



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

**“Estudio fenológico de *Juglans neotropica* Diels y su relación con
condiciones climáticas en cuatro prácticas de árboles plantados”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal

Línea de investigación: Desarrollo agropecuaria y forestal sostenible

Autor (es): Zara Ochoa Urrego, Jenifer Marisel Quinche Quilca.

Director: Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.

Ibarra – 2024



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de Investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual disponemos la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1759188855		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ochoa Urrego Zara		
DIRECCIÓN:	Ibarra		
EMAIL:	zochoau@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0987336742
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1005037260		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Quinche Quilca Jenifer Marisel		
DIRECCIÓN:	Ibarra- La Esperanza		
EMAIL:	jmquincheq@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0998774933

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Estudio fenológico de <i>Juglans neotropica</i> Diels y su relación con condiciones climáticas en cuatro prácticas de árboles plantados.
AUTOR (ES):	Zara Ochoa Urrego y Jenifer Marisel Quinche Quilca.
FECHA: AAAAMMDD	2024/11/07
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	GRADO X POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Forestal
DIRECTOR:	Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvarez, MSc.

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

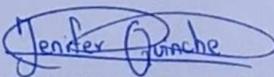
Yo, Zara Ochoa Urrego, con cédula de identidad Nro. 1759188855 y Jenifer Marisel Quinche Quilca con cédula de identidad Nro. 1005037260, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 07 días del mes de noviembre de 2024

AUTORES


.....

Srita. Zara Ochoa Urrego


.....

Srita. Jenifer Marisel Quinche Quilca

CONSTANCIAS

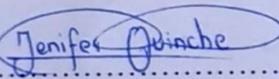
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días, del mes de noviembre de 2024

AUTORES:


.....

Srita. Zara Ochoa Urrego


.....

Srita. Jenifer Marisel Quinche Quilca

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 07 de noviembre del 2024

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez. MSc
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

.....
Ing. Hugo Vallejos. Msc
C.C. 1002018941

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “Estudio fenológico de *Juglans neotropica* Diels y su relación con condiciones climáticas en cuatro prácticas de árboles plantados” elaborado por Zara Ochoa Urrego y Jenifer Marisel Quinche Quilca previo, a la obtención del título de Ingeniero Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

.....

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez Mcs.

C.C.: 1002018941

.....

Ing. Jorge Luis Ramírez López Mcs.

C.C.: 1003081195

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por darme la sabiduría y la salud, para culminarlo, a mi ángel del cielo, mi padre y a mi madre que siempre me inculcaron buenos valores, a mi hermano por ser mi motivación, a mi tía y abuelita que siempre creyeron en mí y a mi pareja que fue en todo momento un apoyo incondicional.

Zara. Ochoa U.

Dedico el resultado de este trabajo a Dios, por brindarme la fortaleza necesaria para alcanzar esta meta, a mis padres por brindarme su amor incondicional, por motivarme a seguir siempre hacia adelante y hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos y enseñanzas, a mis hermanos, sobrina y Andrés por su paciencia, confianza y cariño por creer en mí y ser el apoyo que siempre necesité.

Jenifer M. Quinche Q.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme vivir esta bonita travesía de la vida, agradezco a mi familia y a David, por ser mi motor y apoyo incondicional, por siempre darme una palabra de aliento para no rendirme en el camino y cumplir esta meta.

Zara. Ochoa U.

Agradezco a Dios por brindarme sabiduría, fortaleza y salud por ser el guía para poder culminar esta etapa, a mi familia por sus palabras de aliento, su confianza y su apoyo incondicional durante toda mi formación académica y Andrés por comprenderme, apoyarme, por creer en mí y alentarme a seguir adelante en todo momento.

Jenifer M. Quinche Q.

Queremos brindar un agradecimiento especial a Sr. Fabian Cerón y Sr. Cristian Tapia, por permitirnos realizar la investigación dentro de sus predios, al Ing. Hugo Vallejos MSc., Ing. Jorge Luis Ramírez, M.Sc. e Ing. Jorge Cué PhD por habernos brindado sus conocimientos y por dirigir este trabajo con mucha paciencia y sabiduría durante esta travesía.

RESUMEN

La fenología es una ciencia que estudia los fenómenos biológicos y su interacción con los factores climáticos en las fases del ciclo vital de los seres vivos. Permite establecer formas alternativas de manejo y aportar conocimiento con respecto a la ecología y a los procesos de desarrollo de las especies, así como la planeación y manejo de prácticas como la fertilización, control de enfermedades, plagas, insectos etc. El objetivo de este estudio fue evaluar las fases vegetativa y reproductiva de *Juglans neotropica* Diels en la provincia de Imbabura en diferentes prácticas de árboles plantados y analizar su relación con las condiciones climáticas. Para evaluar estas fenofases se tomaron 10 individuos como muestra en cada una de las prácticas, que fueron evaluadas mediante un método semicuantitativo que establece una escala de 0 a 4, donde se determinó el índice promedio individual (IPi) y total (IP), determinando masividad débil, baja, media y alta durante un año. El comportamiento de la fase vegetativa de *Juglans neotropica* en las cuatro prácticas de árboles plantados presenta una masividad media a intensa, mientras que el comportamiento de la fase reproductiva presenta una masividad baja a media, en todas las prácticas, en los meses de noviembre y diciembre donde se presenta una temperatura promedio de 18°C, una precipitación de 154mm y una luminosidad de 27%, considerando que en esta especie estas serían las condiciones adecuadas para que se desarrolle de una mejor manera y complementar el conocimiento técnico para la elaboración de los calendarios fenológicos que ayuda a definir la época de la recolección de semillas.

Palabras clave: fenología, masividad, fase vegetativa, fase reproductiva, temperatura, precipitación, luminosidad.

ABSTRACT

Phenology is a science that studies biological phenomena and their interaction with climatic factors in the phases of the life cycle of living beings. It allows the establishment of alternative forms of management and provides knowledge regarding the ecology and development processes of the species, as well as the planning and management of practices such as fertilization, disease control, pests, insects, etc. The objective of this study was to evaluate the vegetative and reproductive phases of *Juglans neotropica* Diels in the province of Imbabura in different practices of planted trees and to analyze their relationship with climatic conditions. To evaluate these phenophases, 10 individuals were taken as a sample in each of the practices, which were evaluated using a semiquantitative method that establishes a scale from 0 to 4, where the average individual index (IP_i) and total (IP) were determined, determining weak, low, medium and high massiveness during one year. The behavior of the vegetative phase of *Juglans neotropica* in the four practices of planted trees presents a medium to intense massiveness, while the behavior of the reproductive phase presents a low to medium massiveness, in all practices, in the months of November and December where there is an average temperature of 18°C, a precipitation of 154mm and a luminosity of 27%, considering that these would be the adequate conditions for this species to develop in a better way and complement the technical knowledge for the elaboration of phenological calendars that help to define the time of seed collection.

Key words: phenology, massiveness, vegetative phase, reproductive phase, temperature, rainfall, light.

LISTA DE SIGLAS

MAE. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador.

GBIF: Global Biodiversity Information Facility (Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	2
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	3
CONSTANCIAS	4
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR	6
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTOS	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE SIGLAS.....	11
INTRODUCCIÓN	18
Problema de investigación	20
• Justificación	21
• Objetivos	22
- Objetivo general.....	22
- Objetivos específicos	22
• Hipótesis o preguntas de investigación	22
CAPITULO I.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
1.1 Descripción general de <i>Juglans neotropica</i>	23
1.1.1 Taxonomía y nomenclatura	23
1.1.2 Distribución geográfica	23
1.1.3 Características morfológicas y fisiológicas	23
1.1.3.1 Hoja.....	24
1.1.3.2 Flores.....	24
1.1.3.3 Frutos	24
1.1.3.4 Semillas.....	25
1.1.3.5 Alelopatía.....	25
1.1.4 Ecología y hábitat.....	25
1.2 Importancia socioeconómica y cultural.....	26
1.2.1 Usos maderables y no maderables.....	26
1.2.2 Valor cultural y simbólico en Imbabura	26
1.2.3 Amenazas y estado de conservación	26

1.3	Fenología de las especies forestales	27
1.3.1	Conceptos básicos de la fenología	27
1.3.2	Métodos de estudio fenológico	28
1.3.3	Fenofases: foliación, floración, fructificación, defoliación	28
1.3.3.1	Etapa fenológica.....	28
1.3.3.2	Foliación	28
1.3.3.3	Floración	28
1.3.3.4	Fructificación	28
1.3.3.5	Defoliación.....	29
1.3.4	Importancia de la fenología en el manejo forestal	29
1.4	Fenología de las especies forestales	29
1.4.1	Estudios previos y hallazgos importantes	29
1.4.2	Comparación con especies relacionadas	29
1.5	Relación entre Fenología y Condiciones Climáticas	30
1.5.1	Influencia de la temperatura, precipitación y luminosidad	30
1.5.2	Efectos del cambio climático en la fenología	30
1.6.	Contexto Local: Provincia de Imbabura	31
1.6.1	Descripción del clima y condiciones ambientales	31
1.6.2	Prácticas de plantación y manejo de la especie en la región.....	31
1.6.3	Definiciones de bosquetes, silvicultura urbana, árboles en linderos y árboles dispersos en el contexto local	32
1.6.3.1	Bosquete-plantación pura.....	32
1.6.3.2	Arbolado urbano	32
1.6.3.3	Árboles en linderos	32
1.6.3.4	Árboles dispersos	32
CAPÍTULO II		33
MATERIALES Y MÉTODOS		33
2.1.	Tipo de investigación según los siguientes criterios:	33
2.2.	Ubicación del lugar	33
2.2.1	Ubicación Política: parroquia, cantón, provincia	33
2.2.2	Ubicación geográfica del sitio investigación: coordenadas y mapa.....	34
2.2.3	Límites	35
2.3.	Caracterización edafoclimática del lugar	36
2.3.1	Suelo.....	36

2.3.1.1 San Francisco de Natabuela.....	36
2.3.1.2 San Antonio	36
2.3.1.3 San Francisco de Ibarra	37
2.3.2 Clima.....	37
2.3.2.1 San Francisco de Natabuela.....	37
2.3.2.2 San Antonio	37
2.3.2.3 San Francisco de Ibarra	37
2.4. Materiales, equipos y software.....	37
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos.	38
2.5.1. Universo-población.	38
2.5.2. Tamaño de la muestra.....	39
2.5.3. Muestreo:	39
2.5.4. Variables para evaluar	39
2.6 Análisis de resultados	40
2.6.1 Calendario fenológico	41
2.7 Procesamiento y análisis de datos	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1 Práctica de plantación pura en Natabuela:	45
3.1.1 Fase vegetativa:.....	45
3.1.2 Fase reproductiva:	45
3.2 Práctica de árboles en lindero en Bellavista.....	47
3.2.1 Fase vegetativa	47
3.2.2 Fase reproductiva:	48
3.3 Práctica de Árboles dispersos en San Antonio:.....	50
3.3.1 Fase vegetativa	50
3.3.2 Fase reproductiva	51
3.4. Práctica de arbolado urbano en Ibarra.....	53
3.4.1. Fase vegetativa	53
3.4.2. Fase reproductiva	53
3.5 Correlación estadística	56
3.5.1 Práctica de plantación pura en Natabuela	56
3.5.2 Práctica de árboles en lindero en Bellavista.....	60
3.5.3 Práctica de Arbolado Urbano Ibarra.....	62
3.5.4 Práctica de árboles dispersos San Antonio.....	64

CAPITULO IV	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
Conclusiones	68
Recomendaciones:	69
CAPITULO V	70
ANEXOS	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Ubicación de las áreas de estudio</i>	33
Tabla 2. <i>Ubicación geográfica y coordenadas de los sitios de investigación</i>	34
Tabla 3. <i>Límites de los sitios de estudio</i>	36
Tabla 4. <i>Materiales, equipos y software empleados en la investigación</i>	38
Tabla 5. <i>Escala de valoración porcentual de fenofases.</i>	40
Tabla 6. <i>Masividad de la fenofase de acuerdo con el rango de índice de promedio mensual</i>	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de ubicación de la investigación.</i>	34
Figura 2. <i>Representación gráfica del comportamiento vegetativo y reproductivo de la especie J. neotropica con relación a las condiciones climáticas.</i>	46
Figura 3. <i>Representación gráfica del comportamiento vegetativo y reproductivo de la especie J. neotropica con relación a las condiciones climáticas.</i>	49
Figura 4. <i>Representación gráfica del comportamiento vegetativo y reproductivo de la especie J. neotropica con relación a las condiciones climáticas.</i>	51
Figura 5. <i>Representación gráfica del comportamiento vegetativo y reproductivo de la especie J. neotropica con relación a las condiciones climáticas.</i>	54
Figura 6. <i>Matriz de diagramas de Dispersión Plantación Pura.</i>	59
Figura 7. <i>Matriz de Diagramas de Dispersión Árboles en Lindero.</i>	61
Figura 8. <i>Matriz de Diagramas de Dispersión Arbolado Urbano.</i>	64
Figura 9. <i>Matriz de Diagrama de Dispersión Árboles Dispersos</i>	66

INTRODUCCIÓN

El estudio de la fenología es fundamental, ya que permite comprender los ciclos biológicos de las plantas en relación con las variaciones climáticas. Su estudio permite entender cómo las plantas responden a estas variaciones, ya que pueden afectar y alterar sus fases de desarrollo vegetativo y reproductivo. Estos cambios se pueden manifestar en diferentes porcentajes dentro de la copa de un árbol (Flórez, 2018).

Las primeras observaciones fenológicas fueron utilizadas en la agricultura durante el siglo XVIII, tanto en China como en Roma (Hopp, 1974). Con el tiempo, este estudio evolucionó y se relacionó con el análisis meteorológico, extendiéndose más allá de la agricultura hacia especies forestales nativas de gran valor social.

Martínez (2017) menciona que la fenología permite determinar los momentos en el que los organismos vegetales se modifican fisiológicamente debido a la influencia de múltiples factores, por la cual el estudio frecuente de una determinada especie permite conocer en qué temporadas existe un surgimiento o caída de órganos como son hojas, flores frutos, semillas etc.

Según Builes (2014) el conocimiento de los ciclos fenológicos ayuda a optimizar la siembra, el riego y la recolección de semillas de una especie, permitiendo aumentar la productividad y reducir pérdidas. También proporciona información valiosa para el manejo sostenible de recursos tanto en la agricultura como en la silvicultura. Esto resulta beneficioso al momento de realizar un pronóstico acerca de la aparición de enfermedades y plagas que afectan a esta especie y su entorno (Alberti, 2002).

Para evaluar el comportamiento fenológico de las plantas se usa el método de Fournier (1974), donde se marcan mínimo 5 individuos de cada especie en el campo, y con observaciones recomendables por un periodo de 15 días, lo cual permite observar cambios en

las fenofases a evaluarse en una especie en cada etapa de desarrollo, con un tiempo de duración mínimo de un año (Agudelo & Gómez , 2001).

Este método permite identificar cambios en las fenofases a lo largo del desarrollo de una especie y cómo estos se ven influenciados por factores climáticos (Alvarado, 2014). Se considera establecer un criterio técnico que cumpla satisfactoriamente el análisis fenológico de una especie, de modo que se logre una amplia difusión y buenos resultados (Martínez, 2019).

Juglans neotropica también conocido como nogal, cedro negro es originaria de América del Sur. Es nativa del Ecuador y se la encuentra en las zonas interandinas tiene gran valor cultural, social y económico (Vanegas, 2018). Conocer su ciclo de vida y cómo responde a las variaciones climáticas es fundamental para su conservación y manejo sostenible, ya que proporciona información clave para implementar prácticas de manejo forestal que aseguren su salud y productividad.

Comprender sus ciclos fenológicos permite evaluar cómo la especie se adapta a los cambios climáticos. Esto es crucial para la reforestación y la conservación de bosques, ya que ayuda a optimizar los diferentes usos que ofrece, tanto maderables como no maderables, beneficiando a las comunidades locales y la economía regional.

Un estudio realizado en Colombia sobre la fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia, llevado a cabo por Restrepo (2011), analiza el comportamiento de la especie *J. neotropica*. Indica que la floración de esta especie ocurre de forma muy sincrónica una vez al año, concentrándose en los meses de octubre, noviembre y diciembre, presentándose con mayor intensidad al finalizar la época lluviosa. En cuanto a los frutos verdes se observan en los meses de diciembre y mayo, mientras que los frutos maduros aparecen entre mayo y junio.

El periodo de formación de los frutos hasta su maduración puede durar de seis a siete meses. Es una especie caducifolia que entra en una etapa de defoliación cuando va a iniciar la floración, coincidiendo con los meses más lluviosos del año. La presencia de hojas jóvenes se observa en los meses de noviembre y enero, cuando los frutos ya están en formación e inicia la temporada seca.

El estudio de *Juglans neotropica* sirve como guía para elaborar calendarios fenológicos para la recolección de semillas. Esta información es esencial para mejorar las prácticas de manejo forestal y agrícola que permitan asegurar la sostenibilidad y la conservación de esta especie de gran importancia ecológica económica y social.

- **Problema de investigación**

La falta de información detallada sobre las fases fenológicas de *Juglans neotropica* en la provincia de Imbabura y su relación con la variabilidad climática ha generado un desconocimiento general sobre los períodos de floración y fructificación de esta especie. Esta carencia dificulta la recolección periódica de frutos, lo que provoca escasez de semillas y limita la producción de plantas de calidad en viveros, afectando tanto la conservación como el uso sostenible de la especie.

Adicionalmente, *J. neotropica* está amenazada por actividades agrícolas y ganaderas que causan deforestación y pérdida de diversidad genética. La falta de conciencia y educación ambiental, especialmente entre las generaciones jóvenes, agrava esta situación al desconocer los beneficios maderables y no maderables que ofrece la especie.

En este contexto, es necesario investigar cómo se manifiestan las fases fenológicas vegetativas y reproductivas de *J. neotropica* en la provincia de Imbabura y cómo se relacionan con las condiciones climáticas locales. Este conocimiento es fundamental para desarrollar

estrategias de conservación, mejorar la recolección de semillas y promover el manejo sostenible de la especie.

- **Justificación**

El presente estudio se enfoca en la fenología de *Juglans neotropica* Diels, una especie arbórea clave en la adaptación ante el cambio climático, en la recuperación de suelos degradados, en mantener la calidad del aire; su madera es una de las más valiosas del mundo porque ofrece múltiples beneficios, tanto en la agroindustria textil, en la medicina, de alimento humano, también es importante como ornamental en los paisajes andinos (Toro, 2018).

En Imbabura ésta especie tiene un alto valor social, cultural y económico. Siendo declarado como un árbol simbólico de esta provincia específicamente de San Antonio de Ibarra ya que es utilizado en esculturas, artesanías y gastronomía, una tradición que lleva más de 140 años, son ideas hecha arte que en pleno siglo XXI tienen riesgo a desaparecer, ya que la especie está en peligro de extinción, generando así un mercado informal, que encareció la materia prima, por eso muchos escultores han dejado de trabajar con la madera, para dedicarse a otros oficios como mencionan en una entrevista (Yépez, Cisneros, & López, 2016). Por ello, este sector intenta implementar medidas de prevención ambiental con desarrollo sostenible de forma que se preserve su potencial y también satisfaga las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras.

Con esta investigación se quiere mitigar la preocupación de este sector ante la pérdida de esta especie ya que la disminución es considerable, por ello se desea aportar con un calendario fenológico que permita conocer sus diversas fases a lo largo del año tanto de su foliación, floración, fructificación, con el fin de planificar actividades como recolección y producción de semillas, para contribuir con información base para la producción de plantas y la conservación de la especie (López, 2021)

Conocer estos patrones ayudará a realizar procesos de restauración forestal, optimizando prácticas de manejo y cosecha, asegurando la sostenibilidad de los recursos y obteniendo información de su resiliencia y adaptación, podemos integrar esta especie en sistemas agroforestales de manera efectiva y que a futuro ayude a mantener tradiciones culturales, religiosas y gastronómicas como; la elaboración de nogadas, etc.

- **Objetivos**

- **Objetivo general**

- Evaluar las fases fenológicas de *Juglans neotropica* Diels y su relación con condiciones climáticas en cuatro prácticas de árboles plantados en Imbabura.

- **Objetivos específicos**

- Determinar el comportamiento fenológico de *Juglans neotropica* Diels en las cuatro prácticas de árboles plantados.
- Relacionar el comportamiento fenológico de *Juglans neotropica* Diels, con las condiciones climáticas.

- **Hipótesis o preguntas de investigación**

- ¿Cuál es el comportamiento fenológico que presenta *J. neotropica* Diels en las cuatro prácticas de árboles plantados?
- ¿Cómo es la relación del comportamiento fenológico de *J. neotropica* Diels con las condiciones climáticas?

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Descripción general de *Juglans neotropica*

1.1.1 Taxonomía y nomenclatura

Familia: Juglandaceae

Género: Juglans

Nombre científico: *Juglans neotropica* Diels

Nombre común: Tocte, nogal

Origen: Nativa

1.1.2 Distribución geográfica

J. neotropica Diels es una especie nativa del Ecuador que se encuentra en la región interandina en los valles, con un rango altitudinal de (1000-3000 m.s.n.m), es la única especie registrada del género, se distribuye en los Andes Sudamericanos, y se encuentra en Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela. (Ecuador Forestal, 2010)

1.1.3 Características morfológicas y fisiológicas

Es una especie forestal que mide entre 15 m y 48 m de altura; alcanzando una profundidad de hasta tres metros; su fuste es cilíndrico con un diámetro a la altura del pecho (DAP) entre 30 cm y 120 cm, tiene una corteza externa fisurada color gris oscuro y una corteza interna fibrosa color crema (Toro, 2018). Según Ospina (2003) el nogal presenta raíces pivotantes, su sistema radical es grueso que crece verticalmente hacia abajo con raíces fusiformes y ramificadas.

1.1.3.1 Hoja

La especie presenta hojas compuestas alternas y compuestas pinnadas sin estipula, se agrupan al final de las ramas (Rodríguez, 2010). Su raquis mide entre 20 cm a 60 cm de largo, nacen de una yema terminal, presenta entre 7 y 19 foliolos el cual liberan un olor desagradable a maleza. Sus hojas son de forma ovada lanceolada, con ápice acuminado, marguen dentado, base subcordada, su limbo presenta una nervadura reticulada bien marcada, su haz es rugoso, el envés es pubescente, (Gómez, Toro, & Piedrahita, 2013).

1.1.3.2 Flores

La especie es monoica, sus flores son de color verde oscuro, las flores masculinas son estaminadas miden 20 cm de largo y las flores femeninas son pistiladas y su estigma está dividido en dos partes (Mechecha, 2014).

Su inflorescencia es un amento tipo espiga que brota de las axilas de las hojas. El amento masculino es alargado y solitario con numerosos estambres, sus flores son de color blanco que se sostienen en un receptáculo elipsoide. El amento femenino es corto, terminal y aparecen en parejas, posee un ovario ínfero con un solo ovulo, sus flores son de color amarillo claro (Manning, 1978).

1.1.3.3 Frutos

Drupa carnosa de forma elipsoidal globosa, con una sola semilla. Epicarpio de color verde claro en la juventud y cambia a un color pardo en la madurez, presenta una consistencia coriácea, áspera y rugosa con lenticelas de color café y verde oliva. Su mesocarpio tiene una apariencia fibrosa y su endocarpio es surcado de color café oscuro a casi negros (Chiclote, 1993).

1.1.3.4 Semillas

Sus semillas presentan un color café oscuro a negro, presentan fisuras profundas, son leñosas y recalcitrantes por el cual no se puede almacenar por largos periodos. Las semillas aparecen cuando el mesocarpio se separa del fruto (Reátegui, 2022).

1.1.3.5 Alelopatía

Según Toro (2018) *J. Neotropica* Diels es alelopática como muchos nogales, debido a que es una fuente de sustancias tóxicas para otras especies; ya que su presencia es perjudicial y las puede matar a excepción de plantas de invierno o helechos. El nogal produce una sustancia llamada juglona que se almacena en los tejidos y raíces y al ser liberadas impide que otras plantas puedan crecer, se las puede asociar únicamente con familias como Betulaceae, Fagaceae, Casuarinaceae, Myricaceae, Urticaceae y Leguminosae (Willis, 1999).

1.1.4 Ecología y hábitat

La especie habita en los Andes, entre los 1 000 y 3 500 metros de altitud sobre el nivel del mar, y se desarrolla en bosques húmedos de montaña baja, bosques secos de montaña baja y en bosques premontanos. El nogal es crucial y provechoso, dado que ofrece servicios ambientales como la restauración ecológica de suelos degradados, mejora y conserva la calidad del aire y el agua a través de la asociatividad de especies, y proporciona un hábitat y fuente de alimentos para la fauna silvestre (Toro, 2018).

1.2 Importancia socioeconómica y cultural

1.2.1 Usos maderables y no maderables

La madera de *Juglans Neotropica* Diels es una de las especies más apreciadas en la producción de tableros, carpintería, artesanías, instrumentos musicales, marquetería, vigas, enchapes y como leña. Sus hojas y frutos contienen taninos que se emplean como tintes (GBIF, 2023). Los artesanos y escultores de San Antonio de Ibarra aprecian mucho esta madera por su calidad y durabilidad por el cual la emplean para la decoración de interiores y la construcción de muebles (Terán, 2021).

Por ello se utiliza tanto en el campo medicinal, industrial y gastronómico. De acuerdo con conocimientos ancestrales la cultura indígena utiliza el nogal como medicina, ya que posee propiedades antioxidantes, astringentes, antibacterianas y antiséptica (Ramos, 2017).

1.2.2 Valor cultural y simbólico en Imbabura

En Ibarra *J. neotropica* más conocido como “Tocte” Principalmente se utiliza en la preparación de dulces como la nogada, la melcocha, el alfeñique y el dulce de guayaba. Cuando las hojas se encuentran amarillas, justo antes de caer, se logra elaborar una bebida con leche y raspadura que posee propiedades expectorantes, manifiesta (Cobo, 2014).

Posee un significado simbólico puesto que hace unos años, tanto niños como adultos dedicaban horas a abrir toctes con piedras y martillos para su posterior consumo, constituyendo una tradición que está desapareciendo (Toro, 2018).

1.2.3 Amenazas y estado de conservación

Pese a todos sus beneficios, el tocte o nogal figura en la lista de especies en peligro de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) debido a la desaparición

de su hábitat natural. De hecho, la madera ha sido altamente apreciada en el sector de la construcción por su calidad y rigidez, lo que derivó en su tala indiscriminada.

Hoy en día, quizás debido a los años que toma el crecimiento, la siembra y propagación del nogal no es habitual. La verdad es que, usualmente, las generaciones más jóvenes desconocen la presencia del árbol o de su fruto. Por lo tanto, es imprescindible replantar y transmitir a otros el valor ecológico, nutricional y cultural de esta especie tan importante de los Andes (Toro, 2018).

1.3 Fenología de las especies forestales

1.3.1 Conceptos básicos de la fenología

Se conoce como fenología a "la ciencia de la apariencia". Está formado por los términos griegos "phaino" que significa mostrar o presentar y "logos" que significa estudiar (Paunero, 2017).

Según García (1985) existen registros escritos sobre observaciones fenológicas hace miles de años, sin embargo, las primeras observaciones realizadas con un cierto método se las atribuye al botánico belga Charles Morren en 1958.

La fenología tiene como propósito estudiar los cambios y eventos biológicos de plantas, animales e insectos con relación a los cambios estacionales y climáticos de su entorno (Mendoza, 2021). El conocimiento fenológico permite entender cómo se desarrollan las fases del ciclo vital de los seres vivos (Ochoa, 2008).

Entender las etapas fenológicas de las especies vegetales es crucial dado que constituyen el fundamento para la puesta en marcha de calendarios fenológicos, necesidades bioclimáticas de los cultivos, preservación de recursos genéticos y gestión forestal de bosques. Esto posibilita que los agricultores y recolectores aumenten su productividad y producción (Yzarra, 2011).

1.3.2 Métodos de estudio fenológico

Hay diversos procedimientos empleados en las investigaciones fenológicas para recolectar y examinar datos. Algunas de las técnicas más habituales comprenden la inspección directa de las plantas en terreno, la utilización de cámaras automáticas para capturar imágenes a intervalos regulares y el estudio de datos satelitales para identificar variaciones en la vegetación a gran escala (Plantas del mundo, 2024).

1.3.3 Fenofases: foliación, floración, fructificación, defoliación

1.3.3.1 Etapa fenológica

Una etapa fenológica se caracteriza por dos etapas sucesivas, durante las cuales se presentan periodos críticos debido a que la planta se encuentra expuesta a varios cambios climáticos y, por lo tanto, es más susceptible a los fenómenos climáticos. Estos periodos críticos suelen ocurrir poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas y se utilizan para monitorear la velocidad de crecimiento de la planta. (Torres, 2006).

1.3.3.2 Foliación

Es la fase de brotación o emergencia de las yemas foliares que permitirán el nacimiento y crecimiento de las hojas de una planta. Además, tiene relación con el crecimiento floral desde el momento en que se abre el capullo hasta que se marchite (Torres, 2008).

1.3.3.3 Floración

Proceso que comienza el desarrollo y separación de los sépalos y pétalos de la flor, dejando visibles los estigmas y estambres. Su éxito depende del instante en que ocurra, por lo que debe realizarse en condiciones ambientales ideales (Facena, 2022).

1.3.3.4 Fructificación

Acción de crecimiento denominado ciclo reproductivo de la planta, empieza desde la aparición inicial del fruto hasta que su retención alcance su madurez (Urbina , 2002).

1.3.3.5 Defoliación

Pérdida o caída de las hojas de los árboles y plantas. Sucede usualmente en la parte fructífera de las ramas durante el ciclo de cosecha evolutivo (Almaguer, 1998).

1.3.4 Importancia de la fenología en el manejo forestal

Según Granados (2020) es importante conocer la fenología ya que comprende las necesidades climáticas de una especie vegetal, El conocimiento de las condiciones ambientales es un elemento crucial para establecer las oportunidades de introducir y promover un cultivo en una zona, además del manejo y estudio agroforestal y silvicultural que pueda realizarse en campo.

Un estudio fenológico facilita una mejor comprensión de las reacciones de las comunidades forestales ante su entorno físico y biótico, además de su propia dinámica (Alzante *et al.* 1990 & Gutiérrez, s.f.).

1.4 Fenología de las especies forestales

1.4.1 Estudios previos y hallazgos importantes

Los árboles caducifolios se protegen de las bajas temperaturas disminuyendo su actividad metabólica (González & Lemus, 2024). Un estudio fenológico realizado en Imbabura demuestra que la defoliación de *J. neotropica* aparece a mediados de diciembre, incrementando su masividad hasta llegar a ser intensa en enero (Gómez & Vilema , 2023). Mientras que en Costa Rica esta especie se recolecta frutos de manera desuniforme en enero, de junio a agosto y de octubre a diciembre, cuando los frutos están con un color pardo oscuro (Rojas Rodríguez & Torres Córdoba, 2008).

1.4.2 Comparación con especies relacionadas

El nogal pecanero *Carya illinoensis* presenta fases de desarrollo bien definidas, varía un poco dependiendo de la región, los frutos aparecen después de la polinización y hasta

mediados de mayo, el tamaño del fruto está determinado por la provisión de agua en la época de su crecimiento rápido, tiene similitud con la especie de *J. neotropica* ya que se desarrolla mejor con temperaturas bajas (Tarango, 2022).

1.5 Relación entre Fenología y Condiciones Climáticas

1.5.1 Influencia de la temperatura, precipitación y luminosidad

Conforme las temperaturas disminuyen en el otoño, los árboles y arbustos de hojas caducas pierden sus hojas y se tornan inactivos. Cuando la temperatura se eleva, numerosos organismos presentan un avance en sus ciclos fenológicos, o pueden disminuir el intervalo entre las fases (Budburst, 2024).

La precipitación es un factor clave que determina los ciclos biológicos de las plantas, ya que influye en varios procesos como el crecimiento y el desarrollo, ya que la cantidad de lluvia afecta la disponibilidad de agua en el suelo, adelantando o retrasando la floración y producción de frutos (Urrego & Valle, 2001).

En cuanto a la luminosidad se refiere a la cantidad de luz solar que influye en los ciclos biológicos, ya que afecta principalmente a la fotosíntesis, ya que mayor luz promueve un crecimiento más rápido y una mayor producción de flores y frutos, y alteraciones en los patrones de luz debido al cambio climático pueden desincronizar los ciclos (Yaisys, 2019).

1.5.2 Efectos del cambio climático en la fenología

El cambio climático está ocasionando desequilibrios en plantas y animales, ya que algunos han ido adaptándose a estas condiciones mientras que otras han ido migrando, a medida que el clima global se calienta la fenología cambia, por ejemplo, la fase de floración puede ocurrir más temprano en el año. Se anticipa un cambio drástico en la distribución y composición de los bosques en Norteamérica para el futuro, dado que grandes aumentos de la temperatura provocarían pérdida de carbono, alteraciones en las precipitaciones y cambios significativos en las especies vegetales, lo que podría provocar la desaparición de los bosques (Alvarado, Foroughbakhch, Jurado, & Rocha, 2002).

1.5.3 Métodos estadísticos

La correlación es una media estadística que vincula dos variables numéricas para evaluar la tendencia (incremento o reducción) en los datos. En este estudio, se analizan las condiciones climáticas y la fenología para comprender su relación, estableciendo si una variable se desplaza en relación a la otra y si hay algún tipo de correlación, ambas variables se modificarán conjuntamente durante un periodo de tiempo (Ferrero, 2020).

1.6 Contexto Local: Provincia de Imbabura

1.6.1 Descripción del clima y condiciones ambientales

El clima en Imbabura es diverso, oscilando entre seco y muy seco en el Chota, pasando por un mediterráneo y templado seco en Ibarra, por un frío y páramo en los Andes, un clima húmedo en Otavalo y Cotacachi e incluso un templado subtropical. La temperatura media es de 19 grados, con una lluvia anual de 1200 a 3000 mm. El ciclo anual se divide en tres fases, la etapa seca que se extiende desde junio hasta comienzos de septiembre, la época de verano de principios de septiembre a mediados de febrero, la húmeda de finales de febrero a mayo (Prefectura de Imbabura, 2024).

1.6.2 Prácticas de plantación y manejo de la especie en la región

En Imbabura existen algunas prácticas de plantación en parques, aceras, y algunos espacios verdes, algunos ciudadanos tienen plantaciones de Nogal, considerando que existen ciertos sistemas que se han creado en respuesta a las condiciones específicas de cada lugar, existen sistemas agroforestales ya que esta especie se asocia con algunos cultivos, sin embargo muchas personas desconocen los beneficios, ya que permite a los agricultores diversificar la producción en sus fincas o terrenos, para así obtener madera, productos agrícolas, frutos, animales y forraje, implementar estas prácticas puede contribuir a un manejo sostenible de *J. neotropica* en Imbabura, promoviendo tanto la conservación del medio ambiente como el bienestar de la comunidad (Paredes, Chagna, Carvajal, & Yepez, 2018)

1.6.3 Definiciones de bosquetes, silvicultura urbana, árboles en linderos y árboles dispersos en el contexto local

1.6.3.1 Bosquete-plantación pura

Es un pequeño grupo de árboles que se encuentra en una extensión de terreno, que proporcionan hábitat, sombra y biodiversidad en entornos rurales o urbanos (Fao, 2020).

1.6.3.2 Arbolado urbano

Es una práctica de incentivar el cultivo en espacios urbanos, mejorando la calidad de vida, proporcionando sombra, reduciendo la contaminación, implementando beneficios ambientales y sociales para la ciudad (Fao, 2020).

1.6.3.3 Árboles en linderos

Son árboles que están plantados en los límites de un terreno o propiedad, sirve para dividir fronteras, ayuda como barreras contra viento y ofrece beneficios ecológicos (Viera & Pineda, 2004).

1.6.3.4 Árboles dispersos

Son árboles que se encuentran en un determinado sector separados entre sí, se pueden encontrar en paisajes agrícolas o áreas urbanas (Díaz & García, 2022).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo de investigación según los siguientes criterios:

- Enfoque o paradigma (Mixta)
- Aspiración, objetivo o finalidad.

Se dispuso de una teoría base con suficiente marco teórico e investigaciones previas que permitieron solucionar el problema. Por lo tanto, la investigación fue Aplicada.

- Alcance o nivel de profundidad.

Descriptiva

- Diseño de investigación.

No experimental

- El tiempo.

Sincrónica o transversal

- El lugar

Campo

2.2. Ubicación del lugar

2.2.1 Ubicación Política: parroquia, cantón, provincia

El estudio se realizó en cuatro sitios de la provincia de Imbabura, como se muestra en la Tabla

1.

Tabla 1.*Ubicación de las áreas de estudio*

Sistema	Parroquia	Cantón	Provincia
Arbolado Urbano	San Francisco de Ibarra	Ibarra	Imbabura
Árboles dispersos	San Antonio	Ibarra	Imbabura
Árboles en lindero	San Antonio	Ibarra	Imbabura
Plantación pura	San Francisco de Antonio Ante Natabuela		Imbabura

2.2.2 Ubicación geográfica del sitio investigación: coordenadas y mapa

La ubicación geográfica con sus correspondientes coordenadas de los sitios de estudio se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.*Ubicación geográfica y coordenadas de los sitios de investigación.*

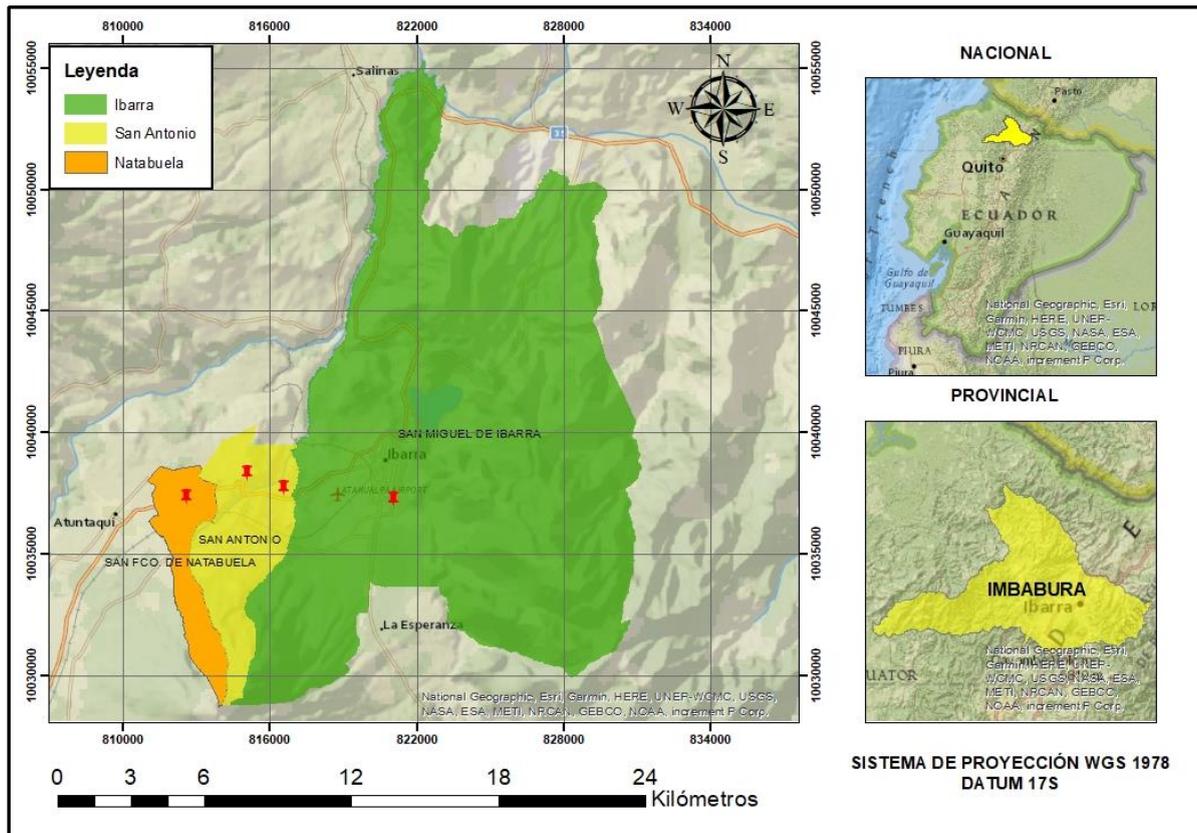
Lugares	Parroquia	Longitud	Latitud	Altitud
Natabuela	San Francisco de Natabuela	78°12.246'WO	00°20.641'NO	2391 msnm
Bellavista de Ibarra	San Antonio	78°09'13W	00°20'53"N	2176 msnm
Chorlaví	San Antonio	78°09'14W	00°20'54"N	2183 msnm
Av. El Retorno	San Francisco de Ibarra	78°07'07W	00°19'13"N	2247 msnm

- Áreas de estudio

Se muestra el mapa de los cuatro sitios en la figura 1.

Figura 1.

Mapa de ubicación de los sitios de investigación.



2.2.3 Límites

Los límites de los sitios de estudio se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3.*Límites de los sitios de estudio*

Sitios	Norte	Sur	Este	Oeste
San Francisco de Natabuela	Lote del señor Fabián Cerón	Calle 29 de junio	de Panamericana Norte	Fábrica Vibró poste
Bellavista de Ibarra	Casa de Hilario	Calle sin nombre	Lote baldío	Hacienda El Estanque
Chorlaví	La Florida	San Antonio	Corredor periférico	Panamericana Norte
Av. El Retorno	Av. Teodoro Gómez	Calle Ricardo Sánchez	Unidad Educativa “Víctor Manuel Guzmán”	Cementerio San Miguel de Ibarra

2.3. Caracterización edafoclimática del lugar**2.3.1 Suelo****2.3.1.1 San Francisco de Natabuela**

El suelo de la parroquia de Natabuela, donde se encuentra la plantación pura del nogal, se clasifica en dos tipos: Molisoles y Inceptisoles, se caracterizan por poseer un alto contenido de materia orgánica. Estos suelos tienen una textura franco-arenosa, el cual facilita que tenga un drenaje y retención de agua (GAD Natabuela, 2019).

2.3.1.2 San Antonio

En la parroquia de San Antonio, donde se localizan los ecosistemas de árboles en linderos y árboles dispersos, el suelo se clasifica en dos tipos: molisol que se distingue por su color oscuro y su alta capacidad de drenaje y etinsol caracterizado por su alta presencia de minerales. Estos suelos presentan una textura limosa (GAD , San Antonio de Ibarra, 2019).

2.3.1.3 San Francisco de Ibarra

En la parroquia San Francisco de Ibarra, donde se encuentra el ecosistema de arbolado urbano, el suelo es de orden Molisol. Son suelos profundos, de color oscuro, ricos en materia orgánica apropiados para la agricultura (GAD, San Miguel de Ibarra, 2021).

2.3.2 Clima

2.3.2.1 San Francisco de Natabuela

La Parroquia de Natabuela presenta un clima Ecuatorial mesotérmico semi húmedo, su temperatura promedio anual es de 8°C en las zonas altas, mientras que en las áreas bajas llega a 16°C. Posee una pluviosidad de 635 mm (GAD, Antonio Ante, 2022).

2.3.2.2 San Antonio

En San Antonio de Ibarra, la temperatura varía entre 8°C y 17°C, presenta un clima húmedo Ecuatorial. La precipitación oscila entre 500 y 1000 mm, y la humedad relativa es elevada, alcanzando el 70% (GAD , San Antonio de Ibarra, 2019).

2.3.2.3 San Francisco de Ibarra

En San Francisco de Ibarra, la temperatura fluctúa entre 13°C y 24°C, rara vez descendiendo por debajo de 11°C o superando los 26°C, presenta un clima seco templado con una humedad relativa del 68% (GAD , San Antonio de Ibarra, 2019).

2.4. Materiales, equipos y software

Los materiales utilizados en el campo, así como los de laboratorio, equipos y software empleados en la investigación, se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Materiales, equipos y software empleados en la investigación.

Materiales de campo	Equipos	Software
Hoja de campo	Cámara fotográfica	Microsoft Word
Útiles de escritorio	Binoculares (25x10)	Microsoft Excel
Estacas	Densiómetro de copa	ArcGis 10.5
Tazos	Temperatura	
Vaso de precipitación	Humedad Relativa	
Embudo		
Martillo		
Tachuelas		

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos.

Para las investigaciones no experimentales.

2.5.1. Universo-población.

Este Trabajo de Integración Curricular, fue la continuación del Trabajo de Titulación ya publicado por (Gómez & Vilema , 2023). Por lo que la población objetivo fueron cuatro prácticas de árboles plantados, como son: arbolado urbano, árboles dispersos, árboles en lindero y plantación pura.

2.5.2. Tamaño de la muestra.

Para llevar a cabo la evaluación fenológica de la especie *Juglans neotropica* Diels, se analizaron los mismos 10 individuos del Trabajo de Integración Curricular mencionado, que sirvieron como muestras en las distintas prácticas de árboles plantados, de acuerdo con lo mencionado por Fournier y Champartier (1978).

2.5.3. Muestreo:

Se continuó evaluando a los individuos muestreados por Gómez y Vilema (2023), quienes emplearon un método no probabilístico basado en la selección por expertos. En este enfoque, se valoraron las características fenotípicas utilizando escalas ponderadas propuestas por Ordóñez, Aguirre y Hofstede (2021).

2.5.4. Variables para evaluar

Objetivo 1

Fenofases a evaluar:

- Fase vegetativa: hoja joven y hoja madura.
- Fase reproductiva: flor joven y flor madura; fruto fecundado, fruto joven y fruto maduro.

Las fenofases fueron evaluadas mediante el método semicuantitativo propuesto por Fournier (1974), el cual estableció una escala de valores del 0 al 4, que expresa los rangos porcentuales de cada fenofase. En cada práctica de árboles plantados se realizó una previa selección de 10 individuos que fueron marcados, para facilitar la localización. La presencia de cada fenofase fue observada con la ayuda de binoculares, a una distancia estimada en donde se pudo observar la estructura del árbol (10m), fijando un punto que se pudo trazar imaginariamente la copa del árbol en cuatro cuadrantes para observar mejor el porcentaje que presentó cada fenofase, registrando los datos cada 15 días durante un año en el punto de observación determinado de cada individuo, (Anexo 1).

La escala de valoración porcentual de fenofases se presenta en la tabla 5.

Tabla 5.

Escala de valoración

Estado	Escala	Porcentaje
Ausencia de la fenofase	0	0%
Inicio de la fenofase	1	1-25%
Manifestación baja de la fenofase	2	26-50%
Manifestación media de la fenofase	3	51-75%
Manifestación alta de la fenofase	4	76-100%

(Fournier y Charpantier, 1975)

2.6 Análisis de resultados

Utilizando los valores identificados según la escala de Fournier (1974), se calculó el Índice Promedio mensual, tanto individual (IPi) como total (IP) para cada fenofase, mediante las ecuaciones N° 1, N° 2 y N° 3, que expresan la masividad de la fenofase que se muestra en la (Tabla 6).

Ecuación N° 1

$$FI = \sum_{i=1}^N \frac{Fi}{4N}$$

Donde:

fi = Índice de Fournier.

Fi = Intensidad de fenofase para cada planta individual en escala de (0-4).

N = Número total de plantas observadas.

Ecuación N° 2

$$IPi = \frac{\Sigma \text{ valor de escala en cuadrante}}{n}$$

Donde:

IPi= Índice promedio

Σ = Sumatoria valores Fournier de cada individuo

n= Número de cuadrantes

Ecuación N° 3

$$IP = \frac{(IPi1 + IPi2 + \dots n)}{n}$$

Donde:

IP= Índice promedio

IPi=Índice promedio individual.

n= Número total de individuos evaluados

Una vez que se calculó la masividad de la fenofase de acuerdo con el porcentaje fenológico, se clasifica en función de su significancia, tal como se detalla en la Tabla 6.

Tabla 5.

Masividad de la fenofase de acuerdo con el rango de índice de promedio mensual.

Nivel IP	Significancia
<0.5	Masividad débil
<1	Masividad baja
1 y < 2	Masividad media
≥ 2	Masividad intensa

(Fournier, 1974)

2.6.1 Calendario fenológico

El calendario fenológico se elaboró a partir de la información obtenida sobre el comportamiento fenológico vegetativo y reproductivo de las observaciones realizadas durante un año. En este

calendario, se estableció la intensidad de cada evento fenológico en función de los índices promedio de los porcentajes fenológicos, que se obtuvo a partir de la escala de Fournier (1974), Los resultados se representaron con un color específico correspondiente a los porcentajes fenológicos.

Los calendarios fenológicos se muestran en el Anexo 2.

Objetivo 2

2.6.2 Variables climáticas

Las variables evaluadas en las cuatro prácticas de árboles plantados fueron:

2.6.2.1 Temperatura

Las cuales se tomaron con el higrómetro modelo No: WS08 en grados centígrados y porcentaje respectivamente, la temperatura tiene una exactitud de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\text{F}$, instalado en Natabuela, San Antonio y Yuyucocha, los datos se tomaron de manera diaria, con un análisis cada 15 días, descargando los datos por Bluetooth.

2.6.2.2 Precipitación

Se tomaron con un pluviómetro casero en milímetros, instalados en Natabuela, San Antonio y Yuyucocha, los datos se tomaron a las 7 de la mañana de manera diaria, con un análisis cada 15 días.

2.6.2.3 Luminosidad

Se tomaron con un instrumento llamado densiómetro de copa, es un instrumento montado sobre una caja de madera. Este dispositivo cuenta con un nivel esférico de burbuja y un espejo convexo dividido en una malla de 24 cuadros., la unidad de medida fue en porcentaje cada 15 días.

2.7 Procesamiento y análisis de datos

Para determinar la influencia de las variables climáticas en relación con la fenología de la especie estudiada se aplicó la Correlación de Spearman (1904), se basa en la asignación de rangos a los datos obtenidos de cada variable.

$$rR = 1 - \frac{6\sum di^2}{n(n^2 - 1)}$$

Fuente: (Camacho – Sandoval, 2008)

Donde:

rs = rho de Spearman

di = diferencia entre rangos de X y Y.

n = número de datos

Para evaluar si la relación entre las variables climáticas y fenológicas es positiva o negativa, se llevó a cabo una correlación estadística. Para ello, se utilizó el software R-Studio en donde se elaboró un diagrama de dispersión por cada lugar de estudio. Este tipo de gráfico se utiliza para ilustrar la relación entre dos variables numéricas continuas, empleando puntos. Cada punto representa la intersección de los valores de ambas variables. Para crear el diagrama de dispersión, se proporcionan vectores numéricos como argumentos (x) y (y) a la función plot(). Para generar el diagrama de dispersión de los cuatro sitios (Natabuela, Bellavista, San Antonio y Los Ceibos) se usó análisis profundos que se muestra a continuación.

- Función para calcular la matriz de correlación y convertirla en formato largo

```
get_correlation_data <- function(data, lugar) {
  data_lugar <- filter(data, Lugar == lugar)
```

```

corr_matrix <- cor(data_lugar %>% select(Temperatura, Precipitación, Luminosidad,
Flor_Joven, Flor_Adulta, Fruto_Fecundado, Fruto_Joven, Fruto_Adulto, Hoja_Joven,
Hoja_Adulta, Defoliacion), use = "complete.obs")

corr_data <- as.data.frame(as.table(corr_matrix))

corr_data$Lugar <- lugar

return(list(matrix = corr_matrix, data = corr_data))}

```

- **Calcular correlaciones para cada lugar y combinar los resultados**

```

cor_results <- lapply(unique(data$Lugar), function(lugar) get_correlation_data(data, lugar))

```

- **Extraer las matrices y los datos largos para visualización**

```

cor_matrices <- lapply(cor_results, function(result) result$matrix)

cor_data_list <- do.call(rbind, lapply(cor_results, function(result) result$data))

```

- **Mostrar las matrices de correlación**

```

for (i in seq_along(cor_matrices)) {

  cat("\nMatriz de Correlación para Lugar", unique(data$Lugar)[i], ":\n")

  print(cor_matrices[[i]])
}

```

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Práctica de plantación pura en Natabuela:

3.1.1 Fase vegetativa:

La fenofase de hoja joven presenta una masividad media (1,08) a finales del mes de marzo, con una precipitación de 25 mm, temperatura de 17°C y luminosidad del 21%.

La hoja adulta presenta una masividad intensa (2,13) a finales del mes de febrero, con una precipitación de 240 mm, temperatura de 16 °C y luminosidad del 42%.

La fenofase de defoliación también muestra una masividad intensa (2,50) a inicios del mes de marzo con precipitación de 85 mm, una temperatura de 17°C y una luminosidad del 22% (Figura 2).

3.1.2 Fase reproductiva:

La fenofase de flor joven presenta una masividad baja (0,68) a finales de abril, con una precipitación de 118mm, temperatura de 16°C y luminosidad del 30%.

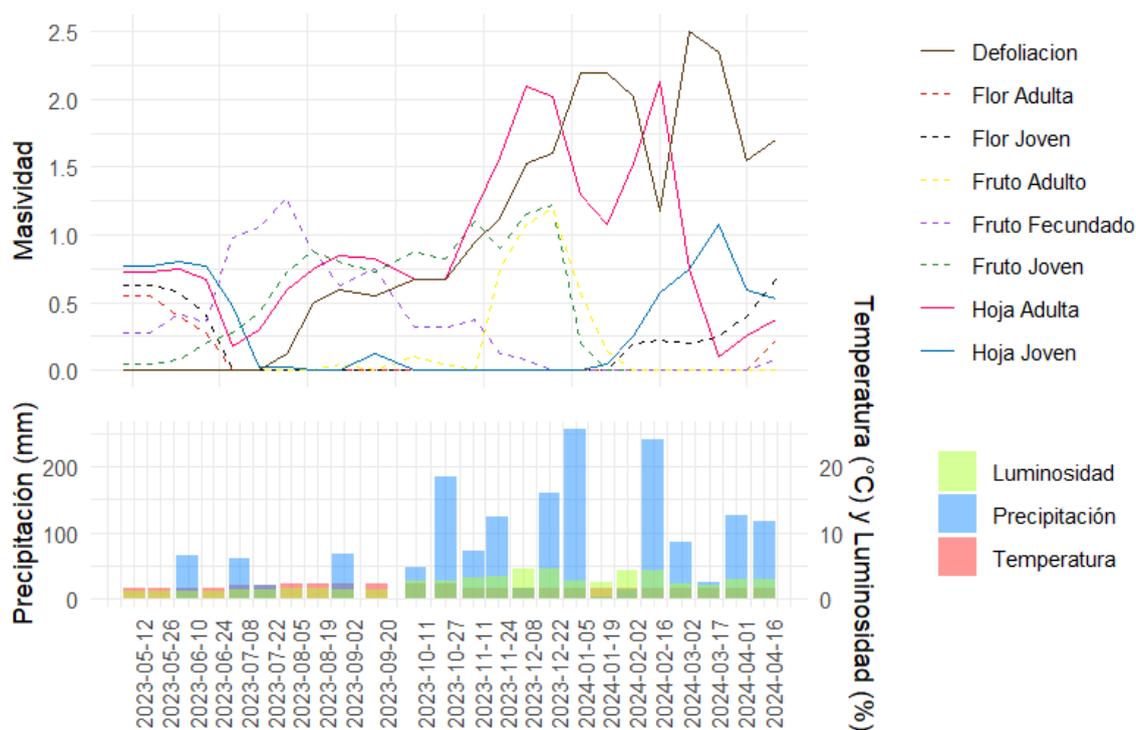
La flor adulta presenta una masividad baja (0,55) con una temperatura de 16°C y luminosidad del 12%, sin presencia de precipitación.

El fruto fecundado presenta una masividad media (1,28) en a inicios del mes de agosto, con una temperatura de 24°C y luminosidad del 16%.

El fruto joven y el fruto adulto presentan una masividad media (1,23) y (1,20) respectivamente en el mes de diciembre, con una precipitación de 160 mm, una temperatura de 17°C y una luminosidad del 46% (Figura 2).

Figura 2.

Comportamiento vegetativo y reproductivo de la especie J. neotropica con relación a las condiciones climáticas.



En el presente estudio, se observó que la fenofase de fruto adulto de *Juglans neotropica* presenta una masividad media (1,20) en diciembre, con una precipitación de 160 mm, una temperatura de 17°C y una luminosidad del 46%. En contraste, Toro (2018), reporta que el fruto adulto ocurre en los meses de junio a septiembre en Colombia. Esta discrepancia puede atribuirse a diferencias climáticas significativas entre las regiones de estudio, especialmente en términos de temperatura y precipitación.

El fruto adulto en diciembre podría ser una estrategia adaptativa de la especie para prepararse para el siguiente ciclo. Además, el alto porcentaje de luz que ha entrado en el árbol influye en la regulación de las hormonas vegetales y posiblemente favorecer procesos fisiológicos para la maduración de frutos.

Por otro lado, Ramírez y Kallarackal (2021) reportaron que el desarrollo de la flor joven en *Juglans sp.* ocurrió desde finales de septiembre hasta finales de octubre, asociado con temperaturas mínimas mensuales de 3,4°C a 3,6°C y el inicio de la temporada de lluvias. En contraste, nuestro estudio encontró que la fenofase de flor joven presenta una masividad baja a finales de abril, con una temperatura de 16°C y una precipitación de 118 mm. Esta discrepancia puede atribuirse a diferencias climáticas significativas y a la duración de las estaciones, considerando que la presencia y el comportamiento de otras especies puede influir en el ciclo fenológico.

Las temperaturas más elevadas y las precipitaciones registradas en abril en nuestra área de estudio podrían influir en el inicio más tardío de la floración. Esto sugiere que *J. neotropica* puede ajustar su ciclo fenológico en respuesta a las condiciones climáticas locales, evidenciando plasticidad fenológica. Además, el inicio de la floración durante la temporada de lluvias podría ser ventajoso para la especie, ya que las condiciones húmedas pueden favorecer la polinización y el desarrollo inicial de los frutos.

Estas diferencias resaltan la importancia de considerar las condiciones climáticas locales al estudiar la fenología de las especies forestales. Comprender cómo *J. neotropica* responde a las variables climáticas es esencial para la planificación de actividades de conservación y manejo sostenible. Los hallazgos pueden contribuir al desarrollo de calendarios fenológicos específicos para la región, lo cual optimiza la recolección de semillas y la producción de plantas en viveros.

3.2 Práctica de árboles en lindero en Bellavista

3.2.1 Fase vegetativa:

La hoja joven presenta una masividad intensa (2,1) a finales del mes de abril, con una precipitación de 71 mm, temperatura de 17°C y luminosidad del 29%.

La hoja adulta también presenta una masividad intensa (2,2) en el mes de diciembre, con una precipitación de 176 mm, temperatura de 18°C y luminosidad del 18%.

La defoliación presenta una masividad intensa (2,6) a finales de febrero, una temperatura de 16 °C y una luminosidad del 26 %, sin presencia de precipitación (Figura 3).

3.2.2 Fase reproductiva:

La flor joven presenta una masividad débil (0,3) a finales del mes de febrero, con una temperatura de 16°C y luminosidad del 26%, sin presencia de precipitación.

La flor adulta también muestra una masividad débil (0,4) a finales del mes abril, con una precipitación de 71mm, la temperatura de 17°C y luminosidad del 29%.

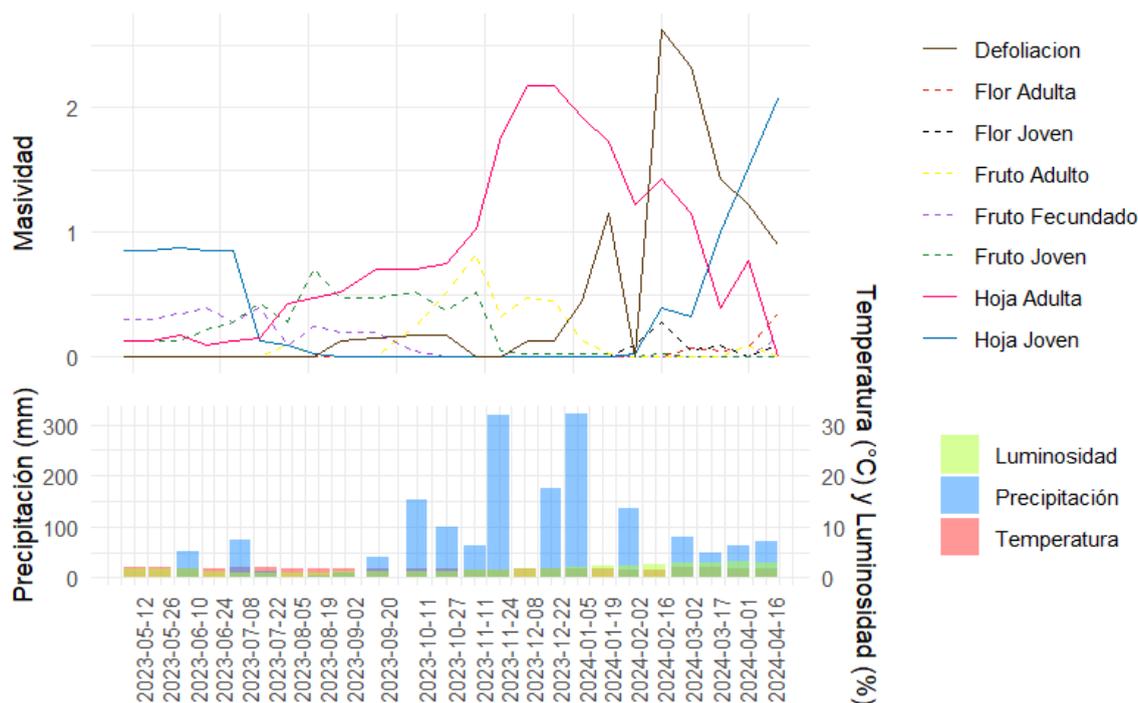
El fruto fecundado presenta una masividad débil (0,4) en el mes de junio, con una precipitación de 51mm, temperatura de 16°C y luminosidad del 17%.

El fruto joven presenta una masividad baja (0,7) a finales de agosto, con una precipitación de 5mm, temperatura de 18°C y luminosidad del 10%.

El fruto adulto presenta una masividad baja (0,8) a inicios de noviembre, con una precipitación de 62mm, temperatura de 16°C y luminosidad del 14% (Figura 3).

Figura 3.

Comportamiento vegetativo y reproductivo de la especie J. neotropica con relación a las condiciones climáticas.



En el presente estudio, se observó que la fenofase de hoja joven presenta una masividad intensa (2,1) a finales del mes de abril, con una precipitación de 71 mm, temperatura de 17°C y luminosidad del 29%, la hoja adulta también presenta una masividad intensa (2,2) en el mes de diciembre, con una precipitación de 176 mm, temperatura de 18°C y luminosidad del 18% y la defoliación presenta una masividad intensa (2,6) a finales de febrero, una temperatura de 16 °C y una luminosidad del 26 %, sin presencia de precipitación (Figura 3).

En contraste, una investigación realizada en Imbabura por Gómez & Vilema (2023), reportaron que la fenofase de hoja joven se manifiesta con masividad intensa en mayo, mientras que la hoja madura mostró una masividad intensa durante la mayor gran parte del tiempo de investigación, desde mayo hasta enero. En cuanto a la defoliación, se observó una masividad moderada durante mayo. Esta discrepancia puede atribuirse al aumento de temperaturas

globales y variaciones en patrones climático que pueden provocar desplazamientos en los tiempos fenológicos.

Por otro lado, Fernández (2021) reportó que, en Argentina *Juglans sp.* florece entre el mes de marzo y mayo, mientras que la maduración de los frutos ocurre entre septiembre y noviembre. En contraste, nuestro estudio encontró que la fenofase de flor adulta también muestra una masividad débil (0,4) a finales del mes abril, con una precipitación de 71mm, la temperatura de 17°C y luminosidad del 29%, mientras que el fruto adulto presenta una masividad baja (0,8) a inicios de noviembre, con una precipitación de 62mm, temperatura de 16°C y luminosidad del 14%. La coincidencia en el período de flores y frutos maduros sugiere que está influenciada por el aumento de precipitaciones y las condiciones climáticas propias de la zona de estudio. Los hallazgos de este estudio, demuestra que esta especie puede coincidir sus ciclos fenológicos, en diferentes lugares, posiblemente porque presenta condiciones climáticas similares a las registradas en el estudio. Además, la sincronización fenológica contribuye a la estabilidad de los ecosistemas, asegurando que las funciones ecológicas se mantengan equilibradas, aumentando las oportunidades de polinización y fecundación, asegurando una mayor producción de semillas.

3.3 Práctica de Árboles dispersos en San Antonio:

3.3.1 Fase vegetativa:

La hoja joven presenta una masividad media (1,5) en el mes de junio, con una precipitación de 37mm, temperatura de 25°C y luminosidad del 20%.

La hoja adulta presenta una masividad intensa (2,2) a finales del mes de febrero, con una precipitación de 162mm, temperatura de 18°C y luminosidad del 35%.

La defoliación presenta una masividad intensa (3,3) a finales del mes de abril, con una precipitación de 69mm, temperatura de 17°C y luminosidad del 38% (Figura 4).

3.3.2 Fase reproductiva:

La flor joven y la flor adulta presentan una masividad intensa (2,5) y una masividad media (1,5) respectivamente a finales del mes abril, con una precipitación de 69mm, temperatura de 17°C y luminosidad del 38%.

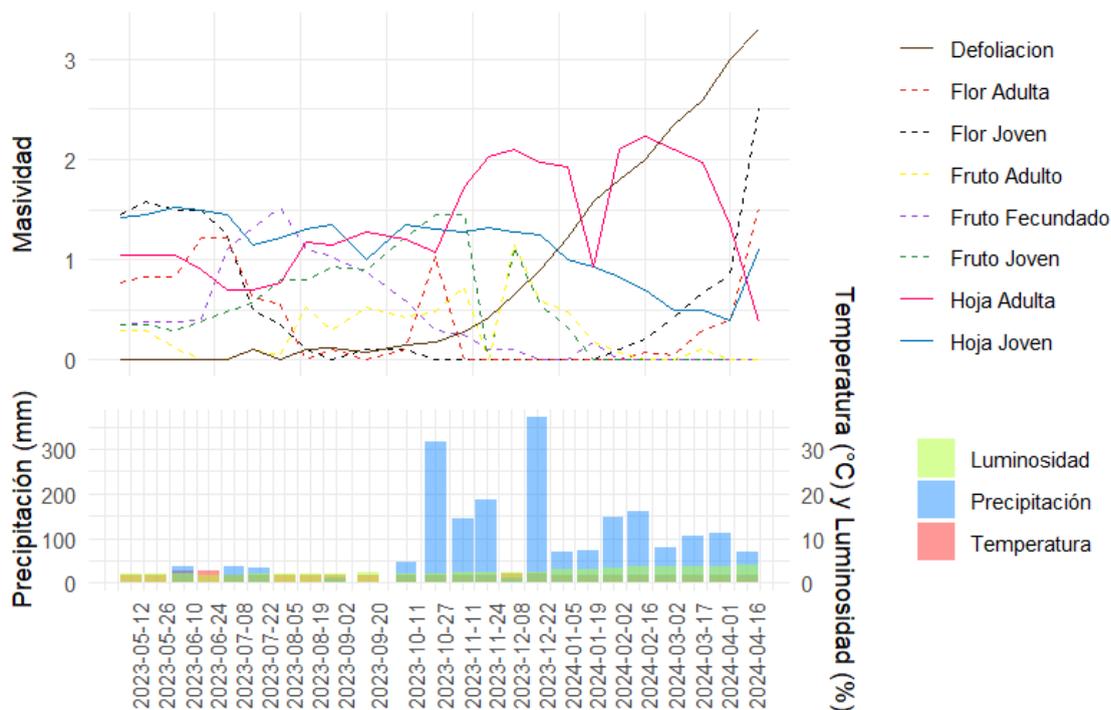
El fruto fecundado presenta una masividad media (1,5) a inicios del mes de agosto, con una temperatura de 18°C y luminosidad del 19%, sin presencia de lluvia.

El fruto joven presenta una masividad media (1,5) a finales del mes de octubre, con una precipitación de 318mm, temperatura de 17°C y luminosidad del 21%.

El fruto adulto también muestra una masividad media (1,2) a inicios de diciembre, con una precipitación de 12mm, temperatura de 20°C y luminosidad del 24% (Figura 4).

Figura 4.

Comportamiento vegetativo y reproductivo de la especie J. neotropica con relación a las condiciones climáticas.



El en presente estudio, se observó que la fenofase de hoja joven presenta una masividad media (1,5) en el mes de junio, con una precipitación de 37mm, temperatura de 25°C y luminosidad

del 20%. Estos resultados no son consistentes con los reportes por Ospina (2003), quien observó que la aparición del nuevo follaje comienza durante la temporada de lluviosa y se mantiene en el árbol durante todo el proceso de formación y maduración de los frutos, mientras que la defoliación se inicia en la época seca del año. Encontrando diferencias en la presente investigación, en el período de hoja joven sugiere que esta fenofase se desarrolló debido a la humedad del suelo, utilizando sus reservas internas.

La presencia de hoja joven en junio con precipitaciones bajas y condiciones climáticas registradas en el lugar de estudio, podría ser una estrategia adaptativa ante el cambio climático, ya que la especie *J. neotropica*, ha ido desarrollando resistencia para sobrevivir en diferentes condiciones. Además, sus raíces profundas le permiten acceder a agua subterránea, sus hojas maximizan la captura de luz solar, lo que le permite almacenar nutrientes que les ayuda en períodos de escasez.

Por otro lado, Rocas, (2010) menciona que la floración ocurre de febrero a marzo y la fructificación de agosto a noviembre, estas etapas pueden verse influenciadas por el régimen de lluvias y la altitud en la que se desarrolla la planta. Estos resultados son consistentes con el presente estudio, dónde encontramos que las fenofases de flor joven y flor adulta presentan una masividad intensa (2,5) y una masividad media (1,5) respectivamente a finales del mes abril, con una precipitación de 69mm, temperatura de 17°C y luminosidad del 38 y la fenofase de fruto fecundado presenta una masividad media (1,5) a inicios del mes de agosto, con una temperatura de 18°C y luminosidad del 19%, sin presencia de lluvia. La coincidencia en el período de estas fenofases sugiere que están influenciadas por los escasos de lluvia y las condiciones climáticas propias de las zonas de estudio.

Las temperaturas más elevadas y las precipitaciones registradas en nuestra área de estudio posiblemente fueron las que impulsaron el proceso de floración. Sin embargo, se debe considerar que en esta práctica de estudio las condiciones climáticas también se pueden ver

afectadas por la estructura del hábitat, ya que puede alterar la composición de las especies, cambiando las condiciones de luz y el microclima (Zelikova, 2021).

Estos hallazgos nos ayudan a entender como la fenología puede ayudar a proteger la biodiversidad, ya que la sincronización de eventos fenológicos, como la floración y la actividad de polinizadores, es fundamental para la salud del ecosistema.

3.4. Práctica de arbolado urbano en Ibarra:

3.4.1. Fase vegetativa:

Se observa en la (Figura 4), que la fenofase de hoja joven presenta una masividad media (1,7) a finales del mes de febrero, con una precipitación de 162mm, temperatura de 18°C y luminosidad del 35%.

Las fenofases de hoja adulta y defoliación presentan una masividad intensa (2,4) y (2,6) respectivamente a finales del mes de abril, con una precipitación de 69mm, temperatura de 17°C y luminosidad del 38%.

3.4.2. Fase reproductiva:

La fenofase de flor joven presenta una masividad media (1) a finales del mes de marzo, con una precipitación de 106mm, temperatura de 16°C y luminosidad de 35%.

La flor adulta presenta una masividad baja (0,9) a inicios del mes de julio, con una precipitación de 38mm, temperatura de 18°C y luminosidad del 18%.

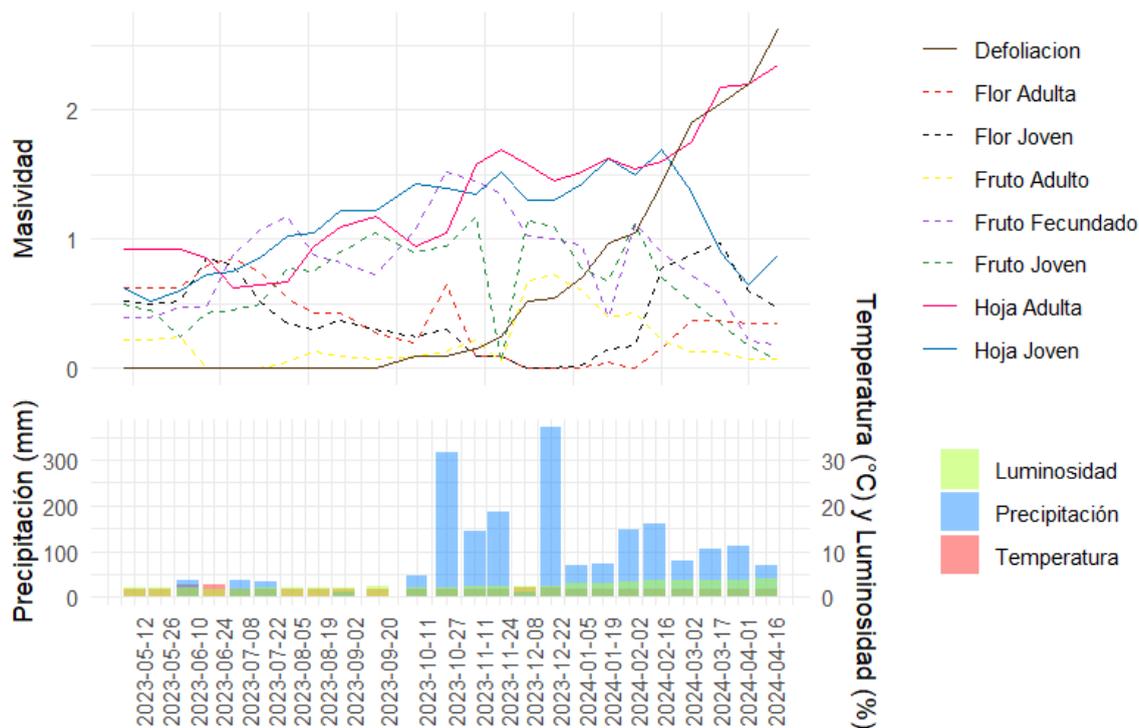
Mientras que el fruto fecundado presenta una masividad media (1,5) a inicios del mes de noviembre, con una precipitación de 145mm, temperatura de 18°C y luminosidad del 23%.

El fruto joven también muestra una masividad media (1,2) a inicios del mes de diciembre, en los cuales presenta una precipitación de 12mm, temperatura de 20°C y luminosidad del 24%.

El fruto adulto presenta una masividad baja (0,7) en el mes de diciembre, con una precipitación de 383mm, temperatura de 20°C y luminosidad del 25% (Figura 5).

Figura 5.

Comportamiento vegetativo y reproductivo de la especie J. neotropica con relación a las condiciones climáticas



En el presente estudio, se observó que la fenofase de fruto adulto presenta una masividad baja (0,7) en diciembre, coincidiendo con una precipitación de 383mm, temperatura de 20°C y luminosidad del 25%. Estos resultados no tienen similitud con los resultados reportados por Jorquera (2022), quién encontró que el fruto adulto de *J. regia* en Chile ocurre en los meses de abril y marzo, listos para la cosecha, dónde en estos meses es bastante cálido. La discrepancia en el período de fruto adulto sugiere que está influenciada por el aumento de precipitaciones y probablemente el exceso de agua haya provocado que esta fenofase entre en estrés hídrico, posiblemente ocasionando que los frutos se caigan prematuramente.

La masividad baja del fruto adulto durante este período de estudio podría deberse a la alta precipitación registrada, ya que un árbol cuando existe demasiada cantidad de agua absorbe

menos oxígeno, y reduce la circulación por todo el árbol, lo que podrá ocasionar que los frutos no hayan completado su proceso fisiológico (Food Forward, 2024).

Por otro lado, Yamamoto y Barra (2003) reportaron que la floración ocurre principalmente entre octubre y enero, después de la caída de hojas y la fructificación ocurre entre enero y septiembre, observando un alto aborto de frutos antes del inicio del periodo de maduración, que comienza en junio. En contraste, nuestro estudio encontró que la fenofase de flor joven presenta una masividad (1) a finales del mes de marzo, con una precipitación de 106mm, temperatura de 16°C y luminosidad de 35%, mientras que el fruto fecundado presenta una masividad media (1,5) a inicios del mes de noviembre, con una precipitación de 145mm, temperatura de 18°C y luminosidad del 23%. Esta discrepancia puede atribuirse a diferencias climáticas significativas entre las regiones de estudio, especialmente en términos de temperatura y precipitación.

Las temperaturas más elevadas y las precipitaciones registradas en marzo en nuestra área de estudio podrían influir en el inicio más tardío de la floración, considerando que la precipitación es crucial para *J. neotropica*, ya que proporciona la humedad necesaria para el crecimiento de las yemas florales. Esto sugiere que esta especie puede ajustar su ciclo fenológico en respuesta a las condiciones climáticas. Además, el inicio de la floración durante épocas de lluvias facilita la polinización y el desarrollo inicial de frutos.

Estas diferencias resaltan la importancia de considerar las condiciones climáticas locales al estudiar la fenología de las especies forestales. Conocer esta información permite realizar manejos para mejorar el comportamiento, tanto en crecimiento como desarrollo vegetativo, como en la productividad y calidad del fruto.

3.5 Correlación estadística

3.5.1 Práctica de plantación pura en Natabuela

Los resultados muestran varias correlaciones significativas entre las variables climáticas y las fenofases de *Juglans neotropica*, lo que indica una estrecha relación entre el ambiente y el desarrollo fenológico de la especie.

Existe una correlación negativa significativa entre la temperatura y la luminosidad (Figura 6). Lo que sugiere que a mayores niveles de luminosidad están asociados con temperaturas más bajas. Es inusual que a mayores niveles de luminosidad estén asociados con temperaturas más bajas, ya que generalmente, a mayor luminosidad implica mayor radiación solar y, por ende, temperaturas más altas. Es posible que factores como la altitud, latitud y la inclinación del sol influyan en este resultado ya que Natabuela presenta un clima frío en la parte alta, los mismos que se encuentra desde los 3060 hasta los 4621 m.s.n.m, y un clima templado en la parte baja que va desde los 2360 hasta los 3060 m.s.n.m, (GAD Antonio Ante, 2022).

Existe una correlación positiva significativa entre la temperatura y el número de frutos fecundados. Lo que sugiere que temperaturas más altas favorecen la fecundación de los frutos ya que las temperaturas óptimas pueden mejorar la actividad de polinizadores y el desarrollo de los frutos.

Koppert (2020) menciona que la polinización adecuada de una flor es el factor clave para el desarrollo de un fruto de calidad. Las flores que reciben una polinización insuficiente nunca darán lugar a un fruto de buena calidad, independientemente que exista condiciones óptimas.

Según Ruiz (2015) durante la época de floración y desarrollo del fruto el nogal requiere temperaturas moderadas. Si las temperaturas son demasiado frías, puede haber daño por heladas, y si son demasiado altas, puede haber caída de los frutos. La completa maduración de los frutos dependerá de una suficiente acumulación de calor que reciba el árbol.

La temperatura y la luminosidad muestran una correlación negativa significativa (Corr: -0.496), indicando que mayores niveles de luminosidad están asociados con temperaturas más bajas. Esto podría deberse a la presencia de nubosidad que reduce la temperatura y la cantidad de luz solar directa recibida.

La correlación negativa significativa entre la luminosidad y la floración joven indica que mayores niveles de luminosidad están asociados con una menor cantidad de flores jóvenes. Una posible explicación es que una excesiva exposición a la luz solar, especialmente con alta radiación ultravioleta, puede causar estrés fotooxidativo en las plantas, afectando negativamente el desarrollo de nuevas flores. Según Munné-Bosch (2018) los efectos del estrés fotooxidativo condicionan la duración de la flor no solo durante la senescencia, sino incluso durante el proceso de apertura de la flor provocando dificultades para desarrollar nuevas flores.

Además, en períodos de alta luminosidad y bajas precipitaciones, las plantas pueden presentar respuestas de aclimatación reduciendo la expansión foliar y floral para evitar pérdidas hídricas. (Potters, Pasternak, Guisez, Palme, & Jansen, 2007)

Existe una fuerte correlación negativa entre la luminosidad y la floración joven (Corr: -0.531), indicando que mayores niveles de luminosidad están asociados con una menor cantidad de flores jóvenes. Esto podría ser debido a que una excesiva exposición a la luz solar puede causar estrés en las plantas, afectando negativamente el desarrollo de nuevas flores.

Una correlación negativa significativa se observa entre la precipitación y el fruto fecundado (Corr: -0.848), sugiriendo que mayores niveles de precipitación están asociados con una menor cantidad de frutos fecundados. La alta precipitación puede generar condiciones de exceso de agua, lo que puede impactar negativamente tanto en la polinización como en el desarrollo de los frutos.

La floración joven y la floración adulta presentan una fuerte correlación positiva (Corr: 0.840), indicando que un aumento en la cantidad de flores jóvenes generalmente conduce a un aumento en la floración adulta. Este patrón refleja el ciclo natural de desarrollo de las flores desde etapas juveniles a adultas.

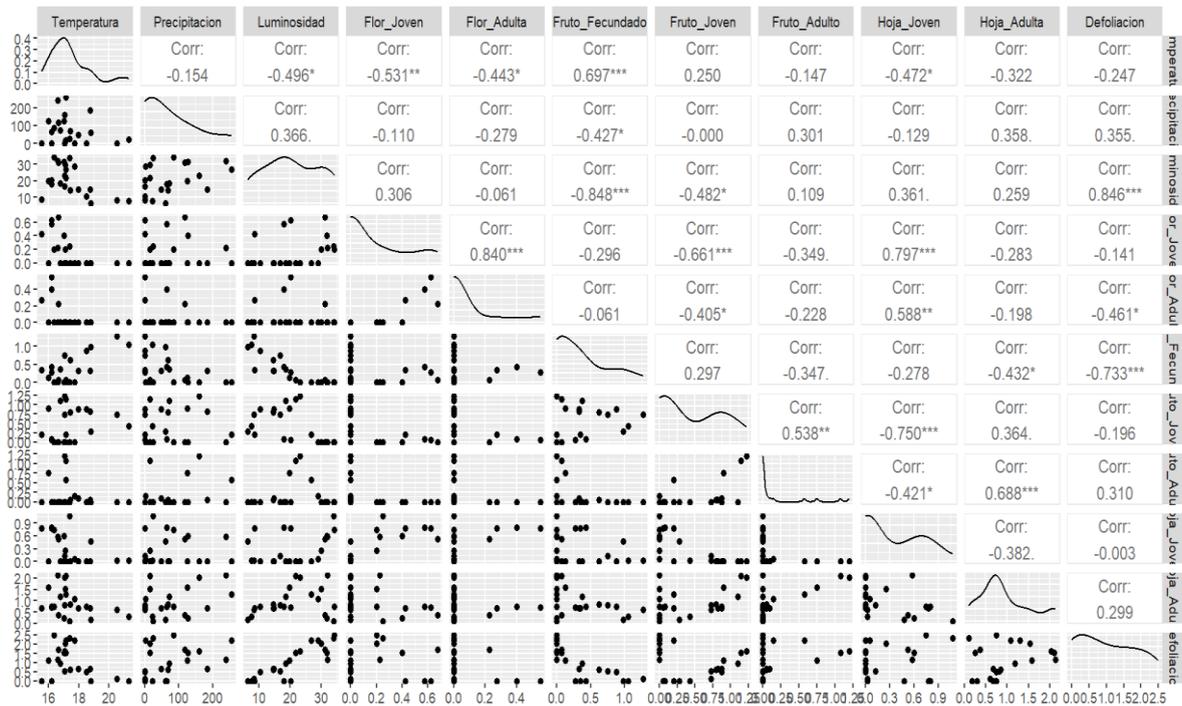
La defoliación muestra una fuerte correlación positiva con la luminosidad (Corr: 0.846), sugiriendo que mayores niveles de luminosidad están asociados con una mayor defoliación. La alta exposición a la luz solar puede causar estrés en las plantas, llevando a la pérdida de hojas como un mecanismo de adaptación para reducir la transpiración.

Una correlación negativa significativa se observa entre la defoliación y la hoja joven (Corr: -0.733), indicando que un aumento en la defoliación está asociado con una disminución en la cantidad de hojas jóvenes. Las hojas jóvenes son más susceptibles a la pérdida bajo condiciones de estrés ambiental.

La correlación entre el fruto joven y el fruto adulto es positiva (Corr: 0.538), sugiriendo que un aumento en la cantidad de frutos jóvenes se traduce en un mayor número de frutos adultos, siguiendo el proceso de maduración natural de los frutos.

Figura 6.

Matriz de diagramas de Dispersión Plantación Pura



Según Canna (2017), las plantas están compuestas por diferentes partes, y cada una de ellas reacciona de manera distinta a la temperatura, ya que no son homogéneas. Las plantas tienen la capacidad de enfriarse mediante evaporación y calentarse por irradiación. Buscan alcanzar su temperatura óptima, lo que permite un equilibrio entre la temperatura ambiental, la humedad relativa y la luz, favoreciendo tanto su crecimiento como la productividad de las cosechas.

Las correlaciones observadas en la matriz de dispersión pueden estar influenciadas por varios factores ambientales y biológicos. Factores ambientales como la temperatura, la precipitación y la luminosidad son críticos para el desarrollo y expansión de las plantas. Las circunstancias ideales de estos elementos pueden favorecer el desarrollo de flores y frutos, mientras que condiciones extremas pueden causar estrés y defoliación. Además, las interacciones fenológicas, como las relaciones entre diferentes etapas de desarrollo de flores y frutos, reflejan los ciclos naturales de crecimiento. La correlación positiva entre flores jóvenes y adultas, así

como entre frutos jóvenes y adultos, indica un desarrollo progresivo bajo condiciones favorables.

3.5.2 Práctica de árboles en lindero en Bellavista

La temperatura y la precipitación muestran una correlación negativa (Corr: -0.269), indicando que periodos de mayor precipitación están asociados con temperaturas más bajas. Esto podría deberse a que la lluvia tiende a enfriar el ambiente, reduciendo las temperaturas (Figura 7).

La correlación entre la temperatura y el fruto fecundado es positiva (Corr: 0.334), sugiriendo que temperaturas más altas pueden favorecer la fecundación de los frutos. Este fenómeno puede deberse a que ciertas temperaturas óptimas facilitan la polinización y el desarrollo inicial de los frutos.

Una fuerte correlación positiva se observa entre la luminosidad y la defoliación (Corr: 0.716), sugiriendo que mayores niveles de luminosidad están asociados con una mayor defoliación. La alta exposición a la luz solar puede causar estrés en las plantas, lo que lleva a la pérdida de hojas como mecanismo de adaptación para reducir la transpiración.

Existe una correlación positiva significativa entre la floración joven y la floración adulta (Corr: 0.553), señalando que un incremento en el número de flores jóvenes usualmente lleva a un incremento en la floración en la etapa adulta. Este patrón refleja el ciclo natural de desarrollo de las flores desde etapas juveniles a adultas.

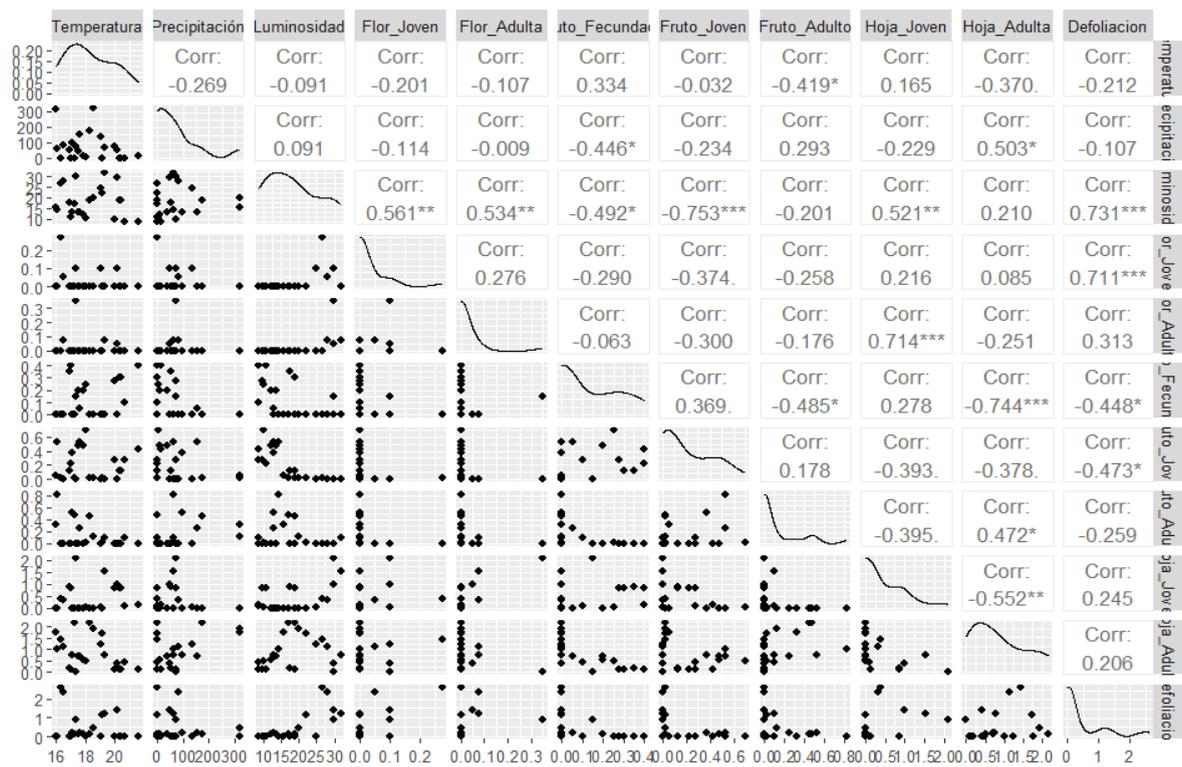
La defoliación muestra una fuerte correlación positiva con la hoja adulta (Corr: 0.503), sugiriendo que las hojas más viejas son más susceptibles a la caída bajo condiciones de estrés ambiental. Por otro lado, la correlación negativa entre la defoliación y la hoja joven (Corr: -0.370) indica que la defoliación afecta menos a las hojas más jóvenes, posiblemente debido a su mayor capacidad de adaptación y resistencia.

Se observa una correlación negativa significativa entre el fruto fecundado y el fruto joven (Corr: -0.600), indicando que un aumento en la cantidad de frutos fecundados está asociado con una disminución en la cantidad de frutos jóvenes. Esto podría reflejar la asignación de recursos de la planta, donde el desarrollo de frutos fecundados reduce los recursos disponibles para la producción de nuevos frutos.

La correlación entre el fruto joven y el fruto adulto es positiva (Corr: 0.369), sugiriendo que un aumento en la cantidad de frutos jóvenes se traduce en un mayor número de frutos adultos, siguiendo el proceso de maduración natural de los frutos.

Figura 7.

Matriz de Diagramas de Dispersión Árboles en Lindero



Según Moncada (2020), es fundamental que las temperaturas invernales sean lo suficientemente bajas para satisfacer las necesidades de frío del nogal, las cuales varían según

la variedad. Sin embargo, es crucial evitar las heladas tardías, ya que pueden dañar los brotes y flores jóvenes en desarrollo. El frío extremo puede causar daño por heladas, mientras que el calor excesivo puede inducir estrés térmico, reducir la fotosíntesis y provocar marchitez (Cherlinka, 2023).

Las correlaciones observadas en la matriz de dispersión pueden ser afectadas por la relación entre las plantas y el clima, ya que son factores importantes para la adaptación de una planta en un entorno nuevo. Los cambios en su entorno natural o en su entorno de producción representan alteraciones que la planta experimenta, lo que puede provocar enfermedades y alteraciones fisiológicas.

3.5.3 Práctica de Arbolado Urbano Ibarra

Se observa una correlación positiva significativa entre la temperatura y el fruto fecundado (Corr: 0.446), sugiriendo que temperaturas más altas pueden favorecer la fecundación de los frutos (Figura 8). Este fenómeno podría deberse a que ciertas temperaturas óptimas facilitan la polinización y el desarrollo inicial de los frutos. De manera similar, la precipitación también muestra una correlación positiva con el fruto fecundado (Corr: 0.438). Las precipitaciones adecuadas pueden proporcionar el agua necesaria para el crecimiento y desarrollo de los frutos, indicando que condiciones húmedas favorecen la fecundación.

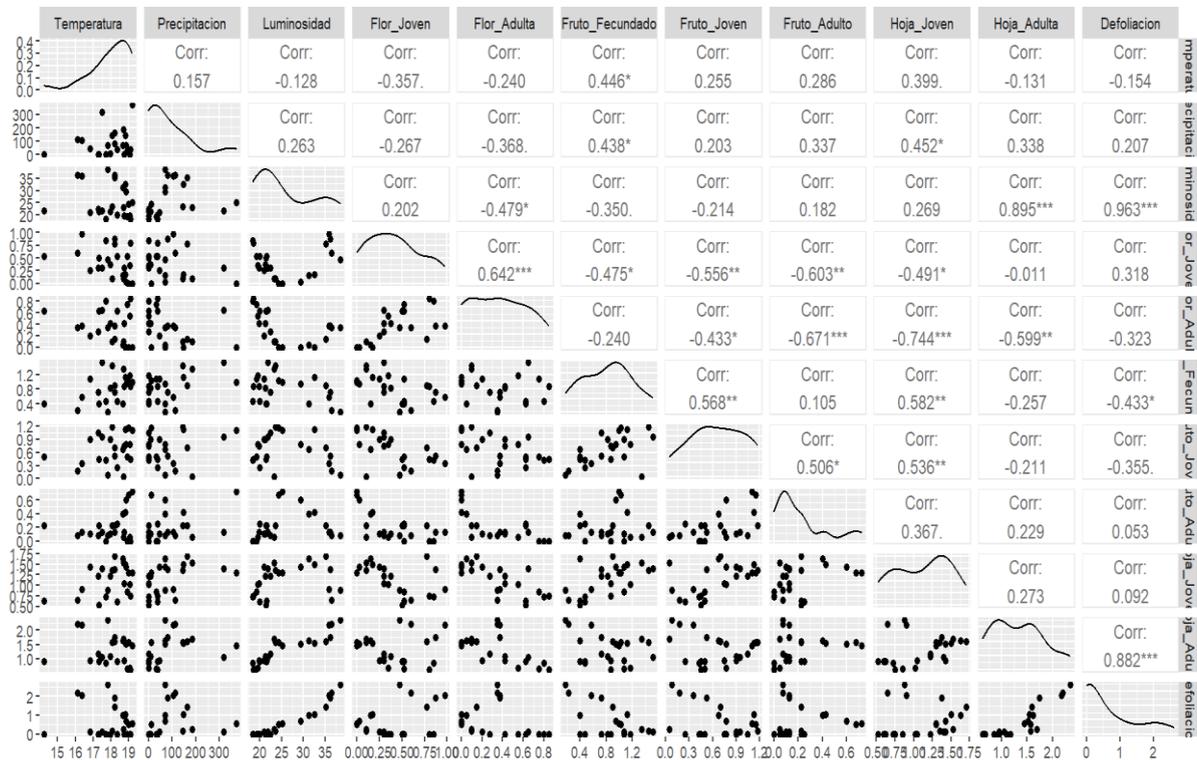
La luminosidad presenta una correlación positiva muy fuerte con la defoliación (Corr: 0.963), sugiriendo que mayores niveles de luminosidad están asociados con una mayor defoliación. La alta exposición a la luz solar puede causar estrés en las plantas, llevando a la pérdida de hojas. Este hallazgo resalta la importancia de la regulación de la exposición a la luz para evitar el estrés excesivo en las plantas.

Existe una fuerte correlación positiva entre la cantidad de flores jóvenes y adultas (Corr: 0.642), lo que indica que un aumento en la floración joven generalmente conduce a un aumento en la floración adulta. Este patrón refleja el ciclo natural de desarrollo de las flores desde etapas juveniles a adultas. Asimismo, la correlación positiva entre frutos jóvenes y adultos (Corr: 0.568) sugiere que un aumento en la cantidad de frutos jóvenes se traduce en un mayor número de frutos adultos, siguiendo el proceso de maduración natural de los frutos.

La correlación positiva entre flores jóvenes y hojas jóvenes (Corr: 0.452) indica que condiciones favorables para el desarrollo de flores jóvenes también pueden ser favorables para el crecimiento de hojas jóvenes. Esto posiblemente se debe a un ambiente óptimo para el crecimiento general de la planta, donde múltiples órganos vegetales se desarrollan en paralelo bajo condiciones favorables.

Una correlación negativa entre fruto adulto y defoliación (Corr: -0.603) sugiere que un aumento en la defoliación está asociado con una disminución en la cantidad de frutos adultos. La pérdida de hojas puede afectar negativamente la capacidad de la planta para sostener y madurar los frutos, posiblemente debido a la reducción en la fotosíntesis y en el suministro de nutrientes esenciales para el desarrollo de los frutos. Por otro lado, una fuerte correlación positiva entre hoja adulta y defoliación (Corr: 0.882) sugiere que a medida que aumenta la defoliación, también lo hace la cantidad de hojas adultas afectadas. Esto podría indicar que las hojas más viejas son más susceptibles a la caída bajo condiciones de estrés ambiental.

Figura 8.

Matriz de Diagramas de Dispersión Arbolado Urbano

Según Ramírez (2009), la fenología reproductiva mantiene una correlación positiva con las variables climáticas vinculadas a la disponibilidad de agua y una correlación negativa con las variables climáticas vinculadas a la falta de agua. Esto se debe a que numerosas plantas ingresan a nuevas etapas de su vida cuando se presentan la temperatura y las lluvias.

Las plantas poseen una serie de características estructurales que les facilitan enfrentar variaciones climáticas particulares, razón por la cual sus fenofase se manifiestan en función del tiempo atmosférico de un lugar específico.

3.5.4 Práctica de árboles dispersos San Antonio

Se observa una correlación positiva entre la precipitación y la luminosidad (Corr: 0.412), sugiriendo que periodos de mayor precipitación están asociados con niveles más altos de

luminosidad (Figura 9). Este fenómeno puede deberse a la limpieza del aire por la lluvia, lo que aumenta la penetración de la luz solar.

La correlación entre la temperatura y la floración joven es negativa (Corr: -0.353), indicando que temperaturas más altas están asociadas con una disminución en la cantidad de flores jóvenes. Esto podría deberse a que temperaturas extremas pueden inhibir el desarrollo de flores jóvenes o acelerar su transición a la etapa adulta.

Una fuerte correlación negativa se observa entre la luminosidad y el fruto fecundado (Corr: -0.734), sugiriendo que mayores niveles de luminosidad están asociados con una menor cantidad de frutos fecundados. Esto podría deberse a que una excesiva exposición a la luz solar puede causar estrés en las plantas, afectando negativamente la fecundación de los frutos.

Existe una correlación positiva muy fuerte entre la floración joven y la floración adulta (Corr: 0.839), señalando que un incremento en el número de flores jóvenes usualmente lleva a un incremento en la floración en la etapa adulta. Este patrón refleja el ciclo natural de desarrollo de las flores desde etapas juveniles a adultas.

La defoliación muestra una fuerte correlación positiva con la luminosidad (Corr: 0.924), sugiriendo que mayores niveles de luminosidad están asociados con una mayor defoliación. La alta exposición a la luz solar puede causar estrés en las plantas, lo que lleva a la pérdida de hojas como mecanismo de adaptación para reducir la transpiración.

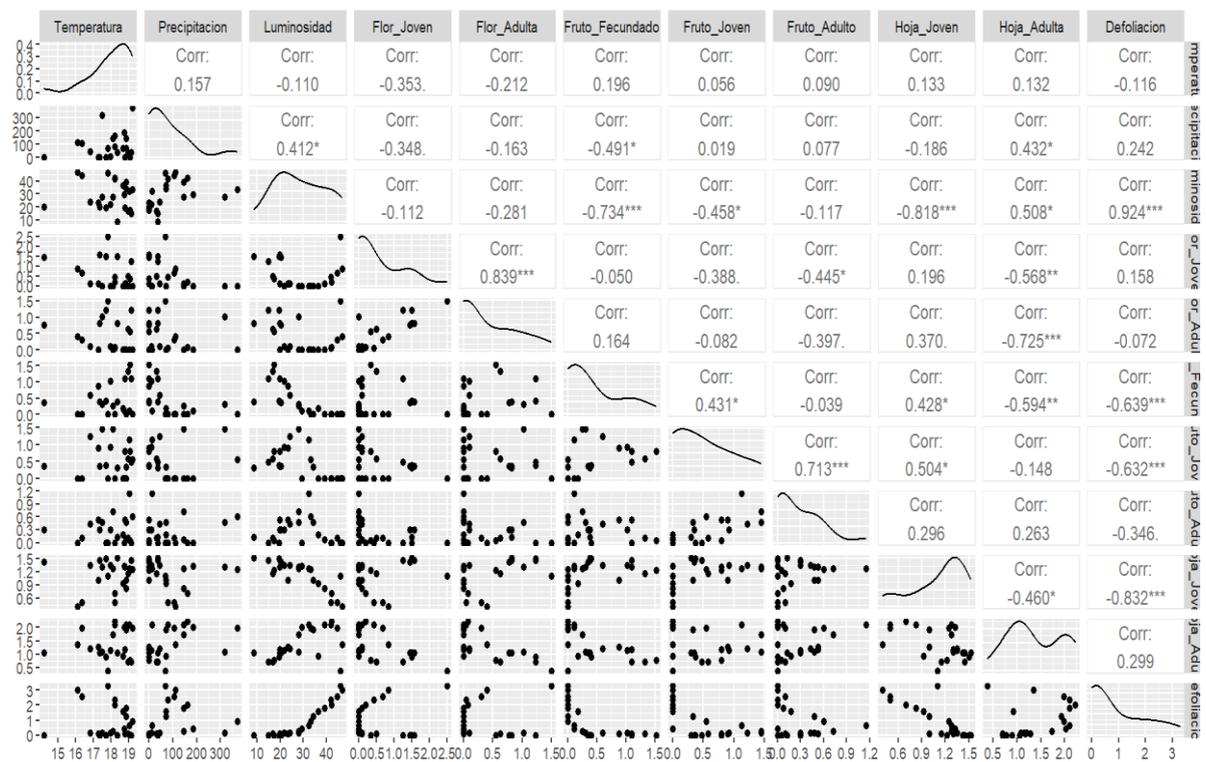
Una correlación negativa significativa se observa entre el fruto fecundado y la floración adulta (Corr: -0.491), indicando que un aumento en la cantidad de frutos fecundados está asociado con una disminución en la floración adulta. Esto podría ser un reflejo de la asignación de recursos de la planta, donde el desarrollo de frutos fecundados reduce los recursos disponibles para la producción de nuevas flores.

La correlación entre la defoliación y la hoja adulta es muy alta y positiva (Corr: 0.508), sugiriendo que las hojas más viejas son más susceptibles a la caída bajo condiciones de estrés ambiental. Asimismo, la correlación negativa entre la defoliación y la hoja joven (Corr: -0.818) indica que la defoliación afecta menos a las hojas más jóvenes, posiblemente debido a su mayor capacidad de adaptación y resistencia.

El fruto joven y el fruto adulto también presentan una correlación positiva significativa (Corr: 0.431), sugiriendo que un aumento en la cantidad de frutos jóvenes se traduce en un mayor número de frutos adultos, siguiendo el proceso de maduración natural de los frutos.

Figura 9.

Matriz de Diagrama de Dispersión Árboles Dispersos



El cambio climático produce diferentes cambios en las plantas e influyen en el desarrollo de estas. Según Alvarado (2014), existen pocas regiones en el mundo donde las condiciones

ambientales son consistentemente favorables para todas las funciones de las plantas. Lo más común es que, a lo largo del año, se presenten variaciones estacionales en el clima, lo que afecta la disponibilidad de recursos. Por el cual las plantas desarrollan mecanismos de adaptación estacional en su morfología y fisiología para poder sobrevivir.

El nogal requiere de un suelo profundo, fértil y bien drenado, crece en climas fríos por ello se adaptada a condiciones climáticas definidas por ello las correlaciones halladas están determinadas por la composición de cada hábitat en el que se encuentran.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El comportamiento fenológico de *Juglans neotropica* Diels varía entre las cuatro prácticas de árboles plantados y los diferentes sitios en la provincia de Imbabura. La fase vegetativa presentó masividad desde media hasta intensa en distintos periodos, influenciada por las condiciones climáticas locales y el tipo de práctica de plantación.
- Se establecieron correlaciones significativas entre las variables climáticas y las fenofases de *J. neotropica*. La temperatura mostró una correlación positiva con el fruto fecundado, indicando que temperaturas más altas favorecen la fecundación de los frutos. En cambio, se detectó una correlación inversa entre la precipitación y el fruto fecundado, sugiriendo que mayores niveles de precipitación se asocian con una menor cantidad de frutos fecundados.
- Se identificó una fuerte correlación positiva entre la floración joven y la floración adulta, lo que refleja el ciclo natural de desarrollo floral. Asimismo, la correlación positiva entre frutos jóvenes y frutos adultos en las diferentes prácticas indica que un mayor número de frutos jóvenes conduce a más frutos maduros, siguiendo el proceso natural de maduración.
- La defoliación mostró correlaciones positivas significativas con la luminosidad en todos los sitios, señalando que altos niveles de luminosidad se relacionan con una defoliación más intensa. Además, se observaron correlaciones negativas entre la luminosidad y la floración joven y entre la luminosidad y el fruto fecundado, sugiriendo que niveles elevados de luminosidad pueden afectar negativamente el desarrollo de flores jóvenes y la fecundación de frutos.

Recomendaciones:

- Se recomienda realizar estudios fenológicos a largo plazo en *Juglans neotropica* Diels para detectar posibles variaciones interanuales en las fenofases y su relación con las condiciones climáticas. Esto facilitará una mejor comprensión de los impactos del cambio climático y la variabilidad climática en la conducta fenológica de la especie.
- Integrar en futuras investigaciones el estudio de las características del suelo y las prácticas de manejo forestal en cada sitio, para evaluar cómo estos factores influyen en el desarrollo fenológico y en las correlaciones observadas. Esto ayudará a identificar prácticas de manejo que optimicen el crecimiento y reproducción de *J. neotropica*.
- Utilizar la información obtenida para diseñar programas de conservación y reforestación adaptados a las condiciones locales de cada práctica y sitio. Esto incluye la selección de épocas óptimas para la recolección de semillas y la siembra, considerando las fenofases y las condiciones climáticas favorables.
- Promover la difusión de los resultados entre las comunidades locales y actores involucrados en el manejo de *J. neotropica*, como agricultores, artesanos y autoridades ambientales. La educación y participación comunitaria son clave para la conservación efectiva de la especie y para mantener su valor cultural y económico en la región.
- Es importante tener en cuenta en futuros estudios el rol de elementos bióticos, tales como la interacción con polinizadores y dispersores de semillas, plagas y enfermedades, que pueden afectar las fenofases y su vínculo con las condiciones climáticas.

CAPITULO V

ANEXOS

Anexo 1.

FOTOGRAFIAS

Identificación de los sitios de investigación



Plantación pura



Árboles en lindero



Árboles dispersos



Arbolado urbano

Observación de la fenología por cuadrantes



Hoja joven del nogal



Hoja adulta del nogal



Floración del nogal



Fruto del nogal



Calendario fenológico de Arbolado Urbano (San Miguel de Ibarra).

CALENDARIO FENOLÓGICO ARBOLADO URBANO												
Fenofase	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Flor Joven												
Flor Adulta												
Fruto Fecundado												
Fruto Joven												
Fruto Adulto												
Hoja Joven												
Hoja Adulta												
Defoliación												

Leyenda								
Porcentaje	Flor Joven	Flor Adulta	Fruto Fecundado	Fruto Joven	Fruto Adulto	Hoja Joven	Hoja Adulta	Defoliación
1-25%								
26-50%								
51-75%								
76-100%								

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Koppert, H. (2020, Junio 30). *Interacciones entre plantas y polinizadores a altas temperaturas*.
Obtenido de https://www.koppert.com/content/global/docs/Pollination_White_paper/Pollination_white_paper_High_Temperatures_ES_-_Koppert.pdf
- Viera, C., & Pineda, A. (2004). *Agronomía Mesoamericana*. Obtenido de PRODUCTIVIDAD DE LINDERO MADERABLE DE Cedrela odorata: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43715113.pdf>
- Agudelo, C., & Gómez, G. (2001). Fenología de especies forestales de la montaña del ocaso, Quimbaya, Q. *Uniquindio*. Obtenido de <https://bdigital.uniquindio.edu.co/handle/001/5989>
- Alberti, L. F. (2002). Fenología de uma comunidade arbórea em Santa Maria, RS. *UFMS*. Obtenido de <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/26736>
- Alltech. (2021). *Lluvias intensas sobre los cultivos: cómo proteger los cultivos y los suelos*. Obtenido de <https://www.alltech.com/es-es/press-release/lluvias-intensas-sobre-los-cultivos-como-proteger-los-cultivos-y-los-suelos>
- Almaguer. (1998). Diccionario panhispánico. *Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española*. Obtenido de Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española
- Alvarado, M., Foroughbakhch, R., Jurado, E., & Rocha, A. (2002). El cambio climático y la fenología de las plantas. 5(004). Obtenido de www.redalyc.org
- Alvarado, V. (2014, Noviembre 28). El cambio climático y la fenología de las plantas. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/934>
- Alzate, N., & Jiménez, S. H. (1990). Comportamiento fenológico de seis especies de un bosque muy húmedo tropical en el Río Claro, Antioquia. *Cuaderno de Investigación y desarrollo regional*. Obtenido de https://www.lyonia.org/articles/rbusmann/article_347/html/article.html
- Braatz, G. K. (1989). Una nueva visión de la silvicultura. *FAO*. Obtenido de [https://www.fao.org/3/u9300S/u9300s03.htm#:~:text=La%20silvicultura%20urbana%](https://www.fao.org/3/u9300S/u9300s03.htm#:~:text=La%20silvicultura%20urbana%20)

20es%20una,fisiol%C3%B3gico%20como%20sociol%C3%B3gico%20y%20econ%C3%B3mico

Budburst. (2024). *Chicago botanic garden*. Obtenido de <https://budburst.org/es/phenology#:~:text=A%20medida%20que%20las%20temperaturas%20se%20enfr%C3%ADan%20en%20el%20oto%C3%B1o,la%20primavera%20est%C3%A1%20casi%20aqu%C3%AD.>

Builes, V. H. (2014). *La fenología del café, una herramienta para apoyar la toma de decisiones*. Manizales, Caldas, Colombia : ISSN. Obtenido de <https://cenicafe.org/es/publications/avt0441.pdf>

Canna. (2017, octubre 21). Influencia de la temperatura ambiental en las plantas. Obtenido de <https://www.canna.es/articulos/influencia-de-la-temperatura-ambiental-en-las-plantas>

Cherlinka, V. (2023, Diciembre 11). Estrés Térmico En Plantas. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/estres-termico-en-plantas/>

Chiclote, J. P. (1993). *Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura. Obtenido de <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/576>

Cobo, C. (2014, Agosto 16). El rescate del tocte en la cocina. (E. Comercio, Entrevistador)

Díaz, W., & García, R. (2022). *Multifuncionalidad de árboles dispersos y árboles aislados en contextos urbanos y rurales*. Obtenido de Hemeroteca: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/notas/article/view/5870>

Ecuador Forestal. (2010). Ficha Técnica Nogal. *Ecuadorforestal*, 2.

Facena. (2022). FISIOLOGÍA DE LA FLORACIÓN. (TESCAM, Ed.) Obtenido de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/floracion%20fructificacion%20germinacion.pdf>

Fao. (2020). Definición, interés y alcance del concepto. Obtenido de <https://www.fao.org/3/Y2328S/y2328s03.htm>

Fao. (2020). *Los árboles fuera del bosque, factor de ordenación integrada del espacio rural y urbano*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/y2328s/y2328s02.htm>

- Fernández, D. (2021). Guía fenológica del nogal. Obtenido de https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/11105/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAAltoValle_Fernandez_D_FyD89_p.47-48.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ferrero, R. (2020, Julio). *Maxima Formación*. Obtenido de <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/que-es-la-correlacion-estadistica-y-como-interpretarla/>
- Flórez, G. C. (2018). Fenología de Plantas. *Asociacion Primatológica de Colombia*. Obtenido de <http://www.asoprimatologicacolombiana.org/notas-redprim/metodos-de-estudio-fenologia-de-plantas>
- Food Forward. (2024, Mayo 9). *Food Forward*. Obtenido de <https://foodforward.org/es/rain-drought-citrus/#:~:text=Cuando%20hay%20demasiada%20humedad%20en,el%20enrollamiento%20de%20las%20hojas.>
- Fournier. (1974). Un método cuantitativo para la medición de características.
- Fournier y Charpantier. (1975). El tamaño de la muestra y la frecuencia de observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales.
- GAD , San Antonio de Ibarra. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de San Antonio de Ibarra*. Obtenido de <https://gadsanantonioibarra.gob.ec/wpcontent/uploads/2021/11/PDOT-SAN-ANTONIO-2019-2023.pdf>
- GAD Antonio Ante. (2022). *Natabuela*. Obtenido de <https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte/natabuela/#:~:text=La%20Parroquia%20de%20Natabuela%20presenta%20un%20clima%20fr%C3%ADo,y%20alcanza%20los%2016%C2%00en%20la%20parte%20baja.>
- GAD Natabuela. (2019). *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de San Francisco de Natabuela*. Obtenido de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Natabuela: <https://gadnatabuela.gob.ec/gadNatabuela/wp-content/uploads/2022/03/PDOT-OFICIALNATABUELA-2019-2023-.pdf>

- GAD, Antonio Ante. (2022). *Natabuela*. Obtenido de <https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte/natabuela/#:~:text=La%20Parroquia%20de%20Natabuela%20presenta%20un%20clima%20fr%C3%ADo,y%20alcanza%20los%2016oC%20en%20la%20parte%20baja.>
- GAD, San Miguel de Ibarra. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD de San Miguel*. Obtenido de Planificación Territorial Cantonal y Estratégico: <https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/lotaip2021/anexos/s/PDOT%202020-2040%20CANTON%20SAN%20MIGUEL%20DE%20IBARRA.pdf>
- García, J. (1985). Notas para la historia de la fenología. Obtenido de https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/2573/1/TyC_2006_14_02.pdf
- GBIF. (2023). *Juglans neotropica* Diels. doi:(2023). *Juglans neotropica* Diels. doi:<https://doi.org/10.15468/39omei>
- Gómez, C., & Vilema, A. (2023, Julio 31). *Determinación de características fenológicas de juglans neotropica diels en cuatro formaciones vegetales, Imbabura*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14515>
- Gómez, M., Toro, J., & Piedrahita, E. (2013). *Propagación y conservación de especies arbóreas nativas* (Marta Salazar Jaramillo ed., Vol. I). Medellín, Colombia : Carantioquia.
- González, C., & Lemus, G. (2024). *Plataforma de Extensión*. Obtenido de <https://www.plataformaextension.cl>
- Granados, G. M. (2020, Agosto). EL ESTUDIO FENOLÓGICO COMO HERRAMIENTA TECNOLÓGICA EN EL MANEJO DE CULTIVOS AGRÍCOLA. Obtenido de https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2020/verpdf/Extenso4_paper2020.pdf
- Hopp, R. J. (1974). *Phenology and Seasonality Modeling*. Berlin: Springer-Verlag. Obtenido de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-51863-8>
- Jorquera, C. (2022, Abril 19). *Centro Fruticultura Sur*. Obtenido de <https://centrofruticulturasur.cl/web/conociendo-mas-temporada-de-cosecha-en-nogales/>

- Kallarackal, R. y. (2021, Marzo 20). La fenología del amenazado Nogal (*Juglans neotropica* Diels) en Bogotá y sus implicaciones para la conservación en el bosque urbano. *24*, 1327–1342. doi:<https://doi.org/10.1007/s11252-021-01117-3>
- Lieth, H. (1975). *Primary Productivity of the Biosphere*. Berlin : Springer-Verlag. Obtenido de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-80913-2>
- Lopez. (2015, octubre 12). EL CLIMA Y SUS ELEMENTOS. Obtenido de <https://prezi.com/jfmukswpogej/el-clima-y-sus-elementos/>
- López, J. (7 de enero de 2021). (G. C. Tapia, Editor) Obtenido de Calendario Fenológico Reproductivo: https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2021/2021-01-07-Lopez_y_Mondragon-Calendario_fenologico_reproductivo.pdf
- Malagón, J. (2020, junio). Cultivo del Nogal. Obtenido de <https://agbaragriculture.com/cultivo-del-nogal/>
- Manning, W. (1978). *The classification within the Juglandaceae*. (Vol. 65). *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2398782>
- Martinez, A. (2019). Breve introducción a la Fenología. Obtenido de <https://aemetblog.es/2019/02/23/breve-introduccion-a-la-fenologia/>
- Martínez, S. (2017). Climatología y Fenología Agrícola. Obtenido de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/52763/mod_resource/content/3/11-2%20-%20Fenologia%20agricola.pdf
- Mechecha. (2014). Catalogo virtual de flora del valle de aburra . *EIA*. Obtenido de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/257>
- Mendoza, G. (2020). *MANUAL DE MANEJOS PRODUCTIVOS DEL NOGAL EN CHILE*. Obtenido de <https://www.chilenut.cl/wp-content/uploads/2020/12/manual-final.pdf>
- Mendoza, V. (2021). Tesoro de los diccionarios históricos de la lengua española. *Real Academia Española*.
- Moreno, P. (2008). *Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico*. Obtenido de scielo.org: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000200006#:~:text=E1%20estr%C3%A9s%20por%20d%C3%A9ficit%20h

%C3%ADdrico%20o%20por%20sequ%C3%ADa%20se%20produce,una%20elevada%20salinidad%20del%20suelo.

- Munné-Bosch, S. (2018). *Los efectos del estrés fotooxidativo condicionan la duración de la flor del Liliun*. . Obtenido de <https://web.ub.edu/es/web/actualitat/w/ciencia-para-alargar-la-breve-vida-de-la-flor-cortada->
- Ochoa, S. (2008). Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000200020
- Olmo, M. (2023). Humedad Relativa. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Kinetic/relhum.html>
- Ordóñez, L., Aguirre, N., & Hofstede , R. (2021). *Comportamiento inicial de especies forestales plantadas en el páramo*. Obtenido de https://digitalrepository.unm.edu/abya_yala/317/
- Ospina, C. M. (2003). *El cedro negro una especie promisorio de la zona cafetera*. Chinchiná, Colombia. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot025.pdf>
- Ospina, H. O. (2003). *EL CEDRO NEGRO UNA ESPECIE PROMISORIA EN LA ZONA CAFETERA* (Vol. 25). Chinchina , Caldas, Colombia : FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot025.pdf>
- Paredes, H., Chagna, E., Carvajal, J., & Yopez, R. (2018). *Sistemas Agroforestales*. Ibarra. Obtenido de <https://issuu.com/utnuniversity/docs/ebook-sistemas-agroforestales>
- Paunero, I. (2017, mayo). Aporte de herramientas metodológicas para el trabajo en los territorios. *INTA*. Obtenido de file:///C:/Users/Jenny/Downloads/INTA_CRBsAsNorte_EEASanPedro_Paunero_Aportes_metodologicos.pdf
- Plantas del mundo. (2024). Obtenido de <https://plantasdelmundo.net/fenologia/estudio-fenologico-plantas-analisis-paso-paso/>

- Potters, G., Pasternak, T., Guisez, Y., Palme, K., & Jansen, M. (2007). Respuestas morfogénicas inducidas por estrés: ¿Cómo salir de los problemas? En *Trends in Plant Science*. Obtenido de (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138507000179>)
- Prefectura de Imbabura. (2024). *Prefectura de Imbabura*. Obtenido de <https://www.imbabura.gob.ec>
- Ramírez, F. R. (2004). *Cómo incorporar linderos de árboles maderables en cafetales*. ICAFE. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjtiOOd9OWDAXVzTjABHUOpBv0QFnoECBQQAQ&url=http%3A%2F%2Fdialog.net.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5123288.pdf&usg=AOvVaw21nsByVpNzI6v6khuSibFA&opi=89978449>
- Ramírez, N. (2009). Correlaciones entre la fenología reproductiva de la vegetación y variables climáticas en los altos Llanos Centrales Venezolanos. *Acta Botánica Venezuelica*. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062009000200004
- Ramos, J. (2017). *Plantas priorizadas para la conservación en la Región del Eje Cafetero*. doi:<https://doi.org/10.15472/7pwqdq>
- Reátegui, C. (2022). “Respuesta inicial de una plantación de dos procedencias de *Juglans neotropica* Diels a la fertilización aplicada en tres estratos en la “Hacienda La Florencia” del Cantón y la Provincia de Loja.”. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25327/1/C%C3%A9sar%20Gustavo%20Re%C3%A1tegui%20Ram%C3%B3n.pdf>
- Restrepo, M. G. (2011). Fenología reproductiva de especies forestales presentes en la jurisdicción de Carantioquia. Medellín, Antioquia, Colombia : CORANTIOQU. Obtenido de https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/fenologiaII_Oct28.pdf
- Rocas, N. (2010). *FICHAS DE REPRODUCCIÓN DE ÁRBOLES CLAVE PARA LA RESTAURACIÓN*. Obtenido de https://revivemx.org/Recursos/Fichas_propagacion/FichaPropagacion_F1_Juglans_pyrifomis_Nogal_V2.pdf

- Rodriguez, V. N. (2010). *Juglans neotropica* Diels. *Corporacion Nacional de Investigacion of Forestal, II*. Obtenido de <https://trees.stanford.edu/PDF/JUGneo.pdf>
- Rojas Rodríguez, F., & Torres Córdoba, G. (2008). *Kurú*. Obtenido de <https://dialnet.uniroja.es>
- Ruiz , P. (2015). *Eficiencia interseca diaria del uso del agua de una huerta de nogal pecanero y su relación con e lclima*. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/6630/T20428%20RUIZ%20RUIZ%20PEDRO%20%2056674.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Schaik, V. (1993). Adaptive significance and, Adaptive significance consequences for primary consumers. En *The Phenology of Tropical Forests*. doi:<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.24.110193.002033>
- Suarez, Á. (2023). TIEMPO Y CLIMA. Obtenido de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/msuaump/sociales/tema-3/>
- Tarango, H. (2022, Noviembre 22). *PAKANA*. Obtenido de <https://www.pacanarevista.com/post/fenolog%C3%ADa-julio-agosto-crecimiento-y-desarrollo-de-fruta>
- Terán, G. (2021). Academia Nacional de la historia del ecuador . Obtenido de <https://academiahistoria.org.ec/index.php/boletinesANHE/article/view/238/467>
- Thunberg, G. (2022). *El libro del clima*. Obtenido de https://books.google.com.ec/books/about/El_libro_del_clima.html?id=6VqVEAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=es&newbks=1&newbks_redir=0&gboemv=1&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Toro, E. (2018). *Estado del arte, propagación y conservación de Juglans neotropica Diels* (Vol. 24). Medellin, Antioquia, Colombia: Epub. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
- Torres , W. (2008). FENOLOGÍA DE CINCO ESPECIES FORESTALES EN EL BOSQUE NATURAL DEL CANTÓN MOCACHE Y PARCELAS ESTABLECIDAS EN LA REREPRESA DAULE-PERIPA”. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/43464bc2-bbb2-454c-8ec7-e2f60683d739/content>

- Torres, E. (2006). *Agrometeorología*. Trillas Sa De Cv. Obtenido de <https://www.buscalibre.ec/libro-agrometeorologia/9789682476006/p/1368235>
- Urbina , V. (2002). *LA FRUCTIFICACIÓN DE FRUTALES* (1 ed.). (Copitec, Ed.) Obtenido de <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/00bf359a-14a1-4d6f-8269-0b1d9f10bfa8/content>
- Urrego , L., & Valle, J. (2001, Abril 4). Relación Fenología-Clima de algunas especies de los humedales forestales (Guandales) del pacífico sur colombiano. 26. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33905504>
- Vanegas, E. T. (2018, Abril). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Scielo*, 24. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
- Verde, G. (1970). Beneficios de los árboles dispersos en potrero según el proyecto GCS. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/7-beneficios-de-los-arboles-dispersos-en-potrero-segun-el-proyecto-gcs>
- Willis, R. (1999). *Juglansspp., juglone and allelopath*. Parkvill, Australia : Inernational allelopathy foundation. Obtenido de [https://www.allelopathyjournal.com/Journal_Articles/AJ%207%20\(1\)%20January,%202000%20\(1-55\).pdf](https://www.allelopathyjournal.com/Journal_Articles/AJ%207%20(1)%20January,%202000%20(1-55).pdf)
- Yaisys, V. (2019, Septiembre 09). Importancia de la calidad de la luz entre las plantas arvenses-cultivo. 40(4). doi:<https://www.redalyc.org/journal/1932/193263189009/html/>
- Yamamoto, J. P. (2003). *species forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia de Oxapampa*. Oxapampa, Perú. doi:<https://restoration.elti.yale.edu/resource/especies-forestales-nativas-con-potencial-para-reforestacion-en-la-provincia-de-oxapampa>
- Yépez, J., Cisneros, A., & López, M. (2016, Noviembre 19). El arte de San Antonio de Ibarra, en riesgo de desaparecer. (E. Comercio, Entrevistador)
- Yzarra, W. (2011). *MANUAL DE OBSERVACIONES FENOLÓGICAS* (Vol. I). Peru . Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>
- Zelikova, T. (2021). Las hierbas del sotobosque primaveral florecen más tarde en los bosques gestionados intensivamente. Obtenido de <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/eap.2332>

