



**PATRONES FENOLÓGICOS Y SU CONTRIBUCIÓN  
ECOSISTÉMICA DE *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) RAVENNA Y  
*Koelreuteria paniculata* LAXM. EN EL CAMPUS DE LA UNALM**

Phenological patterns and their ecosystemic contribution of *Ceiba speciosa*  
(A. St.-Hil.) Ravenna and *Koelreuteria paniculata* Laxm. on the  
UNALM campus

Sheena Sangay-Tucto<sup>1,\*</sup> ; Gino Mondragón Aguirre<sup>2</sup> ; Jordan Romero<sup>1</sup> ;  
José Cerdán-Morillo<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú.

\*Email: [ssangay@lamolina.edu.pe](mailto:ssangay@lamolina.edu.pe)

Recibido: 08/12/2021; Aceptado: 01/01/2023; Publicado: 14/05/2024

**ABSTRACT**

The present study aimed to evaluate dominant phenological patterns of *Ceiba speciosa* and *Koelreuteria paniculata* on the campus of UNALM, from May 2022 to June 2023, conducting weekly observations. Spearman's correlation coefficient was utilized for statistical analysis, examining the relationship between climatic variables (temperature and relative humidity) and phenological events (flowering, fruiting, and leafing). The phenological assessment of both species was complemented with the identification of potential ecosystem services involved, employing the framework of Nature's Contributions to People (NCP's), classified into material, non-material, and regulatory categories. Results revealed a strong and highly significant association ( $p$ -value  $< 0.001$ ) between flowering and flower drop in *C. speciosa*. For *K. paniculata*, fruit drop exhibited a significant association with dissemination and moderately significant association with leaf budding. Additionally, significant associations were observed between dissemination and leaf budding. Direction and degree of association were analysed at a significance level of 0.05 ( $p$ -value  $< 0.05$ ). Identified NCP's encompassed material services such as artisanal use of *C. speciosa* seeds and the biodiesel production potential from *K. paniculata* seeds. Moreover, non-material ecosystem services included regulation of pollination, photosynthesis, habitat maintenance, aesthetic value, and thermal

**Forma de citar el artículo(Formato APA):**

Sangay-Tucto, S., Mondragón Aguirre, G., Romero, R., Cerdán-Morillo, J.M.A. (2024). Patrones fenológicos y su contribución ecosistémica de *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna y *Koelreuteria paniculata* Laxm. en el campus de la UNALM. *Anales Científicos*, 85(1), 22-39. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v85i1.1755>.

Autor de correspondencia (\*): Sheena Sangay-Tucto. Email: [ssangay@lamolina.edu.pe](mailto:ssangay@lamolina.edu.pe)

© Los autores, Publicado por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

This is an open access article under the CC BY.

regulation in urban environments. Finally, highlighting the interconnectedness between nature and human well-being underscores the imperative of understanding phenological patterns to maximize Nature's Contributions to the well-being of the university community.

**Keywords:** Phenology | *Ceiba speciosa* | *Koelreuteria paniculata* | Nature's Contributions to People | ecosystem goods and services

---

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar patrones fenológicos dominantes de *Ceiba speciosa* y *Koelreuteria paniculata* del campus de la UNALM, durante el periodo de mayo 2022 a junio 2023, realizando observaciones semanales. Para el análisis estadístico, se utilizó el índice de correlación de Spearman entre las variables climáticas (temperatura y humedad relativa ambiental) y las fenológicas (floración, fructificación y foliación). Se analizó la dirección y grado de asociación con un nivel de significancia de 0.05 ( $p$ -valor  $< 0.05$ ). La evaluación fenológica de ambas especies se complementó con la identificación de los potenciales servicios ecosistémicos involucrados. Para ello, se aplicó el enfoque de las Contribuciones de la Naturaleza a la calidad de vida de la comunidad universitaria, clasificándolas en materiales, no materiales y de regulación. Los resultados revelan una fuerte asociación y altamente significativa ( $p$ -valor  $< 0,001$ ) entre la floración y la caída de flores de *C. speciosa*. En el caso de *K. paniculata*, la caída de frutos presenta una asociación significativa con la diseminación; moderadamente significativa con la brotación de hojas. Respecto a la diseminación, se registra una asociación significativa con la brotación de hojas. Las Contribuciones de la Naturaleza a las Personas (CNP's) identificadas incluyen servicios materiales, como el uso artesanal de semillas de *C. speciosa* y el potencial energético de producción de biodiesel a partir de semillas de *K. paniculata*. Además, se asocian servicios ecosistémicos no materiales, como la regulación de la polinización, la fotosíntesis, mantenimiento del hábitat, el valor estético y regulación térmica en entornos urbanos. Finalmente, se destaca la interconexión entre la naturaleza y el bienestar humano, evidenciando la necesidad de comprender los patrones fenológicos para maximizar las Contribuciones de la Naturaleza en el bienestar de la comunidad universitaria.

**Palabras clave:** Fenología | *Ceiba speciosa* | *Koelreuteria paniculata* | Contribuciones de la Naturaleza a las Personas | servicios ecosistémicos

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La fenología es la ciencia que relaciona el clima, particularmente la temperatura y precipitación, con la secuencia regular de eventos biológicos de las especies vegetales, llamadas fenofases (Müller et al., 2013; Angulo y Fasabi, 2016; Calzada et al., 2021). Entre ellas, se pueden mencionar a la floración, fructificación, caída de flores, caída de frutos, la diseminación de semillas,

la brotación de nuevas hojas y la defoliación (Ochoa et al., 2006; Angulo y Fasabi, 2016). Dichas fenofases se encuentran condicionadas a los patrones climáticos que rigen cada zona de evaluación. Si bien, estos patrones requieren de largos plazos para su variación es importante notar que debido a las causas naturales como antrópicas estos se modifican exacerbadamente año tras año, desde el siglo XIX (Noormets, 2009; Parker et al., 2019; Weiskopf et al., 2020).

De esta manera, la fenología constituye una piedra angular que permite comprender la dinámica de los ecosistemas y el periodo de su evaluación depende del objetivo y sitio de estudio. En entornos urbanos, su estudio plantea un gran desafío debido a las actividades antrópicas. En consecuencia, las alteraciones climáticas, podrían ser más marcadas. En este contexto, la evaluación de la fenología de dos especies forestales presentes en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), *C. speciosa* y *K. paniculata*, se vuelve esencial especialmente considerando el entorno urbano en el que se encuentran. El enfoque de Contribuciones de la Naturaleza a las Personas (CNP's) (Martin et al., 2018; Cáceres y Tapella, 2022; Pinzón, 2022), es una herramienta para evaluar y comprender los servicios generados por la presencia de árboles, como *C. speciosa* y *K. paniculata*, en entornos urbanos. Estos servicios incluyen mejoras en el bienestar humano al regular la calidad del aire a través de la fotosíntesis; así como la evidencia científica que respalda la reducción del estrés y la mejora de la calidad de vida asociada a la presencia de áreas verdes, reducen la temperatura a través de la sombra, fomenta la biodiversidad proporcionando hábitats para aves, insectos y otras especies; con ello se asegura la polinización, la regulación del clima local y apoyo a la biodiversidad circundante (Noormets, 2009; Martin et al., 2018; Calzada et al., 2021; Pinzón, 2022). Asimismo, permite una planificación urbana y sostenible (Martin et al., 2018; Kockelkoren et al., 2019; Cáceres y Tapella, 2022; Pinzón, 2022). Aunque *C. speciosa* y *K. paniculata* son representativas de entornos urbanos a nivel mundial (Guo et al., 2019; Ghafari et al., 2020; Suárez, 2021) y han sido materia de investigación en estudios programas de manejo, arborización y sanidad (Orellana, 2014; Suárez, 2021). La fenología de ambas especies en entornos urbanos y su relación bajo este enfoque aún no han sido investigados.

Por lo tanto, este estudio busca contribuir con este vacío de información, a través de la recopilación sistemática de datos fenológicos en el periodo de evaluación, para la comprensión de la biología de estas especies en un contexto urbano y su contribución a los servicios ecosistémicos. Estos hallazgos tienen el potencial de influir en la gestión de áreas verdes, promoviendo la sostenibilidad en espacios urbanos y la conservación de la biodiversidad. Finalmente, se espera que estos resultados permitan una mejora en la toma de decisiones relacionadas con la planificación y conservación del campus universitario de la UNALM y otros espacios urbanos similares.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

La investigación se realizó en las áreas verdes del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado en el distrito de La Molina (Lima, Perú). Geográficamente se encuentra entre las coordenadas 12° 05' Latitud Sur y 76° 56' Longitud Oeste, a 251 m s.n.m. (Móstiga y Lozada, 2019). De acuerdo al Mapa Ecológico del Perú, el área de estudio se localiza en la zona de vida desierto desecado Subtropical (dd-S) (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, 1976).

### Condiciones climáticas

El Campus de la UNALM presenta una temperatura promedio anual de 20°C, una humedad relativa promedio anual de 81%, un total anual de horas de sol de 1707 horas y una precipitación total anual promedio de 12 mm (Castro-Muñoz et al., 2015).

## 3. METODOLOGÍA

### Cantidad y ubicación de individuos muestreados por especie

Se seleccionaron 10 individuos de *C. speciosa* y 10 individuos de *K. paniculata* ubicados en las áreas verdes del campus de la UNALM

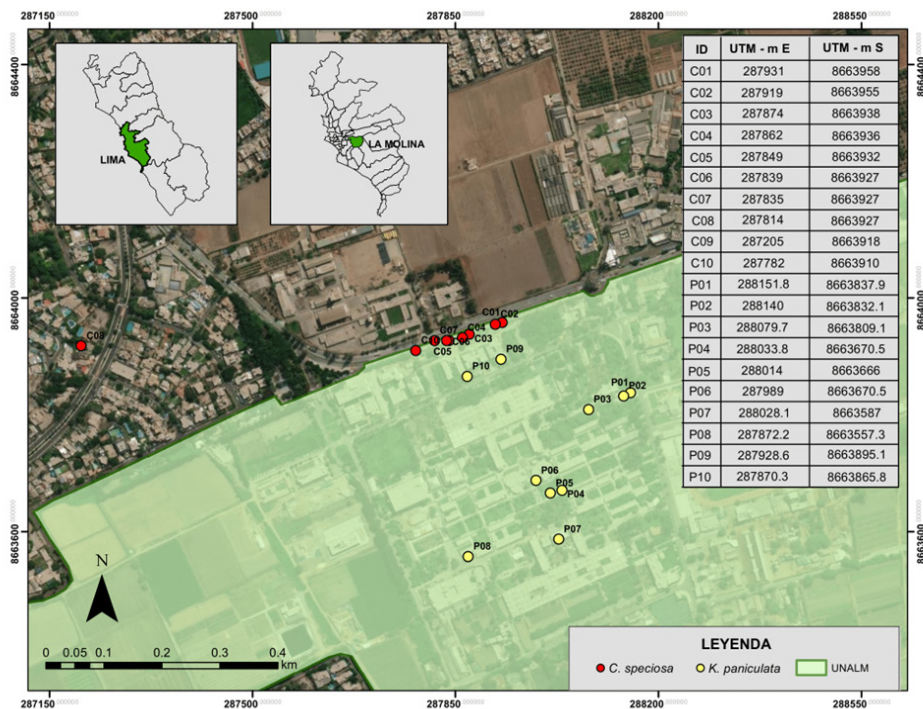
(Sector A). Basado en las recomendaciones de Villar et al. (2018), los individuos seleccionados se encontraron en buen estado fitosanitario y sexualmente reproductivo. Estas áreas, caracterizadas por condiciones climáticas particulares asociados a su ubicación costera, fueron seleccionadas para garantizar la representatividad y relevancia del estudio (Figura 1).

**Metodología empleada para la observación fenológica**

La evaluación fenológica de los individuos se llevó a cabo de manera semanal, abarcando tres periodos específicos: de mayo a agosto de 2022, de octubre a diciembre de 2022 y de abril a junio de 2023. Esta distribución temporal se ajustó a los periodos del semestre académico de la UNALM y a las condiciones óptimas de

muestreo, garantizando así una recopilación de datos coherente y representativa.

La Tabla 1 proporciona una clasificación detallada de las etapas fenológicas y las fenofases evaluadas en el marco de este estudio. Cada etapa fenológica se subdivide en fenofases específicas, con sus respectivos símbolos representativos. Estas categorías abarcan momentos clave en el ciclo de vida de los árboles, desde la floración hasta la foliación, y han sido diseñadas para registrar con exactitud las diversas etapas del desarrollo de las especies objeto de estudio. Esta clasificación, adaptada de Angulo y Fasabi (2016), establece una base estructurada para la observación y el registro sistemático de los eventos fenológicos, proporcionando así una herramienta valiosa para el análisis detallado de la respuesta



**Figura 1.** Ubicación de los 10 individuos de *C. speciosa* y 10 de *K. paniculata* Laxm. en el Campus de la UNALM. Fuente: Nuñez L., comunicación personal, 2023.

de las especies arbóreas a las condiciones ambientales específicas del campus de la UNALM.

**Tabla 1.** Etapas fenológicas y fenofases evaluadas

Etapa fenológica	Fenofase	Símbolo
1. Floración	Floración	F
	Caída de flores	Cf
1. Fructificación	Fructificación	F
	Caída de frutos	CF
	Diseminación	D
2. Foliación	Brotación de hojas	B
	Defoliación	d

Fuente: Modificado de Angulo y Fasabi (2016)

Para registrar las etapas fenológicas, se llevó a cabo la evaluación individual de cada fenofase en cada árbol de estudio. Para ello, se utilizó una escala rangos de cero a cuatro, conforme a las indicaciones de Venegas (1976), como se especifica en la Tabla 2. En esta propuesta, el valor 0 indica la ausencia de la fenofase y el valor 4 indica que la fenofase se encontraba en su punto máximo.

**Tabla 2.** Escala para la evaluación de las fenofases

Porcentaje de expresión de la fenofase	Escala de evaluación
Ausencia de la fenofase	0
De 1% a 25 %	1
De 26 % a 50 %	2
De 51 % a 75 %	3
De 76 % a 100 %	4

Fuente: Venegas (1976)

Para la evaluación fenológica se observó el porcentaje de expresión de la fenofase en el árbol, según la escala (Tabla 2). Finalmente, este valor fue registrado.

### Metodología utilizada para el tratamiento de datos fenológicos

La metodología propuesta implica la conversión de escalas de evaluación a porcentaje de expresión de la fenofase (Tabla 2), lo cual permitió una representación

cuantitativa de los patrones fenológicos. Posteriormente, utilizando los resultados de la conversión de los 10 individuos por especie, se procedió a calcular el valor de la moda mensual de cada fenofase.

Adicionalmente, se consideraron en el estudio dos variables climáticas clave, el promedio mensual de la temperatura y humedad relativa, utilizando la data histórica registrada por la Estación Meteorológica de Von Humboldt (UNALM), información validada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Las gráficas proporcionaron una representación visual precisa de la relación entre las fenofases y las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa), facilitando una comprensión detallada de los patrones fenológicos de *C. speciosa* y *K. paniculata* en el campus de la UNALM.

Las fenofases se evaluaron en términos de expresión porcentual empleando una escala similar a Likert. Para investigar las relaciones entre las fases fenológicas y condiciones de temperatura (°C) y humedad relativa ambiental (%), se aplicó un análisis de correlación de Spearman, adecuado para datos con distribución no normal. Los valores de coeficientes de correlación de Spearman se clasificaron de acuerdo a Martínez et al. (2009) en 4 categorías: i) Escasa o nula: 0-0,25; ii) débil: 0,26-0,50; iii) entre moderada y fuerte: 0,51-0,75 y iv) entre fuerte y perfecta: 0,76-1,00.

Se analizaron la dirección y grado de asociación mediante los coeficientes de correlación a un nivel de significancia de 0.05 (p-valor<0.05).

El análisis de correlación se ejecutó en el programa R 4.2.2. Se usaron los paquetes Corrplot y Corrr para la elaboración de las matrices de correlación y gráfico de redes, respectivamente. Para la visualización de

series de tiempo de las fenofases y de las variables ambientales, se empleó el software Origin-Pro 2024.

### Metodología para la Identificación de Contribuciones de la Naturaleza a las Personas CNP's (Nature's Contributions to People -NCP)

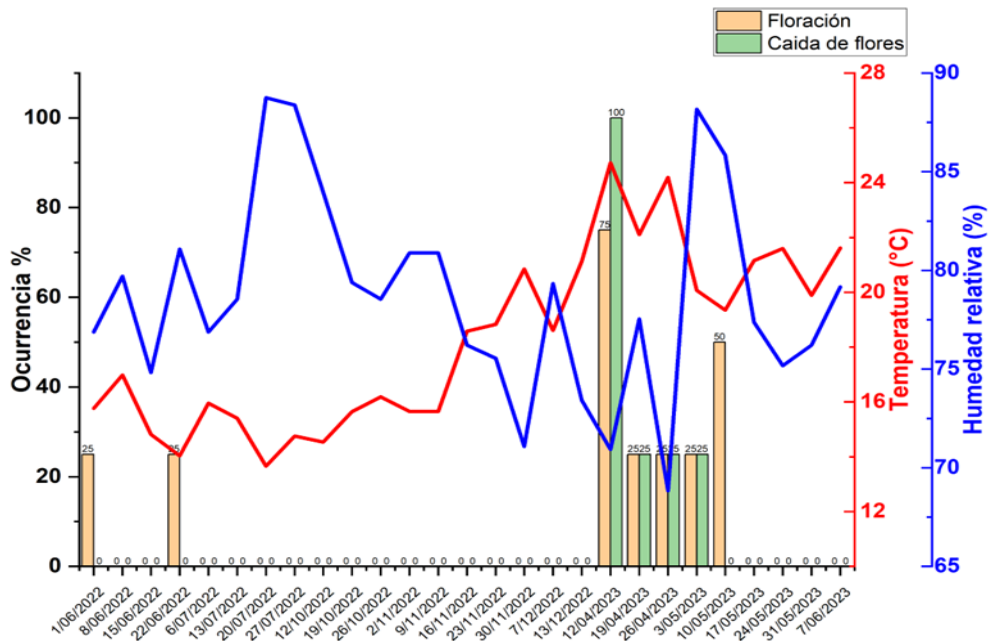
La metodología consistió en identificar las potenciales Contribuciones de la Naturaleza (en inglés nominada como Nature's Contributions to People -NCP) en relación a las expresiones fenológicas evaluadas en el estudio que impactan en la calidad de vida de la comunidad universitaria del campus de la UNALM. Para identificar las potenciales contribuciones de la naturaleza, se aplicaron las categorías definidas en el marco conceptual de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES) (Martin et al., 2018). Estas categorías son: contribuciones

materiales, que incluyen ejemplos como la provisión de alimentos, agua y materiales de construcción; contribuciones no materiales, que abarcan aspectos como el valor estético, cultural y espiritual proporcionado por la naturaleza; y regulación, que engloba funciones como la regulación del clima, la purificación del aire y el control de inundaciones.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Floración de *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna

En *C. speciosa*, los resultados de floración no se manifestaron de manera constante durante todo el periodo evaluado. Para el año 2023, la floración y la caída de flores ocurrieron en el mes de abril a una temperatura y humedad relativa promedio de 24°C y 73% respectivamente (Figura 2). Asimismo, se evidencia la ausencia de floración en el mes de junio del 2023. Si bien, este hecho



**Figura 2.** Observación de floración y caída de flores de *C. speciosa* durante el periodo de junio 2022 a junio 2023, considerando la temperatura y humedad relativa de la data meteorológica del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la UNALM.

coincide con lo registrado por Lozano y Zapater (2018), que constataron que la floración de la *C. speciosa* ocurre de enero a mayo en el hemisferio sur, cabe destacar que en el mismo mes del año anterior la ocurrencia de la floración se manifestó en un 25%. La ausencia de floración en junio del 2023, coincide con un incremento de temperatura y una reducción en el porcentaje de humedad relativa entre año y año. Esta situación puede deberse a una respuesta fisiológica de la especie frente al estrés térmico que podría afectar su crecimiento y desarrollo. Como señalaron Jarma et al. (2012), en estudios previos, diversas especies vegetales frente a la exposición a altas temperaturas presentaron perjuicios ante la tasa fotosintética, la respiración, sus relaciones hídricas, su composición hormonal y de metabolitos secundarios. Esto podría afectar la formación de flores y, como consecuencia, poner en riesgo la capacidad reproductiva de la especie. Esto, no solo afecta su ciclo de vida, sino adicionalmente podría comprometer los servicios ecosistémicos asociados. En este sentido, los servicios ecosistémicos potenciales de *C. speciosa* de regulación que se identificaron bajo el enfoque de Contribución de la Naturaleza a las Personas CNP's, fueron: la polinización y mantenimiento del hábitat de polinizadores; como algunas mariposas diurnas (Gómez y Gamboa, 2022).

Debido a la diversidad de la morfología floral del género *Ceiba* (Malvaceae), las especies de *Ceiba* son polinizadas por varias especies de murciélagos, mariposas, abejas y colibríes (Gibbs y Semir, 2003). Además de sus beneficios ambientales, las flores del género *Ceiba* rinden un valioso aporte no material al entorno urbano. Dado a que sus flores adornan el paisaje de blanco y rosa y brindan una experiencia visual estética. Por lo cual, las especies de *Ceiba* son valiosas y multifacéticas en el contexto urbano debido a esta combinación única de servicios de regulación, materiales y no materiales,

destacando la interconexión entre la naturaleza y el bienestar humano.

### **Fructificación de *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna**

La ausencia de fases reproductivas (fructificación, caída de frutos y diseminación de las semillas) en *C. speciosa* durante el periodo de evaluación sugiere la posible influencia de la temperatura, humedad, la presencia de otras fenofases en actividad y otros factores adversos (edad de la planta, su estado sanitario, condiciones climáticas, polinización, factores genéticos, entre otros). Höfiling et al. (2017) constataron que la maduración de los frutos alcanzó su máxima expresión entre los meses de agosto a septiembre cuando la planta se encontraba en estado de defoliación.

Según Duval et al. (2018), la fructificación de *C. speciosa* tiene lugar desde finales de mayo hasta mediados de septiembre, alcanzando su máxima madurez entre septiembre y diciembre. Por ejemplo, se pueden considerar las condiciones climáticas, como posibles cambios de temperatura como los observados entre el año 2022 y 2023. Asimismo, se debe tener en cuenta que varios individuos evaluados de *C. speciosa* se encuentran expuestos a fuertes vientos por ubicarse como parte de la alameda universitaria, bordeando el campus (Potes, 2010; Duval et al., 2020).

Otro punto por considerar en la maduración de flores a frutos es la falta de polinizadores al momento de la floración, debido a las condiciones ambientales desfavorables. Lo cual, estaría ligado a un cambio en las fechas de migración de ciertas aves, por un cambio brusco en la temperatura, humedad, viento y otros factores meteorológicos (Cano y Cano, 2021; Triviño et al., 2022). Adicionalmente, se deben incluir los factores genéticos y estado sanitario del árbol en sí (posibles enfermedades) y la composición del suelo como sustrato para

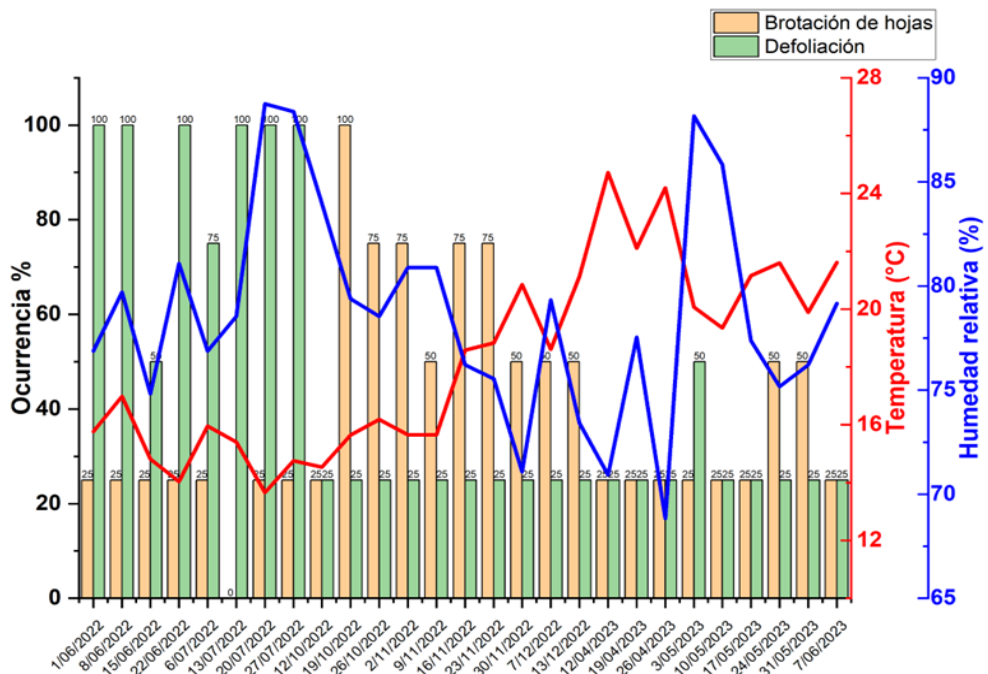
detectar posibles deficiencias nutricionales (Morales, 2019; Hernández et al., 2022). Por lo tanto, al no ocurrir la fructificación, las fenofases de caída de frutos y diseminación de las semillas contenidas en el fruto no se desarrollan.

En este contexto, se evidencia la vulnerabilidad de las CNP's de valor material como: (1) disponibilidad de alimento para la fauna del entorno (Takano y Castro, 2007; Castillo et al., 2014), (2) elaboración de carbón activado a partir del fruto de *C. speciosa* (Franco et al., 2021), (3) aprovechamiento de sus propiedades medicinales de las semillas contenidas en el fruto (Rosselli et al., 2020). También, las CNP's de valor no material, por ejemplo, las características estéticas de sus frutos y flores, por lo que esta especie es utilizada de manera tradicional en la arboricultura

urbana (Orellana, 2014; Höfling et al. 2017; Del Valle, 2018).

### Foliación de *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna

En el transcurso del año 2022 (Figura 3), se observó una notable brotación de hojas en *C. speciosa*, destacando especialmente los meses de octubre y noviembre, con un 75% de expresión, seguido por diciembre con un 50%. La defoliación alcanzó su punto máximo los meses de junio y julio, sugiriendo una posible estrategia de la planta para conservar energía y, más adelante, dirigirla hacia el proceso de brotación de hojas. Es importante considerar que *C. speciosa* es una especie introducida, lo que probablemente haya llevado al desarrollo de adaptaciones fisiológicas para enfrentar el estrés hídrico.



**Figura 3.** Observación de brotación de hojas y defoliación de *C. speciosa* durante el periodo de junio 2022 a junio 2023, considerando la temperatura y humedad relativa de la data meteorológica del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la UNALM.



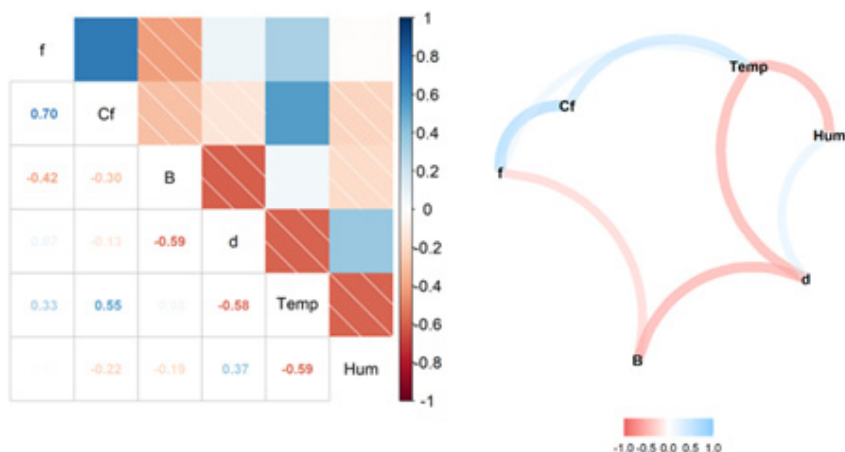
La máxima expresión de brotación de hojas, observada principalmente en los meses de octubre y noviembre, parece estar estrechamente vinculada al aumento de temperatura, que oscila entre 14°C y 17°C. Este fenómeno sugiere ser una estrategia adaptativa de la planta para aprovechar de manera óptima las condiciones beneficiosas de su entorno. En contraste, se registra una disminución en los valores de humedad relativa, descendiendo del 81% al 76% durante el mismo periodo evaluado en 2022.

En el lapso evaluado en 2023 (abril a junio), se constató que la brotación de hojas y la defoliación se mantuvieron consistentemente en un nivel fenológico del 25%. Durante estos mismos periodos, la temperatura experimentó un descenso, pasando de 24.1 a 19°C, mientras que la humedad relativa aumentó de 73% a 79%.

Algunas CNP's de naturaleza regulatoria identificado en la expresión fenológica son: (1) fotosíntesis que asegura la calidad del aire, (2) ciclo de nutrientes y (3) el secuestro de carbono (Martin et al., 2018; Duval et al., 2020; Ghafari et al., 2020; Pinzón, 2022).

### Correlación entre fenofases y variables climáticas de *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna

Los resultados de la investigación revelan diversas asociaciones entre fenómenos fenológicos y variables climáticas (Figura 4); como lo describen en estudios anteriores de Jarma et al. (2012) y Numata et al. (2022). En primer lugar, se observa una asociación fuerte, positiva y altamente significativa ( $p$ -valor<0,001) entre la floración y la caída de flores, mientras que se identifica una relación débil, negativa y significativa ( $p$ -valor<0,05) entre la floración y la brotación. Además, la caída de flores exhibe una asociación moderada, positiva y significativa ( $p$ -valor<0,05) con la temperatura. Por último, la defoliación presenta dos asociaciones relevantes: una moderadamente alta, negativa y significativa ( $p$ -valor<0,05) con la brotación, y otra moderadamente alta, negativa y significativa ( $p$ -valor<0,05) con la temperatura. Estos hallazgos subrayan la complejidad de las interacciones entre los eventos fenológicos y las condiciones climáticas.



**Figura 4.** Análisis de correlación de Spearman en *C. speciosa*. Matriz de correlación de Spearman (izquierda) y gráfico de redes (derecha): Donde f: floración; Cf: Caída de flores; B: Brotación de hojas; d: Defoliación; Temp: Temperatura; Hum: Humedad

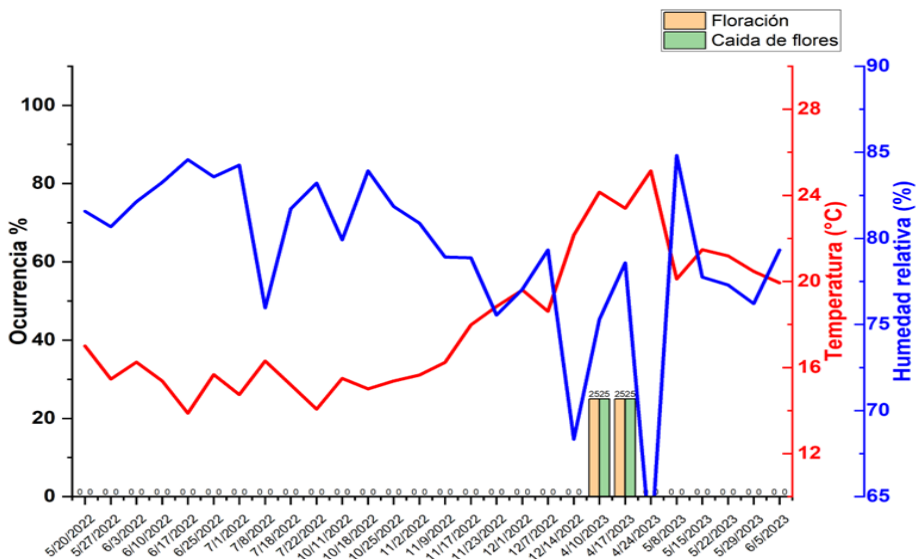
### Floración de *Koelreuteria Paniculata* Lxm.

La floración en *K. paniculata* (Figura 5) exhibe un nivel bajo de expresión (25%), indicando que la fenofase se encuentra en sus etapas iniciales, y aún se espera un desarrollo significativo o una manifestación más completa. Específicamente, esta expresión se observó en abril de 2023, lo cual contrasta con los hallazgos de Junior y Da Silva (2016), quienes documentaron que la floración en Brasil ocurre durante el verano (diciembre – marzo), lo que indica que puede presentar variaciones de expresión fenológica según la ubicación geográfica. Guillot (2012) destaca que la floración de *K. paniculata* en España ocurre de junio a agosto, meses que corresponden al periodo de verano en esta región. Es importante considerar que la posición del hemisferio norte tiene impacto en los patrones fenológicos.

Brown (2017) destacan que *K. paniculata* se ve influenciada por un mayor fotoperiodo,

lo que implica que su floración se ve limitada en condiciones de sombra. Esta información resalta la importancia de factores ambientales, además de la ubicación geográfica, en el proceso de floración de esta especie.

La caída de flores ocurre en el mismo periodo que la floración (abril 2023), mostrando un bajo nivel de expresión fenológica (25%). Este fenómeno se correlaciona con la temperatura máxima (24,1 °C) y la humedad relativa mínima (73%), durante todo el periodo evaluado (Figura 5). La limitada ocurrencia de floración durante la mayor parte del estudio puede estar asociado a una serie de factores bióticos como abióticos; por ejemplo, condiciones climáticas no favorables para propiciar la inducción floral o que la planta esté destinando su energía a otras fases de su ciclo de vida, como la fructificación (Noormets, 2009; Ghafari et al., 2020). Para determinar las principales razones clave se requieren estudios



**Figura 5.** Observación de floración y caída de flores de *K. paniculata* Lxm. durante el periodo de mayo 2022 a junio 2023, considerando la temperatura y humedad relativa de la data meteorológica del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la UNALM

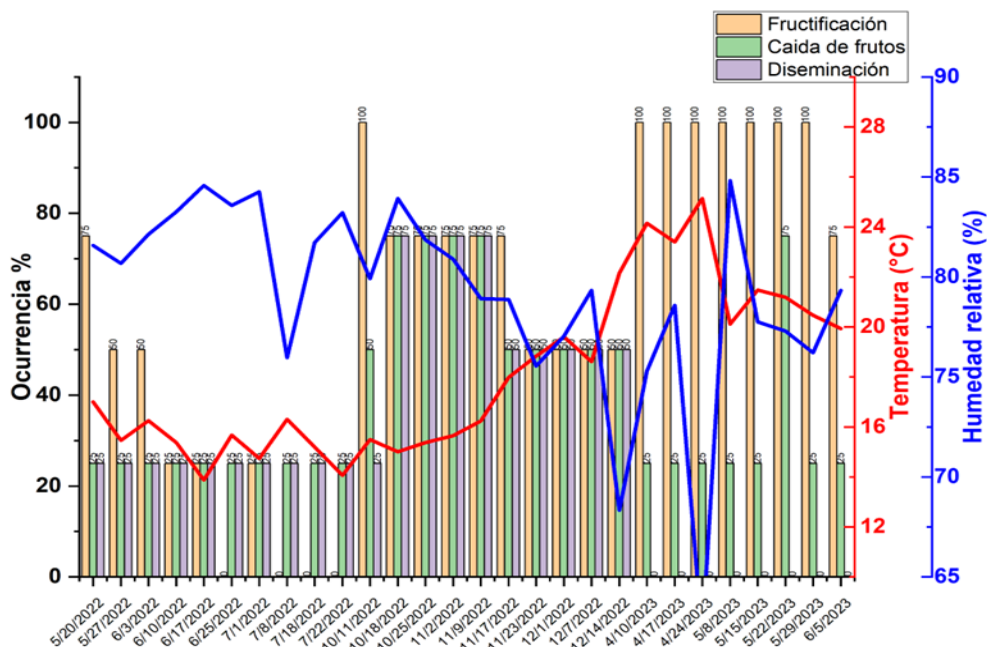
adicionales. Estos podrían incluir un análisis detallado de la cantidad de energía que la planta está dedicando a la fructificación y a otras etapas de su ciclo de vida.

Considerando estas condiciones, se identificaron bajo el enfoque CNP's, el aporte potencial de índole material al uso de sus semillas para la elaboración de trabajos artesanales (collares, aretes, bisutería en general) (Morales et al., 2000; Junior y Da Silva, 2016). También, el servicio de regulación a la polinización y el mantenimiento de hábitat para sus polinizadores. Además, *K. paniculata* brinda servicios no materiales, dado su uso paisajístico y ornamental en entornos urbanos (Guilot, 2012; Junior y Da Silva, 2016).

### Fructificación de *Koelreuteria paniculata* Laxm.

Durante el periodo de evaluación del 2022, la fructificación de *K. paniculata* Laxm (Figura 6). presentó su expresión más alta en los meses de mayo, octubre y noviembre; llegando a un porcentaje de ocurrencia del 75%. Los resultados indican una tendencia estable en la producción de frutos durante el año 2022. Del mismo modo, Junior y Da Silva (2016) constataron que el fruto de *K. paniculata* permanece en el árbol durante mucho tiempo.

La fructificación en esta especie se relaciona a las condiciones climáticas favorables como valores de temperatura moderada que ocurren en el rango de 15°C y 18°C. Siendo los valores de humedad relativa que van desde 78% a 81%.



**Figura 6.** Observación de fructificación, caída de frutos y diseminación de *K. paniculata* Laxm. durante el periodo de mayo 2022 a junio 2023, considerando la temperatura y humedad relativa de la data meteorológica del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt

Para el año 2023 las condiciones de expresión de esta fenofase alcanzaron valores del 100% de ocurrencia durante los meses de abril y mayo. Este aumento significativo podría estar asociado al aumento en los rangos de temperatura, debido a que en mayo 2023 la temperatura alcanzó 21°C; y en contraste en mayo 2022 la temperatura fue de 17°C. En el mismo periodo evaluado, la humedad relativa para el año 2022 y 2023 no presentó una tendencia marcada en relación a la etapa fenológica de fructificación. Los patrones de tendencia de ocurrencia de fructificación no fueron constantes en los periodos evaluados.

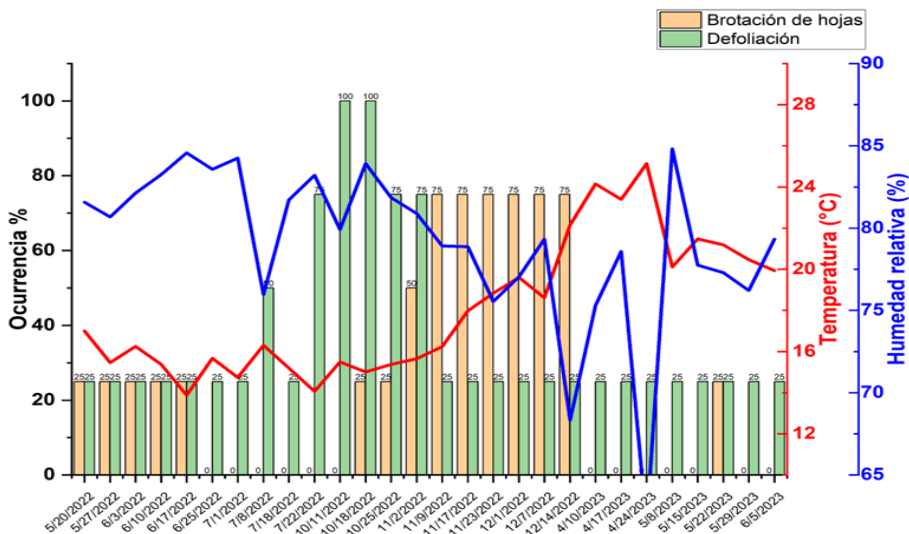
Adicionalmente, la mayor ocurrencia de caída de frutos y diseminación de semillas de *K. paniculata* se presentaron en los meses de octubre y noviembre del 2022. Las observaciones de fructificación en esta especie resultan alentadoras considerando el enfoque de CNP's. De esta manera se permite asegurar la disponibilidad de alimento para la fauna asociada a esta especie. Además,

se permitirá continuar con el proceso de zoocoria asegurando la diseminación de semillas. Asimismo, se puede mencionar al aporte material de *K. paniculata* pues según Ljubojević et al. (2021), se evidenció la idoneidad de sus semillas en la producción de biodiesel. Adicionalmente, Wang et al., (2020) constató sus propiedades en la industria médica, química y alimentaria.

### Foliación de *Koelreuteria paniculata* Laxm.

La defoliación de *K. paniculata* prevalece de manera constante, ocurriendo continuamente desde mayo de 2022 hasta junio de 2023, con un pico máximo en octubre 2022, alcanzando el 100% de expresión (Figura 7). En este mes, los valores de temperatura y humedad son de 16.5°C y cercanos a 80%, respectivamente.

La brotación de hojas alcanzó los valores más altos de expresión en noviembre y diciembre de 2022; posteriormente una ausencia de



**Figura 7.** Observación de brotación de hojas y defoliación de *K. paniculata* Laxm. durante el periodo de mayo 2022 a junio 2023, considerando la temperatura y humedad relativa de la data meteorológica del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la UNALM

esta fenofase y un proceso de defoliación. Este patrón de comportamiento refleja una estrategia de la especie para aprovechar las condiciones ideales de su entorno, ya que la brotación de hojas es un proceso que implica un gasto energético y se manifiesta cuando la planta optimiza sus recursos, preparándose así para la temporada de crecimiento. Durante el periodo evaluado de 2023, se observa la ausencia de brotación de hojas. Este fenómeno se destaca por un contraste notable en la variación de temperatura, siendo alrededor de 17°C durante mayo de 2022 y registrando aproximadamente 21°C para mayo de 2023.

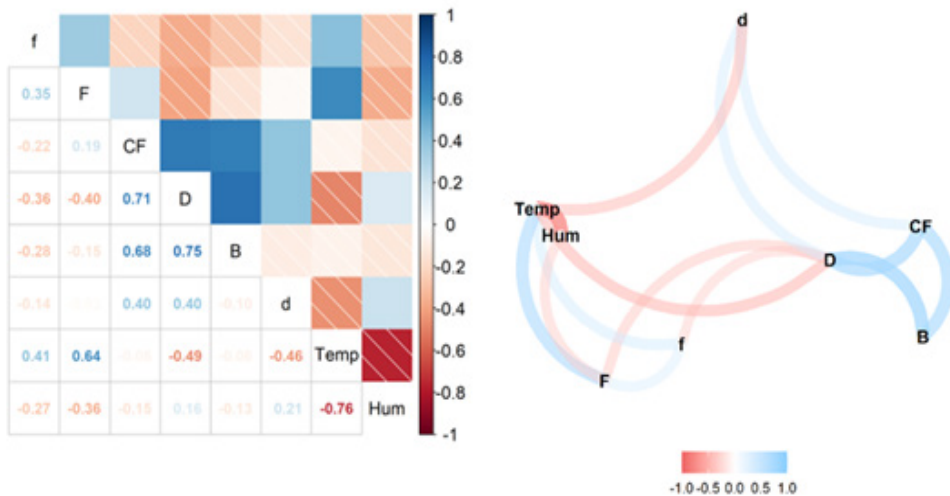
Adicionalmente, es relevante considerar la información proporcionada por Brown (2017), quien señala que *K. paniculata* no responde de manera favorable a podas intensas de las ramas principales. Por tanto, la ausencia de la fase fenológica de brotación de hojas nos brinda información valiosa que debe tenerse en cuenta en los distintos tratamientos silviculturales aplicados a esta especie. En cuanto a los niveles de humedad

relativa, se observa una constancia en el 79% tanto para el 2022 como para el 2023.

La expresión de estas fenofases en el estudio resalta ciertas Contribuciones de la Naturaleza a las Personas (CNP), entre las cuales se destaca la capacidad de regulación térmica del entorno por parte de *K. paniculata*. Este aspecto contribuye a la creación de entornos urbanos más frescos, mejorando así el confort (Martin et al., 2018; Pinzón, 2022). Además, se evidencia otro beneficio tangible proporcionado por *K. paniculata*, previamente destacado por Andonova et al. (2020), quienes demostraron la presencia de aceites esenciales en los componentes de la parte aérea de la especie, con aplicaciones útiles en las industrias de alimentos, cosméticos y farmacéuticos.

### Correlación entre fenofases y variables climáticas de *K. paniculata* Laxm.

Los resultados de *K. paniculata* muestran distintas asociaciones entre los eventos fenológicos y las variables climáticas (Figura 8). Se observa una asociación débil,

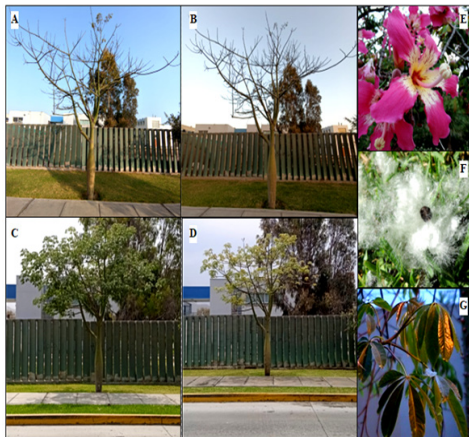


**Figura 8.** Análisis de correlación de Spearman en *K. paniculata*. Matriz de correlación de Spearman (izquierda) y gráfico de redes (derecha): Donde f: floración; Cf: Caída de flores; B: Brotación de hojas; d: Defoliación; Temp: Temperatura; Hum: Humedad.

positiva y significativa entre la floración y la temperatura. En cuanto a la fructificación, se identifica una asociación débil, negativa y significativa con la diseminación, y una asociación moderadamente fuerte, positiva y significativa con la temperatura. Por otro lado, la caída de frutos presenta una asociación fuerte, positiva y significativa con la diseminación; moderadamente fuerte, positiva y significativa con la brotación de hojas; y débil, positiva y significativa con la defoliación. Respecto a la diseminación, se registra una asociación fuerte, positiva y significativa con la brotación de hojas; débil, positiva y significativa con la defoliación; y moderada, negativa y significativa con la temperatura. Finalmente, la defoliación exhibe una asociación débil, negativa y significativa con la temperatura. Estos hallazgos resaltan la compleja relación entre los eventos fenológicos y las condiciones climáticas.

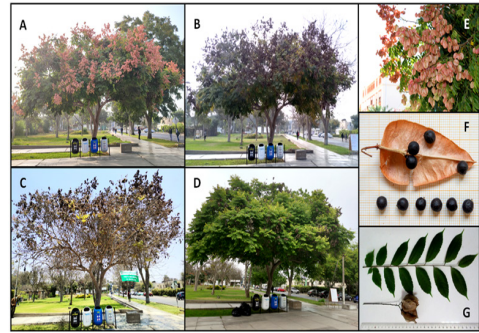
### Registro fotográfico fenológico por especie durante el periodo de evaluación

#### *C. speciosa*



**Figura 9.** Registro fotográfico de *C. speciosa* (Árbol 4). (A) Junio 2022; (B) Julio 2022; (C) Octubre 2022; (D) Diciembre de 2022; (E) Inflorescencia de *C. speciosa* (Plantas y hongos, 2020); (F) Fruto de *C. speciosa* (Plantas y hongos, 2020); (G) Hoja de *C. speciosa* (Plantas y hongos, 2020)

#### *K. paniculata* Laxm.



**Figura 10.** Registro fotográfico de *K. paniculata* (Árbol 1). (A) Mayo 2022; (B) Julio 2022; (C) Octubre 2022; (D) Diciembre 2022; (E) Inflorescencia de *K. paniculata* (Federación Unión Cerdeña, 2020); (F) Fruto de *K. paniculata* (Florandalucía, 2022); (G) Hoja de *K. paniculata* (Ayuntamiento de Jerez, 2021)

### 5. CONCLUSIONES

El estudio fenológico de *Ceiba speciosa* y *Koelreuteria paniculata* en el campus de la UNALM revela la complejidad de las interacciones entre eventos fenológicos y variables climáticas. La limitada floración de *C. speciosa*, junto con la ausencia de fructificación en el periodo evaluado, resalta la vulnerabilidad de esta especie ante el estrés térmico y la falta de polinizadores. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar diversos factores en la conservación y gestión de especies forestales urbanas, especialmente aquellas que proporcionan servicios ecosistémicos. Por otra parte, si bien *K. paniculata* presentó expresiones fenológicas menores a 50%, su fructificación fue constante en el periodo de evaluación. Esto sugiere una relativa adaptabilidad de la especie a su entorno urbano. Sin embargo, la compleja relación entre fenofases y variables climáticas resalta la necesidad de estudios adicionales para comprender completamente estos patrones. En general, estos resultados destacan que las fenofases están asociadas a las

variables ambientales como la temperatura y la humedad ambiental y a los servicios ecosistémicos materiales y no materiales. Además, la importancia del estudio de las expresiones fenológicas de estas especies en entornos urbanos subraya su papel en la provisión de servicios ecosistémicos para la comunidad universitaria, destacando la necesidad de seguir investigando en esta área para una mejor comprensión y gestión de los recursos forestales en contextos urbanos.

### Agradecimientos

Agradecemos a Andrea Ramos Huapaya y Carlos Perales Vargas por el apoyo en la toma de datos y por la formación a los estudiantes del curso de práctica de Elementos de Silvicultura de la Universidad Nacional Agraria La Molina. A Stephani Vílchez Ybarra por su gran colaboración en la data meteorológica y a Luis Nuñez Roldan por su tiempo y apoyo en la cartografía del estudio. Y una mención especial a los estudiantes del curso de Elementos de Silvicultura 2022-I y 2022-II y 2023-I y a la Técnica del Laboratorio Margot Barzola Yanqui por su entrega y dedicación profesional.

### Conflictos de intereses

Los autores firmantes del presente trabajo de investigación declaran no tener ningún potencial conflicto de interés personal o económico con otras personas u organizaciones que puedan influir indebidamente con el presente manuscrito.

### Contribuciones de los autores

SST, GMA, JR, JC. La concepción y diseño del estudio, adquisición de datos, análisis e interpretación de datos,

SST, GMA, JR, JC. Redactar el artículo y revisarlo críticamente para contenido intelectual importante,

SST, GMA, JR, JC. Aprobación definitiva de la versión a presentar,

## 6. REFERENCIAS

- Andonova, T., Dimitrova-Dyulgerova, I., Slavov, I., Muhovski, Y., & Stoyanova, A. (2020). A comparative study of *Koelreuteria paniculata* Laxm. Aerial parts essential oil composition. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(6), 1363–1370. doi:10.1080/0972060x.2020.1853610
- Angulo, W., & Fasabi, H. (2016). Fenología de 10 Especies Forestales para determinar la influencia del Cambio Climático por Efecto del Calentamiento Global. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/49>
- Ayuntamiento de Jerez. (18 de mayo de 2021). Jabonero de la China (*Koelreuteria paniculata*). <https://www.zoobotanicojerez.com/coleccion-botanica/relacion-de-arboles-y-palmeras/jabonero-de-la-china-koelreuteria-paniculata>
- Brown, G. (2017). *Essential Pruning Techniques. Trees, shrubs and conifers.* Timber Press
- Cáceres, D., & Tapella, E. (2022). Ecosistemas y beneficios ecosistémicos. ¿Qué valoran y qué estrategias de apropiación utilizan los productores agropecuarios? *Ecología Austral*, 32(2), 378-394. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.2.0.1764>
- Calzada Valencia, A., Angulo Cabezas, K., Yela Lara, S., & Ordoñez Jurado, H. (2021). Estudio fenológico de las especies forestales *Cedrela odorata* L (Meliaceae) y *Cordia Alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (Boraginaceae) en el municipio de Tumaco, Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 17(2), 55-70. <https://doi.org/10.18359/rfcb.5606>
- Cano Barbacil, C., & Cano Sánchez, Javier. (2021). Efectos del cambio

- climático sobre las aves. *Divulgameteo*, 263-271.
- Castillo Palacios, L., Castañeda Córdova, L., & Quinteros Carlos, Z. (2014). Aves del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima-Perú) - una revisión de su abundancia, distribución y diversidad entre 1992 al 2010. *Ecología Aplicada*, 13(1-2), 117.
  - Castro-Muñoz, R., Castro-Cepero, V., & Ceroni-Stuva, A. (2015). FENOLOGÍA DE *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. EN UN JARDÍN BOTÁNICO URBANO DE LIMA, PERÚ. *Ecología Aplicada*, 14(1-2), 201. <https://doi.org/10.21704/rea.v14i1-2.96>
  - Del Valle, María. (2018). La familia Malvaceae en la flora Ornamental de Sevilla. Universidad de Sevilla.
  - Duval, V., Benedetti, G., & Baudis, K. (2020). El impacto del arbolado de alineación en el microclima urbano. Bahía Blanca, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, 73, 171. <https://doi.org/10.14198/INGEO2020.DBB>
  - Federación Unión Cerdeña. (29 de septiembre de 2020). Los Jaboneros de la China de la Plaza Mayor de La Verdellada están en plena floración. [http://www.laverdellada.com/2010/10/noticias\\_30.html](http://www.laverdellada.com/2010/10/noticias_30.html)
  - Florandalucía. (16 de mayo de 2022). *Koelreuteria paniculata* Laxm. <https://www.florandalucia.es/index.php/koelreuteria-paniculata>
  - Franco, D., Georjgin, J., Netto, M., Allasia, D., Oliveira, M., Foletto, E., & Dotto, G. (2021). Highly effective adsorption of synthetic phenol effluent by a novel activated carbon prepared from fruit wastes of the *Ceiba speciosa* forest species. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 105927. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105927>
  - Ghafari, S., Kaviani, B., Sedaghatthoor, S., & Allahyari, M. S. (2020). Ecological potentials of trees, shrubs and hedge species for urban green spaces by multi criteria decision making. *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 126824. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126824>
  - Gibbs, P., & Semir, J. (2003). A taxonomic revision of the genus *Ceiba* Mill. (Bombacaceae). *Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 60(2), 259-300. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2002.v60.i2.92>
  - Gómez Maqueo, X., & Gamboa Debuen, A. (2022). The Biology of the Genus *Ceiba*, a Potential Source for Sustainable Production of Natural Fiber. *Plants*, 11(4), 521. <https://doi.org/10.3390/plants11040521>
  - Guillot, D. (2012). Flora ornamental española: aspectos históricos y principales especies. *Jolube*
  - Guo, L.-N., Zhao, R.-L., Ren, A.-H., Niu, L.-X., & Zhang, Y.-L. (2019). Stress Recovery of Campus Street Trees as Visual Stimuli on Graduate Students in Autumn. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 148. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010148>
  - Hernández Álvarez, E., Gallegos Rodríguez, A., Guzmán Paredes, C. M., Rodríguez Ramírez, C. G., & Hernández Tovar, M. A. (2022). Diagnóstico ecológico y fitosanitario de un parque urbano del área metropolitana de Guadalajara, México. *e-CUCBA*, 9(18), 114-122. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi18.247>
  - Höfling, E., Kraus, J., Rodrigues, M., & Sampaio, M. (2017). Fauna e flora no campus. Universidade de São Paulo
  - Jarma Orozco, A., Cardona Ayala, C., & Araméndiz Tatis, H. (2012). Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad &*



- Divulgación Científica, 15(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v15.n1.2012.803>
- Junior, R., & Da Silva, A. (2016). Superação de dormência em sementes de *Koelreuteria paniculata* LAXM. *Enciclopédia Biosfera*, 13(23), 1283-1290. [https://doi.org/10.18677/Enciclopedia\\_Biosfera\\_2016\\_113](https://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_113)
  - Kockelkoren, R., Restrepo Calle, S., & Bermudez Urdaneta, M. (2019). Conservar para seguir produciendo: Mapeo participativo de los múltiples valores de las contribuciones de la naturaleza a las personas en Suse - Aquitania, Boyacá - Colombia [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.44853>
  - Ljubojević, M., Tomić, M., Simikić, M., Savin, L., Narandžić, T., Pušić, M., Grubač, M., Srđan Vejnović, & Marinković, M. (2021). *Koelreuteria paniculata* invasiveness, yielding capacity and harvest date influence on biodiesel feedstock properties. *Journal of Environmental Management*, 295, 113102. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113102>
  - Lozano, E., & Zapater, M. A. (2018). Delimitación taxonómica de *Ceiba chodatii* y *C. speciosa* (Malvaceae, Bombacoideae) en diferentes estadios fenológicos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 53(2), 295-306. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v53.n2.20585>
  - Martin-López, B., Church, A., Başak Dessane, E., Berry, P., Chenu, C., Christie, M., Gerino, M., Keune, H., Oteros-Rozas, E., Paillard, S., Rossberg, A. G., Schröter, M., van Oudenhoven, A. P. E., & Osipova, E. (2018). Nature's contributions to people and quality of life. In M. Rounsevell, M. Fischer, A. Torre-Marín Rando, & A. Mader (Eds.), *The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia* (pp. 57-185). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
  - Martínez Ortega, R., Tuya Pendás, L., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & Cánovas, A. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2).
  - Morales, M. (2019). Aplicación de carbohidratos para mejorar la vitalidad de árboles de Jacaranda mimosifolia D. en áreas urbanas de Texcoco de Mora. *Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas*. <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.75.454>
  - Müller, J., Coimbra, M., Cunha, C., Da Silva, T., & Silva, A. (2013). Fenología reproductiva de especies arbóreas em área fragmentada de Mata Atlântica em Itaboraí, RJ. *Revista Pesquisa Florestal Brasileira*, 33(75), 243-252. <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.75.454>
  - Noormets, A. (Ed.). (2009). *Phenology of Ecosystem Processes*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0026-5>
  - Numata, S., Yamaguchi, K., Shimizu, M., Sakurai, G., Morimoto, A., Alias, N., Noor Azman, N. Z., Hosaka, T., & Satake, A. (2022). Impacts of climate change on reproductive phenology in tropical rainforests of Southeast Asia. *Communications Biology*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03245-8>
  - Ochoa Gaona, S., Pérez Hernández, I., & De Jong, B. (2006). Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i2.5615>
  - Orellana Asenjo G. (2014). Prospección y evaluación de síntomas y signos de enfermedades en especies forestales del campus de la Universidad Nacional

- Agraria La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. (1976). Mapa Ecológico del Perú, guía explicativa.
  - Parker, L., Bourgoin, C., Martinez-Valle, A., & Läderach, P. (2019). Vulnerability of the agricultural sector to climate change: The development of a pan-tropical Climate Risk Vulnerability Assessment to inform sub-national decision making. *PLOS ONE*, 14(3), e0213641. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213641>
  - Pinzón Gaitán, L. (2022). Evaluación de las Contribuciones de la Naturaleza a las Personas (CNP's), de los Parques Metropolitanos de Bogotá según factores sociodemográficos. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstreams/79a64962-53b8-4602-a548-bd32ff69f489/download>
  - Plantas y hongos (16 de junio de 2020). *Chorisia speciosa* St. Hill. -[https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Ceiba\\_speciosa.htm](https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Ceiba_speciosa.htm)
  - Potes, L.R. (2010). Efectos de los árboles sobre el viento en el medio urbano. *Revista Módulo*, 9 (1), 131 -144
  - Rosselli, S., Tundis, R., Bruno, M., Leporini, M., Falco, T., Gagliano Candela, R., Badalamenti, N., & Loizzo, M. R. (2020). *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Seeds Oil: Fatty Acids Profiling by GC-MS and NMR and Bioactivity. *Molecules*, 25(5), 1037. <https://doi.org/10.3390/molecules25051037>
  - Suárez, E. (2021). Arborización Urbana en el distrito de Carabayllo en el marco del Programa “Árboles para Lima - SERPAR”. Universidad Nacional Agraria La Molina.
  - Takano Goshima, F., & Castro Izaguirre, N. (2007). Avifauna en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima – Perú. *Ecología Aplicada*, 6(1-2), 149. <https://doi.org/10.21704/rea.v6i1-2.351>
  - Triviño M., Cabeza M., Thuiller W., Hickler T., & Araújo M. (2022). Evaluación del riesgo ante el cambio climático para las aves de la península ibérica. *Impactos y vulnerabilidad*, 385-394.
  - Villar, M., Marcelo, F., & Baselly, J. (2018). Evaluación de la fenología de la *Cinchona officinalis* L. en la zona de amortiguamiento del Bosque de Protección de Pagaibamba - I etapa. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/913>
  - Wang, Y., Liu, Q., Zheng, D., Zhao, Y., Wang, T., Yan, S., & Gu, H. (2020). Active constituents of *Koelreuteria paniculata* root. *Thermal Science*, 24, 1-9. <https://doi.org/10.2298/TSCI190517046W>
  - Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J. E., Hyde, K. J. W., Morelli, T. L., Morissette, J. T., Muñoz, R. C., Pershing, A. J., Peterson, D. L., Poudel, R., Staudinger, M. D., Sutton-Grier, A. E., Thompson, L., Vose, J., Weltzin, J. F., & Whyte, K. P. (2020). Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of The Total Environment*, 733, 137782. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>