



## Evaluación germinativa y fenología de dos variedades de *Caesalpinia pulcherrima*

### Germination and phenology assessment of two varieties of *Caesalpinia pulcherrima*

Rubén Gelacio Caballero-Salas<sup>1, \*</sup>; Melina Lisbet Caballero-Miranda<sup>2</sup>; Enzo Martin Casimiro Soriano<sup>3</sup>

1 Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú. Av. Mariscal Castilla 3909. El Tambo, Huancayo. Región Junín, Perú.

2 Programa de Estudios Generales, Universidad Nacional del Centro del Perú. Av. Mariscal Castilla 3909. El Tambo, Huancayo. Región Junín, Perú.

3 Instituto General de Investigación, Universidad Nacional del Centro del Perú. Av. Mariscal Castilla 3909. El Tambo, Huancayo. Región Junín, Perú.

\*Autor correspondiente: [rubicaballero28@gmail.com](mailto:rubicaballero28@gmail.com), [rcaballero@uncp.edu.pe](mailto:rcaballero@uncp.edu.pe) (R. G. Caballero-Salas).

ID ORCID de los autores

R. G. Caballero-Salas:  <https://orcid.org/0000-0003-1412-2933>

M. L. Caballero-Miranda:  <https://orcid.org/0000-0002-7155-3564>

#### RESUMEN

En la ciudad de Satipo, región Junín –Perú, recientemente se han instalado plantas ornamentales del género *Caesalpinia* de flores rojas y amarillas, desconociendo el aspecto botánico, fenológico y silvicultural. La investigación tuvo como objetivos la identificación botánica, describir el comportamiento fenológico de la fase reproductiva de plantas de cinco meses de edad y determinar el crecimiento en altura en condiciones locales. Se recolectaron muestras botánicas de la Facultad de Ciencias Agrarias – Satipo para la identificación, evaluación fenológica y se midió la altura de las plantas antes de la primera poda. Adicionalmente, se evaluaron cinco tratamientos pregerminativos en vivero. Se determinó la especie de flores amarillas y rojas como *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. La floración fue permanente, siendo menor en octubre y con mayor volumen y fructificación en noviembre-diciembre. Las fenofases de fructificación (fruto verde y maduro) fueron menores en junio y julio en relación al clima. Las plantaciones presentaron elevados porcentajes de supervivencia y el crecimiento en altura de las plantas con flores de diferentes colores fue similar luego de la primera poda. En conclusión fueron necesarios los tratamientos pregerminativos y la poda a 10 meses de edad para mejorar la arquitectura de la copa de la especie ornamental.

**Palabras clave:** Identificación botánica; comportamiento fenológico; floración; fructificación; tratamientos pregerminativos.

#### ABSTRACT

In Satipo city, Junín region - Perú, ornamental plants of the *Caesalpinia* genus with red and yellow flowers have recently been installed, ignoring the botanical, phenological and silvicultural aspects. The objectives of the research were botanical identification, to describe the phenological behavior of the reproductive phase of five-month-old plants, and to determine growth in height under local conditions. Botanical samples were collected from the Faculty of Agricultural Sciences - Satipo for identification, phenological evaluation and the height of the plants was measured before the first pruning. Additionally, five pregerminative treatments in the plant-nursery were evaluated. The species of yellow and red flowers was determined as *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. Flowering was permanent, being less in October and with greater volume and fruiting in November-December. The fruiting phases (green and ripe fruit) were lower in June and July in relation to the climate. The plantations presented high survival percentages and the growth in height of the plants with different colored flowers was similar after the first pruning. In conclusion, pregerminative treatments and pruning at 10 months of age were necessary to improve the crown architecture of the ornamental species.

**Key word:** Botanical identification; phenological behavior; flowering; fruiting; pregerminative treatments.

Recibido: 25-05-2021.

Aceptado: 04-09-2021.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

La fenología es el estudio de los eventos biológicos de tipo estacional sobre la vida de una planta, que incluyen la salida de hojas, floración, fructificación y senescencia foliar (McDonough et al., 2020). Por su naturaleza, la investigación de los eventos fenológicos vegetales se enfoca en la zona y periodo específico de estudio (Park et al., 2021). Algunas de las aplicaciones principales de la fenología son: ornamentación floral (Chindhanaiselvam et al., 2016), silvicultura y programas de conservación medioambiental, entre otras (Morillo et al., 2016; Pico, 2016). Estas aplicaciones inician con la identificación botánica y posterior investigación de los ciclos del crecimiento y desarrollo vegetal.

Entre las principales aplicaciones resaltan las relaciones de la fenología con el clima y el cambio climático, los cuales evidencian cambios en los ciclos reproductivos, relaciones interespecíficas e interacciones tróficas (Fu et al., 2020; McDonough et al., 2020; Pérez-Ramos et al., 2020; de la Torre & Holloway, 2021).

Recientemente, existe una tendencia en la instalación de áreas verdes y jardines en ciudades amazónicas empleando especies nativas y exóticas como *Caesalpinia* sp. Una de las especies de creciente aplicación ornamental es *Caesalpinia pulcherrima*, cuya familia posee notable variabilidad genética manifestada en el fenotipo de las flores (Rodrigues et al., 2018). Como resultado, se hace necesaria la información taxonómica y el estudio de patrones fenológicos que permitan fijar el tiempo de floración y su silvicultura, considerando las condiciones locales, como soporte a los programas de ornamentación.

Khan et al. (2018) identificó a *Caesalpinia pulcherrima*, como miembro de la familia fabaceae, arbusto de copa irregular, flores vistosas en inflorescencias terminales, de colores rojos, naranja, amarillos o mixtos y vainas dehiscentes (Castro et al., 2015; Rojas y Torres, 2009; Lorenzi y Souza, 2008). Otros estudios han demostrado sus propiedades medicinales (Sakle et al., 2019), los extractos poseen actividad antimicrobiana (Sudhakar et al., 2006), es útil como repelente contra *Aedes aegypti*, mosquito causante de la malaria (Govindarajan et al., 2011) y como antiulcérico (Takawale et al., 2011).

Las semillas suelen germinar entre los 4 y 7 días posteriores a la siembra tras el tratamiento pregerminativo (UICN, 2015; Vozzo, 2010) y las plántulas necesitan de 2 a 6 meses en el vivero, requiriendo de luz durante su desarrollo inicial.

En relación a la siembra, Morillo et al. (2016), determinaron que la escarificación mecánica de semillas resulta en un porcentaje alto de germinación (20%). Rojas y Torres (2009)

encontraron que la germinación depende de la calidad de la semilla (60 a 84%) y Hadi (2017) logró un 80% de germinación tras la escarificación y reposo en agua durante 12 h. Posteriormente, de 2 a 6 meses de edad, pueden establecerse en campo con una separación de 1,5 m (Vozzo, 2010).

La floración y fructificación se alcanza a los 8 meses de edad, en condiciones húmedas y lugares soleados (Vozzo, 2010; Torres, 2009), generalmente con periodos de polinización sincrónicos (Maglianesi et al. 2020).

La especie presenta flores y vainas permanentes en la estación seca y mayor parte de la estación lluviosa (Vozzo, 2010), mientras que Fontanetti et al. (2012) menciona que *C. pulcherrima*, florece dependiendo de la variedad (color rosa, naranja o amarillo). Castro et al. (2015) evaluó los estadios de botón floral, floración total y flor marchita, resultando un patrón de floración frecuente de febrero y julio; y aparición esporádica entre setiembre y octubre. Las fenofases y los estados encontrados fueron: Botón floral A, Floración total B, Flor marchita C, Fruto Apareciendo D, Fruto verde E y Fruto Maduro F (Torres, 1995).

El florecimiento en primavera, se desarrolla a partir de los eventos fenológicos de enfriamiento, forzamiento y fotoperiodo (Ettinger et al. 2020). Los frutos presentan un patrón anual de aparición entre febrero-mayo, para el primer estadio, y entre febrero-setiembre, para el segundo; además, el fruto maduro es permanente, con mayor frecuencia en julio y setiembre.

Se encontró que la temperatura media ambiental influye positivamente sobre la floración, mientras que la humedad relativa afecta la aparición del fruto maduro y hojas viejas (Stuble et al., 2021).

Souza et al. (2019) utilizó variables similares para la determinación del desarrollo del fruto y madurez de *Caesalpinia* sp. mediante conteo aleatorio de flores, frutos y peso en ramas seleccionadas. De forma similar, Ramírez et al. (2014) evaluó los estados fenológicos de botón floral, yema floral, capullo, botón abortado, yema floral marchita, floración total, flor marchita, fruto apareciendo con ovario desarrollado y flor marchita presente, fruto maduro y fruto dehiscente, correlacionando las fases fenológicas con factores medio ambientales, temperatura y humedad relativa.

Sin embargo, no existen investigaciones que se hayan ejecutado en la región de selva central (Satipo) en el Perú. El objetivo de este estudio fue determinar el porcentaje de germinación de *Caesalpinia* sp. según tratamientos pregerminativos en fase de vivero y describir el comportamiento fenológico de la floración-fructificación de dichas especies.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Lugar de ejecución

El estudio se realizó en ambientes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú (FCA-UNCP), ubicada en el distrito Río Negro (coordenadas UTM: 537414E,

8759650N), provincia de Satipo, región Junín en la Selva Central del Perú. El distrito se encuentra a una altitud de 658 msnm, de suelo textura franco arcilloso y bosque húmedo de tipo Premotano Tropical (bh-PMT).

La zona tiene una precipitación anual media entre 1500 y 1800 mm, temperatura media de 23,33 °C, mínima 16,55 °C y máxima 34,28 °C; humedad relativa promedio 78,90%; y precipitación media de 1725,70 mm/año que definen el clima como "cálido y húmedo". Las condiciones climatológicas influyen en la fenología de las especies vegetales locales, como *Caesalpinia* sp. y siguen un patrón similar al declarado por Camayo et al. (2017), indicando la estabilidad del clima local.

#### Tipo y nivel de investigación

La investigación fue aplicada. En la primera parte, cuantitativo con diseño experimental para los tratamientos pregerminativos y se realizaron evaluaciones en fase de vivero y plantaciones.

En la segunda parte, cualitativa de nivel descriptivo para la identificación dendrológica se siguió la metodología de Marcelo (2011) y evaluaciones del comportamiento fenológico con base en la metodología empleada por Castro et al. (2015) empleando 9 variantes calificadas en una escala de 0 a 9. La metodología de observación, análisis de aparición y decaimiento de hojas, así como el corte de ramas corresponde a la técnica de bajo costo para estudio fenológico validada posteriormente por McDonough et al. (2020).

#### Identificación botánica de especies de *Caesalpinia*

La población estudiada fue de 50 plantas de las áreas verdes de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA - UNCP) y la muestra 5 plantas seleccionadas y diferenciadas por el color de flor, altura y tamaño de copa. Se identificó la especie siguiendo el proceso de herborización tomando como referencia la metodología de Marcelo (2011) y los procedimientos del herbario de la FCA.

#### Evaluación germinativa en condiciones locales

Se realizó en el vivero forestal de la FCA, utilizando 5 grupos pregerminativos con 30 semillas cada uno

sometidos a tratamientos diferentes: (T1) escarificación mediante corte transversal en la parte superior de la semilla (opuesto al hilio) con cortaúñas y remojo de 12 horas en agua fría, (T2) corte transversal en la parte inferior (altura del hilio) con cortaúñas más remojo 12 horas en agua fría, (T3) remojo de 12 horas en agua fría sin escarificación, (T4) remojo de semillas 12 horas en agua a 100 °C y (T5) semillas sin tratamiento.

Se sembraron en el germinador utilizando como sustrato arena, tratada y desinfectada. El repique se realizó en envases de polietileno considerando la procedencia de las semillas. Adicionalmente, se emplearon 50 plantas (10 por tratamiento) para evaluar la supervivencia en vivero a un periodo de 08 meses.

Los ensayos germinativos se realizaron por triplicado. Los resultados del análisis se procesaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tuckey para variación en subgrupos, ambos con un nivel de confianza de 0,05 empleando el software SPSS.

#### Evaluación fenológica en condiciones locales

Para la evaluación fenológica, se seleccionaron 10 plantas con características morfológicas distintas (5 de flores amarillas y 5 de flores rojas). Las observaciones fenológicas de cada tipo de flor fueron registradas cada 30 días con base en 9 indicadores, siguiendo el método modificado de Castro et al. (2015) y 6 fenofases: (1) botón final, (2) floración total, (3) flor marchita, (4) fruto apareciendo, (5) fruto verde y (6) fruto maduro. Los resultados fueron expresados en fenogramas de cronología mensual, desde marzo a diciembre de 2018.

Como parte de la evaluación fenológica, se midieron las alturas de 5 plantas de cada variedad de color a 10 meses (antes de la primera poda) y a los 12 meses (después de la primera poda) con el propósito de observar efectos de este procedimiento en el desarrollo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Identificación botánica de *Caesalpinia* sp. del ornato de la ciudad de Satipo

De acuerdo a lo observado y en correspondencia con los antecedentes, se identificó a la especie ornamental principal en las zonas públicas de Satipo a *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw., sub familia Caesalpinoideae, de acuerdo al proceso de herborización, determinado en el Herbario de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCP.

Las muestras botánicas de plantas de flores amarillas y rojas correspondieron a la misma especie. Esta información fue corroborada con las descripciones que realizan Rojas y Torres (2009) quienes indicaron la variedad de color para en la *Fabaceae*, familia *Caesalpinaceae* y flores de diferentes colores por planta.

#### Evaluación germinativa de *Caesalpinia pulcherrima*

El promedio de semillas germinadas por cada método se muestra en la Figura 1. En la misma

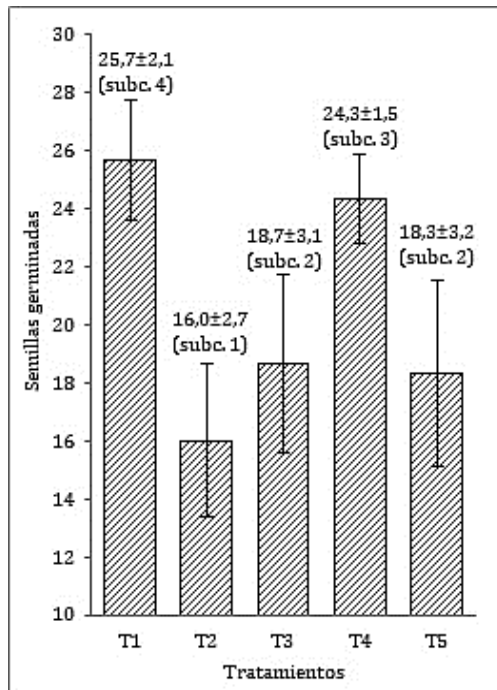
figura se observa que el porcentaje de germinación en fase de vivero según los tratamientos pregerminativos presentó diferencias significativas por cada método. Asimismo, la evaluación de la diferencia entre grupos para los tratamientos, por análisis de prueba de Tukey (significancia de 0,05), indica la existencia de 4 subconjuntos.

Los resultados mostraron que el mejor tratamiento para las semillas fue T1 (escarificación mediante corte transversal en la parte y remojo de 12 h), con una efectividad promedio de 67,37% en fase de vivero.

Le siguió el tratamiento T4 (remojo de semillas 12 horas en agua hirviendo 100 °C) con una eficacia de 63,43%. En tercer lugar de efectividad germinativa se tuvo el tratamiento T3 (remojo 12 horas en agua fría) con eficacia de 52,74%, sin diferencia significativa de T5 (testigo sin tratamiento) con eficacia 50,76%.

Además se demostró lo perjudicial del T2 (corte transversal en la parte inferior y remojo 12 horas

en agua fría), ya que obtuvo un porcentaje de 46,62% inferior al del testigo sin tratamiento.



**Figura 1.** Número de semillas germinadas de *Caesalpinia pulcherrima* por cada tipo de tratamiento. Se describen los cuatro subconjuntos hallados por la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Los resultados fueron similares a los encontrados por De Araujo (2014) que escarifica en el lado opuesto de los micrópilos y almacigados en ambiente a 30 °C y de Arce y Castillo (2010), donde los porcentajes de germinación no superan 70,47% con la diferencia que ensayan en laboratorio.

También se consideraron los trabajos de Arce y Castillo (2010), quienes afirman que los métodos de escarificación más efectivos para el *C. pulcherrima* son agua a 40 °C, escarificación mecánica y uso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado durante 5 minutos; Hadi (2017) quien logró 80% de germinación al cabo de 60 días después de la escarificación más remojo en agua por 12 horas.

Por otra parte, el remojo en agua fría después de la escarificación en el lado opuesto del hilo, tuvo el mayor efecto positivo sobre la germinación, incluso aceleró el proceso de 3 a 6 días. A este tratamiento le siguió el remojo en agua a 100°C y posterior remojo por 12 horas, aunque su impacto en la germinación fue mínimo. Los resultados obtenidos fueron mejores, dada la influencia de la escarificación, a los reportados por Hadi (2017) y Morillo et al. (2016) con un periodo promedio de germinación de 4 a 7 días.

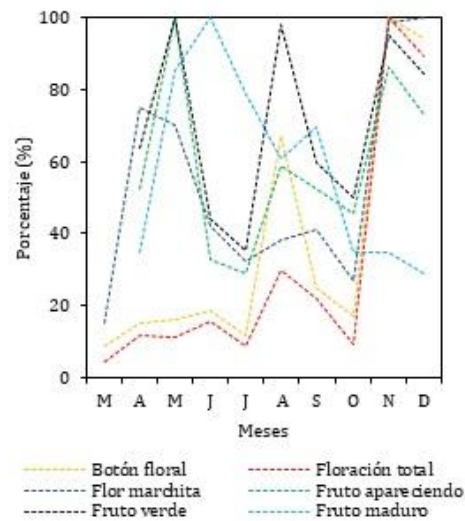
Se determinó que la escarificación en la parte inferior, al lado del hilo, posee un impacto negativo importante puesto que daña la eficacia germinativa además de introducir mayor variación al proceso (UICN, 2015; Vozzo, 2010).

Finalmente, el remojo en agua fría demostró no tener impacto significativo en la germinación de *C. pulcherrima*.

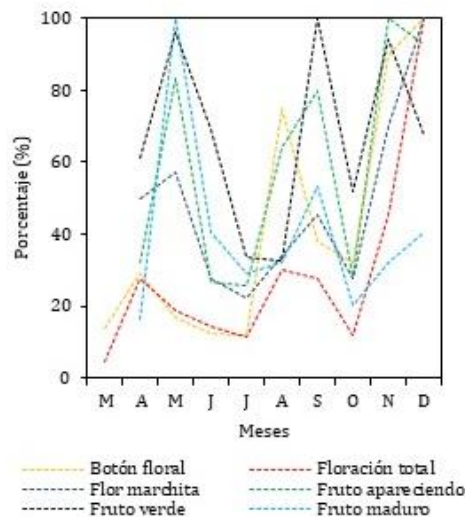
### Comportamiento fenológico de la floración y fructificación de *Caesalpinia pulcherrima*

El comportamiento fenológico de la variedad de flores amarillas se muestra en la Figura 2 y para la variedad de flores rojas en la Figura 3.

Ambas variedades presentan flores y frutos durante todo el año; sin embargo, existe una notable disminución en el mes de octubre (doce meses después de su instalación en terreno definitivo) e incrementa su frecuencia en noviembre y diciembre, a inicios de la temporada lluviosa. Las fenofases de fructificación (fruto verde y maduro) mostraron diferencias que no permite afirmar un solo patrón de florecimiento.



**Figura 2.** Fenograma reproductivo de *C. pulcherrima* según la presencia porcentual del estadio fenológico por copa de plantas de flores amarillas (7 meses de edad).



**Figura 3.** Fenograma reproductivo de *C. pulcherrima* según la presencia porcentual del estadio fenológico por copa de plantas de flores rojas (7 meses de edad).

Este comportamiento fenológico concuerda con lo obtenido por Castro *et al.* (2015) y Rojas y Torres (2009) sobre la floración y fructificación permanente con mínimas diferencias por las características ecológicas locales. Además, la fase de floración corta pudo haber afectado la sincronía



floración-polinización de acuerdo con lo expuesto por Maglianesi et al. (2020) para la selva húmeda de Costa Rica.

En ambos casos, los resultados muestran similitud notable, en correspondencia con las variedades descritas por Rodrigues et al, (2018), con floración entre octubre y diciembre durante la temporada lluviosa. La flor marchita también se presenta en la temporada lluviosa y parcialmente en los meses de abril y mayo. Por otra parte, se determinó la aparición del fruto y fruto verde en tres periodos durante el año (mayo, setiembre y diciembre). El mayor porcentaje de frutos maduros se observó entre abril y mayo.

Asimismo, la supervivencia de plantas de *Caesalpinia pulcherrima* a 12 meses de edad, de flores amarillas y rojas fue de 100% y 90%, respectivamente. La diferencia no es significativa, de modo que la principal influencia pudo ser el sitio de plantación, temperatura ambiental y demás factores climáticos (Ettinger et al. 2020). Las plantas de flores rojas correspondieron a suelos franco arenosos con mínima cantidad de materia orgánica, diferentes a los suelos franco arcillosos poco intervenidos para las plantas de flores amarillas.

Por otra parte, la senescencia de flores y hojas fueron resultado de las variaciones climáticas durante la temporada lluviosa (disminución de la temperatura, reducción de la duración del día, aumento de precipitación y humedad) sobre las plantas, afectando las concentraciones de hormonas endógenas como ácido abscísico (ABA), citoquininas (CKs) y jasmonatos (JAs), relativas al estrés hídrico (Stuble et al. 2021; Zhang et al., 2020).

En adición, es posible que la senescencia mayoritaria durante los meses de octubre a diciembre y la notable sincronización de las plantas en esta etapa haya sido definida por la menor temperatura y baja área foliar específica (Pérez-Ramos et al. 2020).

#### Efecto de la poda en la altura de las plantas de *Caesalpinia sp.*

Las alturas para las plantas de *Caesalpinia sp* a los 10 meses (antes de la poda) y a los 12 meses, para cada variedad de color de flor se muestra en la figura 4 y figura 5, respectivamente. Las mayores alturas a los 10 meses se alcanzaron con las plantas de flores amarillas (promedio de  $2,12 \pm 0,24$  m)

debido al mayor contenido de materia orgánica y nutrientes en el suelo. La presencia de suelo no enriquecido y sin adición de materia orgánica determinó que las plantas de flores rojas fueran aproximadamente 30 cm más pequeñas (promedio de  $1,78 \pm 0,26$  m) sin poda.

Los resultados después de la primera poda, muestra que, en el caso de las flores amarillas, el tamaño medio fueron mayor después de la primera poda (promedio  $2,67 \pm 0,43$  m); sin embargo, en las flores rojas ocurrió una reducción de tamaño después de la poda (promedio  $1,51 \pm 0,57$  m).

En el caso de las plantas de flores rojas, además de la menor calidad de suelo en el que se desarrollaron, el desarrollo era insuficiente antes de la primera poda, llegando a ser perjudicial para su desarrollo futuro.

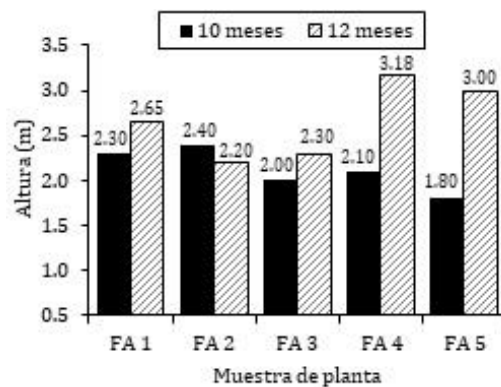


Figura 4. Altura de *Caesalpinia pulcherrima* de variedad flor amarilla, a los 10 meses (antes de la poda) y 12 meses (después de poda).

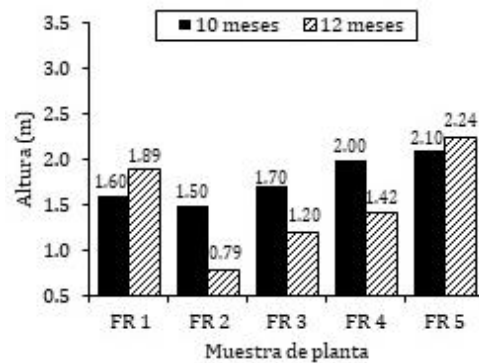


Figura 5. Altura de *Caesalpinia pulcherrima* de variedad flor roja, a los 10 meses (antes de la poda) y 12 meses (después de poda).

## CONCLUSIONES

Se evaluaron cinco tratamientos pregerminativos en vivero para variedades de flores amarillas y rojas de *Caesalpinia pulcherrima*, se realizó la evaluación fenológica y se midió el efecto de la poda en la altura de las plantas.

El mejor tratamiento pregerminativo fue la escarificación superior de la semilla y remojo en agua caliente por 12 h, obteniéndose una eficacia de 67,37% sobre una prueba testigo de 50,76%.

No se evidenció una diferencia significativa con el remojo en agua fría por 12h. Además, se demostró

que la escarificación inferior es perjudicial para el desarrollo de la semilla. De acuerdo al comportamiento fenológico, existe un marcado patrón de floración anual de octubre a mayo, teniendo menor frecuencia entre los meses de junio a setiembre. Por otro lado las fenofases de fructificación y maduración no fueron constantes, aunque existe ligera diferencia en los meses de mayo, agosto y diciembre.

La supervivencia a 12 meses de edad, de flores amarillas y rojas fue de 100% y 90%, respectiva-

mente. Las alturas promedio a los 10 meses para la variedad de flores amarillas y rojas fueron 2,12 m y 1,78 m, respectivamente. Después de la primera poda pasaron a una media de 2,67 y 1,51 m. Resultando, en el caso de las flores rojas, una reducción en el tamaño.

En el futuro se debe evaluar el comportamiento fenológico de *C. pulcherrima* controlando los parámetros de humedad y temperatura en invernadero. Asimismo, replicar el procedimiento en distintos niveles altitudinales de la Selva Central y evaluar el efecto en el florecimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, G., & Castillo, M. (2010). Métodos de escarificación sobre la germinación en *Caesalpinia pulcherrima*. Escuela de Agronomía. *Revista del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad de Costa Rica*, 1(1), 1-8.
- Camayo, B., Pomachagua, J., Massipe, J., Quispe, M., & Torres, A. (2017). Validación y aplicación del modelo Bristow Campbell para estimar la radiación solar global de la región de Junin. *Tecnología Química*, 37(3), 574-590.
- Castro, R., Castro, V. & Ceroni, A. (2015). Fenología de *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. en un Jardín botánico urbano de Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú. *Ecología Aplicada*, 14(2), 201-209.
- Chindhanaiselvam, A., Anitha, P., Subramanian, N., & Kumar D. (2016). Bio-oil extraction and physicochemical characterization of *Caesalpinia pulcherrima* plant seed oil. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, And Environmental Effects*, 38(19), 2823-2829
- De Araújo, J., De Albuquerque, S., Marques, V., França, B., & De Melo, Y. (2014). Caracterização morfológica, germinação e conservação de sementes de *Caesalpinia pulcherrima* (L.) SW. (Fabaceae: *Caesalpinioidea*). Universidade Estadual de Londrina Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(4), 2287-2299.
- De la Torre, R., & Holloway, P. (2021). A review of the methods for studying biotic interactions in phenological analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(2), 227-244.
- Ettinger, A., Chamberlain, C., Morales, I., Buonavita, D., Flynn, D. B., Savas, T., & Wolkovich, E. (2020). Winter temperatures predominate in spring phenological responses to warming. *Nature Climate Change*, 10(12), 1137-1142.
- Fu, Y., Li, X., Zhou, X., Geng, X., Guo, Y., & Zhang, Y. (2020). Progress in plant phenology modeling under global climate change. *Science China Earth Sciences*, 1-11.
- Morillo, L., Eras, V., Moreno, J., Minchala, J., Muñoz, L., Yaguana, M., Poma, R., Valarezo, C., & Sinche, M. (2016). Estudio fenológico y propagación de *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, en la comunidad de Malvas, Cantón Zapotillo, provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 6(2), 1-15.
- Fontanetti, M., Bachin, R., Lopes, K., Alves, M., & Aparecida, J. (2012). Characterization of the genetic variability among *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. (Fabaceae) plants using RAPD molecular markers. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 34(3), 259-263.
- Govindarajan, M., Mathivanan, T., Elumalai, K., Krishnappa, K., & Anandan, A. (2011). Mosquito larvicidal, ovicidal, and repellent properties of botanical extracts against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti*, and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, 109(2), 353-367.
- Hadi, F. (2017). Effect of some Ecophysiological Stresses on Germination Behaviour of *Caesalpinia Pulcherrima* (L.) Swartz. Center of Plant Biodiversity and Botanical Garden, University of Peshawar, Peshawar, Pakistan. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3(6), 433-436.
- Khan, F., Dastagir, N., Lateef, M., Yousuf, M., Ali M., Mesaik, A., Faizi, Sh., & Uroo, K. (2018). Immunomodulatory activities of extracts of *Caesalpinia*. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 24(3), 245-256.
- Lorenzi, H., & Souza, H. (2008). *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras* (4ta ed.). Brasil: Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- McDonough, C., Gallinat, A. S., & Zipf, L. (2020). Low-cost observations and experiments return a high value in plant phenology research. *Applications in plant sciences*, 8(4), e11338.
- Maglianesi, M. A., Hanson, P., Brenes, E., Benadi, G., Schleuning, M., & Dalsgaard, B. (2020). High levels of phenological asynchrony between specialized pollinators and plants with short flowering phases. *Ecology*, 101(11), e03162.
- Marcelo, J., Reynel, C., & Zevallos, P. (2011). *Manual de dendrología*. Lima, Perú: Editorial CONCYTEC.
- Park, D. S., Newman, E. A., & Breckheimer, I. K. (2021). Scale gaps in landscape phenology: challenges and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(8), 709-721.
- Pérez-Ramos, I. M., Cambrollé, J., Hidalgo-Galvez, M., Matías, L., Montero-Ramírez, A., Santolaya, S., & Godoy, Ó. (2020). Phenological responses to climate change in communities of plants species with contrasting functional strategies. *Environmental and Experimental Botany*, 170(1), 103852.
- Pico, A. (2016). Fenología y brotación vegetativa de una nueva especie de *Vriesea* (Bromeliaceae) de Colombia en condiciones ex situ. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(156), 494-499.
- Ramírez, N., Ceroni, A., & Castro-Cepero, V. (2014). Fenología de cuatro especies de Cactáceas del Cerro Umarcata. Valle del río Chillón. Canta - Lima. Perú. *Ecología Aplicada*, 13(2), 177-185.
- Rodrigues, P., Souza, M., Melo, C., Pereira, T., & Corrêa, R. (2018). Karyotype diversity and 2C DNA content in species of the *Caesalpinia* group. *BMC genetics*, 19(1), 25-35.
- Rojas, F., & Torres, G. (2009). Árboles del Valle Central de Costa Rica: Reproducción Llama del Bosque. *Revista Forestal (Costa Rica)*, 6(16), 63-65.
- Sakle, N., Lokwani, D., & Namdeo, S. (2019). *Caesalpinia pulcherrima* Arrests Cell Cycle and Triggers Reactive Oxygen Species-Induced Mitochondrial-Mediated apoptosis and Necroptosis via Modulating Estrogen and Estrogen Receptors. *Pharmacognosy Magazine*, 15(64), 288-297.
- Souza, G., Costa, L., Guignard, M., Van-Lume, B., Pellicer, J., Gagnon, E., & Lewis, G. (2019). Do tropical plants have smaller genomes? Correlation between genome size and climatic variables in the *Caesalpinia* group (*Caesalpinioideae*, *Leguminosae*). *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*, 38(1), 13-23.
- Stuble, K., Bennion, L., & Kuebbing, S. (2021). Plant phenological responses to experimental warming-A synthesis. *Global Change Biology*, 27(17), 4110-4124.
- Sudhakar, M., Rao, Ch., Rao, P., Raju, D., & Venkateswarlu, Y. (2006). Antimicrobial activity of *Caesalpinia pulcherrima*, *Euphorbia hirta* and *Asystasia gangeticum*. *Fitoterapia*, 77(5): 378-380.
- Takawale, H., Mute, V., Awari, D., Hukkeri, V., Mehta, P., & Vawhal, P. (2011). Screening of Antiulcer Activity of *Caesalpinia pulcherrima* L. Bark. against Aspirin Induced Ulcer in Rats. *World Journal of Medical Sciences*, 6(4), 168-172.
- Torres, R. (1995). *Agrometeorología* (1ra ed.). México D.F., México: Editorial Trillas, S.A.
- Vozzo, J. (2010). *Manual de Semillas de Árboles Tropicales. Laboratorio de Ciencias Forestales*. Nuevo México, Estados Unidos: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Universidad Estatal de Nuevo México.
- UICN - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2015). *Especies para restauración*. Recuperado el 20 de mayo de 2021, de: [https://www.especiesrestauracion-uicn.org/data\\_especie.php?sp\\_name=Caesalpinia%20pulcherrima](https://www.especiesrestauracion-uicn.org/data_especie.php?sp_name=Caesalpinia%20pulcherrima)
- Zhang, S., Dai, J., & Ge, Q. (2020). Responses of autumn phenology to climate change and the correlations of plant hormone regulation. *Scientific reports*, 10(1), 1-10.