fenológico de *C. officinalis*. La germinación de la planta en campo abierto ocurrió en la primera semana de diciembre. Le siguió el crecimiento vegetativo hasta marzo. La floración (antesis) inició en febrero y continuó hasta mediados de abril (Figura 5). El fruto y maduración de la semilla ocurrió simultáneamente de mediados de abril a inicios de mayo. La muerte (senescencia) se observó a partir de inicios de mayo (Rani, 2013).

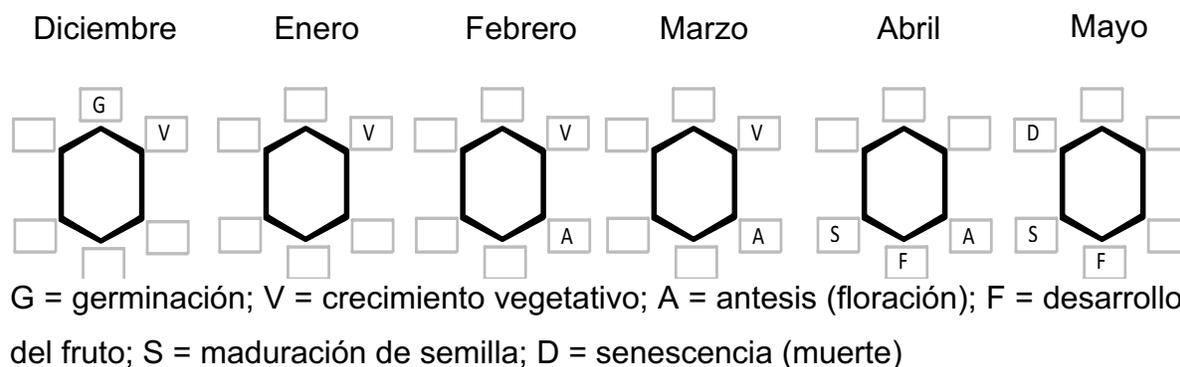


Figura 5. Estudio fenológico de *C. officinalis* bajo condiciones de campo

Fuente: (Rani, 2013)

2. Propagación

Su multiplicación es por semillas, las que se diferencian en 2 clases: las exteriores arqueadas, con espinitas en el dorso y frecuentemente aladas en los bordes y las interiores más pequeñas, casi cerradas en círculo. El peso promedio de 1 000 semillas oscila entre 10 a 15 g. El poder germinativo de las semillas es de aproximadamente 85 % en semilleros realizados en naves techadas de 5 a 10 d, conservándose hasta por 1 año, cuando las semillas se almacenan en frascos de cristal a temperatura ambiente. Semillas almacenadas por períodos de 2 años pierden totalmente su poder germinativo (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

El fruto (semilla) es una cipsela, curva, simulando la letra “C” o media luna; presenta dos caras, una dorsal o convexa, y otra ventral o cóncava. En la cara ventral (cóncava) en cada extremo posee una protuberancia; la de mayor prominencia (base) señala el sitio de emergencia de la radícula durante la germinación (Orozco, y otros, 2007).



Figura 6. Lote de semillas de *Calendula officinalis* L.
Fuente: (Pineda, 2015)

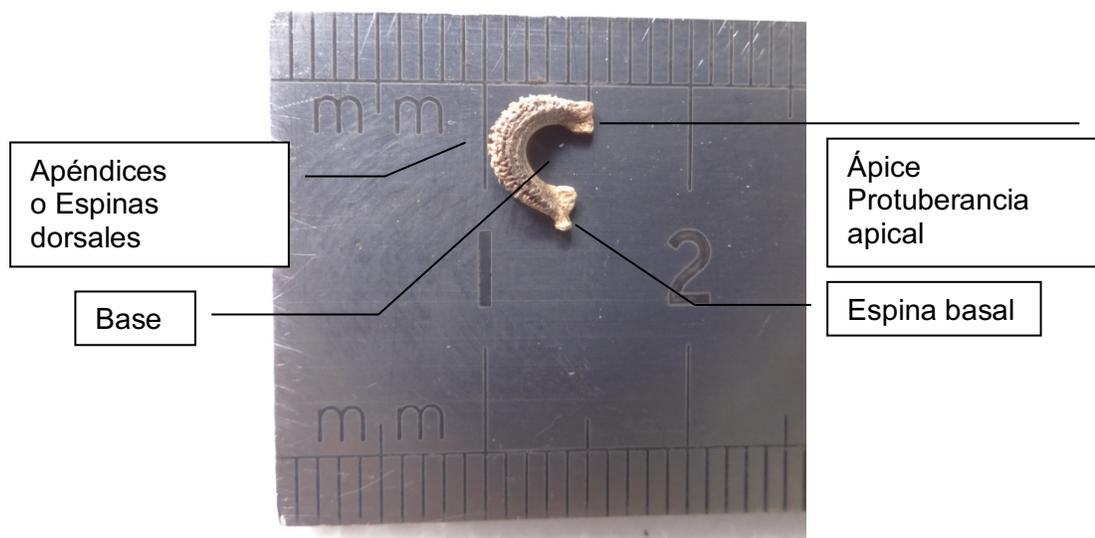


Figura 7. Morfología típica del fruto de *Calendula officinalis* L.
Fuente: (Pineda, 2015)

3. Preparación del terreno

El suelo se debe preparar, por lo menos, con dos semanas de anticipación, sea siembra directa o por trasplante de plántulas; el objetivo de la preparación es asegurar que el suelo quede lo suficientemente suelto e irrigado para que la semilla o plántula desarrolle el sistema radicular y, posteriormente, garantizar el crecimiento adecuando de las plantas (Orozco, y otros, 2007).

4. Siembra

El establecimiento del cultivo puede hacerse por siembra directa de semillas o por trasplante de plántula desarrollada en semilleros o en bandejas de plantulación en ambiente controlado (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

La siembra directa de semillas debe hacerse manualmente, cubriendo las semillas en los surcos con una capa ligera de tierra (2 a 3 cm), cuando se trata de áreas pequeñas; pero en grandes extensiones debe hacerse mecánicamente (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

En la siembra mediante semillero o bandeja, para posterior trasplante, se debe surcar el área a 20 mm de profundidad, las semillas se cubren con 2 ó 3 cm de

tierra. Cuando la planta alcanza aproximadamente 10 cm (35 a 45 días después de la siembra) se llevan al campo de siembra definitiva (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).



Figura 8. Desarrollo de plántulas en bandejas de plantulación
Fuente: (Pineda, 2015)

5. Espaciamiento

El espaciamiento recomendado por la revista cubana de plantas medicinales (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001) es con separación entre surcos de 45 cm y entre plantas de una misma hilera de 35 cm, con una densidad de plantación de 63 200 plantas/ha. El programa de investigación de plantas medicinales, aromáticas y condimentarias (2007), recomienda distancia entre surcos de 60 cm y 20 a 25 cm entre plantas de una misma hilera.

Las investigaciones recopiladas en *A Growers Manual for Calendula officinalis* L. (Gorp, 2009), indican que el distanciamiento óptimo en campo abierto puede llegar a ser de 4.2 hasta 6.25 cm entre planta, inferior al distanciamiento de 15-20 cm de siembra en campo abierto recomendado en Estados Unidos por la Sociedad Herbal de Estados Unidos (2007) y en India por Mili y Sable (2003).

6. Riego

El riego se debe llevar a cabo diariamente, con regadera fina, hasta la germinación total. En campo definitivo, el riego se lleva a cabo una vez al día. En ambiente controlado, en días nublados y húmedos, el riego no es necesario. Conforme aumenta el sistema radicular de la planta y sus partes aéreas, los riegos

se reducen a 3 ó 2 semanales. Adicional, después de cada recolección de flores se debe aplicar el riego (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

7. Fertilización

Varios investigadores concuerdan con la importancia del uso de abonos orgánicos en el cultivo; la fertilización se recomienda preferentemente más rica en potasio y fósforo, que en nitrógeno. El exceso de nitrógeno favorece un desarrollo exagerado del follaje y detrimento de la floración y tamaño de las mismas (Orozco, y otros, 2007).

8. Enfermedades

En los primeros estadíos del cultivo, la planta es atacada por dos coleópteros de la familia crisomélidos: *Systema basalis* Duval y *Diabrotica balteata* Le Conte, y durante la fase de floración, fundamentalmente al final de este período, por el pulgón rojo (*Aphis. Sp*) que puede llegar a perjudicar la cosecha en caso de ataques intensos.

También es afectada por los hongos *Cercospora calendulae* Sacc. que produce manchas circulares en las hojas y puede ocasionar defoliación total; asimismo se ha observado *Puccinia flaveriae* y *Ascochyta sp* (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

9. Cosecha

Cuando el 10% de la plantación presenta estado de floración, se inicia la recolección de capítulos florales; esto, ocurre alrededor de los 70 días de la siembra o entre 40 y 50 días después del trasplante (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

Para mejor aprovechamiento, se recogen las cabezuelas con pedúnculo corto (2 a 3 cm), en forma escalonada, es decir, a medida que las flores abren por completo, cada 5 a 7 días, en tiempo soleado y después de eliminado el rocío. Durante la etapa productiva se efectúan 10 a 12 recolecciones, siendo más frecuente al principio, mientras que al final del período las flores son de menor diámetro. En el momento de máxima producción, novena cosecha, se necesitan aproximadamente

7 obreros para la cosecha de 1 hectárea en una jornada (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

10. Rendimiento

En 10 a 12 recolecciones de capítulos florales frescos se obtiene un rendimiento promedio de 1.3 a 2.0 t/ha, los que se reducen aproximadamente a 200-300 kg secos. La relación peso fresco: peso seco es de 6.5:1 (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

11. Secado y almacenamiento

El secado de los capítulos de caléndula se debe hacer lo más rápido posible para evitar la aparición de hongos y el cambio del color natural de las flores por modificación de la composición química. El secado se puede realizar mediante la extensión de los capítulos en espacios protegidos y cubiertos, bien aireados, a la sombra, extendiéndose de esta forma el período de secado de 7 a 10 días; al sol demora 4 ó 5 días y, con calor artificial en estufas de aire recirculado a temperatura de 40°C, se seca en 2 ó 3 días. Se ha reportado que el secado prolongado favorece la hidrólisis enzimática de los compuestos fenólicos y afecta la concentración de dichos compuestos, aunque no se producen cambios significativos en la coloración (Orozco, y otros, 2007).

En el caso de requerir el almacenaje de grandes volúmenes, se recomienda que la actividad se realice inmediatamente y se utilice recipientes limpios y secos protegidos con bolsas de polietileno lineal de baja densidad en habitaciones con humedad controlada y temperatura inferior a 20°C. Se ha observado que en habitaciones a temperatura ambiente hay un deterioro rápido de la droga (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

En el caso de requerir el almacenaje de volúmenes pequeños, la droga se conserva satisfactoriamente en ambientes a temperatura ambiente durante 6 a 8 meses en frascos de cristal incoloros, con tapa de rosca de metal; para el

almacenaje en latas, se debe colocar papel de aluminio en el interior y en la tapadera y dejar en el fondo el metal (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

Para facilidad comercial y facilidad de almacenaje, se recomienda la elaboración de tinturas y extractos fluidos, los cuales poseen mayor estabilidad (de la Luz, Ferrada & Govín, 2001).

12. Especificaciones de calidad

Todas las drogas vegetales deben ser analizadas para garantizar la correcta identificación y determinación de calidad y pureza. Para la identificación se deben determinar características macroscópicas como la forma, tamaño, color, olor y sabor.

La droga vegetal consiste en flores liguladas enteras o trituradas, acompañadas de escasas flores tubulosas, separadas del receptáculo y de las brácteas involucradas, secas. No debe contener menos de 0.4% de flavonoides totales, calculados como hiperósido ($C_{21}H_{20}O_{12}$) en relación al material desecado (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria/Fundación Oswaldo Cruz, 2010)

Con relación a la calidad de la droga, se han establecido índices numéricos y límites que permiten su comercialización y comprenden:

- Capítulos florales sueltos: no más de 2% (Luz, 2006)
- Flores oscurecidas: no más de 2% (Luz, 2006)
- Pedúnculos mayores de 3cm de longitud y partes de tallo: no más de 6% (Luz, 2006)
- Mezclas orgánicas con partes de otras plantas no tóxicas: no más de 1% (Luz, 2006)
- Mezcla mineral: tierra, arena, piedrecitas, no más de 1% (Luz, 2006)
- Humedad: no más de 12% (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria/Fundación Oswaldo Cruz, 2010)

Contenido de sustancias solubles en alcohol al 70%: no menos de 35% (Luz, 2006)

Contenido de sustancias solubles en agua: no menos de 35% (Luz, 2006)

Cenizas insolubles en ácido clorhídrico: no más de 5% (Luz, 2006)

- Cenizas totales: no más de 10% (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria/Fundación Oswaldo Cruz, 2010)

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo General

- Determinar el desarrollo fenológico de *Calendula officinalis* L. en invernadero, durante la identificación de la densidad de siembra óptima para la producción de sus flores.

B. Objetivos específicos:

- Determinar la fenología de *C. officinalis* en invernadero.
- Identificar la densidad de siembra óptima con la cual se produce la mayor cantidad de flores de *C. officinalis* en invernadero.
- Identificar la densidad de siembra óptima con la cual se obtiene mayor rendimiento de peso de flores secas, por unidad de área.
- Identificar la densidad de siembra con la cual se obtiene mayor rendimiento de crecimiento de *C. officinalis*.
- Generar información que pueda ser utilizada en la toma de decisiones, sobre la densidad de siembra en la producción de *C. officinalis* en Guatemala, para el alcance de mayor rendimiento en la producción de esta planta medicinal.

V. HIPÓTESIS

Existe una densidad de siembra con la cual se tiene mayor rendimiento de flores de *Calendula officinalis* L. en peso seco, en invernadero.

VI. MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se detalla la metodología utilizada para el estudio de “Determinación fenológica e identificación de la densidad de siembra óptima para la producción de flores de *Calendula officinalis* L. en ambiente controlado”. El estudio se llevó a cabo con dos análisis, denominados:

- Análisis I: Determinación de fenología
- Análisis II: Determinación de densidad de siembra óptima para la producción de flores

A. Fuentes de información

La fuente de la cual se obtuvo datos es la fuente secundaria. La fuente secundaria es información ya procesada. Se obtiene a través de consultas bibliográficas que existen sobre la temática o similares, entre las cuales se mencionan: revistas, libros, informes, tesis y manuales.

B. Lugar

El proyecto se llevó a cabo en dos invernaderos ubicados en el parcelamiento Santa Rosa, de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez, Guatemala.

Ambos análisis se llevaron a cabo dentro de dos invernaderos, uno de semillero que mide 9 m de fondo por 5 m de ancho y otro que mide 50 m de fondo por 20 m de ancho.



Figura 9. Invernadero de semillero
Fuente: (Pineda, 2015)

C. Materiales

- Material vegetal: Se utilizó semilla de *Calendula officinalis* L. (Germoveg´s)
- Sustrato Pindstrup Plus® – *Peat substrate*
- *Mulch* negro
- Bandejas de germinación de 242 celdas (Sistegua, S.A.)
- Identificadores plásticos de 10 cm y 20 cm (Bond #342)
- Mangueras
- Mangueras de riego por goteo
- Dispensores
- Block de concreto
- Termómetro y medidor de humedad (Acurite)
- Cámara digital Nikon Coolpix P510
- Báscula de alta precisión (Nordika)
- Lata de aluminio
- Estacas de madera
- Bandejas
- Papelería y útiles: Regla metálica de 60 cm, marcadores, lapiceros, lápices, bloc de notas, cuaderno, etiquetas adhesivas, papel periódico, tijeras, navaja.



Figura 10. Materiales
Fuente: (Pineda, 2015)

D. Alcance del proyecto

El proyecto se llevó a cabo con dos análisis; para cada análisis se ha determinado el alcance siguiente:

1. Alcance de Análisis I: Determinación de la fenología.

Desde la observación de la semilla seca, hasta la muerte o inicio del reposo vegetativo de la planta.

2. Alcance de Análisis II: Determinación de la densidad de siembra óptima para la producción de flores.

Desde la elaboración de bandejas para germinación de plántulas, hasta la desecación de flores liguladas.

E. Diseño experimental

Cada análisis tuvo un método de evaluación distinto. El Análisis I inició más temprano y terminó más tarde que el Análisis II, con un periodo de análisis simultáneo.

1. Diseño experimental del Análisis I: Determinación de la fenología

Los estadios fenológicos 0 y 1 (germinación y desarrollo de hojas, respectivamente) se evaluaron en invernadero de semillero, en bandejas de 242 agujeros, sin la aplicación de fertilizantes.

Los estadíos fenológicos subsecuentes se evaluaron en el invernadero de siembra definitiva.

2. Diseño experimental del Análisis II: Determinación de la densidad de siembra óptima para la producción de flores

Se evaluaron seis densidades de siembra; para cada una, se hicieron tres mediciones que constaron cada una de un surco de 6 m de largo, para un total de 18 unidades experimentales.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar.

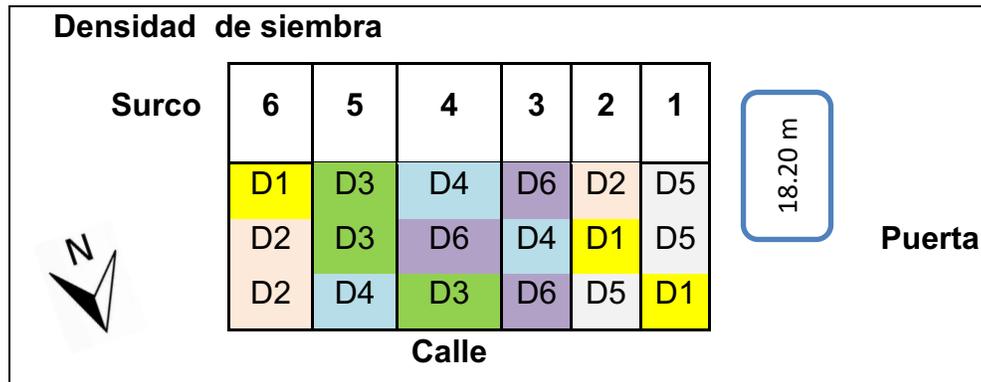


Figura 11. Diseño experimental
Fuente: (Pineda, 2015)

Simbología:

D1	Distanciamiento entre plántulas: 10 cm
D2	Distanciamiento entre plántulas: 15 cm
D3	Distanciamiento entre plántulas: 20 cm
D4	Distanciamiento entre plántulas: 30 cm
D5	Distanciamiento entre plántulas: 40 cm
D6	Distanciamiento entre plántulas: 60 cm

F. Diseño agronómico

En invernadero de semillero se germinaron las plántulas en bandejas de germinación de 242 celdas utilizando sustrato para germinación Pindstrup Plus, 100% turba rubia. Las plantas se trasplantaron a campo definitivo cuando desarrollaron 5 a 6 hojas, 28 días después de la siembra (dds). El trasplante se realizó a 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm y 60 cm entre plantas y 1 m entre surcos.

En campo definitivo, los riegos se realizaron por medio de un sistema de riego por goteo según las condiciones climáticas. En días húmedos y nublados no se regó; en días soleados se regó una vez al día.

El control de malezas se realizó de forma manual.

G. Diseño del instrumento de recopilación de datos

Para la obtención de datos a utilizar en el proyecto, se utilizó la observación, el conteo, la medición y la determinación del peso del material vegetal.

- **Observación fenológica:** Se observó el desarrollo vegetativo de la planta en todas sus fases con el fin de determinar de forma cualitativa el estadio en que se encontraba.
 - **Frecuencia:** Las observaciones se realizaron una vez a la semana y se evaluaron las siete bandejas o los seis surcos, según la fase en que se encontró la planta.
- **Conteo:** Se contó la cantidad de plantas que germinaron, versus la cantidad de semillas sembradas y la cantidad de flores producidas, según la densidad de siembra.
 - **Frecuencia:** Para la determinación del porcentaje de germinación, el conteo se inició semanalmente. Para la determinación de la cantidad

de flores producidas, el conteo se inició cuando el 10% de plantas estaba en fase de floración.

- **Medición de tamaño:** Se realizaron las mediciones de altura de planta en campo definitivo.
 - **Frecuencia:** Las mediciones se realizaron una vez a la semana o cada dos semanas, según la fase fenológica.
- **Medición de temperatura y humedad:** Se monitoreó la temperatura y humedad del ambiente dentro de los invernaderos.
 - **Frecuencia:** Una vez al mes, en la mañana y en la tarde.
- **Medición de peso:** Se pesó la droga vegetal fresca y seca para obtener una relación de rendimiento. El peso se midió en cada cosecha y cuando el lote de droga vegetal seca tenía humedad no mayor a 11%.
 - **Frecuencia:** Las mediciones se realizaron con cada cosecha y para cada lote de droga vegetal seca.

H. Análisis realizados

La obtención de información y evaluación de resultados se realizó con dos análisis:

1. Análisis I: Determinación fenológica

Se realizó un análisis cualitativo para determinar la fase y etapa en la que se encuentra la planta; se inició en el invernadero de semillero y se finalizó en el invernadero de siembra definitiva.

Para el análisis fenológico en la fase 1 y 2, se observaron diez muestras y se registró una muestra al azar de cada bandeja.

Para el análisis fenológico en las fases subsecuentes, se observaron diez muestras y se registraron dos muestras al azar de cada repetición y cada densidad.

2. Análisis II: Determinación de la densidad de siembra óptima para la producción de flores

Se realizó un análisis cuantitativo para determinar las distintas variables:

Producción de flores por hectárea: Se promedió el 100% de los capítulos florales colectados por metro cuadrado, durante nueve cosechas, y se hizo la conversión a hectáreas. (Flores/ha).

$$\text{Número de flores/ha} = \frac{\text{Promedio de flores cosechadas en cada distanciamiento}}{\text{Hectáreas correspondientes a cada densidad}}$$

Rendimiento de peso de flores frescas (Rpff) por metro cuadrado: Se evaluó el peso de los capítulos florales frescos de cada distanciamiento en cada cosecha. (g/m²).

$$\text{Rpff/m}^2 = \frac{\text{Peso de capítulos florales frescos de cada distanciamiento}}{\text{Metros cuadrados correspondientes a distanciamiento}}$$

Rendimiento de peso de flores secas (Rpfs) por metro cuadrado: Se evaluó el peso de los capítulos florales secos de cada distanciamiento en cada cosecha. (g/m²).

$$\text{Rpfs/m}^2 = \frac{\text{Peso de capítulos florales secos de cada distanciamiento}}{\text{Metros cuadrados correspondientes a distanciamiento}}$$

Número de flores por planta: Se identificó la cantidad promedio de flores cosechadas por planta en cada cosecha. (Flores/planta).

$$\text{Número de flores/planta} = \frac{\text{Flores cosechadas en cada distanciamiento}}{\text{Plantas de cada distanciamiento}}$$

Rendimiento de crecimiento de plantas: Se tomó muestras de dos plantas de cada repetición y densidad. Se evaluó la tasa de crecimiento de las plantas; se compararon los datos con el tiempo transcurrido entre cada medición. (cm/día).

$$\text{TCP} = \frac{H_2 - H_1}{t_2 - t_1}$$

La información se tabuló y analizó en Microsoft Excel. El análisis de varianza (ANOVA) se realizó en Excel; la comparación de medias se realizó con la prueba de la diferencia honestamente significativa de Tukey con $\alpha < 0.05$ y la correlación se evaluó utilizando Excel.

VII. RESULTADOS

A. Análisis I: Determinación fenológica

A continuación se detalla el desarrollo fenológico de *Calendula officinalis* L., basado en la escala BBCH:

Tabla 4.

Determinación fenológica

Código	Descripción
	Estadio principal de crecimiento 0: Germinación
00	Semilla seca (aquenio)
09	Emergencia: Los cotiledones salen a través de la superficie del suelo
	Estadio principal de crecimiento 1: Desarrollo de las hojas (tallo principal)
11	Desarrollo de la primera hoja o par de hojas verdaderas o verticilo
12	Desarrollo de la segunda hoja, o par de hojas verdaderas o verticilo
13	Desarrollo de la tercera hoja o par de hojas verdaderas o verticilo
15	Desarrollo de la quinta hoja o par de hojas verdaderas o verticilo
	Estadio principal de crecimiento 2: Formación de brotes laterales /macollamiento (ahijamiento)
21	1er brote lateral visible
22	2o brote lateral visible
	Estadio principal de crecimiento 3: Elongación del tallo
39	El tallo ha alcanzado el máximo de la longitud o el grosor final
	Estadio principal de crecimiento 5: Aparición inflorescencia
51	Órganos florales o botones florales visibles
55	Los primeros capullos y botones (flósculos) individuales visibles (sin abrirse)
59	Primeros pétalos (hojas florales) visibles
	Estadio principal de crecimiento 6: Floración (tallo principal)
60	Inicio de la floración
63	30% de inflorescencias abiertas o 30% de plantas en floración
65	Plena floración: 50% de las inflorescencias abiertas o 50% de las plantas en floración; las primeras lígulas caen o se secan
67	Floración llegando a su final: mayoría de las lígulas caídas o secas

Estadio principal de crecimiento 7: Formación del fruto

- 72 El 20% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/variedad o bien el 20% del tamaño final

Estadio principal de crecimiento 8: Maduración de frutos y semillas o coloración de frutos.

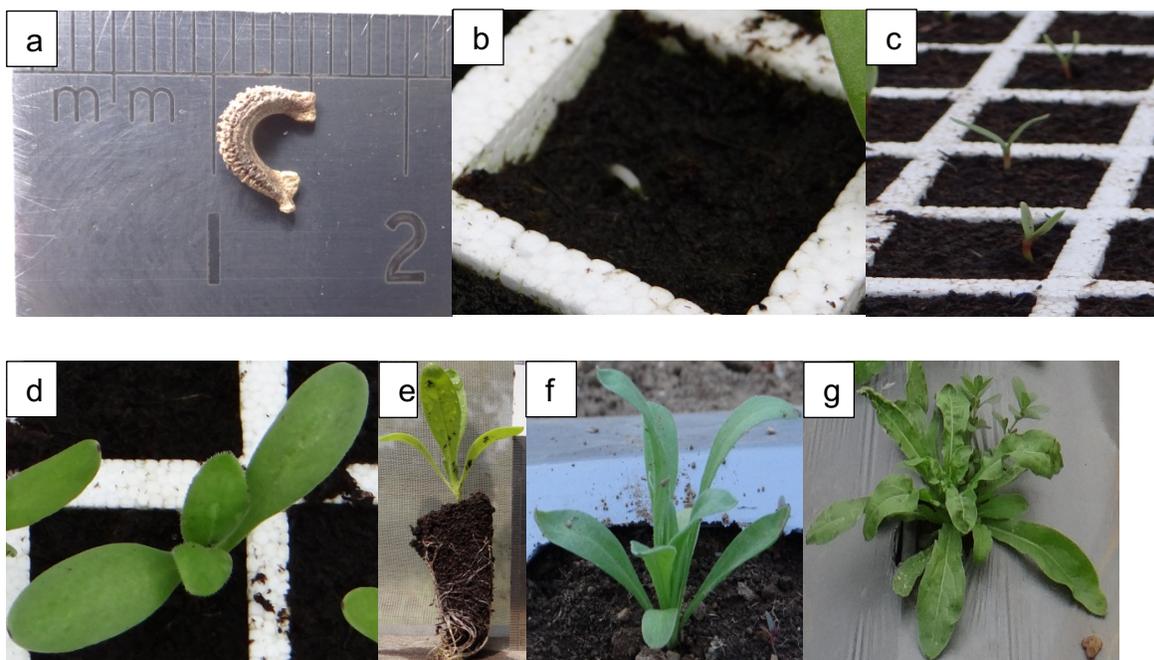
- 81 Comienzo de la maduración o coloración de frutos
 Maduración plena o de recolección. Fin de la coloración típica según la especie/ variedad. Los frutos o las infrutescencias se desprenden con relativa facilidad

Estadio principal de crecimiento 9: Muerte

- 95 50% de las hojas decoloradas o caídas
 97 Fin de la caída de las hojas. La planta ha muerto
-

Fuente: (Pineda, 2015)

A continuación, en la figura 12 se muestran fotografías del desarrollo fenológico de *C. officinalis*, basado en la escala BBCH:



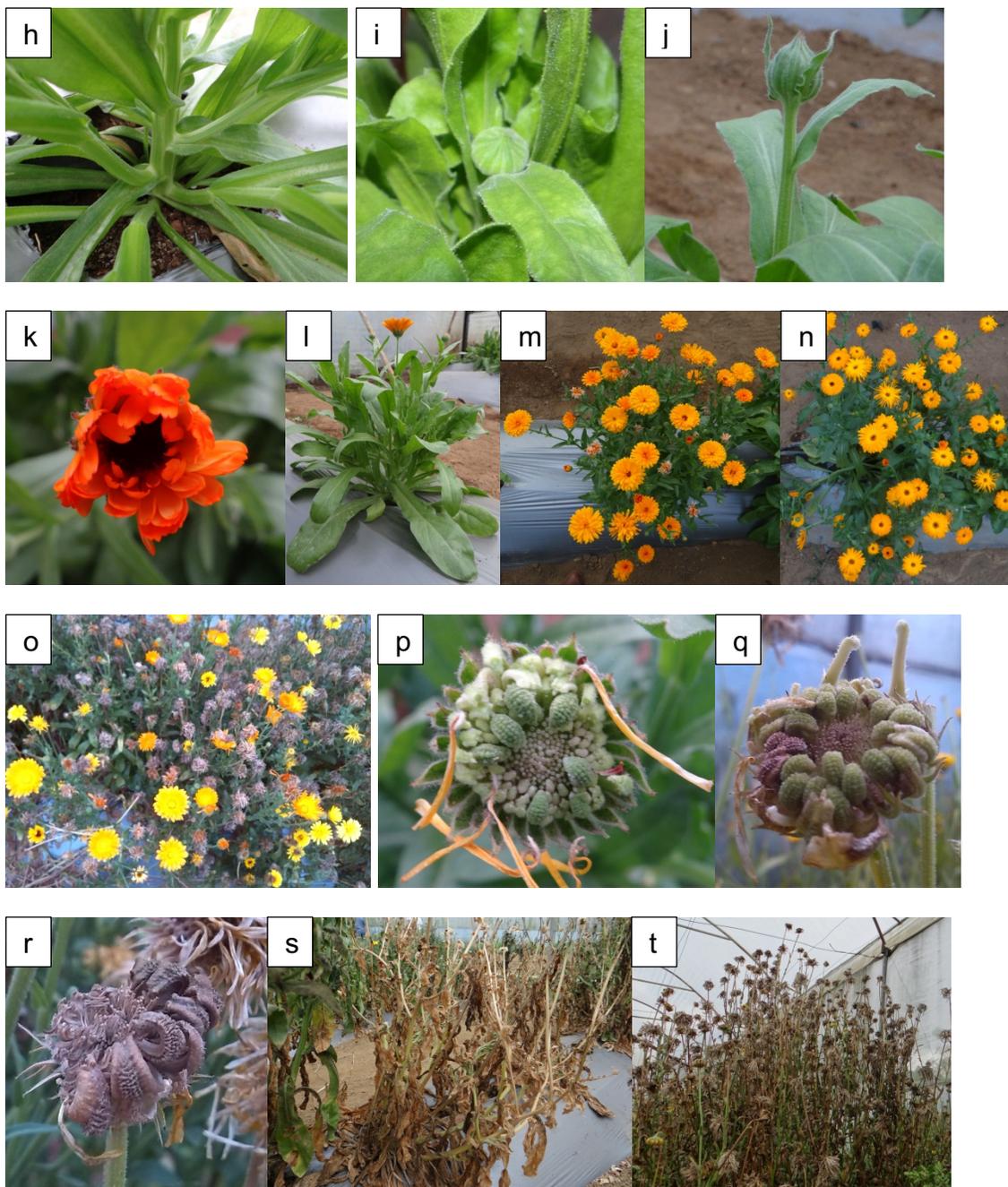


Figura 12. Fotografías de desarrollo fenológico de *Calendula officinalis* L.. Según la escala fenológica estandarizada de BBCH, las figuras se corresponden con las siguientes fenofases: a-00, semilla seca (aquenio); b-09 emergencia: Los cotiledones salen a través de la superficie del suelo; c-11, desarrollo de la primera hoja o par de hojas verdaderas o verticilo; d-12, desarrollo de la segunda hoja, o par de hojas verdaderas o verticilo; e-13, desarrollo de la tercera hoja o par de hojas verdaderas o verticilo; f-15, desarrollo de la quinta hoja o par de hojas verdaderas o verticilo; g-21, 1er. brote lateral visible; h-39, el tallo ha alcanzado el

máximo de la longitud o el grosor final; i-51, órganos florales o botones florales visibles; j-55, los primeros capullos y botones (flósculos) individuales visibles (sin abrirse); k-59, primeros pétalos (hojas florales) visibles; l-60, inicio de la floración; m-63, 30% de inflorescencias abiertas o 30% de plantas en floración; n-65, plena floración: 50% de inflorescencias abiertas o 50% de las plantas en floración; las primeras lígulas caen o se secan; o-67, floración llegando a su final: mayoría de las lígulas caídas o secas; p-72, el 20% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/variedad o bien el 20% del tamaño final; q-81, comienzo de la maduración o coloración de frutos; r-89, maduración plena o de recolección. Fin de la coloración típica según la especie/ variedad; s-95, 50% de las hojas decoloradas o caídas; t-97, fin de la caída de las hojas. La planta ha muerto. Fuente: (Pineda, 2015)

B. Análisis II: Determinación de la densidad de siembra óptima para la producción de flores

Los efectos de la densidad de siembra en producción de plantas por hectárea, cosecha de flores por hectárea, rendimiento del peso fresco y seco por metro cuadrado y el número de flores cosechadas por planta se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5.

Efectos de la densidad de siembra en el rendimiento de *C. officinalis*

D	Plantas/ha	Número de flores/ha	Rpff (g/m ²)	Rpfs (g/m ²)	Número de flores /planta (flores/planta)
D:10 cm	100,000	585,123±400,000	125.53±70.26a**b**	18.98±10.85a**b*	6±3a**b**
D:15 cm	50,000	484,444±300,000	94.84±56.24	14.99±9.38	8±4c**d**
D:20 cm	33,333	453,457±310,000	93.04±65.21	15.02±10.34	10±5e***f**
D:30 cm	25,000	330,494±320,000	68.93±57.01a**	9.31±7.94a**	10±9g**h**
D:40 cm	20,000	433,519±270,000	95.63±56.63	15.13±9.09	19±10a**c**e**g*
D:60 cm	16,666	375,494±190,000	65.88±28.11b**	10.64±5.54b*	24±12b**d***f**h**
(g.l. 161)					
Valor p		0.051	0.002	0.002	3.57E-13

Fuente: (Pineda, 2015)

D=distanciamiento entre plantas, g.l.= grados de libertad, Rpff = Rendimiento del peso de la flor fresca por m², Rpfs = Rendimiento del peso de la flor seca por m². Las medias seguidas por letra similar son significativamente diferentes entre sí. **= Diferencias altamente significativas (p≤0.01); *=Diferencias significativas (p≤0.05)

Número de flores cosechadas por hectárea

Con confianza del 95%, la cantidad de flores cosechadas en cada distanciamiento no fue significativamente diferente (Figura 13). La cosecha promedio de las plantas sembradas a 30 cm entre sí fue la menor, con $330,494 \pm 320,000$ capítulos florales por hectárea en cada cosecha; la más productiva corresponde a las plantas sembradas a 10 cm entre sí, con producción de $585,123 \pm 400,000$ capítulos florales por hectárea en cada cosecha.

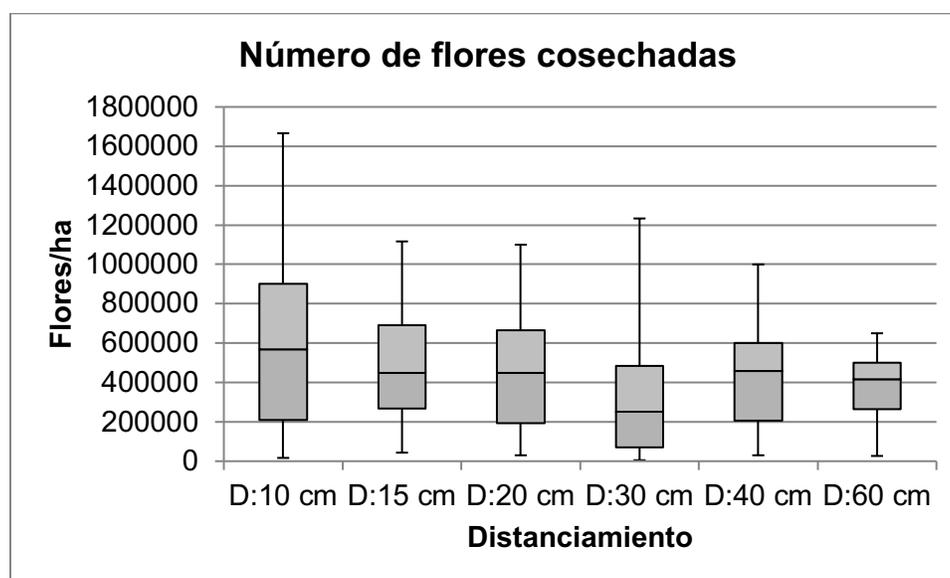


Figura 13. Cantidad de flores de *C. officinalis* cosechadas nueve veces para cada distanciamiento, a partir del 21/6/2015 al 19/8/2015.

Fuente: (Pineda, 2015)

Rendimiento del peso de flores frescas por metro cuadrado

Basado en el análisis de varianza, el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de peso de flores frescas por metro cuadrado es significativa con confianza de 99% (Tabla 5). La densidad de siembra, cuyo rendimiento fue menor corresponde a la de 60 cm entre planta, con rendimiento de 65.88 ± 28.11 g/m² y la de mayor rendimiento corresponde al distanciamiento de 10 cm entre plantas, con rendimiento de 125.53 ± 70.26 g/m².

Rendimiento del peso de flores secas por metro cuadrado

Basado en el análisis de varianza el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de peso de flores secas por metro cuadrado es significativa con una probabilidad de 0.01 (Tabla 5). La densidad de siembra cuyo rendimiento fue menor corresponde a la de 60 cm entre planta, con rendimiento de 9.31 ± 7.94 g/m² y la de mayor rendimiento corresponde al distanciamiento de 10 cm entre plantas, con rendimiento de 18.98 ± 10.85 g/m².

Número de flores por planta

Basado en el análisis de varianza, el efecto de la densidad de siembra en la cantidad de flores producidas por planta es significativa, con una probabilidad de 0.05. La densidad con menor producción de flores tiene rendimiento de 6 ± 3 flores/planta, correspondiente a las plantas con distanciamiento de 10 cm entre planta y la densidad con mayor producción de flores tiene rendimiento de 24 ± 12 flores/planta, correspondiente a las plantas con 60 cm entre sí (Tabla 5). La producción de flores de las plantas con distanciamiento de 40 cm entre sí tienen diferencia altamente significativa respecto a las plantas ubicadas a 10, 15 y 20 cm y diferencia significativa respecto a las plantas ubicadas a 30 cm entre sí; las plantas ubicadas a 60 cm entre sí tienen diferencia altamente significativa respecto a las plantas ubicadas a 10, 15, 20 y 30 cm entre ellas (Tabla 6).

Tabla 6.

Comparación de medias para producción de flores por planta en función al distanciamiento. Prueba de diferencias de Tukey.

Comparación de distanciamientos	Estadístico Q	Valor p	Nivel de significancia
D:10 cm vs D:15 cm	0.9992	0.899995	N.S.
D:10 cm vs D:20 cm	2.4343	0.516858	N.S.
D:10 cm vs D:30 cm	2.4669	0.503653	N.S.
D:10 cm vs D:40 cm	7.301	0.001005	**
D:10 cm vs D:60 cm	10.5311	0.001005	**
D:15 cm vs D:20 cm	1.4351	0.899995	N.S.
D:15 cm vs D:30 cm	1.4677	0.899995	N.S.
D:15 cm vs D:40 cm	6.3017	0.001005	**
D:15 cm vs D:60 cm	9.5318	0.001005	**
D:20 cm vs D:30 cm	0.0326	0.899995	N.S.
D:20 cm vs D:40 cm	4.8667	0.00952	**
D:20 cm vs D:60 cm	8.0968	0.001005	**
D:30 cm vs D:40 cm	4.834	0.010258	*
D:30 cm vs D:60 cm	8.0641	0.001005	**
D:40 cm vs D:60 cm	3.2301	0.20683	N.S.

Fuente: (Pineda, 2015)

N.S. = Diferencia no significativa; **= Diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$);

*=Diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Correlación de densidad vs rendimiento (g/m^2)

El coeficiente de correlación entre la densidad de siembra y el peso de flores frescas y secas tiene valor de $R = 0.861$ y $R = 0.780$, respectivamente, siendo la primera correlación significativa ($p < 0.05$). Ambas correlaciones son fuertes y positivas, lo cual indica que al aumentar la densidad de siembra, aumenta el rendimiento de las flores en peso fresco (Figura 14) y en peso seco (Figura 15).

Tabla 7.

Correlación del rendimiento en peso de flores frescas por metro cuadrado.

	Plantas/ha R_{pf}/m² (g/m²)	
Plantas/ha	1	
R _{pf} /m ² (g/m ²)	0.861	1

Fuente: (Pineda, 2015)

R_{pf} = Rendimiento del peso de la flor fresca (R_{pf}) por m².

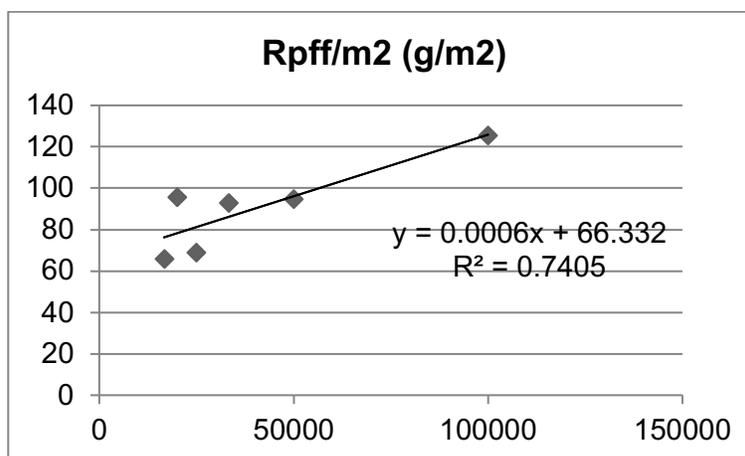


Figura 14. Correlación del rendimiento en peso de flores frescas por metro cuadrado.

R_{pf} = Rendimiento del peso de la flor fresca (R_{pf}) por m².

Fuente: (Pineda, 2015)

Tabla 8.

Correlación del rendimiento en peso de flores secas por metro cuadrado.

	Plantas/ha R_{pfs}/m² (g/m²)	
Plantas/ha	1	
R _{pfs} /m ² (g/m ²)	0.780	1

Fuente: (Pineda, 2015)

R_{pfs} = Rendimiento del peso de la flor seca (R_{pfs}) por m².

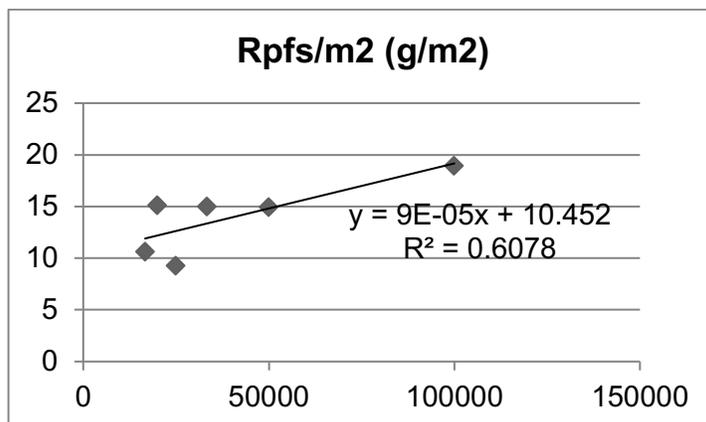


Figura 15. Correlación del rendimiento en peso de flores secas por metro cuadrado.

Rpfs= Rendimiento del peso de la flor seca (Rpfs) por m².

Fuente: (Pineda, 2015)

Rendimiento de crecimiento de plantas

La tasa de crecimiento promedio de *Calendula officinalis* L. corresponde a la ecuación polinómica de grado seis: $y=0.0006x^6-0.0144x^5+0.1282x^4-0.4639x^3+0.4947x^2+0.5774x$, con coeficiente de determinación $R^2 = 0.9905$

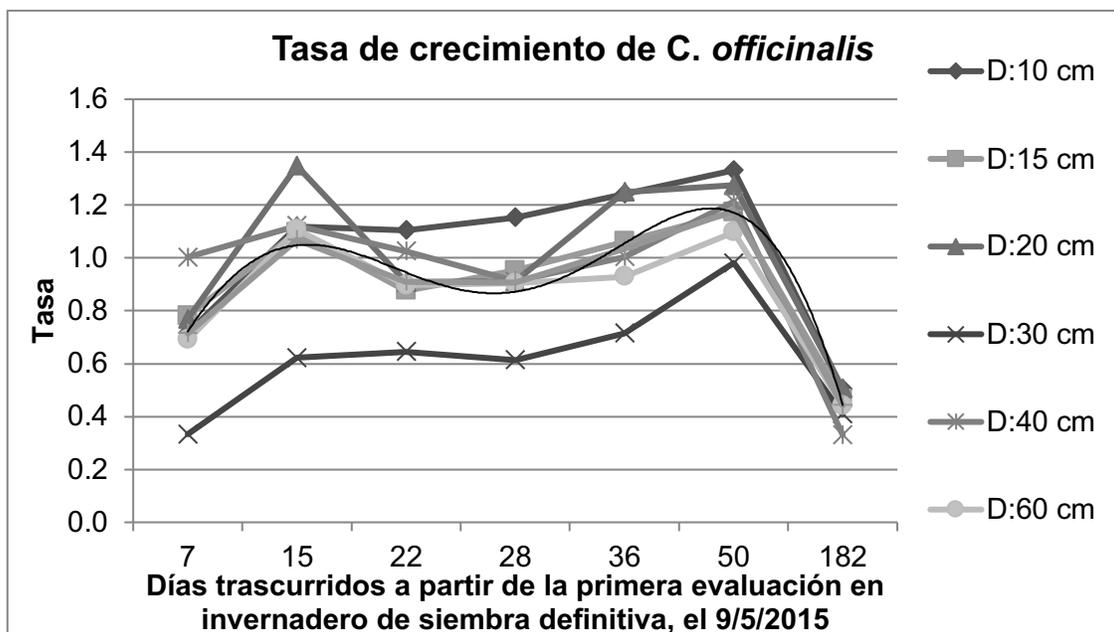


Figura 16. Tasa de crecimiento de *C. officinalis* durante 182 días de medición.
Fuente: (Pineda, 2015)

C. Evaluación de costos

Se estimó el costo de producir *Calendula officinalis* L. en un invernadero, en un área de 972m².

Con los rendimientos obtenidos en este trabajo de investigación, se evaluó el distanciamiento en el cual se obtiene mayor producción de flores secas, a menor costo.

En la Tabla 9 se detalla el rendimiento correspondiente a cada distanciamiento:

Tabla 9.

Rendimiento de flores secas

Rendimientos	Área						
	(m ²)	D: 10cm	D: 15cm	D: 20cm	D: 30cm	D: 40cm	D: 60cm
9 cosechas (g)	162	3,074	2,429	2,434	1,508	2,451	1,723
9 cosechas (g)	972	18,444	14,574	14,604	9,048	14,706	10,338
9 cosechas (lb)	972	41	32	32	20	32	23

Fuente: (Pineda, 2015)

En la evaluación de los costos de producción, se consideró los niveles de producción para estimar los costos de depreciación, costos fijos y costos variables correspondientes.

1. Costos de depreciación

El costo de depreciación corresponde al equipo depreciable, considerando su costo inicial, valor de salvamento y tiempo de vida. En la

Tabla 10 se detalla los costos de depreciación anuales que corresponden al equipo requerido para el cultivo en cada uno de los distanciamientos.

Tabla 10.

Costo de depreciación

Costo de depreciación	D: 10cm	D: 15cm	D: 20cm	D: 30cm	D: 40cm	D: 60cm
	Costo (Q)					
<u>Equipo</u>						
Bandejas de germinación	2.17	1.30	0.87	0.87	0.43	0.43
Mangueras riego por goteo	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67
Identificadores	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
Bomba de fumigación	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33
Metro JGWF-501	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Báscula	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
Bandeja aluminio	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Rotoplast	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
<u>Transporte</u>						
Carretilla	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78
Depreciación	68.94	68.08	67.64	67.64	67.21	67.21

Fuente: (Pineda, 2015)

2. Costos fijos

Los costos fijos corresponden a las compensaciones laborales de la mano de obra directa e indirecta, así como de la renta de bodega e invernaderos. En la Tabla 11 se detallan los costos fijos mensuales que corresponden a cada distanciamiento.

Tabla 11.

Costos fijos

Costos fijos	D: 10cm	D: 15cm	D: 20cm	D: 30cm	D: 40cm	D: 60cm
	Costo (Q)					
<u>MO Directa</u>						
Auxiliar1	2060.28	2060.28	2060.28	2060.28	2060.28	2060.28
Auxiliar 2	686.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<u>MO Indirecta</u>						
Consultor	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Mano de obra	3747.04	3060.28	3060.28	3060.28	3060.28	3060.28
<u>Rentas</u>						
Invernadero semillero/secador	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50
Invernadero siembra definitiva	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00
Bodega	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Rentas	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50
Costos fijos	4184.54	3497.78	3497.78	3497.78	3497.78	3497.78

Fuente: (Pineda, 2015)

3. Costos variables

Los costos variables corresponden a los desembolsos que se deben hacer eventualmente, durante cuatro meses correspondientes al periodo de trasplante, germinación, cosecha y secado de la planta. En la siguiente tabla se detalla la distribución de los mismos, los cuales corresponden a los requerimientos, acorde a cada distanciamiento:

Tabla 12.

Costos variables

Costos variables	D: 10cm	D: 15cm	D: 20cm	D: 30cm	D: 40cm	D: 60cm
	Costo (Q)					
<u>Reparaciones</u>						
Reparaciones varias	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Reparaciones	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
<u>Insumos</u>						
Pindstrup Plus®	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
Semillas (bolsa)	24.59	15.91	11.57	8.68	5.79	4.34
Molch	4.00	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16
Adherente Bayer®	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79
Monarca Bayer®	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Complezal Top P®	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
Curzate Dupont®	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
Bolsa plástica transparente	4.25	5.31	5.31	5.31	5.31	5.31
Calcomanías	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Bolsa manila Grande	12.00	12.00	12.00	3.00	3.00	3.00
Bolsa manila mediana	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75	3.75
Bolsas negras	2.50	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Lata de aluminio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Insumos	73.90	64.57	60.23	44.59	41.70	40.25
<u>Utilidades</u>						
Agua	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
Luz	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Utilidades	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00
Costos variables	413.90	404.57	400.23	384.59	381.70	380.25

Fuente: (Pineda, 2015)

4. Costo de producción

En la identificación de la densidad de siembra óptima en la producción de flores de *Calendula officinalis* L., se evaluó el costo de cada libra de flores secas producidas.

Tabla 13.

Costo de producción (Q/lb)

Costo	D: 10cm	D: 15cm	D: 20cm	D: 30cm	D: 40cm	D: 60cm
Duración de cultivo (meses)	4	4	4	4	4	4
Costo de producción (Q)	18,669.54	15,881.72	15,862.63	15,800.06	15,786.75	15,780.97
Producción (lb)	40.66	32.13	32.20	19.95	32.42	22.79
Costo de producción (Q/lb)	459.14	494.29	492.69	792.09	486.93	692.41

Fuente: (Pineda, 2015)

En la Tabla 13 se observa que el mayor rendimiento de flores se obtuvo de la densidad de siembra de plantas con distancia de 10 cm entre sí, cuyo costo de producción por libra es el menor, en relación a las otras densidades de siembra; por ello, se considera que ésta es la densidad de siembra con la cual se optimizan los recursos disponibles.

D. Estudio financiero

En la elaboración del flujo de caja correspondiente a la ejecución de una actividad económica con *Calendula officinalis* L. se consideró la inversión inicial, la depreciación, los gastos fijos, los gastos variables y los posibles ingresos correspondientes a la venta de la materia prima.

1. Inversión inicial

La inversión estimada para la ejecución de la actividad comercial es de Q9,977.25, la cual se detalla a continuación:

- Para la documentación de información y control administrativo se requiere una computadora, con costo de Q5,460.00

- Es necesario tener el registro de sociedad cuyo trámite tiene costo de Q1,062.75, registro sanitario con costo de Q1,650.00 y registro de marca con costo de Q895. Adicional, certificado de libre venta con costo de Q15.00.
- Los insumos iniciales requeridos para la germinación de las semillas, siembra y colecta de la cosecha que se requiere, tienen un costo de: Q894.50

A continuación se presenta una tabla con los datos previamente descritos:

Tabla 14.

Inversión inicial

	Descripción	Inversión (Q)
Hardware	Computadora	5,460.00
Registros	Registro de sociedad	1,062.75
	Registro sanitario	1,650.00
	Registro de marca	895.00
	Certificado de libre venta	15.00
Insumos	Insumos de cultivo y cosecha	894.50
Inversión total (Q)		9,977.25

Fuente: (Pineda, 2015)

2. Gastos fijos

Se determinó que los gastos fijos para la actividad agronómica y comercial son los siguientes:

- Dos auxiliares con salario y bonificación incentivo por Q2,747.04 mensuales.
- Un consultor externo, quien cobra la cantidad de Q4,000.00 en concepto de Asesoría Agronómica, durante cuatro meses.
- Gastos de publicidad: Q100.00, cada cuatrimestre.
- Gastos contables y legales: Q100.00 anuales
- Alquiler de un invernadero en donde se germinan las semillas y se seca la materia prima: Q450.00 al año; alquiler de un invernadero de siembra

definitiva de 1,000m²: Q4,500.00 al año y una bodega alquilada: Q300.00 anuales.

- Cuenta de servicio telefónico: Q25.00 mensuales.

Los costos fijos son de Q50,914.48 el primer año de actividad, tomando en cuenta una tasa inflacionaria de 2.58% hasta el año 3. Para el año 4 y 5 se calcula una inflación de 3%.

En la Tabla 15 se muestra el detalle de gastos fijos anuales:

Tabla 15.

Gastos fijos para producir plantas en 972m²

Gasto/año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sueldos (Q)	44,964.48	44,964.48	46,124.56	46,124.56	47,508.30	47,508.30
Publicidad (Q)	300.00	300.00	307.74	315.68	325.15	334.90
Contables (Q)	100.00	100.00	102.58	105.23	108.38	111.63
Renta (Q)	5,250.00	5,250.00	5,385.45	5,524.39	5,690.13	5,860.83
Teléfono	300.00	300.00	307.74	315.68	325.15	334.90
Total (Q)	50,914.48	50,914.48	52,228.07	52,385.54	53,957.11	54,150.57

Fuente: (Pineda, 2015)

3. Gastos variables

Los gastos variables por cosecha son los siguientes:

- Agua, con mensualidad de Q300.00
- Electricidad, con mensualidad de Q20.00
- Gasto en materiales de empaquetado de producto final, correspondiente al 2% del precio de venta.
- Insumos: sustrato Pindstrup plus con costo de Q80.00, semillas de *Calendula officinalis* L. con costo de Q162.00, Molch con costo de Q128.00, Adherente Bayer® con costo de Q46.50, Monarca Bayer® con costo de Q30.00, Complezal Top P® con costo de Q80.00, Curzate Dupont® con costo de Q120.00, 300 bolsas plásticas transparentes con

costo de Q85.00, 50 calcomanías con costo de Q3.00, 40 bolsas manila grandes con costo de Q60.00, 30 bolsas manila medianas con costo de Q30.00, 25 bolsas negras grandes con costo de Q10.00, una canasta con costo de Q60.00.

En la Tabla 16 se muestran los gastos variables anuales, en donde se considera una tasa inflacionaria de 2.58% hasta el año 3 y para el año 4 y 5 de 3%. Adicional, se considera el aumento de 5% de costos variables, a partir del segundo año de actividad:

Tabla 16.

Gastos variables

Gasto/año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Reparaciones	240.00	240.00	246.19	252.54	260.12	267.92
Insumos						
Pindstrup Plus	28.80	28.80	30.98	33.33	36.00	38.88
Semillas	295.08	295.08	317.45	341.51	368.83	398.34
Mulch	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
Adherente Bayer ®	33.48	33.48	33.48	33.48	33.48	33.48
Monarca Bayer ®	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60
Complezal Top P ®	57.60	57.60	57.60	57.60	57.60	57.60
Curzate Dupont ®	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40
Bolsa plástica transparente (300 u)	25.50	25.50	25.50	25.50	25.50	25.50
Calcomanías (50 u)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Bolsa manila Grande (40 u)	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
Bolsa manila mediana (30 u)	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Bolsas negras grandes (25 u)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Agua	3,600.00	3,600.00	3,692.88	3,788.16	3,901.80	4,018.86
Electricidad	240.00	240.00	246.19	252.54	260.12	267.92
Empaques		1,174.25	1,232.96	1,294.61	1,359.34	1,427.31
Total (Q)	4,808.94	5,983.19	6,171.72	6,367.76	6,591.27	6,824.28

Fuente: (Pineda, 2015)

4. Beneficio

El beneficio de la actividad se consideró en función de los ingresos generados por las ventas de producto terminado.

Con los gastos fijos y gastos variables de materiales, en la Tabla 17 se identifica el costo de producción de *C. officinalis* en 972m² para cada una de las densidades.

Tabla 17.

Precio de venta

Densidad de siembra (Plantas/ha)	100,000	50,000	33,333	25,000	20,000	16,666
lb producidos en 972m ² /año	122	96	97	60	97	68
Costo unitario de producción (lb)	469.92	505.08	503.47	802.87	497.71	703.19
Precio de venta (lb)	644	692	690	1100	682	963
Margen de contribución (lb)	37%	37%	37%	37%	37%	37%
Ingreso por venta anual (Q)	78,533.82	66,697.75	66,622.23	65,822.24	66,320.35	65,869.82

Fuente: (Pineda, 2015)

Al considerar la densidad de siembra en la cual se logran costos de producción menores, la densidad de siembra preferida para una actividad económica corresponde a la densidad de 100,000 plantas/ha, con la posibilidad de comercializar aproximadamente 122 libras anuales.

Con el precio de venta del producto terminado en Q644.00/lb y una meta de ventas de 8 libras al mes, los ingresos por ventas en el primer año corresponden a Q58,712.48.

Si las metas de venta se incrementan anualmente en 5%, en referencia al año previo, los ingresos esperados durante cinco años serán los siguientes:

Tabla 18.

Ingresos por ventas

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por Ventas (Q)	58,712.48	61,648.11	64,730.51	67,967.04	71,365.39

Fuente: (Pineda, 2015)

5. Flujo de caja proyectado

Se proyectó el flujo de caja en un periodo de cinco años, en el cual se muestra los valores correspondientes a los ingresos y egresos estimados que se obtienen de la comercialización de *C. officinalis*.

Tabla 19.

Flujo de caja

Detalle	Año 1 (Q)	Año 2 (Q)	Año 3 (Q)	Año 4 (Q)	Año 5 (Q)
Saldo inicial	(6,337.25)	(2,986.09)	315.33	4,462.85	8,315.66
<u>(+) Ingreso</u>					
Ventas	58,712.48	61,648.11	64,730.51	67,967.04	71,365.39
Ingreso total	58,712.48	61,648.11	64,730.51	67,967.04	71,365.39
TOTAL DISPONIBLE	52,375.23	58,662.02	65,045.85	72,429.89	79,681.05
<u>(-) Egresos</u>					
Costos Variables	5,983.19	6,171.72	6,367.76	6,591.27	6,824.28
Costos Fijos	50,914.48	52,228.07	52,385.54	53,957.11	54,150.57
Depreciación	134.39	134.39	120.99	117.42	58.92
SALDO ANTES DE IMPUESTOS	(4,522.43)	262.23	6,292.55	11,881.51	18,706.19
(-) Impuesto ISR (31%)	(1,401.95)	81.29	1,950.69	3,683.27	5,798.92
SALDO NETO	(3,120.48)	180.94	4,341.86	8,198.24	12,907.27
Depreciación	134.39	134.39	120.99	117.42	58.92
(-) Inversión inicial	6,337.25	-	-	-	-
Saldo final	(6,337.25)	(2,986.09)	315.33	4,462.85	8,315.66

Fuente: (Pineda, 2015)

En la Tabla 19 se muestran los ingresos crecientes, durante los cinco años, al asumir que se logran alianzas comerciales sostenibles. En el cálculo de los costos

variables y fijos se aplica la tasa de inflación de 2.58% en el año 1, año 2 y año 3; en el año 4 y año 5 se aplica la tasa de inflación de 3%.

6. Tasa interna de retorno (TIR), Valor actual neto (VAN) y beneficio-costo

Para determinar la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) de la comercialización de *Calendula officinalis* L. se consideraron las siguientes variables: inflación de 2.79%, factor de riesgo 7% y rendimiento esperado 9% con lo que se estableció una TMAR de 18.79%.

Con los datos obtenidos de la Tabla 19 del Flujo de Caja se obtuvo una tasa interna de retorno (TIR) de 30% y un valor presente neto (VAN) de Q7,774.55. Con los resultados descritos se puede determinar que dado que VAN es un valor positivo, y la TIR es mayor que TMAR, el desarrollo de una actividad económica con *C. officinalis* es aceptable bajo las condiciones descritas.

Considerando los ingresos y egresos de los cinco años se obtuvo una relación beneficio costo (B/C) de 1.05, lo cual indica que por cada quetzal invertido se espera un beneficio de Q0.05 durante los cinco años de comercialización del producto. En la Tabla 20 se resumen estos datos:

Tabla 20.

Resumen: TIR, VAN, Beneficio-costo

TIR	30%
VAN	Q7,774.55
B/C	1.05

Fuente: (Pineda, 2015)

VIII. DISCUSIÓN

En el periodo de estudio se pudo observar el desarrollo fenológico de *Calendula officinalis* L. durante 6 meses, de abril a octubre de 2015. Durante el periodo fue posible distinguir ocho etapas fenológicas, desde la germinación, hasta la senescencia. Por la falta de bibliografía local del cultivo de *C. officinalis* correspondiente al cultivo en invernadero, la evolución, desarrollo e interacción de la planta con el medio eran inciertos. La tecnología de invernadero fue una ventaja para poder cultivar con mayor control en la climatización y planificación de los cuidados agronómicos.

En los diferentes distanciamientos de plantas se identificaron las ocho etapas fenológicas descritas en la investigación de Gorp (2009); con ello, el cultivo de *C. officinalis* en invernadero presentó las mismas etapas de desarrollo fenológico que en campo abierto. En relación a la duración de las etapas, éstas fueron observadas durante ocho meses, mientras que en India, en campo, Rani (2013) las observó durante seis meses únicamente.

De las etapas fenológicas observadas, las primeras dos: germinación y desarrollo vegetativo tuvieron la misma duración en invernadero que las reportadas por Rani (2013). En forma adicional, se observó que la emergencia de las semillas fue a los 15 días desde la fecha de siembra, lo cual comprende el rango de 5 a 15 días descrito por Gorp (2009). La floración en invernadero duró cinco meses, dos meses más que la reportada por Rani (2013). También el desarrollo de fruto fue más longevo en invernadero, el cual se anticipó un mes a lo reportado por Rani (2013) y tuvo duración de cuatro meses, dos meses más que lo reportado en India por Rani (2013). La maduración de la semilla se observó durante cinco meses, mientras que Rani (2013) reportó dos meses. Al igual que en el estudio de Rani (2013), la senescencia se observó durante un mes.

En cuanto al porcentaje de germinación, fue de 73%, lo cual está dentro del rango indicado en la guía de Askew (2004), donde se indica que el porcentaje de germinación es de 60-80%. El empaque de las semillas no indicaba porcentaje de germinación; sin embargo, indicaba que el trasplante se podía realizar a los 40 días. En este estudio, el trasplante fue posible desde los 28 días después de la siembra, cuando la planta tuvo de cinco a seis hojas. Adicionalmente, el empaque indicaba que la floración iniciaría a los 70-90 días, y, en este estudio, se observaron los primeros botones a los 58 días después de la siembra y la floración inició en junio, a los 72 días. En Holanda se han obtenido valores similares en plantas cuya floración está en el rango de 63 a 75 días (Gorp, 2009). Otra comparación con este estudio es el de Cromack (1998), quien reporta el número de días promedio para la floración entre 63-75, para nueve genotipos de caléndula estudiados.

En junio, se observó que las plantas alcanzaban altura promedio de 44 ± 9 cm. Gorp (2009) reportó que, en los Países Bajos durante la primavera, en mayo, las plantas tenían altura promedio de 40 a 47 cm y Gomes (2016) reportó que en Brasil las plantas alcanzaron altura máxima de 37cm. Al finalizar este estudio, a los 218 días, las plantas alcanzaron altura de 89 ± 16 cm. La altura de plantas reportada por Rani (2013) en campo abierto, cuando la planta alcanzó estado de madurez, a los 155 días después de la siembra, fue de 64 cm.

Se constató que el medio de cultivo es uno de los factores que tiene rol significativo en la tasa de germinación, altura de la planta, número de hojas, número de flores, densidad de siembra y crecimiento general de la planta, entre otros (Kareem, Saeed & Hammad, 2014).

Respecto a la producción de flores, el primer corte se llevó a cabo 51 días después del trasplante. Anderson (2013) reportó que en Kentucky, Estados Unidos, el primer corte de *C. officinalis* en invernadero se inició 55 días después del trasplante, y Gesch (2013) reportó que en Minnesota, Estados Unidos, en

campo abierto, fue entre los 52 – 59 días. Apoyando lo reportado por el estudio de Król (2011), en Lublin, Polonia, inicialmente la cantidad de flores cosechadas fue poca, pero aumentó a partir del cuarto corte. Los estudios a los que se hace referencia, se llevaron a cabo en zonas climáticas clase C y D. Según la clasificación de Köppen realizada por Peel (2007), en zonas climáticas oceánicas clase C (zona Húmeda subtropical, oceánica y mediterránea), se clasifica Guatemala en “cwb”, Kentucky en “cfa” y “cfb” y Polonia en “cfb”; en zonas clase D (zona Húmeda continental), se encuentran Minnesota y Polonia, clasificadas en “Dfb” (Anexo 2), con lo cual se interpreta que la similitud de clima contribuyó a la obtención de resultados similares.

Acorde con lo expuesto por Martin y Deo (2010), en mayores densidades de siembra las plantas crecieron a una tasa mayor que las densidades de siembra menores y, la cantidad de flores producidas por planta, a mayores densidades, fue menor; su cosecha fue más dificultosa debido a que las plantas eran más vegetativas.

La mayor cantidad de flores por planta se obtuvo en la densidad de siembra menor, de plantas con 60 cm de distancia entre sí (24 ± 12 flores/planta). Martin y Deo (2010) investigaron los efectos de la densidad de siembra y también concluyeron que en campo abierto aumentó el rendimiento de flores a razón decreciente, al aumentar la densidad de plantas.

La mayor cantidad de flores por planta que se obtuvo en la densidad de siembra más baja se explica porque hubo menor competencia entre plantas y hubo mayor absorción de luz, agua y nutrientes en cada planta, lo cual resultó en mayor cantidad de flores por planta (Reza, Hashemabadi, Vali & Kaviani, 2011). Por el contrario, las plantas con 10 cm de distancia entre sí produjeron la menor cantidad de flores (6 ± 3 flores/planta) a causa del déficit de luz, agua y acceso a nutrientes, factores que influyen en la disminución de la producción de flores en las densidades de siembra mayores (Shakib, Nejad & Khalighi, 2010).

Estudios similares afirman lo anterior. Martin y Deo (2010) al evaluar el efecto de la densidad de siembra en campo abierto, indicaron que el mayor y menor número de flores por planta fue en la densidad menor que experimentaron, de 9 plantas/m² (18 flores/planta) y en la densidad mayor que experimentaron 332 plantas/m² (2 flores/planta), respectivamente. La investigación de Mili y Sable (2003) sobre el efecto de la densidad de siembra y niveles de nitrógeno en el crecimiento y producción de flores de *C. officinalis* demostró que la mayor cantidad de flores por planta la obtuvo en la densidad de siembra menor que experimentó (45x45cm).

En las seis densidades de siembra evaluadas se evidenció el efecto significativo ($p < 0.05$) de la competencia entre las plantas. Las plantas más altas se sostenían y presionaban a las más pequeñas, suprimiendo su crecimiento; en ecología, este fenómeno se denomina competencia interespecífica asimétrica (Weiner & Freckleton, 2010). En la observación de este fenómeno durante 50 días, hasta el primer corte de flores, las plantas sembradas a 10 cm entre sí crecieron a razón creciente, mientras que las densidades menores tuvieron variaciones en su crecimiento. Las plantas más grandes tuvieron ventaja, pero dicha ventaja no fue sobre proporcionada (Weiner & Freckleton, 2010).

El efecto de la densidad de siembra en el rendimiento del peso de flores secas de este estudio tuvo resultado altamente significativo, con confianza estadística de 99%. El rendimiento más alto se obtuvo en las plantas sembradas a 10 cm entre sí (18.98 ± 10.85 g/m²). No hubo diferencia significativa en esta variable en los distanciamientos de planta con 15 cm, 20 cm y 40 cm entre plantas. Estudios similares presentan la misma tendencia. El estudio de Reza (2011) demostró que entre los espaciamientos evaluados (12.5, 6.25, 4.2 y 3.2 cm) el óptimo para *C. officinalis* fue de 12.5 cm. Esos hallazgos coinciden con los estudios realizados en Serbia por Jaćimović, Marinković y Mrđa (2007) y Crnobarach, Jaćimović, Marinković, Mircov, Mrđa y Babić (2007) donde se

reportó que el distanciamiento entre plantas, con el cual produjeron mayor masa de flores de *C. officinalis* fue de 12.5 cm.

El resultado menos favorable que se obtuvo fue con la densidad de siembra de 30 cm entre plantas, lo cual presenta la oportunidad y la necesidad de conducir estudios más amplios para observar los factores diversos que afectan en la productividad de *C. officinalis* a causa de la sensibilidad nata de las plantas a las condiciones de cultivo (Torbaghan, 2012).

La investigación *Constant Final Yield* de Weiner (2010) muestra que en densidades bajas no hay competencia entre plantas, lo cual resulta en un incremento lineal de biomasa, siendo la biomasa total proporcional a la densidad. En densidades altas, la tasa de aumento de rendimiento disminuye, mientras que la masa media de la planta decrece conforme aumenta la densidad; por lo tanto, el incremento total de la biomasa es menor que proporcional al incremento de la densidad.

Al evaluar la correlación que existe entre el rendimiento de las flores y la densidad de siembra, se obtuvo correlación positiva y significativa de 0.861 ($p < 0.05$) en la productividad de las flores frescas por m^2 (Figura 14) y 0.780 en las flores secas por m^2 (Figura 15). La correlación de productividad de las flores secas por m^2 es menos cercana a 1 lo cual sugiere que influyeron factores anexos como la temperatura, tiempo de secado y pérdida de humedad.

La correlación que existe entre el rendimiento de las plantas y la densidad de siembra tiene límites. Aumentar la densidad de siembra puede resultar en mortalidad de las plantas (Weiner & Freckleton, 2010).

En Guatemala, en altura de 1,900 msnm, el distanciamiento óptimo para hacer uso eficiente de los recursos es 10 cm entre planta. Se logra rendimiento de 1053 ± 577 flores/cosecha, 59 ± 32 flores/ m^2 , 18.98 ± 10.32 g/ m^2 , lo cual representa la oportunidad de suplir la demanda de productos naturales, a la vez

que constituye una actividad económicamente atractiva con tasa interna de retorno (TIR) de 30% y valor presente neto (VAN) de Q7,774.55 con rentabilidad de Q0.05 por cada quetzal invertido.

IX. CONCLUSIÓN

En respuesta a los objetivos planteados, se concluye lo siguiente:

Se determinó que la fenología de *Calendula officinalis* L. en invernadero tiene ocho estadios, descritos en la escala BBCH correspondientes a: Estadio principal de crecimiento 0: Germinación; estadio principal de crecimiento 1: Desarrollo de las hojas (tallo principal); estadio principal de crecimiento 2: Formación de brotes laterales; estadio principal de crecimiento 3: Elongación del tallo; estadio principal de crecimiento 5: Aparición de inflorescencia; estadio principal de crecimiento 6: Floración (tallo principal); estadio principal de crecimiento 7: Formación del fruto; estadio principal de crecimiento 8: Maduración de frutos y semillas y estadio principal de crecimiento 9: Muerte. El comportamiento descrito es equivalente en poblaciones cultivadas en campo abierto e invernadero y ofrece una guía para entender y predecir su comportamiento.

Para la identificación de la densidad de siembra óptima con la cual se produce la mayor cantidad de flores de *C. officinalis* en invernadero, se concluye que en el estadio 6, de floración, se colectó la mayor cantidad de flores en la densidad de siembra de 100,000 plantas/ha (1053 ± 577 flores/cosecha), cuyo costo de producción es Q.459.14/lb, el cual es el menor, en relación a las otras densidades de siembra estudiadas, motivo por el cual se determina que el distanciamiento de 10 cm entre plantas es el óptimo para producir flores de *C. officinalis* en invernadero.

Luego, al evaluar el rendimiento del peso de flores secas, por unidad de área, la densidad de siembra de 100,000 plantas/ha también es la óptima, con rendimiento altamente significativo; el peso promedio de las flores secas es 18.98 ± 10.85 g/m².

Adicional, la densidad de siembra con la cual se obtiene mayor rendimiento en crecimiento de *C. officinalis* también corresponde a la densidad de siembra de 100,000 plantas/ha. Los resultados se explican principalmente por la tasa de

crecimiento de dicha densidad, la cual se revela con la ecuación algebraica $y = 0.0002x^6 - 0.0057x^5 + 0.0595x^4 - 0.2285x^3 + 0.1774x^2 + 0.7196x$, cuyo coeficiente de determinación $R^2=1$.

Este estudio preliminar ha demostrado la versatilidad y adaptabilidad de *C. officinalis* para ser cosechada en invernadero en Guatemala, en cualquier época del año. Adicional, su tamaño y facilidad de cultivo permiten ofrecer un producto para satisfacer las necesidades del mercado, para el cual las plantas pueden ser cultivadas a pequeña o gran escala. En sí, es un cultivo renovable, amigable con el ambiente y atractivo entre los que requieren rotación, lo cual aumenta su rentabilidad y aprovechamiento de la materia.

X. RECOMENDACIONES

En la bibliografía revisada y en estudios conducidos en Estados Unidos, por la Sociedad Herbal de Estados Unidos (2007) y en India por Mili y Sable (2003), se recomienda que, en campo abierto, el distanciamiento de siembra de *Calendula officinalis* L. sea de 15-20 cm. Con los resultados obtenidos en este estudio, en invernadero, se recomienda que el distanciamiento de siembra sea de 10 cm entre planta.

Se exhorta a realizar más estudios de cultivo de *C. officinalis* en Guatemala para evaluar y comparar el efecto que tiene la fertilización en la productividad de las plantas y el efecto de las densidades de siembra en la producción de principios activos, ya que Okoh (2007) indica que el rendimiento de los aceites esenciales en los distintos estados vegetativos aumentan con la edad de la planta en un rango entre 0.13% (3ra semana) y 0.97% (12va semana). Asimismo, se recomienda evaluar el cultivo bajo condiciones estrictas de producción orgánica con las técnicas recomendadas para las plantas medicinales.

Finalmente, después de observar el efecto que tuvieron algunas condiciones de estrés en la productividad de *C. officinalis*, se recomienda conducir investigaciones específicas para comprender cómo se pueden aprovechar dichas circunstancias y aumentar la productividad de *C. officinalis*.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, A. P. (2011). Agricultura protegida (Ventajas y desventajas en el uso de invernaderos). *TecnoAgro*, 69. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de <http://tecnoagro.com.mx/revista/2011/no-69/agricultura-prottegida-ventajas-y-desventajas-en-el-uso-de-invernaderos/>
- AEMET. (2015). *Agencia Estatal de Metereología*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de Fenología: www.aemet.es/en/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/fenologia/ayuda
- Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria/Fundación Oswaldo Cruz. (2010). *Farmacopeia Brasileira* (5ta ed) Vol. 2. Brasilia: Anvisa.
- Anderson, V. M. (2013). *Calendula officinalis growth and production of secondary compounds in greenhouse and soil-based herbal organic production systems*. 98. Estados Unidos: Theses and Dissertations--Plant and Soil Sciences.
- Askew, M. (2004). *Agronomy Guide: Generic guidelines on the agronomy of selected industrial crops*. Interactive European Network for Industrial Crops and Applications. Nueva York: IENICA project.
- Azkues, M. d. (2015). *La fenología como herramienta en la agroclimatología*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de www.infoagro.com: <http://www.infoagro.com/frutas/fenologia.htm>
- Baličević, R., Ravlić, M., Knežević, M., Marić, K. & Mikić, I. (2014). Effect of Marigold (*Calendula officinalis* L.) cogermination, extracts and residues on weed species hoary cress (*Cardaria draba* (L.) DESV.). *Herbología*, 14(No. 1), 9.
- Berimavandi A.R., Hashemabadi, D., Facouri M. & Kaviani, B. (2011). Effects of plant density and sowing date on the growth, flowering and quantity of essential

oil of *Calendula officinalis* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(No. 20), 5110-5115.

Cáceres, A. (1996). *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cáceres, A. (2000). *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. Guatemala: Editorial universitaria.

Cáceres, A. (2003). *Vademecum Nacional de Plantas Medicinales*. Guatemala: Editorial Universitaria.

Calderón, G. & Chaves, M. (2003). Estudio Agroindustrial de cuatro densidades de siembra con la variedad de caña de azúcar B76-259 cultivada en Atirro, Turrialba. *Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)*, 10.

Castañeda, F. & Sigüenza, P. (2013). *Estudio de casos exitosos de Agricultura Sostenible y Soberanía Alimentaria en el Marco del PIDAASSA Guatemala*. Guatemala: Programa de Intercambio, Diálogo, Asesoría en Agricultura Sostenible y Soberanía Alimentaria .

Centro de Comercio Internacional. (2014). *US Imports of Essential Oils, 2009 to 2013 – Part One*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Exporters/Market_Data_and_Information/Market_information/Market_Insider/Essential_Oils/US%20Essential%20oil%20import%20stats%202009-2014%20Part%20One.pdf

Centro de Comercio Internacional. (2016). *Essential oils and oleoresins*. Recuperado el 5 de marzo de 2018, de Market Insider: http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Exporters/Market_Data_and_Information/Market_information/Market_Insider/Essential_Oils/Monthly%20report%20January%202016.pdf

- Crnobarac, J., Jaćimović, G., Marinković, B., Mircov, V., Mrđa, J. & Babić, M. (2007). Dynamics of pot marigold yield formation depended by varieties and row distance. *Crop and vegetable production*, 8.
- Cromack, H. & Smith, J.M. (1998). *Calendula officinalis* —production potential and crop agronomy in southern England. *Industrial Crops and Products*, 7(No. 2-3), 223-229.
- de la Luz, L. A., Ferrada, C. R. & Govín, E. S. (2001). Instructivo técnico de *Calendula officinalis*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 1(No. 23), 5.
- Franco, M. P., Moya, E. S., Ramírez, L.L., Gonzalez, M. L., Cabrera, O. A. & Pérez, A. B. (2013). Efecto de la densidad y métodos de siembra en el rendimiento de grano de trigo en el Bajío, México. *Agrociencia*, 47(No. 2), 2.
- Gabriel Roberto Robles Valle, K. O. (2000). *Evaluación de los productos forestales no madereros en América Central*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de www.fao.org: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/ae159s/AE159S00.pdf>
- Gesch, R. W. (2013). Growth and yield response of calendula (*Calendula officinalis*) to sowing date in the northern U.S. *Industrial Crops and Products*, 45, 5.
- Gomes, I. C., Giardini, F. P., Montoya, S. G., Dias, V. V., Viana, J. P. & Cecon, P. R. (2016). Growth, development and content of flavonoids in calendula (*Calendula officinalis* L.). (E. d. Maringá, Ed.) *Acta Scientiarum. Agronomy*, 38(1), 69-75. doi:<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v38i1.25976>
- Gorp, K. v. (2009). *A Growers Manual for Calendula officinalis L.* Reino Unido: Royal Cebecco Group. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de www.ienica.net/usefulreports/calendulamannual.pdf
- Hernández, M. I., Laffita, M. C. & Ojeda, A. (2006). *Cultivo protegido de las hortalizas: Medio ambiente y sociedad*. México: Universidad Tecnológica de la Mixteca.

- IICA. (2010). *Informe Anual 2009: La Contribución del IICA al Desarrollo de la Agricultura y las Comunidades Rurales en Guatemala*. IICA.
- INTA. (2005). *Producción en Ambientes Protegidos y/o Controlados*. San José, Costa Rica: INTA.
- Jaćimović, G., Marinković, B. & Mrđa, J. (2007). Effect of row spacing on *Calendula* (*Calendula officinalis* L.) flowers production. *Field and Vegetable Crops*, 39, 77-82.
- Kalvatchev, Z., Walder, R. & Garzaro, D. (1997). Anti-HIV activity of extracts from *Calendula officinalis* flowers. *Biomed Pharmacother*, 2, 4.
- Kareem A., Saeed S., Hammad H.M. (2014). Growth and performance of *Calendula officinalis* L. on different crop residues. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2, 3.
- Król, B. (2011). Yield and Chemical Composition Of Flower Heads Of Selected Cultivars Of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.). *ACTA Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 1(No. 11), 11.
- Lehmuskallio, J. (2016). *Nature Gate*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de Caléndula: <http://www.luontoportti.com/suomi/es/kukkakasvit/calendula>
- Lence, I. P. (2007). *Técnicas paralelas aplicadas a optimización no lineal en sistemas de memoria distribuida*. Universidad de santiago de compostela, Física. España: Universidad de santiago de compostela.
- Luz, L. L. (2006). *Herbotecnia*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de La producción agrícola de plantas medicinales en Cuba: <http://www.herbotecnia.com.ar/c-public-011.html>
- Martiin, C. (2013). *The World of Agricultural Economics: An Introduction*. Reino Unido: Routledge.

- Martin, R. J. & Deo, B. (2010). Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 28(No. 1), 37-44.
- Martínez, J. V. (1995). *Guatemala: Informe nacional para la conferencia técnica internacional de la FAO sobre los recursos fitogenéticos*. Guatemala: FAO.
- Meier, U. (2001). *BBCH Monografía*. Alemania: Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura.
- Mendez, G. (2002). *Estado de la información forestal de Guatemala*. Santiago Chile: www.fao.org. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/ad402s/ad402s00.pdf>
- Mili, R. & Sable, A. (2003). Effect of planting density and nitrogen levels on growth and flower production of calendula (*Calendula officinalis* L.). *Indian Journal of Horticulture*, 60(No. 4), 343-345.
- Ministerio de Economía de Guatemala. (2011). *Reglamento Técnico Centroamericano. Productos Farmacéuticos. Productos Naturales Medicinales Para Uso Humano. Registro Sanitario*. Reglamento Técnico Centroamericano, Ministerio de Economía de Guatemala.
- Mishra, A., Mishra, A. & Chattopadhyay, P. (2012). Assessment of In vitro Sun Protection Factor of *Calendula officinalis* L. (*Asteraceae*) Essential Oil Formulation. *Journal of Young Pharmacists*, 4(No. 1), 17-21.
- Okoh, O.O., Sadimenko, A.A. & Afolayan, A.J. (2007). The Effects of Age on the Yield and Composition of the Essential Oils of *Calendula officinalis*. *Journal of Applied Sciences*, 7(No. 23), 5.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2001). *FAO Respositorio de documentos*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de Global Forest Resources Assessment 2000: <http://www.fao.org/docrep/004/y1997e/y1997e0f.htm>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Intensificación sostenible de la producción agrícola*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de www.fao.org/agriculture/crops/mapa-tematica-del-sitio/theme/spi/es
- Organización Mundial de la Salud. (2005). La Organización Mundial de la Salud desaconseja el uso de camas solares a las personas menores de 18 años. *Centro de prensa OMS*. Ginebra: OMS. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de <http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2005/np07/es/>
- Orozco, M.S., Correa, C.R., García, M.A., Ramírez, H, Conde, C.I., Castañeda, H.G., Escobar, A. , Rivera, S.P., Posso, P., Saldarriaga, L. (2007). El cultivo de la Caléndula (*Calendula officinalis* L.). (U. N. Colombia, Ed.) *Programa de investigación en plantas medicinales, aromáticas y condimentarias*, 15.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. (H. a. Sciences, Ed.) Melbourne. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de <http://people.eng.unimelb.edu.au/mpeel/koppen.html>
- Pulgarín, J. A., Farfán, F., Moreno, A. M., Fernando, S. L. & Gómez, E. H. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Colombia: Cenicafé.
- Rani, K. (2013). *Morpho-physiological study of Calendula officinalis L. under saline conditions*. Hisar, India: CCSHAU. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de <http://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/76619>
- Reza, A., Hashemabadi, D., Vali, M. & Kaviani, B. (2011). Effects of plant density and sowing date on the growth, flowering and quantity of essential oil of *Calendula officinalis* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(No. 20), 5110-5115.
- Rodriguez, F. & Gomez Bravo, L. (1997). *Indicadores de calidad y productividad en la empresa*. Venezuela: Editorial Tiempos Nuevos.

- Severino, F., da Conceisao, E. C., Sousa, E., Carréra, J. O. & Ribeiro, R. M. (2014). The effects of extraction method on recovery rutin from *Calendula officinalis* L. (Asteraceae). *Pharmacognosy Magazine*, 3.
- Shakib, A. K., Nejad, A. R. & Khalighi, A. (2010). Changes in seed and oil yield of *Calendula officinalis* L. as affected by different levels of nitrogen and plant density. *Research on Crops*, 11(No. 3), 728-732.
- The Herb Society of America. (2007). *Calendula*. An Herb Society of America Guide. Kirtland, Ohio: THE HERB SOCIETY OF AMERICA.
- Torbaghan, M. E. (2012). Effect of salt stress on germination and some growth parameters of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Plant Science Journal*, 1(No. 1), 13.
- UN Comtrade Database. (2016). *Beta trade data extraction interface*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de <http://comtrade.un.org/data/>
- Weiner, J. & Freckleton, R. (2010). Constant Field Yield. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41, 173-192.
- WHO Monographs on Selected Medicinal Plants. (2004). *Flos Calendulae* (Vol. 2). World Health Organization.
- Wilen, R.W., Barl, B., Slinkard, A.E. & Bandara, M.S. (2004). Feasibility of Cultivation Calendula as a Dual Purpose Industrial Oilseed and Medicinal Crop. *Acta Hort.* 629, 7.
- Yzarra, W. J. & López, F. M. (2011). *Manual de Observaciones Fenológicas*. Perú: SENAEMI.

XII. ANEXOS

Anexo 1. Escala Extendida BBCH, esquema general

Los principios básicos de la escala

- La **escala general** es la base para todas las especies; escalas individuales se elaboran a partir de ella. La escala general puede ser aplicada en aquellas especies para las cuales no existe escala individual.
- El mismo estadio fenológico de las diversas especies deberá tener el mismo código
- Para cada código, la descripción es conocida; para algunos estadios importantes, se incluyen dibujos.
- Para la descripción de los estadios fenológicos de desarrollo, se utilizaron características externas claramente reconocibles.
- Como regla, solamente se tomará en consideración el desarrollo del tallo principal.
- La evaluación se hace individualmente con base en algunas plantas representativas del conjunto de la especie.
- Para indicar los tamaños específicos de las especies y/o variedades durante su desarrollo, se usan los tamaños relativos en relación con los tamaños finales a esperar.
- Los estadios secundarios 0 a 9 corresponden al respectivo número ordinal o valor porcentual. Por ejemplo, el estadio 3 puede representar: 3a hoja verdadera, tercer brote, tercer nudo, 30% de la longitud final típica de la especie o 30% de las flores abiertas.
- Tratamientos de post-cosecha o almacenamiento se incluyen bajo el código **99**.
- Tratamientos de la semilla anteriores a la siembra se ubican bajo el código **00**.

Organización de la escala

El ciclo completo de desarrollo de las plantas se subdivide en diez fases principales de desarrollo claramente distinguibles. Estos **estadios principales de crecimiento**, son descritos mediante el uso de números del 0 al 9 en orden ascendente (ver figuras 1a y b). Los estadios principales de crecimiento son descritos en la tabla 1.

Según la especie de la planta pueden producirse cambios en el proceso de desarrollo; también puede suceder que determinados estadios no tengan lugar. Los estadios principales de crecimiento no necesariamente ocurren siempre en la estricta secuencia explicada por el orden ascendente de los números y pueden, ocasionalmente, desarrollarse en forma paralela.

Si dos o más estadios principales de crecimiento se desarrollan en paralelo, ambos pueden ser señalados usando una raya diagonal (por ejemplo 16/22). Si sólo uno de los estadios fue indicado, alguno de los estadios avanzados de crecimiento tuvo que haber sido escogido o el estadio principal de desarrollo es de particular interés, lo cual depende de la especie de la planta.

Tabla 1: Estadios principales de crecimiento

Estadio	Descripción
0	Germinación, brotación, desarrollo de la yema
1	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	Formación de brotes laterales / macollamiento (ahijamiento)
3	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/ encañado (tallo principal)
4	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación / embuchamiento
5	Emergencia de la inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
6	Floración (tallo principal)
7	Desarrollo del fruto
8	Coloración o maduración de frutos y semillas
9	Senescencia, comienzo de la dormancia

Los estadios principales de crecimiento, no son adecuados para describir una aplicación exacta, o definir fechas de evaluación, porque ellos describen tiempos amplios en el curso del desarrollo de la planta.

Los estadios secundarios son usados para describir con precisión fases cortas del desarrollo de plantas. En contraste con los estadios principales de crecimiento, ellos son definidos en pasos cortos de desarrollo de las respectivas especies de plantas, durante un determinado estadio principal de desarrollo. Ellos también son codificados usando números de 0 a 9. La combinación de los números de un estadio principal de crecimiento y el número de un estadio secundario de crecimiento conducen al código digital de 2 cifras.

El código de 2 dígitos es una escala que ofrece la posibilidad de precisar y definir todos los estadios fenológicos para la mayoría de las especies de plantas. Sólo en algunos casos (ej. pepino, cebolla, papa, tomate) se necesita una subdivisión más detallada junto a un estadio principal de crecimiento que va más allá de las posibilidades de uso de los estadios secundarios del 0 al 9.

Para esos casos se presenta una escala de 3 dígitos al lado de la escala de 2 dígitos. Esto implica la inclusión de los también llamados mesoestadios entre los estadios principales y secundarios, lo cual da origen a una subdivisión ampliada. Los mesoestadios 0 y 1 describen el tallo principal y los mesoestadios 2 al 9 describen los brotes laterales de 2º a 9º orden (ver figuras 1a y b). En ese caso se pueden contar hasta 19 hojas del tallo principal y además existe la posibilidad de describir las ramificaciones de las plantas.

La escala BBCH permite la comparación de códigos individuales solamente dentro de un estadio principal de crecimiento: un código aritmético mayor describe, en relación a un código aritmético menor, un estadio fenológico más avanzado de la

planta o bien un código mayor indica una planta más madura fisiológicamente que un código menor. Distribuyendo los códigos en orden numérico ascendente, permite por consiguiente establecer una lista en función de la madurez fisiológica de una planta.

El amplio periodo de tiempo de ciertas fases de desarrollo de una planta puede ser exactamente definido y codificado por dos estadios. Para ese propósito, dos códigos son conectados con un guión. Así los códigos 51-69 describen las fases de desarrollo desde la aparición de la primera inflorescencia o el primer botón floral hasta el final de la floración. Es posible un monitoreo de cultivos mediante el uso de computador.

Para poder cubrir el mayor número de especies de plantas posible con una codificación uniforme, fue necesario usar criterios fenológicos y no siempre estadios de desarrollo análogos. Por ejemplo, para el caso de la germinación de una planta a partir de la semilla y la brotación a partir de una yema, fueron unificados en el estadio principal 0, aunque fisiológicamente son procesos biológicos totalmente diferentes.

En el caso de la escala BBCH, la descripción de un estadio de crecimiento está basada en las características principales de una planta individual. Si la escala es usada para describir un estadio de desarrollo de una población de plantas, la descripción debe, por lo menos, describir el 50% de la población de plantas.

Los diferentes grupos de plantas muestran mayores diferencias en el desarrollo. Estas diferencias se tuvieron que tomar en cuenta al describir los estadios de la **Escala General**.

Para solucionar este problema, la escala general ofrece diversas definiciones para un estadio específico, cuando un texto uniforme es imposible. Para ver la correspondencia entre la definición de un estadio fenológico y el grupo de plantas

al cual se refiere, se distingue según la abreviación usada. Si la descripción de un estadio de desarrollo es uniforme para todos los grupos de plantas, se omite la abreviación adicional.

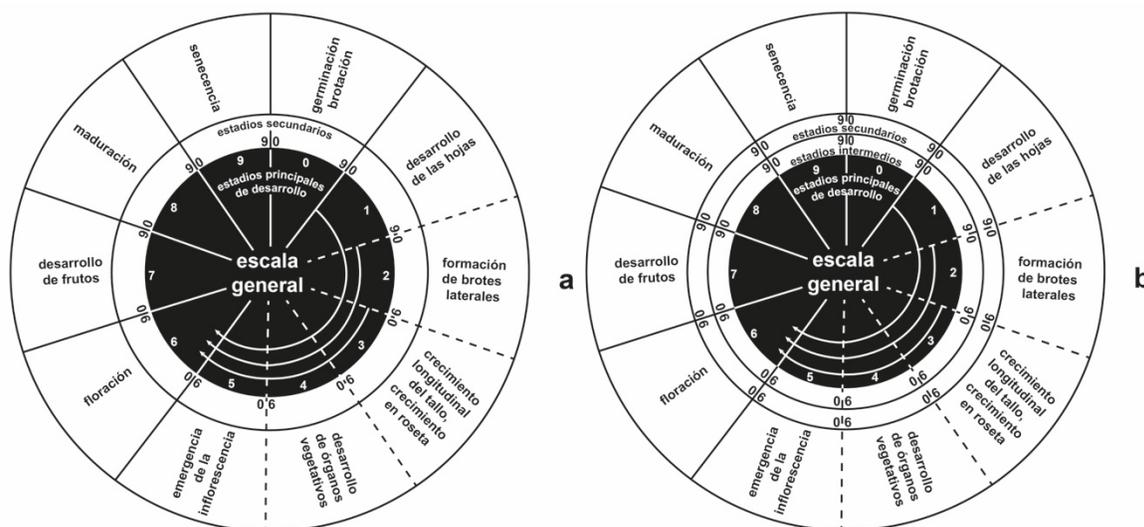


Figura 1a y b.

El ciclo de desarrollo de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas dividido en estadios de desarrollo principales y secundarios (fig. 1a) y en estadios de desarrollo principales, mesoestadios y secundarios (fig. 1b). Los mesoestadios están insertados entre los estadios principales y secundarios. Esquemas modificados de un esquema de Witzemberger (HACK et al., 1992).

Escala General Hack et al., 1992

Código Descripción

D = Dicotiledóneas

M = Monocotiledóneas

G = Gramineas

P = Perennes

V = Desarrollo a partir de partes vegetativas o de órganos de propagación

Código	Descripción
Estadio principal de crecimiento 0: Germinación, brotación, desarrollo de la yema	
00	Semilla seca ¹⁾
P,V	Dormancia invernal o período de reposo
01	Comienza la imbibición de la semilla;
P,V	Comienza la hinchazón de la yema
03	Imbibición completa
P,V	Fin del hinchamiento de la yema
05	La radícula (raíz embrional) emerge de la semilla;
P,V	Los órganos de multiplicación vegetativa comienzan a emitir raíces
06	Elongación de la radícula, formación de pelos radiculares y/o raíces laterales
07	M El coleóptilo emerge de la semilla (cariópside)
D	El hipocótilo con los cotiledones o la raíz salen a través del tegumento seminal
P,V	La yema comienza a abrirse o a brotar
08	D El hipocótilo con los cotiledones crecen, dirigiéndose hacia la superficie del suelo
P,V	El brote crece, dirigiéndose hacia la superficie del suelo
09	M Emergencia: El coleóptilo sale a través de la superficie del suelo
D	Emergencia: Los cotiledones salen a través de la superficie del suelo (excepto en la germinación hipogea)
D,V	Emergencia: Brotes / hojas salen a través de la superficie del suelo
P	La yema muestra bordes verdes
Estadio principal de crecimiento 1: Desarrollo de las hojas (tallo principal)	
10	M La 1a hoja verdadera emerge del coleóptilo;
D	Cotiledones completamente desenrollados
P	Las primeras hojas se separan del brote
11	Desarrollo de la 1a hoja o par de hojas verdaderas o verticilio
P	Desarrollo de la primera hoja
12	Desarrollo de la segunda hoja, o par de hojas verdaderas o verticilio
13	Desarrollo de la tercera hoja o par de hojas verdaderas o verticilio
1...	Continuación de estadios hasta ...
19	Desarrollo de 9 o más hojas verdaderas o pares de hojas o verticilios

1) Los tratamientos de la semilla se efectúan en el estadio 00

Estadio principal de crecimiento 2: Formación de brotes laterales/macollamiento (ahijamiento)

21		1er brote lateral visible
	G	1er hijuelo o macolla visible
22		2o brote lateral visible
	G	2o hijuelo o macolla visible
23		3er brote lateral visible
	G	3er hijuelo o macolla visible
2...		Los estadios continúan hasta ...
29		9 o más brotes laterales visibles
	G	9 o más hijuelos o macollas visibles

Estadio principal de crecimiento 3: Elongación del tallo o crecimiento roseta, desarrollo del brote (tallo principal).

31		El tallo o la roseta han alcanzado el 10% de su longitud o grosor final
	G	1 nudo detectable
32		El tallo o la roseta han alcanzado el 20% de la longitud o el grosor final
	G	2 nudos detectables
33		El tallo o la roseta han alcanzado el 30% de la longitud o el grosor final
	G	3 nudos detectables
3...		Los estadios continúan hasta ...
39		El tallo o la roseta han alcanzado el máximo de la longitud o el grosor final
	G	9 o más nudos detectables

Estadio principal de crecimiento 4: Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta / formación de órganos de propagación vegetativa / hinchamiento de las panículas o espigas (embuchamiento).

40		Se inicia el desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de los órganos de propagación vegetativa
41	G	La vaina de la hoja bandera se alarga
43		Las partes vegetativas cosechables o los órganos de propagación vegetativa han alcanzado el 30% de su tamaño definitivo
	G	La vaina de la hoja bandera empieza a hincharse (embucharse)
45		Las partes vegetativas cosechables o los órganos de propagación vegetativa han alcanzado el 50% de su tamaño definitivo
	G	La vaina de la hoja bandera está hinchada (embuchada)
47		Las partes vegetativas cosechables o los órganos de propagación vegetativa han alcanzado el 70% de su tamaño definitivo
	G	Apertura de la vaina de la hoja bandera

- 49 Las partes vegetativas cosechables o los órganos de propagación vegetativa están en su momento de maduración
- G Las aristas (barbas) se hacen visibles

Estadio principal de crecimiento 5: Aparición del órgano floral (tallo principal)/ salida de las espigas o panículas (espigamiento)

- 51 Órganos florales o botones florales visibles
- G Se inicia la salida de las espigas o panículas
- 55 Los primeros capullos y botones (flósculos) individuales visibles (sin abrirse)
- G Mitad de la salida de las espigas o panículas
- 59 Primeros pétalos (hojas florales) visibles
- G Fin de la salida de las espigas o panículas

Estadio principal de crecimiento 6: Floración (tallo principal)

- 60 Primeras flores, abiertas
- 61 Comienzo de la floración: 10% de flores abiertas o 10% de plantas en floración
- 62 20% de flores abiertas o 20% de plantas en floración
- 63 30% de flores abiertas o 30% de plantas en floración
- 64 40% de flores abiertas o 30% de plantas en floración
- 65 Plena floración: 50% de las flores abiertas o 50% de las plantas en floración; los primeros pétalos caen o se secan
- 67 Floración llegando a su final: mayoría de los pétalos caídos o secos
- 69 Fin de la floración: Cuajado del fruto visible

Estadio principal de crecimiento 7: Formación del fruto

- 70 Primeros frutos visibles
- 71 El 70% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/ variedad o bien el 70% del tamaño final
- G Grano acuoso
- 72 El 20% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/ variedad o bien el 20% del tamaño final
- 73 El 30% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/ variedad o bien el 30% del tamaño final
- G Grano lechoso temprano
- 74 El 40% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/ variedad o bien el 40% del tamaño final
- 75 El 50% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/ variedad o bien el 50% del tamaño final
- G Grano lechoso

76		El 60% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/ variedad o bien el 60% del tamaño final
77		El 70% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/ variedad o bien el 70% del tamaño final
78	G	Grano lechoso tardío
78		El 80% de los frutos alcanzan el tamaño específico de su especie/ variedad o bien el 80% del tamaño final
79		Los frutos han alcanzado el tamaño propio de su especie/ variedad

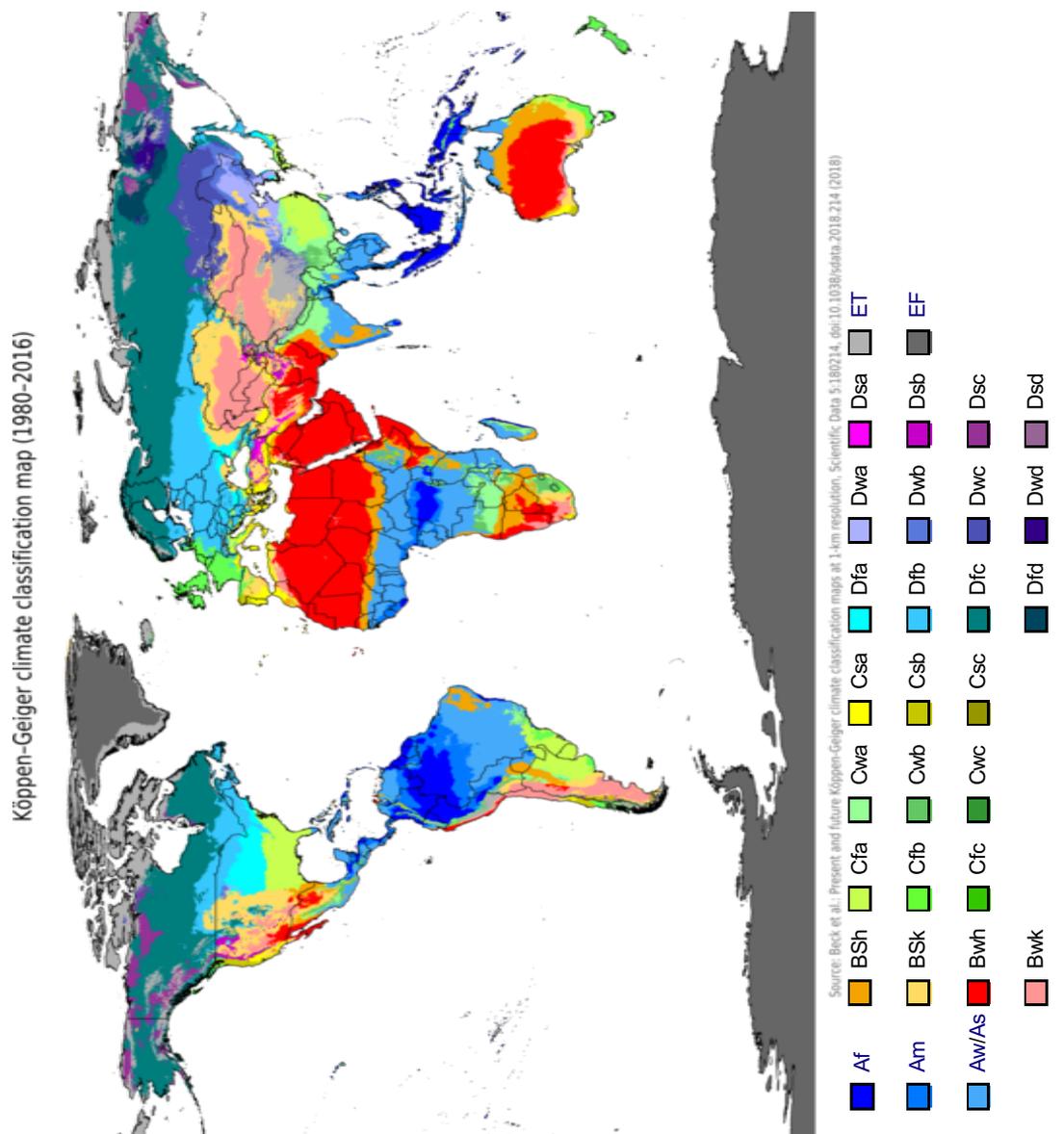
Estadio principal de crecimiento 8: Maduración de frutos y semillas o coloración de frutos.

81		Comienzo de la maduración o coloración de frutos
85		Continuación de la coloración de frutos según su especie/ variedad
88	G	Grano semiduro (madurez pastosa)
88		Disminución de la consistencia del fruto
89		Maduración plena o de recolección. Fin de la coloración típica según la especie/ variedad. Los frutos o las infrutescencias se desprenden con relativa facilidad

Estadio principal de crecimiento 9: Muerte o bien comienzo del reposo vegetativo

91	P	Fin del crecimiento de la madera o de brotes (retoños), pero el follaje se mantiene verde
93		Comienzo de la decoloración o caída de las hojas
95		50% de las hojas decoloradas o caídas
97		Fin de la caída de las hojas. Las plantas o las partes que sobresalen de la tierra han muerto o se encuentran en el estadio de reposo
99	P	La planta está en reposo invernal o vegetativo
99		Partes cosechadas (estadio para señalar tratamientos en postcosecha, por ejemplo tratamientos de protección de la cosecha, excepto tratamiento de semillas = 00)

Anexo 2. Mapa de clasificación de clima mundial de Köppen-Geiger (1980-2016)



Climas principales

A: Tropical
 B: Árido
 C: Templado
 D: Continental
 E: Polar

Precipitación

W: Árido
 S: Verano seco
 f: Húmedo tropical
 s: Verano seco
 w: Invierno seco
 m: Monzón

Temperatura

h: Árido caluroso
 k: Árido frío
 a: Verano caluroso
 b: Verano cálido
 c: Verano fresco
 d: extremadamente continental
 F: Polar
 T: Polar

(Fuente: Peel, Finlayson & McMahon, 2007)

Anexo 3. Plantillas de documentación de datos

Nombre: Peso seco de cosecha de flores #

Fecha: _____

Hora inicial: _____

Hora final: _____

Surco 6	Surco 5	Surco 4	Surco 3	Surco 2	Surco 1
Distancia: 10cm Final	Distancia: 20cm Final	Distanci a: 30cm Final	Distancia: 60cm Final	Distancia: 15cm Final	Distancia: 40cm Final
PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:
Obs.	Obs.	Obs.	Obs.	Obs.	Obs.
Distancia: 15cm Centro	Distancia: 20cm Centro	Distanci a: 60cm Centro	Distancia: 30cm Centro	Distancia: 10cm Centro	Distancia: 40cm Centro
PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:
Obs.	Obs.	Obs.	Obs.	Obs.	Obs.
Distancia: 15cm Inicio	Distancia: 30cm Inicio	Distanci a: 20cm Inicio	Distancia: 60cm Inicio	Distancia: 40cm Inicio	Distancia: 10cm Inicio
PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:	PSA: PSN: Ptotal:
Obs.	Obs.	Obs.	Obs.	Obs.	Obs.

PSA: Peso seco amarillas; PSN: Peso seco naranjadas

Calle

Peso seco total

(teórico): _____

Peso seco total, materia verde

(teórico): _____

Peso seco total

(real): _____

Peso seco total, materia verde

(teórico): _____

Nombre: Cosecha de flores frescas #
Hora inicial: _____
Hora final: _____

Fecha: _____
Temperatura: _____
Humedad: _____

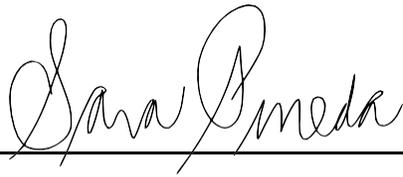
Surco 6	Surco 5	Surco 4	Surco 3	Surco 2	Surco 1
Distancia:10cm Final	Distancia: 20cm Final	Distancia: 30cm Final	Distancia: 60cm Final	Distancia: 15cm Final	Distancia: 40cm Final
Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.
Distancia: 15cm Centro	Distancia: 20cm Centro	Distancia: 60cm Centro	Distancia: 30cm Centro	Distancia: 10cm Centro	Distancia: 40cm Centro
Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.
Distancia: 15cm Inicio	Distancia: 30cm Inicio	Distancia: 20cm Inicio	Distancia: 60cm Inicio	Distancia: 40cm Inicio	Distancia: 10cm Inicio
Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.	Flores: Peso: Obs.

Calle

Total de flores frescas: _____

Peso total de flores frescas: _____

¿Peso incluye peso de bolsa? _____ **Peso de bolsa:** _____



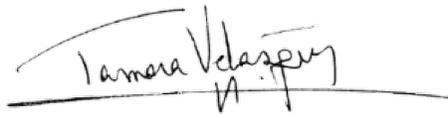
Sara Graciela Pineda Rodas

AUTOR



MSc. Oscar Ernesto Medinilla Sánchez

ASESOR



MSc. Tamara Ileana Velásquez Porta

DIRECTORA



MA. Pablo Ernesto Oliva Soto

DECANO