UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

“Relación entre fenología y temperatura de especies nativas forestales y su repuesta en la floración en los bosques del Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay”.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Autores:

Lina María Correa Mejía

CI: 015126157-5

Benito Antonio Vargas Morales

Pp: 168996470

Directora:

Blga. Fanny Ximena Palomeque Pesantez PhD

CI:0301356382

CUENCA, ECUADOR

30/09/2019

RESUMEN

En los bosques andinos la correlación entre la fenología de las especies y las variables climáticas es aún limitada, a pesar de la gran importancia que la fenología tiene como potencial indicador a mediano y largo plazo frente a las predicciones del cambio climático. Los objetivos de este estudio fueron: (1) Correlacionar la temperatura mínima, máxima y promedio y su tiempo de retraso para los diferentes eventos fenológicos de 6 especies nativas forestales *Hedyosmun luteynii, Myrcianthes rhopaloides, Ocotea heterochroma, Oreocallis grandiflora, Vallea stipularis y Weinmania fagaroides* en los bosques de Llaviucu y Mazán del Parque Nacional Cajas (PNC) y (2) relacionar la temperatura con la diferenciación de yemas florales de *V. stipularis*. Los resultados indicaron que las especies respondieron de manera diferente a las temperaturas entre los bosques, no obstante, hubo un comportamiento similar dentro de los grupos de especies estudiados, como fueron los de sucesión avanzada (*H. luteynii*, *M. rhopaloides* y *O. heterochroma*), los cuales mostraron que la temperatura máxima tuvo influencia en el evento fruto maduro con una alta correlación tanto positiva como negativa en los dos bosques y con tiempo de retraso similares. Así mismo, las especies *H. luteynii* y *M. rhopaloides* para la mayoría de eventos fenológicos estuvo influenciada por las **temperaturas mínimas** y con un **tiempo de retraso** similar. El otro grupo formado por especies pioneras (*V. stipularis* y *W. fagaroides*), tuvieron una correlación negativa con la temperatura máxima que propició la ocurrencia del evento fruto maduro en ambos bosques. Así mismo, las especies *V. stipularis* y *W. fagaroides* respondieron positivamente a la temperatura mínima para el evento botón floral. En el caso de *O. grandiflora*, no se observó ninguna correlación para el parámetro temperatura, lo que indica que esta especie puede estar influenciada por otros parámetros meteorológicos.

En cuanto al segundo objetivo se pudo inferir que la **temperatura mínima** influyó en la diferenciación de las yemas en *V. stipularis,* la reducción de esta temperatura coincide con el mes de enero del 2018, lo que indicaría que una baja en la temperatura promueve la aparición de yemas florales. Este estudio contribuye con la generación de conocimiento básico sobre la fenología de especies nativas forestales, que con información ecológica y climática adicional aportarían a la conservación y manejo de los bosques del PNC.

Palabras Claves: Especies nativas. Especies de sucesión avanzada. Especies pioneras. Andes.

ABSTRACT

In the Andean forest, the correlation between plant phenology and climate variables is still limited, despite of the great importance of the phenology as potential indicators in the mid and long term facing the Climate change predictions. The aims of this study were: 1) Correlate the minimum, maximum and average temperature and their time lag for the different phenological events of six native tree species Hedyosmun *luteynii, Myrcianthes rhopaloides, Ocotea heterochroma, Oreocallis grandiflora, Vallea stipularis* and *Weinmania fagaroides* in Llaviucu and Mazán forest located at National Park El Cajas, and 2) to relate the temperature with flower bud differentiation of *V. stipularis.* The results indicated that the species responded differently to the temperature among forest, however, there was a similar behavior within of the formed species groups, such as climax successional species (*H. luteynii*, *M. rhopaloides* and *O. heterochroma*), which showed that the maximum temperature had an influence on ripe fruit event with a high correlation positively as well as negatively in both forests and with a similar time lag. Likewise, the species *H. luteynii* and *M. rhopaloides,* for most of the phenological events had an influence by minimum temperature with a similar time lag. The other formed group of Pioneer species (*V. stipularis* and *W. fagaroides*), had a negative correlation with the maximum temperature, which was the driver for the occurrence of the ripe fruit in both forests. Likewise, the species *V. stipularis* and W. *fagaroides*, responded positively to the minimum temperature for the flower bud event. In the case of *O. grandiflora*, it was not observed any correlation for the temperature parameter, indicating that this species could be influenced by other meteorological parameters.
In regard to the second objective, we could infer that the minimum temperature influenced on the flower bud differentiation in *V. stipularis,* the reduction this temperature coincide with January 2018, indicating that the low temperature promotes the apparition of flower buds.

This study contributes with the generation of basic knowledge about phenology of native tree species that with an additional ecological and climatic information will support to the forest conservation and management of National Park El Cajas.

Keywords: Natives species. Advanced succesion species. Pioneer species. Andes.

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 28

2. OBJETIVOS 31

2.1 Objetivo General 31

2.2 Objetivos específicos 31

3. HIPOTESIS 31

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 31

4.1. Importancia de los bosques andinos ecuatorianos..... 32

4.2. Relación fenología y clima..... 30

4.2.1. Relación fenología y suelos 31

5. MATERIALES Y MÉTODOS 35

5.1 Descripción del área de estudio 35

5.1.1 Tipos de suelos en los bosques de Llaviucu y Mazán 36

5.2 Objetivo 1 37

5.2.1 Selección y marcaje de los árboles 38

5.2.2 Observaciones fenológicas 39

5.2.3 Almacenamiento y recolección de datos de temperatura..... 40

5.3 Objetivo 2 41

5.3.1 Recolección de yemas de la especie *V. stipularis*..... 41

5.3.2 Procesamiento de yemas de la especie *V. Stipularis*..... 41

5.4 Análisis de datos 41

6. RESULTADOS 43

6.1 Correlación de la temperatura (máxima, mínima y promedio) con la fenología en las seis especies estudiadas en el bosque protector de Mazán..... 43

6.1.1 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *H. luteynii*..... 43

6.1.2 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *M. rhopaloides*..... 44

6.1.3 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *O. heterochroma* 45

6.1.4 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *O. grandiflora* 45

6.1.5 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *V. stipularis* 46

6.1.6 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *W. fagaroides* 47

6.1.7 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *H. luteynii* 48

6.1.8 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *M. rhopaloides* 49

6.1.9 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *O. heterochroma* 49

6.1.10 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *O. grandiflora* 50

6.1.11 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *V. stipularis* 51

6.1.12 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *W. fagaroides* 52

6.1.13 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *H. luteynii* 53

6.1.14 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *M. rhopaloides* 54

6.1.15 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *O. heterochroma* 55

6.1.16 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *O. grandiflora* 56

6.1.17 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *V. stipularis* 57

6.1.18 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *W. fagaroides* 57

6.1.19 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *H. luteynii* 58

6.1.20 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *M. rhopaloides* 59

6.1.21 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *O. heterochroma* 60

6.1.22 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *O. grandiflora* 60

6.1.23 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *V. stipularis* 61

6.1.24 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *W. fagaroides* 62

6.2 Correlación de la temperatura con la fenología en las seis especies estudiadas en el bosque de Llaviucu. 63

6.2.1 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *H. luteynii* 63

6.2.2 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *M. rhopaloides* 64

6.2.3 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *O. heterochroma* 64

6.2.4 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *O. grandiflora* 65

6.2.5 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *V. stipularis* 66

6.2.6 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *W. fagaroides* 67

6.2.7 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *H. luteynii* 67

6.2.8 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *M. rhopaloides* 68

6.2.9 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *O. heterochroma* 69

6.2.10 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *O. grandiflora* 69

6.2.11 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *V. stipularis* 70

6.2.12 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *W. fagaroides* 71

6.2.13 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *H. luteynii* 71

6.2.14 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *M. rhopaloides* 72

6.2.15 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *O. heterochroma* 73

6.2.16 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *O. grandiflora* 74

6.2.17 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *V. stipularis* 74

6.2.18 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *W. fagaroides* 75

6.2.19 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *H. luteynii* 76

6.2.20 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *M. rhopaloides* 76

6.2.21 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *O. heterochroma* 77

6.2.22 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *O. grandiflora* 78

6.2.23 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *V. stipularis* 79

6.2.24 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *W. fagaroides* 79

6.3 Comparación de temperaturas (máxima, mínima y promedio) entre Llaviucu y Mazán obtenidas a partir de los sensores de temperatura 80

6.4 Relación de la variable climática temperatura con la diferenciación de yemas en la especie Vallea stipularis 81

7. DISCUSIÓN 86

7.1 Correlación de las temperaturas (máxima, mínima y promedio) en las 6 especies en los bosques de Mazán y Llaviucu 86

7.1.1 Efecto de las tres temperaturas (máxima, mínima y promedio) en los eventos fenológicos entre bosques y especies. 86

7.2 Relación de la variable climática temperatura con la diferenciación de yemas en la especie Vallea stipularis 90

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 91

8.1 Conclusiones 91

8.2 Recomendaciones..... 93

9. BIBLIOGRAFÍA 94

10. ANEXOS 100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación y elevación de los bosques Llaviucu y Mazán 36
Figura 2 Ubicación de las especies y sus respectivos individuos en los bosques de Llaviucu (a) y Mazán (b). Cada color representa una especie. 38
Figura 4 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *H. luteynii* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto del 2018 con un total de 18 meses. Líneas punteadas corresponden a los límites de confianza al 95% 44
Figura 5 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *M. rhopaloides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95% . 45
Figura 6 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *O. heterochroma* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95% 45
Figura 7 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *O. grandiflora* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95% 46
Figura 8 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *V. stipularis* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95% 47
Figura 9 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *W. fagaroides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95% . 48
Figura 10 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *H. luteynii* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes

iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95% 48
Figura 11 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *M. rhopaloides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95% . 49
Figura 12 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de O. heterochroma en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95% . 50
Figura 13 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de O. grandiflora en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95% 51
Figura 14 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de V. stipularis en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 52
Figura 15 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de W. fagaroides en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 53
Figura 16 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de H. luteynii en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 54
Figura 17 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *M. rhopaloides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 55
Figura 18 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de O.

heterochroma en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 56
Figura 19 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de O. grandiflora en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 56
Figura 20 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de V. stipularis en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 57
Figura 21 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de W. fagaroides en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 58
Figura 22 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de H. luteynii en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 59
Figura 23 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *M. rhopaloides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 59
Figura 24 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de O. heterochroma en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 60
Figura 25 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *O. grandiflora* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada

mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 61
Figura 26 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *V. stipularis* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 62
Figura 27 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *W. fagaroides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 62
Figura 28 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *H. luteynii* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 63
Figura 29 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *M. rhopaloides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 64
Figura 30 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *O. heterochroma* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 65
Figura 31 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *O. grandiflora* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 66
Figura 32 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *V. stipularis* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 66

Figura 33 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *W. fagaroides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 67
Figura 34 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *H. luteynii* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 68
Figura 35 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *M. rhopaloides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 68
Figura 36 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *O. heterochroma* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 69
Figura 37 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de O. grandiflora en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 70
Figura 38 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *V. stipularis* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 70
Figura 39 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *W. fagaroides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 71
Figura 40 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *H. luteynii* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes

iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 72
Figura 41 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *M. rhopaloides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 73
Figura 42 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *O. heterochroma* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 73
Figura 43 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *O. grandiflora* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 74
Figura 44 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *V. stipularis* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 75
Figura 45 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *W. fagaroides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 75
Figura 46 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *H. luteynii* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 76
Figura 47 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *M. rhopaloides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 77

Figura 48 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *O. heterochroma* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 78
Figura 49 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *O. grandiflora* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 78
Figura 50 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *V. stipularis* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 79
Figura 51 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *W. fagaroides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%. 80
Figura 52 Temperaturas promedio, máxima y mínima de los bosques Mazán y Llaviucu. Cada numeración en el eje x equivale a una quincena, empezando con el 1 que es igual a 1 de diciembre del 2017 83
Figura 53 Yemas vegetativas de *V. Stipularis* en el bosque de Mazán, figura (a) primera recolección (21 de abril del 2018). 83
Figura 54 Yemas vegetativas de *V. Stipularis* en el bosque de Llaviucu, figuras (a) y (b) recolectadas el 28 de abril 2018. 84
Figura 55 Yemas Florales de *V. Stipularis* en el bosque de Mazán recolectadas el 5 de mayo del 2018 85
Figura 56 Yemas Florales de *V. Stipularis* en el bosque de Llaviucu, figura (a) recolectadas el 28 de abril de 2018 y (b) recolectadas el 12 de mayo del 2018 85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Descripción de la magnitud de los eventos fenológicos* 39
Tabla 2 *Temperaturas promedio, máxima y mínima quincenal en bosque de Mazán* 82
Tabla 3 *Temperaturas promedio, máxima y mínima quincenal en bosque de Llaviucu* 82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Protocolo de Yeung et al (2015), para incrustación de yemas en parafina 101
Anexo 2 Codificación, DAP y ubicación de las especies seleccionadas en el bosque de Llaviucu 102
Anexo 3 Codificación, DAP y ubicación de las especies seleccionadas en el bosque de Mazán. 103
Anexo 4 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura promedio para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 105
Anexo 5 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura máxima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 104
Anexo 6 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura mínima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 105
Anexo 7 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura promedio para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 105
Anexo 8 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura máxima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 106
Anexo 9 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura mínima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 106
Anexo 10 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura promedio para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 107
Anexo 11 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura máxima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 107
Anexo 12 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura mínima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 107
Anexo 13 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura promedio para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 108

Anexo 14 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura máxima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 109
Anexo 15 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura mínima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación). 109
Anexo 16 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura promedio para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 111
Anexo 17 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura máxima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 111
Anexo 18 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura mínima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 112
Anexo 19 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura promedio para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 112
Anexo 20 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura máxima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 113
Anexo 21 Correlación cruzada ±0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura mínima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 112
Anexo 22 Correlación cruzada ±0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura promedio para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 113
Anexo 23 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura máxima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 113
Anexo 24 Correlación cruzada ±0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura mínima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 114
Anexo 25 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura promedio para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 114
Anexo 26 Correlación cruzada ±0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura máxima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 115

Anexo 27 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura mínima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación). 115
Anexo 28 Tabla de Temperatura (máxima, mínima y promedio) quincenal en el bosque de Mazán. 116
Anexo 29 Temperatura (máxima, mínima y promedio) quincenal en el bosque de Llaviucu. 117
Anexo 30 Comparación de temperatura máxima entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2017 118
Anexo 31 Comparación de temperatura máxima entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2018. 119
Anexo 32 Comparación de temperatura mínima entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2017. 119
Anexo 33 Comparación de temperatura mínima entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2018. 120
Anexo 34 Comparación de temperatura promedio entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2017. 120
Anexo 35 Comparación de temperatura promedio entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2018. 121
Anexo 36 Comparación de temperatura máxima entre años (2017-2018) en el bosque de Mazán. 121
Anexo 37 Comparación de temperatura máxima entre años (2017-2018) en el bosque de Llaviucu. 122
Anexo 38 Comparación de temperatura mínima entre años (2017-2018) en el bosque de Mazán. 122
Anexo 39 Comparación de temperatura mínima entre años (2017-2018) en el bosque de Llaviucu. 123
Anexo 40 Comparación de temperatura promedio entre años (2017-2018) en el bosque de Mazán. 123
Anexo 41 Comparación de temperatura promedio entre años (2017-2018) en el bosque de Llaviucu. 124
Anexo 42 Comportamiento de las especies entre los bosques de Mazán y Llaviucu según su evento fenológicos y la relación con la temperatura. 124
Anexo 43 Comportamiento de las especies de sucesión avanzada en el bosque de Mazán y bosque de Llaviucu de acuerdo a su evento fenológico y su relación con la temperatura (máxima, mínima y promedio). 127
Anexo 44 Comportamiento de las especies pioneras en el bosque de Mazán y bosque de Llaviucu de acuerdo a su evento fenológico y su relación con la temperatura (máxima, mínima y promedio). 128

Anexo 45 Clúster de la especie V. stipularis..... 129

CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, Lina María Correa Mejía autor del trabajo de titulación "Relación entre fenología y temperatura de especies nativas forestales y su repuesta en la floración en los bosques del Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay" certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 30 de septiembre del 2019.

Lina María Correa Mejía

C.I: 0151261575

CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, Benito Antonio Vargas Morales autor del trabajo de titulación "Relación entre fenologia y temperatura de especies nativas forestales y su repuesta en la floración en los bosques del Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay" certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 30 de septiembre del 2019.

Benito Vargas M.

Benito Antonio Vargas Morales

P.p: 16899647-0

CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Lina Maria Correa Mejía autor del trabajo de titulación "Relación entre fenología y temperatura de especies nativas forestales y su repuesta en la floración en los bosques del Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay" reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su reglamento de propiedad intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Agrónomo. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 30 de septiembre del 2019.

Lina Maria Correa Mejía

C.I: 0151261575

CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Benito Antonio Vargas Morales autor del trabajo de titulación "Relación entre fenologia y temperatura de especies nativas forestales y su repuesta en la floración en los bosques del Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay" reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su reglamento de propiedad intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi titulo de Ingeniero Agrónomo. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 30 de septiembre del 2019.

Benito Vargas

Benito Antonio Vargas Morales

P.p: 16899647-0

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

°C: Grados Centígrados.

FAA: Formalina-ácido acético-alcohol

DAP: Diámetro a la altura del pecho

T_Max: Temperatura máxima

T_Min: Temperatura mínima

T_Promed: Temperatura promedio

PNC: Parque Nacional el Cajas

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad de Cuenca por darnos la oportunidad de ser parte de ella y poder concluir la carrera, también agradecemos a los diferentes docentes que durante estos cinco años nos brindaron su apoyo y sabiduría para seguir adelante día a día. Agradecemos también a nuestra tutora de tesis Blga. Ximena Palomeque PhD por brindarnos su apoyo, conocimiento y motivación durante el desarrollo de la tesis, y al Ing. Eduardo Chica PhD por guiarnos durante la investigación. También agradecemos al departamento de investigación de la Universidad de Cuenca (DIUC), ya que sin su apoyo económico este trabajo no se podría concluir. Agradecemos también a los Ingenieros Alain Joseph, Santiago Guanuche, Andrea Maza y Mishel Palacios quienes nos guiaron durante el transcurso de la investigación. Para terminar, agradecemos a todas aquellas personas que de una u otra manera nos dieron la mano para el desarrollo de este trabajo de tesis.

Lina Correa Benito Vargas

DEDICATORIA

A mi madre, por ser el pilar que

siempre me mantuvo de pie,

aquella persona que me dio las fuerzas

y ánimos para seguir en los momentos más difíciles.

A mi hermano por siempre brindarme su apoyo y su

Cariño, y por último a mi padre que por situaciones

de la vida no pudo estar presente físicamente pero siempre me

brindo su apoyo desde la distancia.

Lina Correa

A Dios y mis padres que desde el cielo han guiado mis

pasos para lograr esta importante meta y sé

que mis padres estarían orgullosos de mí,

también a mi familia que desde la distancia

estuvieron apoyándome siempre.

A mis amigos que siempre me apoyaron,

y a toda esa gente que de alguna u otra forma

me han brindado su apoyo incondicional.

Benito Vargas

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques montanos de los Andes albergan una diversidad biológica especialmente florística (Kvist, Aguirre, & Sánchez, 2006), y proveen de servicios ambientales importantes como: regulación en la cantidad y calidad del agua, control de la erosión y secuestro de carbono (Forestal y El, 2010). A pesar de la importancia de estos bosques, las principales amenazas son: deforestación, conversión de uso de la tierra, sobreexplotación de productos forestales maderables y no maderables, minería a pequeña y gran escala (Aguirre-Mendoza Z., 2015).

Por otro lado, en general el planeta sufre cambios que aún son poco entendidos por el cambio climático y que influyen sobre muchos de los sistemas biológicos (Sanchez ohen, Diaz Padilla, Cavazos Pérez, Granados Ramirez, & Gomez Reyes, 2011). A nivel de las comunidades boscosas, uno de los impactos por el incremento de la temperatura y la sequía severa, predecibles por el cambio climático podría influenciar en los eventos fenológicos y la sincronía en las relaciones con otros organismos. Se conoce que la fenología de las plantas son indicadores sensibles que responden a las condiciones climáticas regionales (Chmielewski & Rotzer, 2001), no obstante, en las zonas tropicales particularmente andinas el conocimiento de esta relación variables meteorológicas específicamente temperatura – fenología es todavía limitado, y más aun considerando el tiempo de retraso que necesita una especie para producir el evento sea este floración y/o fructificación.

En países temperados los eventos fenológicos son predecibles por las estaciones climáticas marcadas. Los estudios realizados en estos ecosistemas sobre fenología de árboles relacionados con parámetros climáticos, está en incremento por la necesidad de entender el efecto del cambio climático en la variación temporal de las fenofases de las especies; de allí que se ha encontrado que la temperatura del aire es la mayor responsable de los eventos fenológicos en la estación de primavera (Hannah, 2008). No obstante, en los

Andes tropicales, la floración y fructificación de las especies arbóreas puede ocurrir a lo largo del año, dependiendo de la especie. (Günter et al., 2008), encontró que las especies *Clethra revoluta, Vismia tomentos*, *Heliocarpus americanus* ,tuvieron picos de floración en el periodo más lluvioso y un pico de fructificación en el periodo más seco.

Según Granados & Sarabia (2013), las variables temperatura y precipitación tienen efectos en el desarrollo fenológico de algunas especies, al sobrepasar los límites mínimos óptimos y máximos necesarios para el desarrollo de las plantas, en especial la floración. Un estudio realizado en la zona norte tropical de China detectó un retraso en la brotación y floración, los cuales fueron influenciados por un incremento en la temperatura y tuvo consecuencias en el desarrollo de las plantas (Muqaddas, Chen, Lewis y Wild, 2016).
A partir de otros estudios desarrollados en Ecuador, se reconoce que la radiación solar que a su vez se correlaciona con la temperatura y son determinantes en los cambios fenológicos de las especies (Bendix et al., 2006). Sin embargo, la temperatura es una de las variables que se utiliza para proyectar el cambio climático a nivel mundial a través de diferentes modelos o escenarios conservadores, pesimistas, entre otros (IPCC, 2019). En el Ecuador, el Ministerio del Ambiente ha realizado proyecciones para el periodo futuro 2011-2070 utilizando dos escenarios (RCP 4.5 Y 8.5), cuyos resultados muestran a la temperatura y precipitación por separado (Ministerio del Ambiente, 2016). Considerando lo dicho anteriormente, la temperatura fue seleccionada por la influencia que tiene en el cambio global y por tanto en la respuesta desde el punto de vista de las fenofases en las plantas (Alikadic et al., 2019). Un estudio realizado por Ordóñez-Blanco & Parrado-Rosselli, (2017), encontró que el bajo número de apertura de las flores de la especie *Ponthieva díptera* estuvo correlacionada con la temperatura media.

Por otra parte, el monitoreo del desarrollo de las yemas florales provee de información valiosa de la relación que tiene la temperatura con la multiplicación

celular que forman meristemas vegetativos (Yongshuo H Fu, 2016). De acuerdo a Alvarez-aquino (2016), demostró que temperaturas más cálidas cambian el tiempo de la apertura de yemas foliares o el inicio de la floración.

La dormancia de las especies forestales estacionales se presenta en épocas del año donde las temperaturas bajan y el fotoperiodo es menor, esto causa una suspensión en el desarrollo de las yemas, hasta que la planta detecte la temperatura óptima para completar su formación (Viveros-Viveros, H.; Vargas-Hernández, J. J, 2007). Otros estudios revelaron que, en algunas coníferas, la quiescencia usualmente es inducida por cambios en el fotoperiodo, temperatura, humedad del suelo y disponibilidad de nutrientes (Turner, & J. Mitchell, 2003).

En general, este estudio pretende contribuir con nueva información básica para entender la relación entre la temperatura y la fenología de especies nativas con diferentes estrategias ecológicas (pioneras y de sucesión avanzada) como son: *Weinmannia fagaroides*, *Oreocallis grandiflora*, *Myrcianthes rhopaloides*, *Ocotea heterochroma*, *Vallea stipularis* y *Hedyosmun luteynii,* en los bosques altoandinos de Llaviucu y Mazán en el Parque Nacional Cajas. Así como también identificar la temperatura óptima que promueve la diferenciación de las yemas florales de una especie en particular *V. stipularis*. Esta especie fue estudiada ya que representa la estacionalidad en la producción de flores y frutos de la mayoría de especies estudiadas. Este estudio contribuye con la generación de conocimiento básico sobre la fenología de especies nativas forestales, que con información ecológica y climática adicional aportan a la conservación y manejo de los bosques del PNC.

Este trabajo de titulación se enmarca en el proyecto de investigación “Efectos del cambio climático en la capacidad germinativa de semillas y producción de plántulas de especies forestales andinas en la provincia del Azuay”, (financiado por la Dirección de investigación de la Universidad de Cuenca).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Conocer la relación entre fenología y temperatura de especies nativas forestales y su respuesta en la floración en los bosques del Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay.

2.2 Objetivos específicos

- Correlacionar la temperatura con la fenología en las seis especies estudiadas en los dos bosques del Parque Nacional Cajas.
- Relacionar la variable climática temperatura con la diferenciación de yemas en la especie *Vallea stipularis*

3. HIPOTESIS

La temperatura influye directamente en los eventos fenológicos de las seis especies estudiadas.

- La especie *Vallea stipularis* responde favorablemente a los cambios de temperatura para la diferenciación de las yemas florales.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La fenología se describe generalmente como la observación de las fases del ciclo de vida de las plantas y los animales y su relación con el medio ambiente, especialmente el clima (Faisal, 2008). Según Yongshuo H Fu (2016), la fenología de las plantas desempeña un papel clave para comprender y predecir la respuesta de las especies al cambio climático; una de estas respuestas al

cambio de la temperatura podría ser la inhibición, aceleración o retraso del tiempo de ocurrencia de las diferentes fenofases.

La fenología contribuye también a entender el éxito reproductivo de las especies de plantas en el medio natural, por ejemplo en los ecosistemas naturales la producción de frutos depende en primera instancia de las interacciones biológicas entre planta–polinizadores para que ocurra la fecundación en las especies vegetales (Gutiérrez, Rojas-Nossa, & Stiles, 2004).

Los eventos fenológicos están asociados a factores bióticos y abióticos (Bencke & Morellato, 2002,Vílchez & Rocha, 2004,Sakai, 2001). Entre los factores abióticos que pueden influir en la variación temporal de la fenología reproductiva de las especies, con énfasis en las horas de brillo solar (aunque este es predecible en la línea ecuatorial), la humedad relativa, la temperatura y la precipitación (Vílchez & Rocha, 2004).

4.1. Importancia de los bosques andinos ecuatorianos

El porcentaje de la capa forestal de las 3 regiones naturales del Ecuador Costa, Sierra y Oriente, es de 52.5%, 3.5% y 92% respectivamente. Para las laderas andinas externas (entre los 1.000 y 3.000 m. snm) la capa forestal es del 83% y del 90% (CESA, 1991). Entre 1990 y 2008 se perdieron cerca de 19000 km2 de bosque natural en el país (Sierra, 2013). Entre todos los países de América del Sur, Ecuador sufre actualmente las tasas más altas de deforestación (Beck, Bendix, Kottke, Makeschin, & Mosandl, 2008). La región andina es una de las más deforestadas del país, pero a pesar de esta condición se pueden encontrar muestras de vegetación natural, la misma que se caracteriza por un alto grado de diversidad y endemismo (Heerman, 2001).

Los bosques montanos tropicales representan uno de los ecosistemas más diversos del mundo. Especialmente los Andes orientales son uno de los «puntos calientes» de biodiversidad (Myers, Mittermeier, Mittermeier, Fonseca, & Kent,

2000). Comparado con los bosques húmedos bajos, los bosques andinos han recibido poco interés de los científicos y del público en el pasado; a pesar de su función ecológica y económica sumamente importante por ejemplo, en la captación de agua y el control de la erosión (Bussmann, 2005), se sabe muy poco sobre los procesos de regeneración en estos ecosistemas (Finegan, 1996), y casi nada sobre su funcionamiento (Bussmann, 2005). Es por esta razón que el enfoque de esta investigación esta direccionado hacia los bosques andinos, ya que son ecosistemas frágiles y multidiversos a los que podemos estudiar y conocer de una manera más integral.

4.2. Relación fenología y clima

La temperatura es uno de los principales controladores de la distribución y productividad de las plantas, con efectos importantes en la actividad fisiológica en todas las escalas temporales y espaciales (Sage & Kubien 2007). La relación entre la temperatura y la fenología de las plantas ha sido ampliamente caracterizada por un enfoque térmico-tiempo como el crecimiento de los días grado (Yun et al., 2017). Con el aumento de las temperaturas, el desarrollo de la planta en primavera comienza más temprano dentro del año (Chmielewski & Rotzer, 2001), por otro lado, en los bosques de páramo la temperatura es altamente influyente en la adquisición de nutrientes, la cual es importante para el crecimiento de los árboles, por lo tanto, la tasa de crecimiento puede disminuir para árboles tropicales en temperaturas bajas y puede aumentar para plantas de páramo en temperaturas altas (Saravia & Vintimilla, 2016). También es importante señalar que la sincronía de la fenología a lo largo de gradientes elevacionales ha sido comúnmente interpretada como producto de señales ambientales, particularmente la temperatura ambiental, que induce la formación de tejidos embrionarios (Stinson, 2004), específicamente para este estudio las yemas de *V. stipularis*.

Es importante mencionar que la temperatura no es la única variable climática que influye con la fenología de las especies, según Urrego & del Valle (2001) se han encontrado relaciones entre los patrones fenológicos y diferentes factores climáticos, dependiendo de la alternancia y distribución de los períodos de lluvia y sequía, principalmente de la existencia en algunas zonas tropicales, de una estación seca marcada la cual puede inducir la caída de las hojas (especies caducifolias) con la subsecuente floración, o presentarse ésta al inicio de las lluvias. Se ha observado, que un periodo seco durante el año favorece significativamente la floración de las especies arbóreas en los bosques tropicales secos (Borchert, Meyer, Felger, & Porter-Bolland, 2004). Por otro lado, de acuerdo a Ayma-Romay & Sanzetenea (2008), se conoce que la escasez de precipitación estimula directamente la formación de estructuras florales, tanto en bosques tropicales de tierras bajas como la floración en bosques montanos (Mena, 2004).

4.2.1. Relación fenología y suelos

La fenología de las especies es un estudio integral de factores bióticos y abióticos, por lo que se ha demostrado que el suelo es uno de estos factores. De acuerdo a una investigación realizada por Zarate, Amasifuen, & Flores, (2006), demostraron que los tipos de suelos intervienen en el evento floración, ya que en los bosques de suelo arcilloso el pico de la floración se presentó en los periodos de menor precipitación y en los bosques de suelos arenosos se presentó en la época de mayor precipitación, demostrando así la importancia de los tipos de retención de agua de los suelos al estudiar la fenología de las especies.

Los cambios en la temperatura pueden afectar la disponibilidad de nutrientes. Las tasas de mineralización generalmente aumentan con la temperatura, lo que aumentaría la disponibilidad de nutrientes, sin embargo, la temperatura puede afectar indirectamente la disponibilidad de nutrientes alterando la humedad del

suelo o la entrada de materia orgánica al suelo (Nord & Lynch, 2018), de esta manera alterando las fases fenológicas de las plantas y su rendimiento.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del área de estudio

Este estudio fue realizado en el bosque de Llaviucu y Mazán, en el Parque Nacional Cajas (PNC) en el cantón Cuenca provincia del Azuay, y se encuentran dentro de la formación vegetal bosque siempre verde montano alto (Sierra *et al*, 1999), en un rango de elevación desde los 2800 hasta los 4137 m s.n.m (Delgado O, 2006). El bosque de Llaviucu se encuentra ubicado a 17 km de la ciudad de Cuenca y Mazán a 10 km, y se ubican en la microcuenca del río Taita chugo y el rio Tomebamba respectivamente (Serrano, 1996 y MAE, 2015). En cuanto a la precipitación, en estos bosques se reportó para el 2015, un promedio de 1111 mm de lluvia (ETAPA, 20015). La temperatura promedio anual en el bosque de Llaviucu para el 2015 y 2016 fue de 9,66°C y con una humedad relativa (HR) promedio de 94,89%. En el bosque de Mazán, en los mismos años, la temperatura promedio anual registrada fue de 10,05 °C, y una HR promedio de 94,83% (Palomeque et al., 2017).

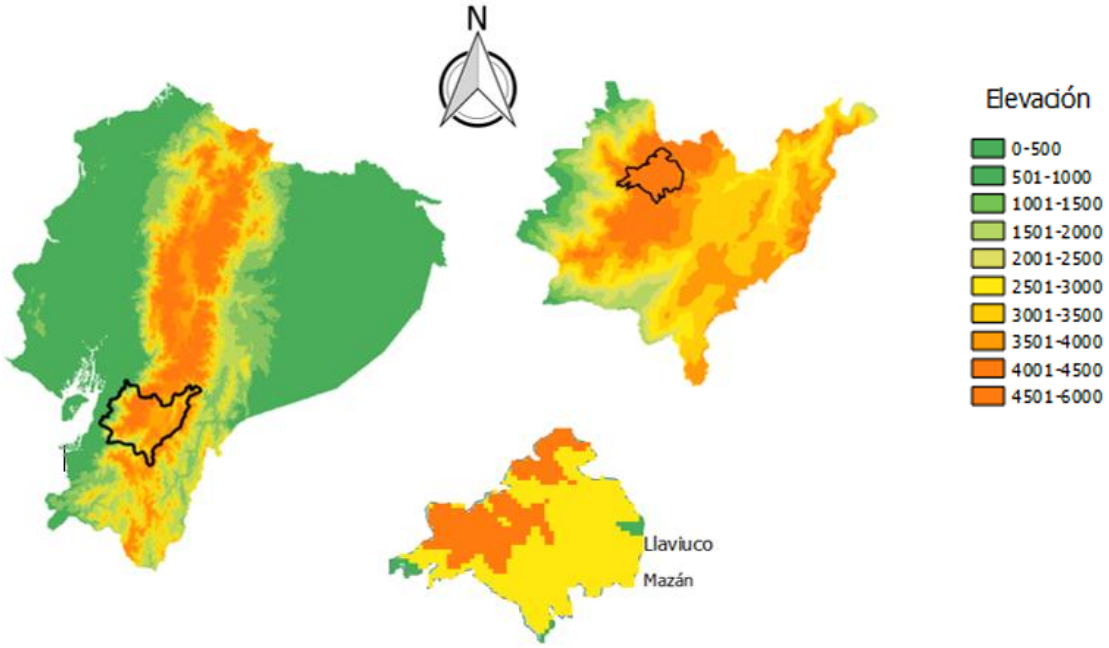


Figura 1 Mapa de ubicación y elevación de los bosques Llaviucu y Mazán

5.1.1 Tipos de suelos en los bosques de Llaviucu y Mazán

Los suelos de los bosques de Llaviucu y Mazán son Andosoles, de origen volcánico de color oscuro y muy porosos en las cuales la química del hierro y/o aluminio juega un rol principal en su formación (Mena & Medina, 2000). Debido a la presencia de altos contenidos de compuestos órgano minerales estables especialmente en el horizonte superficial, los Andosoles resultan ser suelos muy bien estructurados que propician un buen drenaje, pero a su vez presentan una buena retención de humedad (Plaza, 2018).

Según Llerena *et al*, (2010), estos suelos contienen alta cantidad de acumulación de materia orgánica, por esta razón se supone que los bosques mantienen una estructura de suelo estable ayudando a controlar la erosión, ya que son suelos con alta capacidad de infiltración que ayudan a disminuir las tasas de escorrentía superficial e intervienen en la reducción del aporte de sedimentos o nutrientes concentrados en el agua de los ríos.

5.2 Objetivo 1

Para cumplir con el objetivo 1 se plantearon las siguientes actividades:

5.2.1 Selección y marcaje de los árboles

En el año 2015 se seleccionó e identificó 6 especies nativas (*H. luteynii, O. heterochroma, O. grandiflora, V. stipularis, M. rhopaloides, W. fagaroides)* en los dos bosques en estudio. Estas especies fueron seleccionadas de acuerdo a su importancia ecológica, económica y social, para lo cual se realizó una encuesta a personas cercanas a los bosques de Llaviucu y Mazán (Iñamagua, 2016, comunicación personal, Universidad de Cuenca).

Para cada especie se identificaron 8 individuos en el B. de Llaviucu y 8 en el B. de Mazán, esta selección se basó en característica fenotípicas superiores al promedio de la población de cada especie, y se tomó en cuenta las siguientes características: vigorosidad, follaje, sanidad, accesibilidad, entre otras. También se consideró la buena visibilidad de la copa del árbol, para tomar los datos fenológicos con facilidad. Para facilitar el seguimiento de los individuos en campo de acuerdo al protocolo establecido (Ver sección observaciones fenológicas), estos fueron etiquetados con placas de aluminio, con su respectivo código y cada individuo fue georreferenciado en coordenadas UTM (Figura 2).

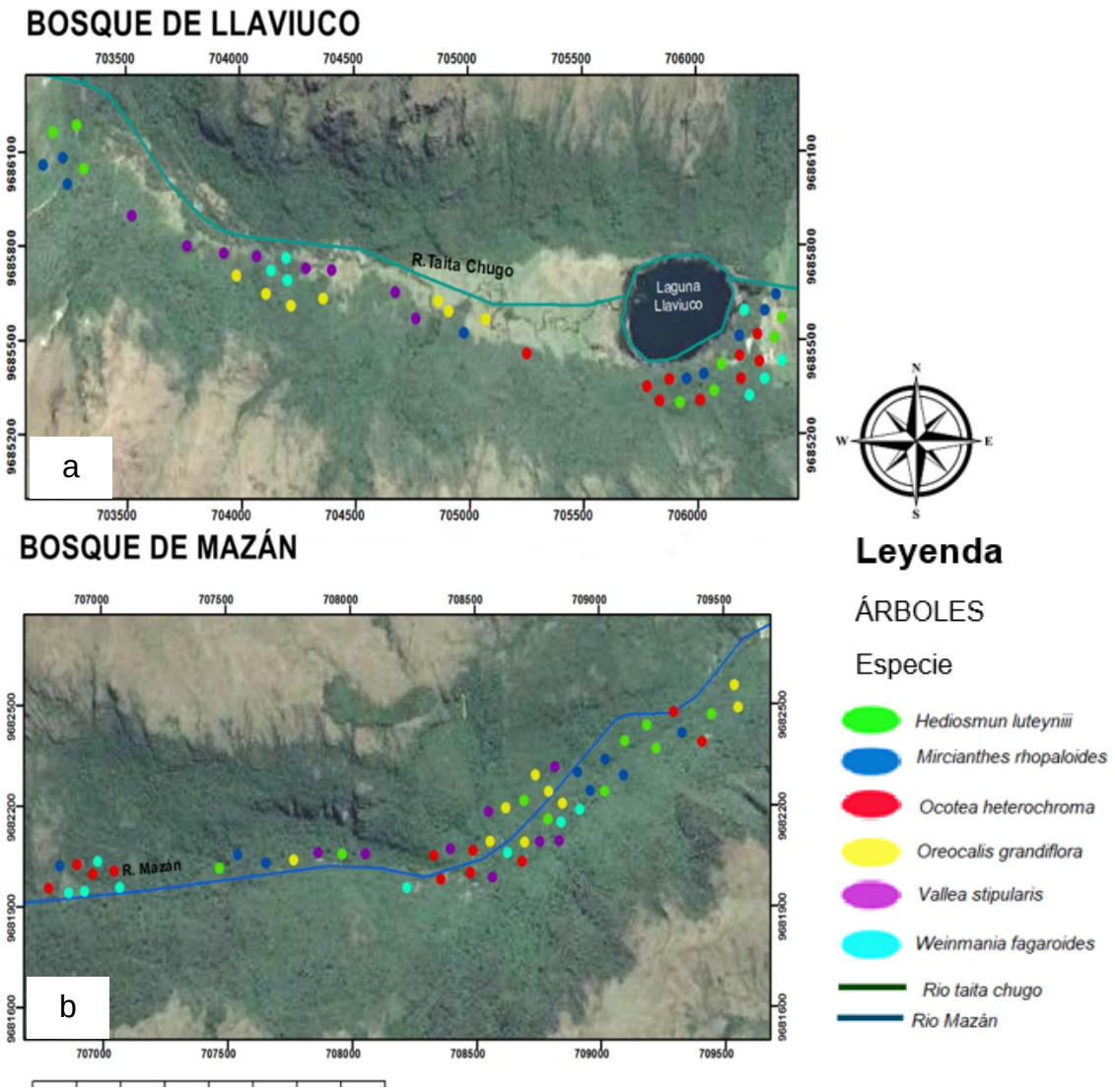


Figura 2 Ubicación de las especies y sus respectivos individuos en los bosques de Llaviucu (a) y Mazán (b). Cada color representa una especie.

5.2.2 Observaciones fenológicas

Las observaciones de los eventos fenológicos se realizaron cada 15 días en cada bosque durante un periodo de 12 meses (agosto 2017 hasta agosto del 2018) con la ayuda de binoculares (10 x 25 mm). Cabe recalcar que el proyecto (DIUC), donde estuvo inmerso este trabajo de titulación proporcionó datos por seis meses. Para la evaluación de los eventos se utilizó la metodología de Fournier

(1974), la cual consiste en realizar observaciones directas desde un punto fijo a la copa del árbol para registrar los eventos de las siguientes fenofases: botón florar, floración, fruto verde y fruto maduro. A cada evento se le asignó un índice entre 0 y 4, el mismo que representará la magnitud del evento (Tabla 1)

Tabla 1 *Descripción de la magnitud de los eventos fenológicos*

Índice	Magnitud del evento
0	0
1	1-25%
2	26%-50%
3	51%-75%
4	76%-100%

Elaborado: Fourier (1974)

5.2.3 Almacenamiento y recolección de datos de temperatura

Los datos de temperatura utilizados para las correlaciones con los eventos fenológicos, se obtuvieron de seis sensores de humedad y temperatura (Pro v2), instalados tres en cada bosque y a su vez en tres sitios diferentes, cubriendo los microclimas de cada bosque. Los sensores estuvieron localizados en los árboles a 2 metros desde el suelo, y se programó para que los datos sean registrados cada 15 minutos. Estos datos fueron descargados cada tres meses y luego procesados para verificar su calidad.

Los datos de temperatura que se utilizaron para el análisis corresponden al periodo desde enero del 2017 hasta agosto del 2018, es decir, seis meses antes de comenzar la toma de datos de fenología con el fin de realizar el análisis estadístico propuesto (Ver sección Análisis de datos).

5.3 Objetivo 2

Para cumplir con el objetivo 2 se realizó las siguientes actividades:

5.3.1 Recolección de yemas de la especie *Vallea stipularis*

Durante marzo a mayo del 2018, se colectaron yemas ya formadas de *V. stipularis* (entre 6 y 8 por árbol), de las ramas medias de las copas de los árboles en un total de 8 individuos en los dos bosques cada 15 días. La recolección se realizó con podadoras de 6 y 12 metros, y las muestras en campo fueron envueltas en papel absorbente humedecido y colocadas en fundas ziploc. Cada muestra tuvo su propio código de identificación.

5.3.2 Procesamiento de yemas de *V. stipularis* en el laboratorio

Las muestras fueron trasportadas al laboratorio de Inmunología de la escuela de Medicina Veterinaria de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca. El procesamiento de las muestras siguieron el protocolo propuesto por Yeung, Stasolla, Sumner, & Huang, (2015), el mismo que se encuentra esquematizado en la figura 3. En el Anexo 1 se detalla el procedimiento completo.

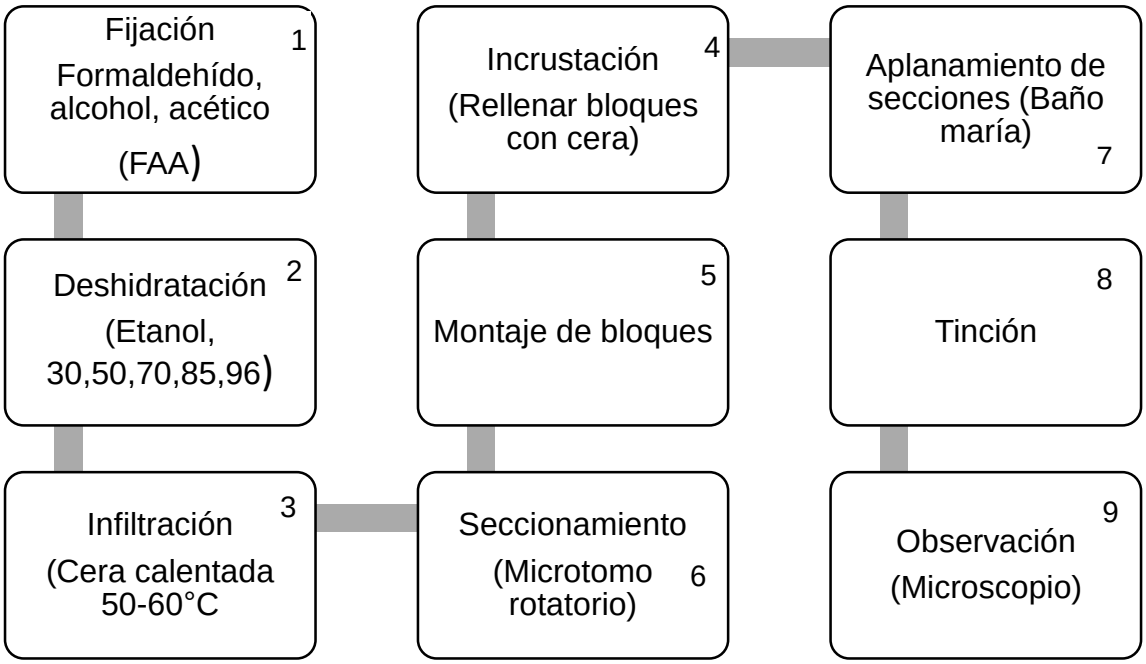


Figura 3 Esquema resumido del procedimiento de incrustación de tejido vegetal en parafina para determinar la diferenciación de yemas en el laboratorio

5.4 Análisis de datos

Para análisis se utilizaron dos series de datos que corresponde a las observaciones fenológicas con 12 meses de datos y la temperatura durante 18 meses. Además, se contó con información de las 4 fenofases (botón floral, flor, fruto verde y fruto maduro) de 6 especies estudiadas en los bosques de Llaviucu y Mazán. Con toda esta información se realizó un análisis de correlación cruzada (cross-correlation). El coeficiente de correlación cruzada se da entre dos series temporales tanto en tiempo simultaneo como desfasadas en el tiempo, por tanto, es una correlación entre una serie X, en un tiempo dado T, con otra serie en un tiempo posterior Y (Etapa, 2014). Este tipo de análisis ha sido utilizado por diferentes autores para estudiar la relación de la fenología con variables climáticas (Bendix et al. 2006; Gunter et al. 2008). Además, la correlación cruzada es muy útil para alinear dos series de tiempo una de las cuales es retrasada con respecto a la otra (Boyd, 2001). En otras palabras, este análisis

permitió conocer el tiempo de retraso o el tiempo con la temperatura adecuada que necesita una especie para que produzca el evento fenológico.

Para el análisis fue necesario transformar los datos descriptivos a datos cuantitativos, a través del índice de transformación de Fourier en porcentaje (%), mediante la siguiente ecuación:

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

Para el análisis de correlación cruzada se utilizó el Software R, con el paquete Tseries y la función ccf (función de coeficiente de autocorrelación) *(*Kurt Hornik, 2019).

Para el análisis de la diferenciación de yemas de *V. stipularis*, se realizó un análisis de clusterización jerárquica (Hierarchical Clustering) utilizando el total de 16 individuos en los dos bosques, para determinar los individuos con comportamiento similar en la fenología. En el anexo 20 se encuentra el gráfico del análisis clúster, donde se definió los 8 individuos para realizar el procedimiento de diferenciación de yemas florales. Adicionalmente, se realizó un análisis descriptivo, para encontrar la respuesta de la diferenciación de yemas a la temperatura.

6. RESULTADOS

Objetivo 1.

6.1 Correlación de la temperatura (máxima, mínima y promedio) con la fenología en las seis especies estudiadas en el bosque protector de Mazán.

A continuación, se presentan los resultados por cada evento fenológico, y por cada especie.

Botón floral

6.1.1 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *H. luteynii*

Los resultados demuestran que, para los tres tipos de temperatura, el evento botón floral tuvo un comportamiento similar con el lapso de tiempo transcurrido (Figura 4a, b y c). Se destaca que para los meses desde febrero a julio del 2018 que se muestra en el eje de las x, se evidenciaron correlaciones positivas, siendo la temperatura máxima la que presentó correlaciones más altas (Figura 4a), Por otro lado, hubo una correlaciónn negativa donde a menor temperatura mínima y un tiempo de retraso de 4 meses (junio a octubre de 2017), lo que indica que este periodo fue responsable de la presencia del evento botón floral (Figura 4b). Ver valores de correlaciones en Anexos (4,5 y 6).

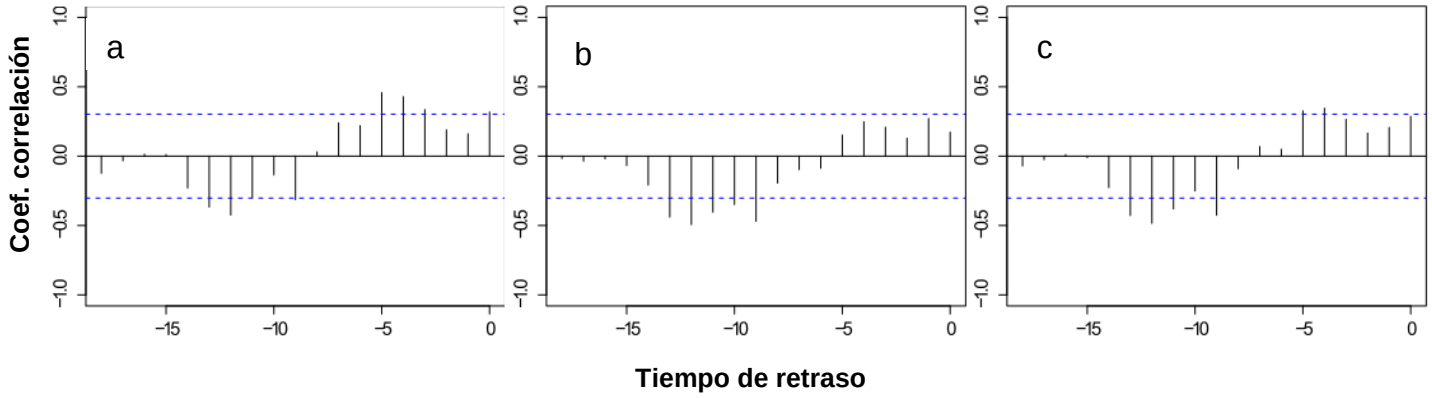


Figura 3 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *H. luteynii* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto del 2018 con un total de 18 meses. Líneas punteadas corresponden a los límites de confianza al 95%

6.1.2 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *M. rhopaloides*

Para *M. rhopaloides*, se presentó una correlación positivamente significativa en la temperatura máxima, que corresponde al período de octubre a diciembre del 2017; para la temperatura mínima se detecta que la correlación positiva y significativa ocurrió en los de marzo y abril del 2018 para el evento botón floral (Figura 5a y b), así como también se evidenció una correlación negativa y significativa, donde las bajas temperaturas en los meses de enero a junio del 2017 propiciaron el evento. Ver valores de correlaciones en Anexos (4,5 y 6).

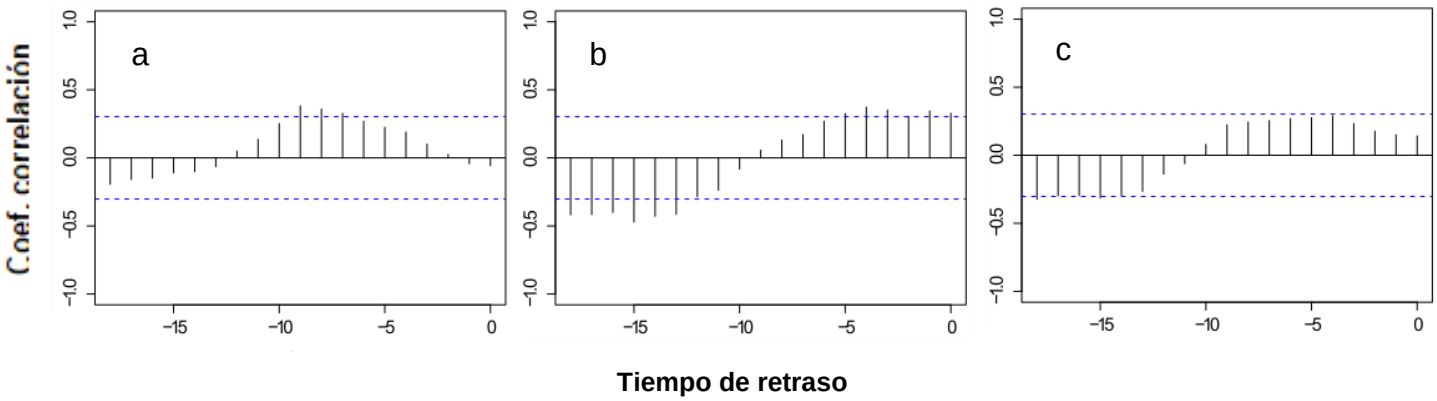


Figura 4 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *M. rhopaloides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%

6.1.3 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *O. heterochroma*

Para el evento de botón floral en *O. heterochroma* se pudo observar que las tres temperaturas tuvieron una correlación negativa y con un tiempo de retraso en los mismos periodos (abril a junio del 2018) (Figura 6a, b y c). Así mismo, la temperatura mínima fue la que mayor significancia positiva presentó con un tiempo de retraso en los meses de marzo a junio del 2017. Ver valores de correlaciones en Anexos (4,5 y 6).

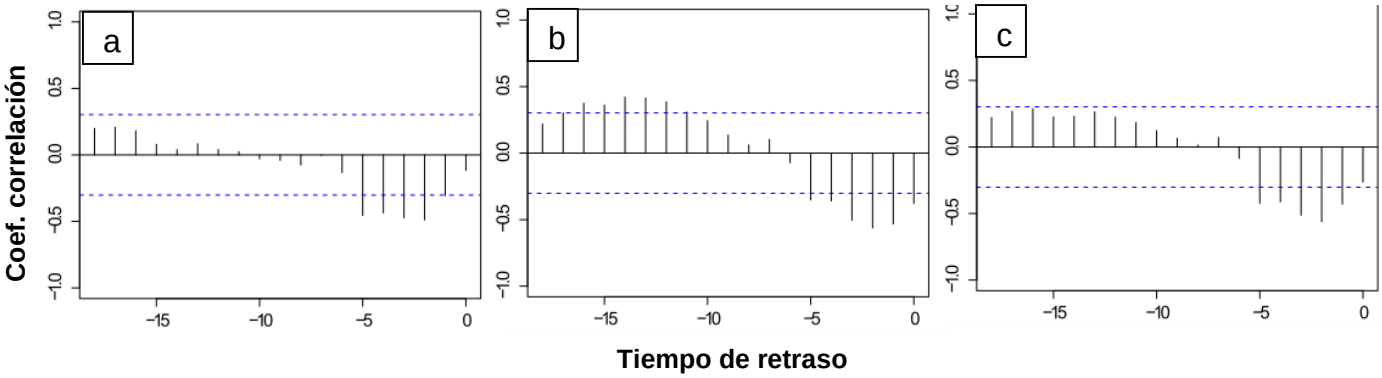


Figura 5 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *O. heterochroma* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%

6.1.4 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *O. grandiflora*

O. grandiflora mostró un comportamiento diferente a las otras especies en el evento de botón floral ya que ninguna de las temperaturas (Figura 7a, b y c)

tuvieron correlaciones significativas ni positiva o negativa con el evento. Revisar valores en Anexo (4, 5 y 6).

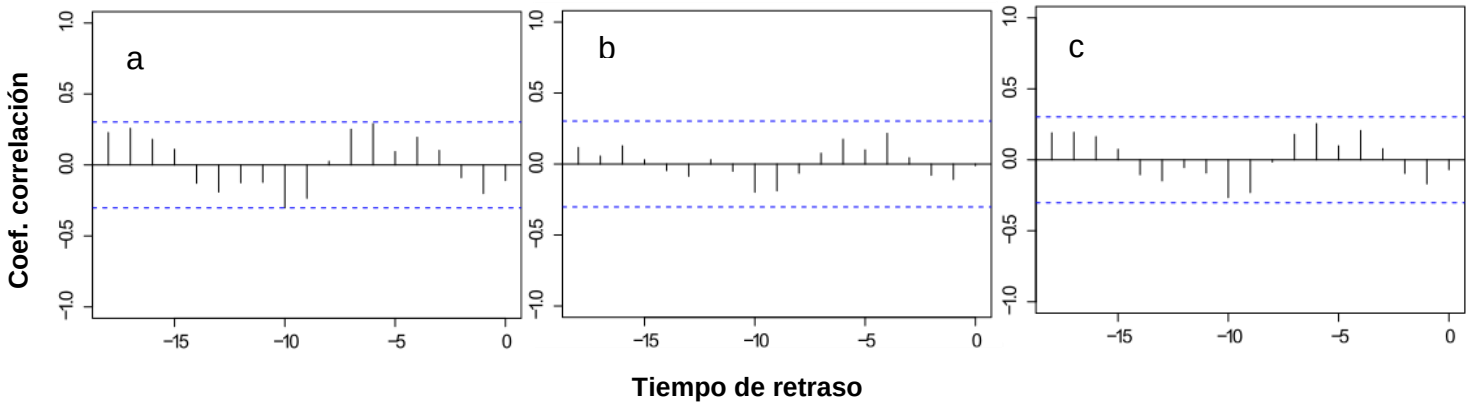


Figura 6 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *O. grandiflora* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%

6.1.5 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *V. stipularis*

Los resultados demostraron que los tres tipos de temperatura tuvieron una misma respuesta en cuanto a la correlación negativa, con un tiempo de retraso similar (enero a abril 2018) (Figura 8), por otro lado, la temperatura mínima también presento correlación positivamente significativa para el evento con un tiempo de retraso de 4 meses (marzo a abril 2017) (Figura 4b) (Anexo 4, 5 y 6).

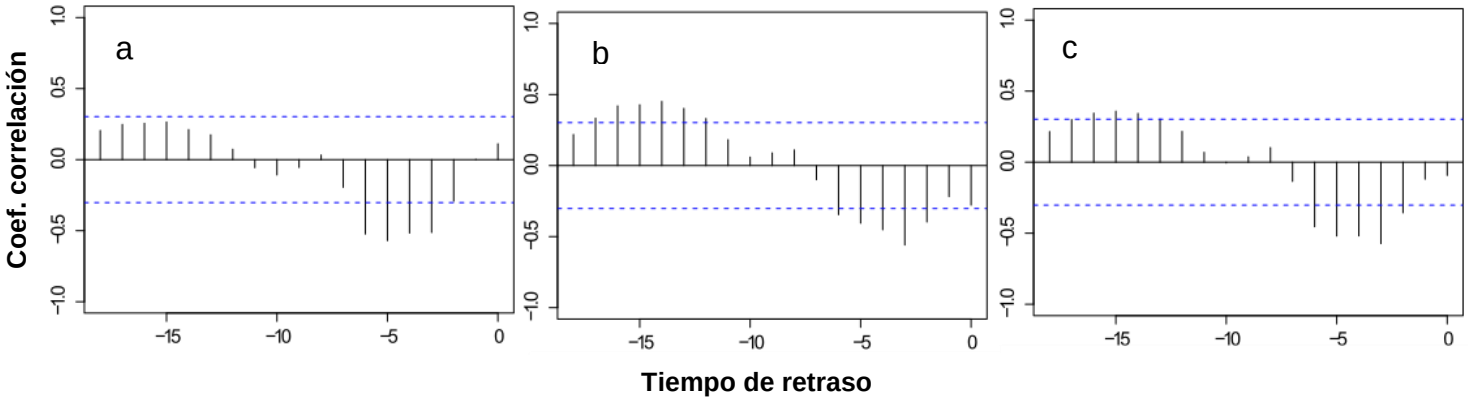


Figura 7 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *V. stipularis* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%

6.1.6 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *W. fagaroides*

En *W. fagaroides* se observó un patrón similar en las tres temperaturas, notándose una correlación negativa (Fig. 9a, b y c), por tanto, a temperaturas bajas hubo una aparición del evento, siendo significativa con un tiempo de retraso de 6 meses que representan los meses de agosto del 2017 a enero del 2018. Además, la temperatura máxima mostró una correlación positiva con un tiempo de retraso de 3 meses (mayo a Julio 2018). Ver valores de correlaciones en Anexos (4,5 y 6).

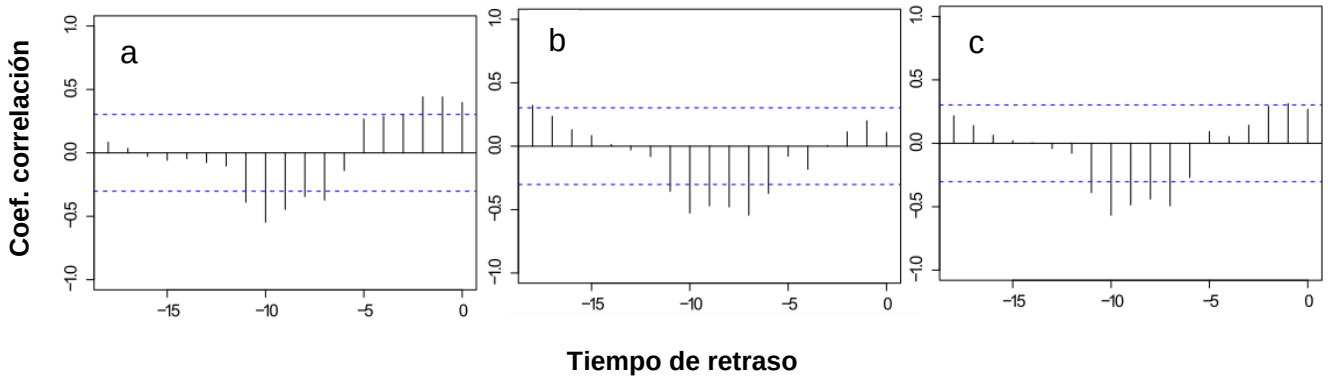


Figura 8 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *W. fagaroides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%

Floración

6.1.7 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *H. luteynii*

Los resultados para *H. luteynii* indicaron una correlación negativamente significativa para las tres temperaturas y el evento floración en los meses de junio y julio 2017, indicando que cuando la temperatura disminuye se produce el evento (Figura 10a, b y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (7,8 y9).

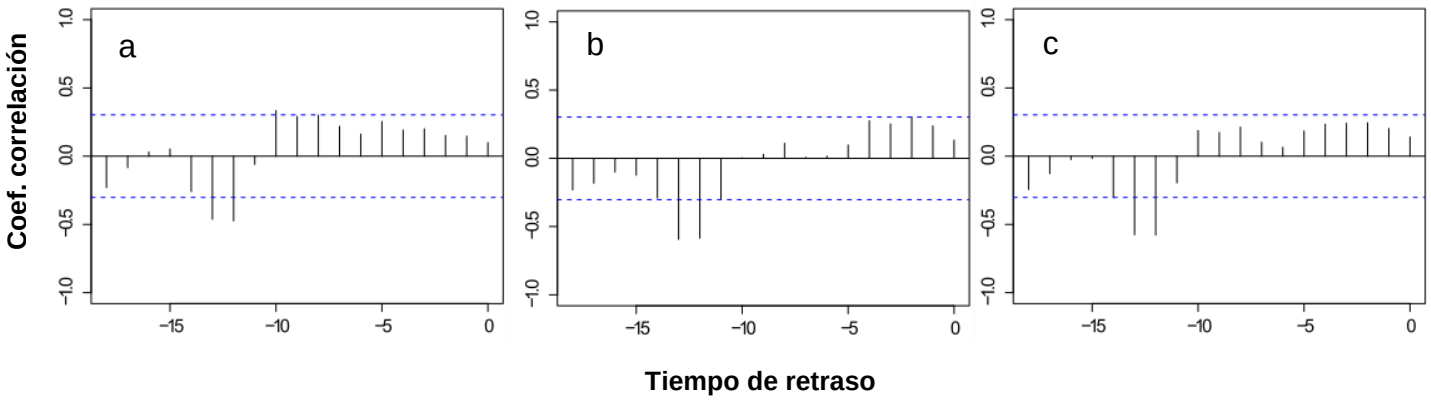


Figura 9 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *H. luteynii* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%

6.1.8 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *M. rhopaloides*

Los resultados para *M. rhopaloides,* mostraron que la temperatura mínima y promedio tuvieron correlación negativamente significativa (Figura 11b y c), indicando que un descenso de estas temperaturas y con tiempo de retraso de dos meses que corresponde a los meses de enero y febrero del 2017, determina la presencia del evento floral. Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

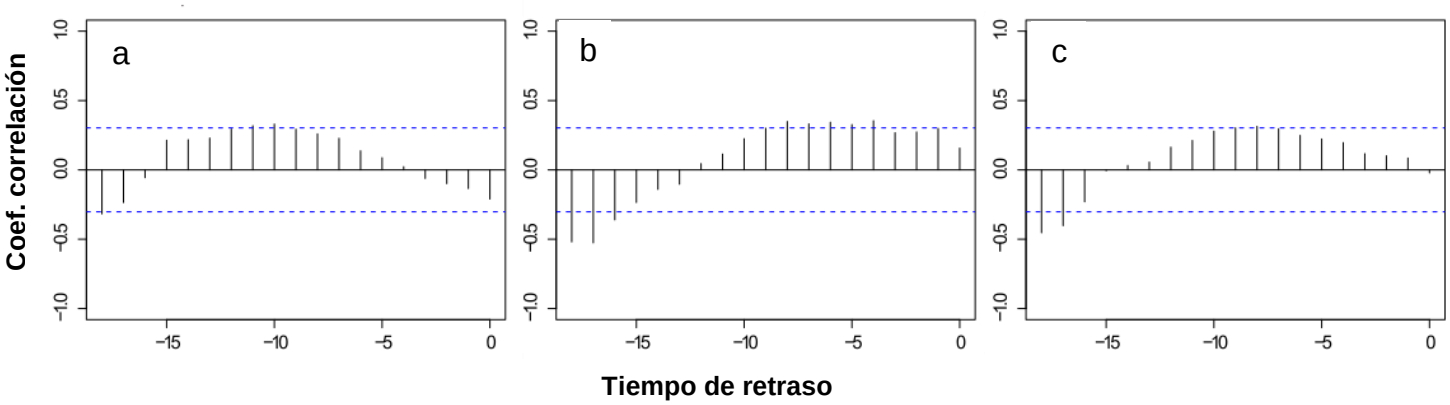


Figura 10 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *M. rhopaloides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%

6.1.9 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *O. heterochroma*

En la especie *O. heterochroma* se observaron patrones similares principalmente en la temperatura mínima y promedio, mostrando una correlación positiva y significativa con un tiempo de retraso de 2 meses (enero y febrero de 2017) (Figura 12b y c). Por otro lado, se destaca una tendencia similar en las tres temperaturas, pues se evidencia una correlación negativa

con un tiempo de retraso de tres meses (enero a marzo de 2018), lo cual contribuyó a la aparición del evento (Figura 12a, b y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

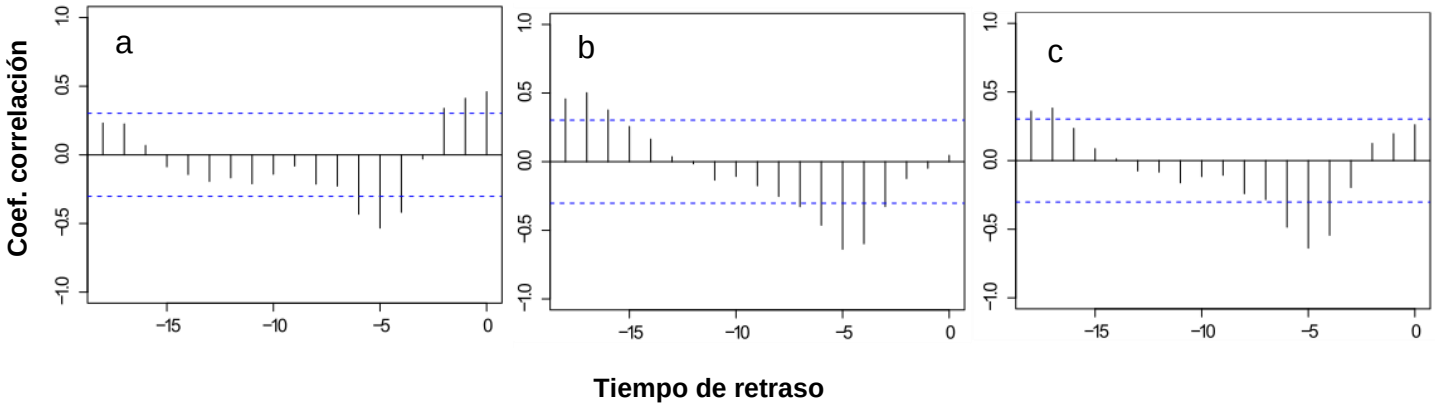


Figura 11 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de O. heterochroma en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%

6.1.10 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *O. grandiflora*

Los resultados para *O. grandiflora*, mostraron que la temperatura máxima tuvo una correlación positivamente significativa, con un tiempo de retraso de dos meses que corresponde a abril y mayo del 2018, para que se produzca el evento de floración (Figura 13a). En el caso de la temperatura mínima hubo una correlación positiva con un tiempo de retraso de un mes (enero 2017) (Figura 13b), lo que indica que un aumento de esta temperatura determina la aparición de la floración. Por otro lado, también se identificó correlaciones negativas significativas en las tres temperaturas, con un tiempo de retraso de aproximadamente de dos meses (Figura 13a, b y c), lo que indican que una menor temperatura también puede promover la aparición del evento. Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

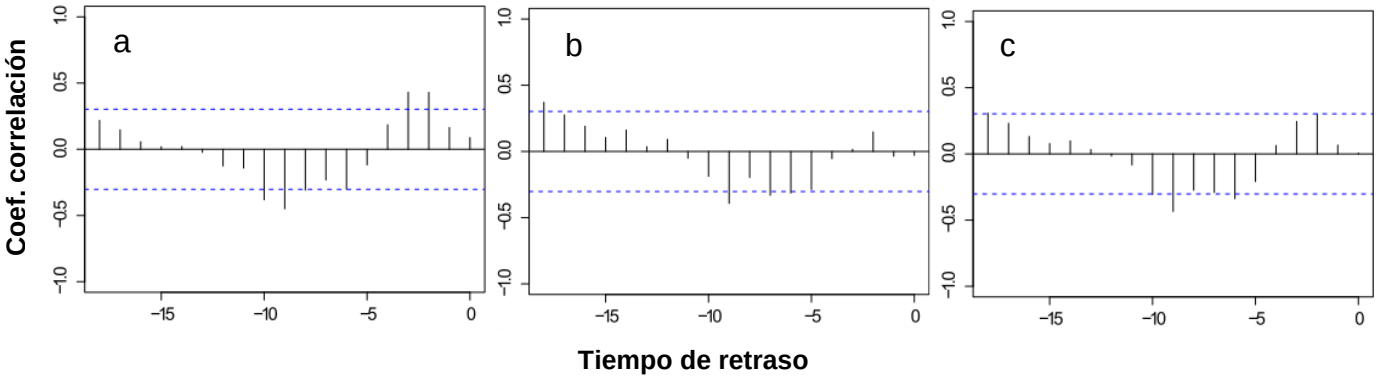


Figura 12 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de O. grandiflora en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%

6.1.11 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *V. stipularis*

Los resultados para *V. stipularis*, revelaron que las tres temperaturas tuvieron una correlación negativamente significativa, en el mes de febrero del 2018, como el tiempo de retraso necesario para que se presente el evento de floración (Figura 14). En cuanto a la correlación positiva, la temperatura mínima tuvo una leve significancia con un tiempo de retraso de un mes para que se dé la aparición del evento. Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

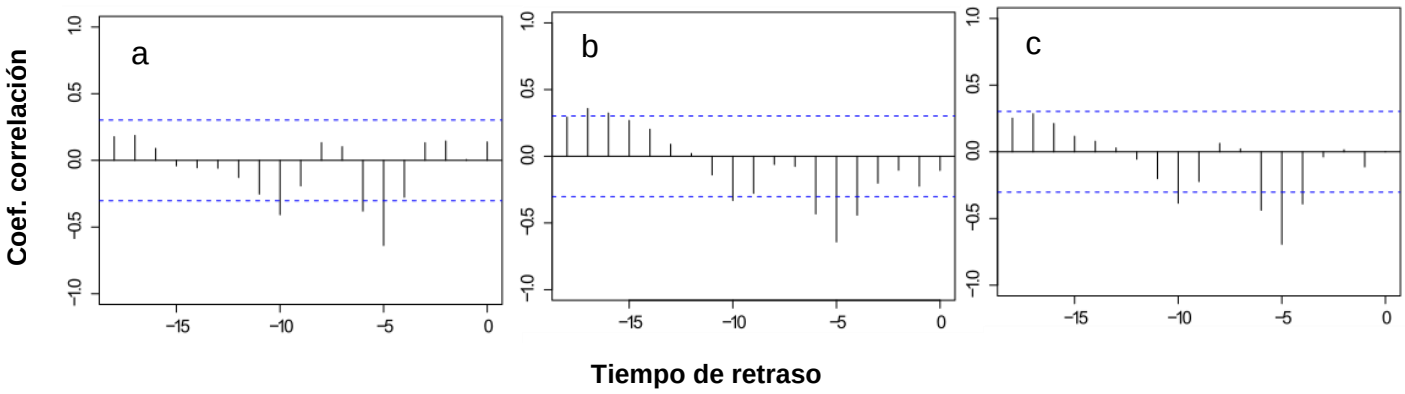


Figura 13 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de V. stipularis en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.12 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *W. fagaroides*

Los resultados para *W. fagaroides*, mostraron que la temperatura máxima tuvo una correlación positivamente significativa con un tiempo de retraso de 6 meses (enero a junio 2018) para que se presente el evento (Figura 15a). Por otro lado, una tendencia clara fue observada, con una correlación negativa en las tres temperaturas con varios meses de tiempo de retraso, indicando también que una reducción en la temperatura determina la producción de flores (Figura 15a, b y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

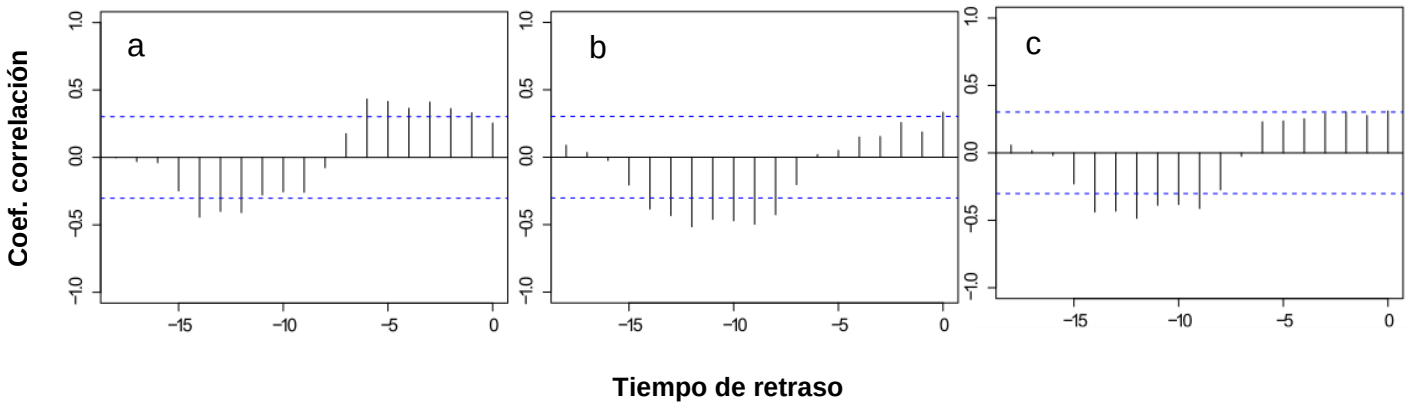


Figura 14 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de W. fagaroides en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

Fruto Verde

6.1.13 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *H. luteynii*

Los resultados para *H. luteynii*, revelaron que para la temperatura mínima y promedio el comportamiento fue similar destacando la correlación positiva, con un tiempo de retraso de 4 meses (enero a abril 2017), lo que indica que un aumento de temperatura permitió que ocurra el evento de fruto verde (Figura 16b y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

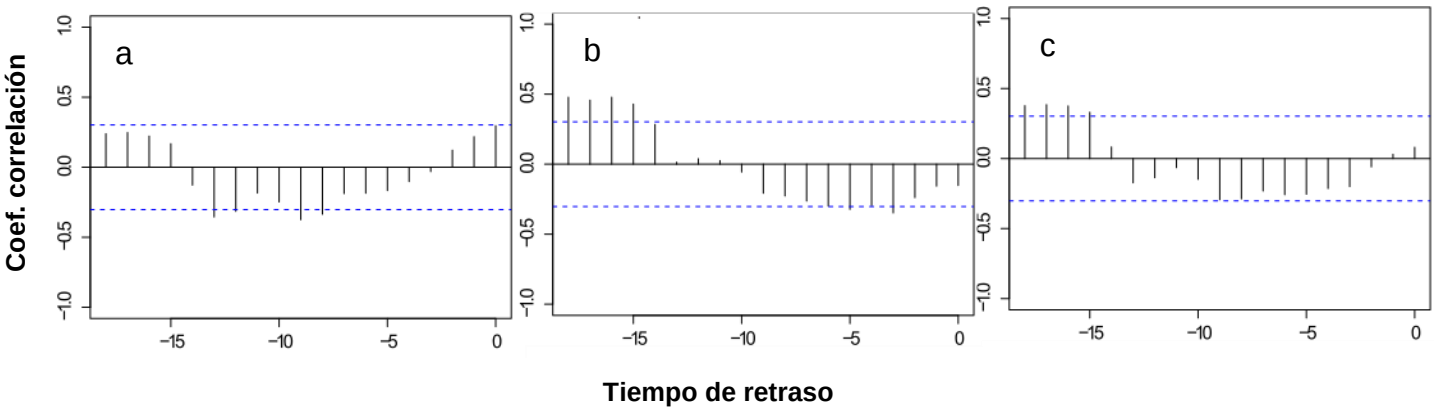


Figura 15 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de H. luteynii en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.14 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *M. rhopaloides*

Los resultados para *M. rhopaloides*, demostraron una tendencia similar, con una correlación negativamente significativa para las tres temperaturas, con un tiempo de retraso de 7 meses (febrero a julio del 2018) (Figura 17b y c). Sin embargo, la temperatura mínima (Figura 17b) mostró significancia positiva en los meses de enero a julio del 2017, con lo que se evidencia que a menor temperatura mayor presencia del evento fruto verde. Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

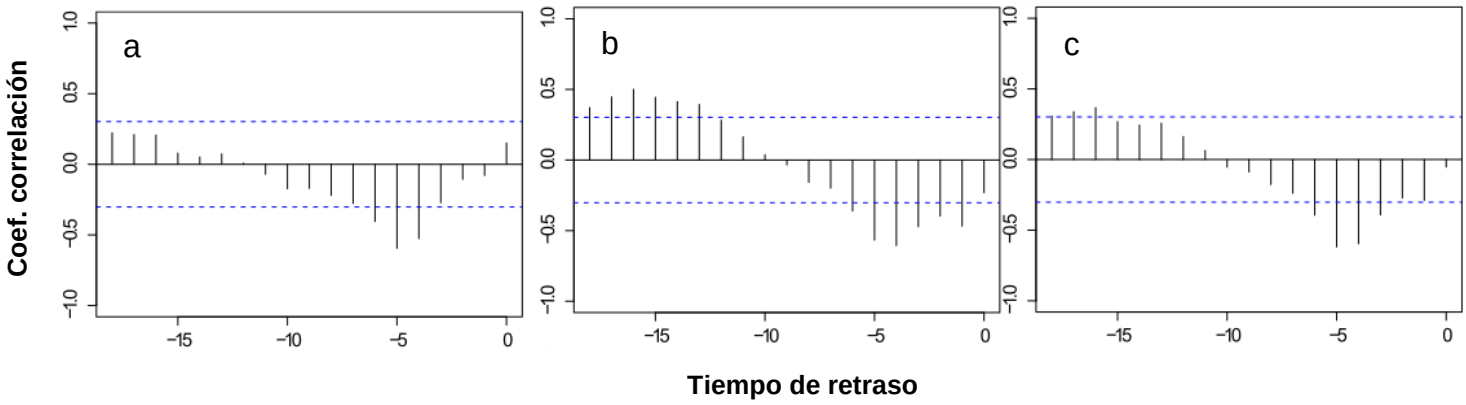


Figura 16 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *M. rhopaloides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.15 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *O. heterochroma*

En *O. heterochroma* se destacó una tendencia similar para las temperaturas máxima y promedio, con una correlación positiva con un tiempo de retraso de 4 meses (febrero a mayo del 2018) (Figura 18a y c), mientras que la temperatura mínima tuvo una correlación positiva con un tiempo de retraso de 2 meses (julio a agosto del 2018) para que ocurra el evento. Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

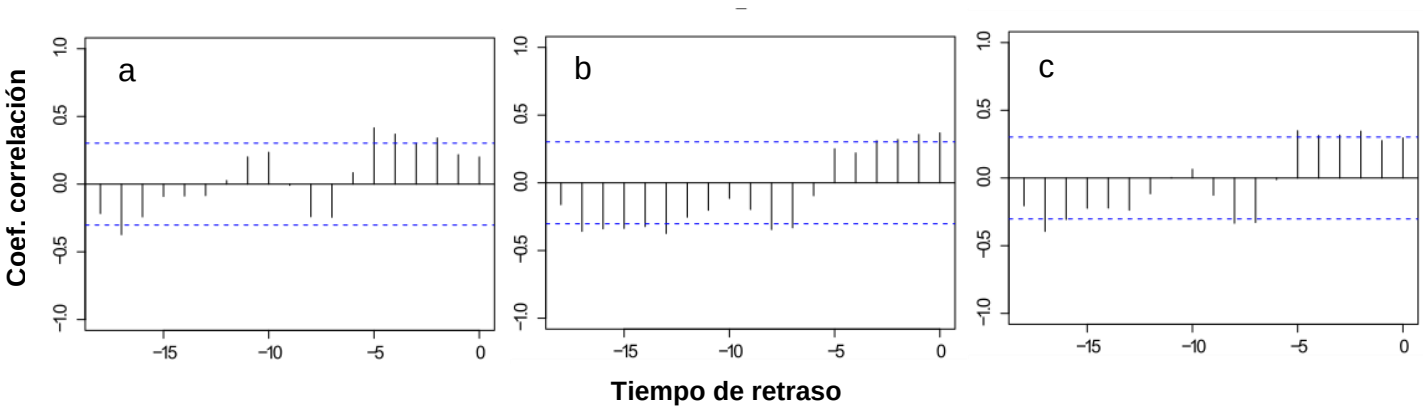


Figura 17 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de O. heterochroma en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.16 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *O. grandiflora*

En general, *O. grandiflora* no mostró significancias en los tres tipos de temperatura que determinen la aparición del evento fruto verde (Figura 19a, b y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

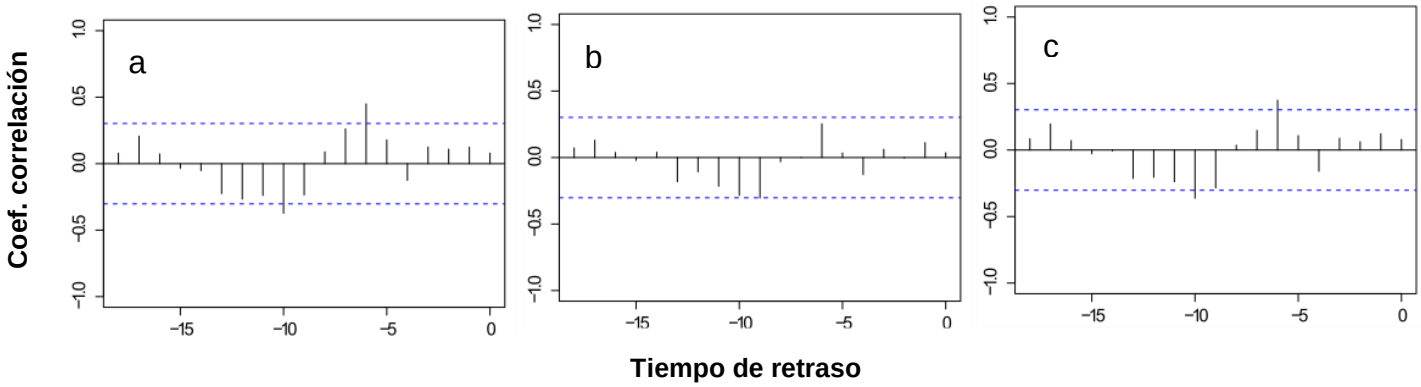


Figura 18 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de O. grandiflora en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.17 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *V. stipularis*

Para *V. stipularis,* se observó una correlación positivamente significativa con la temperatura máxima, con un tiempo de retraso de 2 meses (julio y agosto del 2018) (Figura 20a). En cuanto a la correlación negativamente significativa las tres temperaturas tuvieron un comportamiento similar con 4 meses de retraso (septiembre a diciembre del 2017) (Figura 20a, b y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

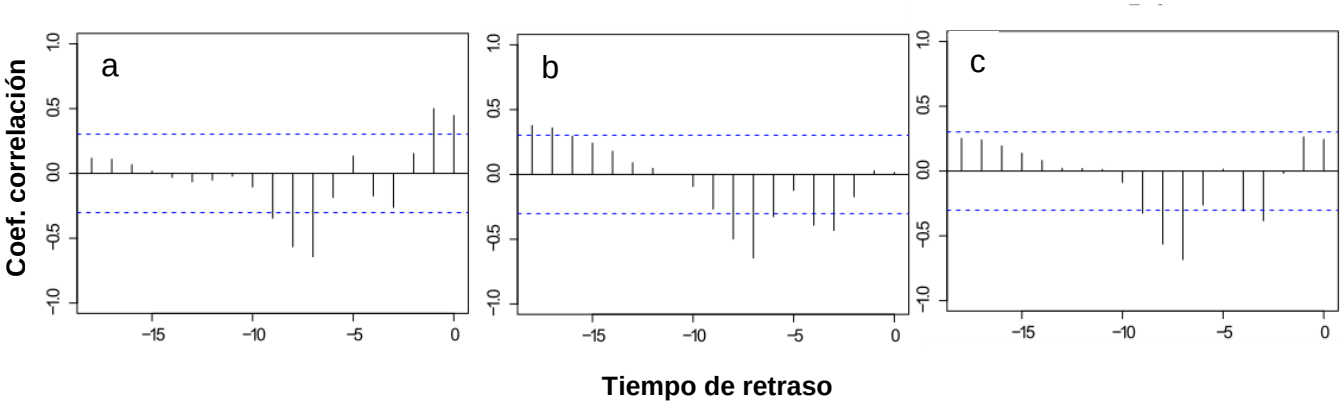


Figura 19 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de V. stipularis en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.18 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *W. fagaroides*

W. fagaroides mostró que la temperatura máxima, mínima. y promedio para esta especie tuvieron una correlación negativamente significativa en los meses de mayo a junio de 2017 (Figura 21a, b y c), evidenciando así que las bajas de temperaturas promovieron la aparición del evento fructificación. Ver valores de correlaciones en Anexos (7, 8 y 9).

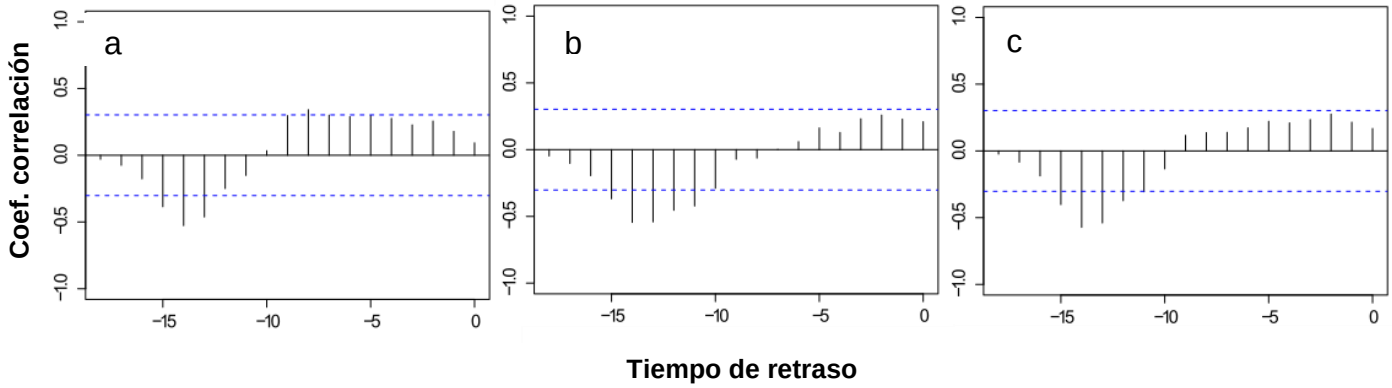


Figura 20 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de W. fagaroides en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

Fruto Maduro

6.1.19 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *H. luteynii*

Para *H. luteynii*, la temperatura mínima, tuvo una correlación negativamente significativa en los meses de enero a marzo del 2017 (Figura 22b), sin embargo, la temperatura máxima, mostró significancia positiva para este evento desde mayo a Julio de 2018 (Figura 22a). Además, se observó una correlación negativa similar en las tres temperaturas, con un tiempo de retraso que va desde junio del 2017 a enero del 2018 (Figura 22a, b y c), cuyos meses son determinantes en la aparición del evento fruto maduro. Ver valores de correlaciones en Anexos (13, 14 y 15).

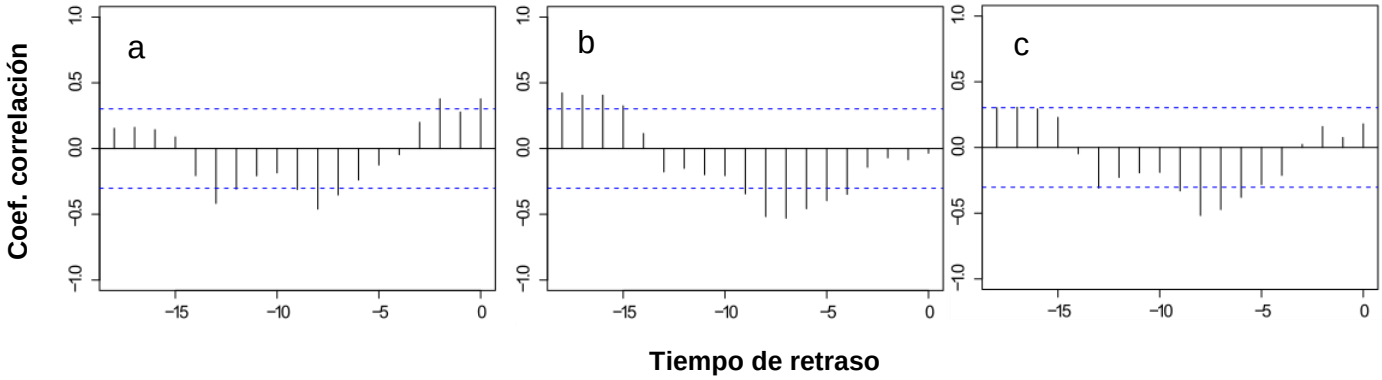


Figura 21 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de H. luteynii en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.20 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *M. rhopaloides*

M. rhopaloides, tuvo una correlación negativamente significativa en la temperatura mínima y promedio, con un tiempo de retraso similar de 8 meses (noviembre 2017 a junio 2018), para que ocurra el evento (Figura 23b y c). Por otro lado, la temperatura mínima, tuvo una correlación positivamente significativa, con un tiempo de retraso de 3 meses (enero a marzo del 2017), lo que indica que un incremento en la temperatura también promueve la aparición de fruto maduro (Figura 23b). Ver valores de correlaciones en Anexos (13, 14 y 15).

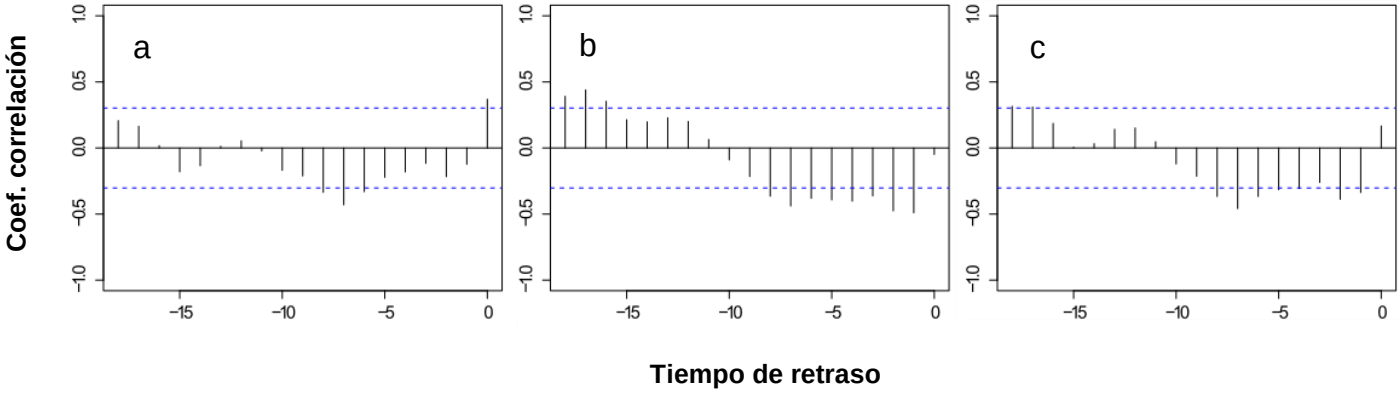


Figura 22 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *M. rhopaloides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando

en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.21 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *O. heterochroma*

Para *O. heterochroma,* se observó que las temperatura máxima, mínima y promedio mostraron una correlación negativamente significativa en los meses de diciembre del 2017 y enero del 2018 (Figura 24a, b y c), indicando así que temperaturas bajas influyen en la presencia del evento fruto maduro. Ver valores de correlaciones en Anexos (13, 14 y 15).

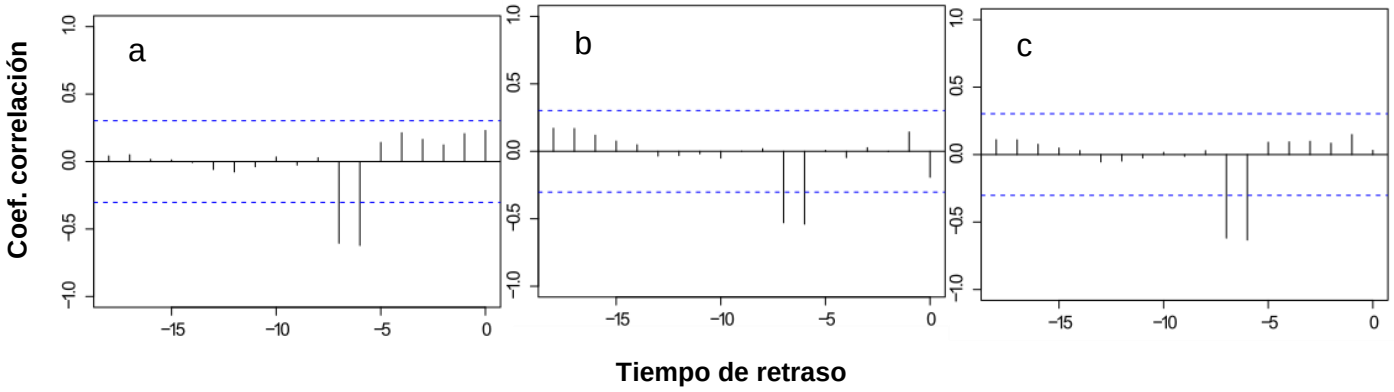


Figura 23 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de O. heterochroma en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.22 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *O. grandiflora*

Para esta especie la temperatura máxima y promedio reflejaron una correlación positiva similar con dos meses de retraso (septiembre y octubre 2017), para que se manifieste el evento (Figura 25a y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (13, 14 y 15).

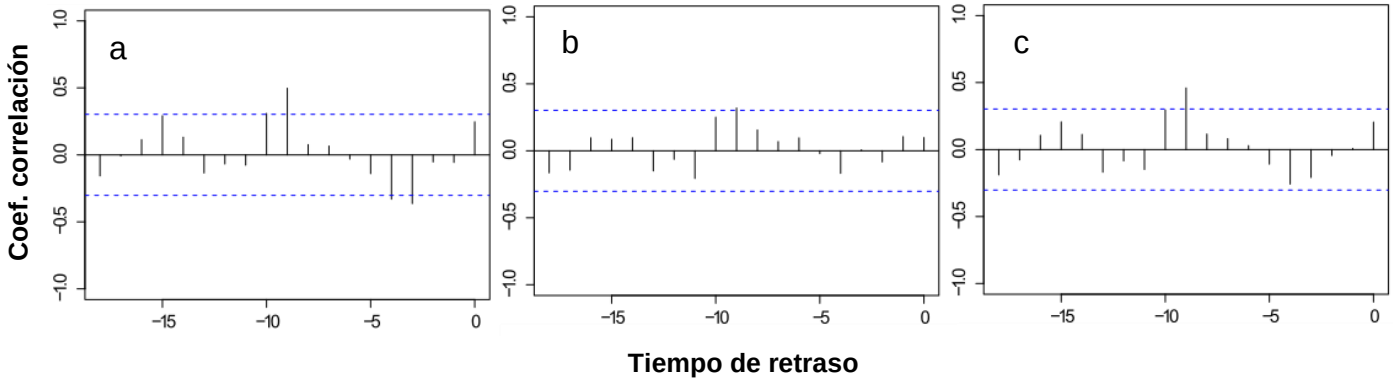


Figura 24 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *O. grandiflora* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.23 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *V. stipularis*

Para *V. stipularis*, se observaron comportamientos similares negativos en la temperatura mínima y promedio (Figura 26b y c), sin embargo, la temperatura máxima obtuvo una mayor correlación positiva, con un tiempo de retraso de 5 meses, en los meses de marzo del a julio del 2018 (Figura 26a), indicando que estos meses fueron mayormente afectados para la presencia del evento fruto maduro. No obstante, la temperatura mínima mostro una significancia negativa con mayor tiempo de retraso en los meses de junio del 2017 a enero del 2018. Ver valores de correlaciones en Anexos (13, 14 y 15).

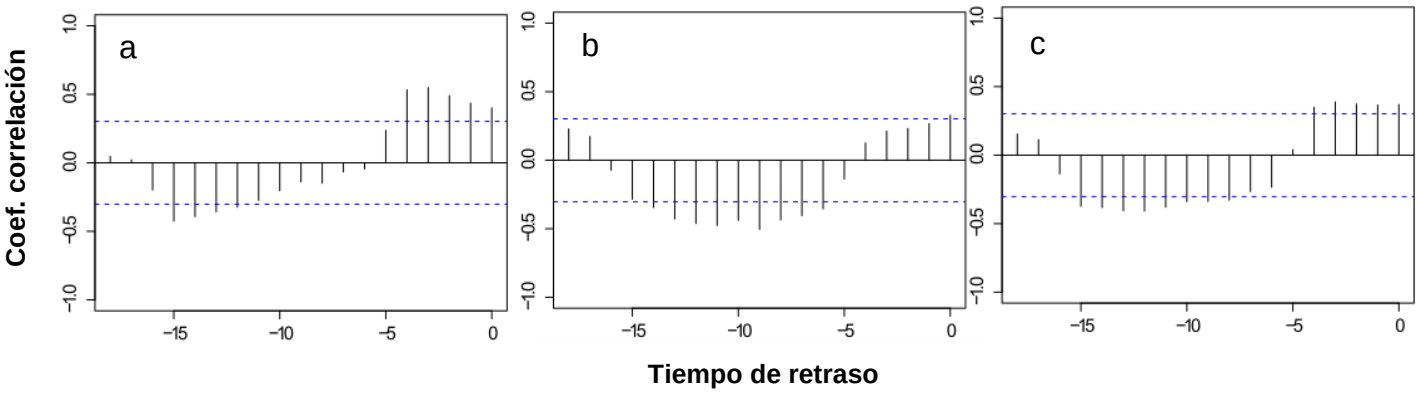


Figura 25 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *V. stipularis* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.1.24 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *W. fagaroides*

Para *W. fagaroides*, se observó que la temperatura máxima, mínima y promedio se comportaron de manera similar, con una correlación negativamente significativa y con un tiempo de retraso de 4 meses (febrero a mayo del 2017) (Figura 27a, b y c), indicando así que un descenso en la temperatura determina el evento fruto maduro. Ver valores de correlaciones en Anexos (13, 14 y 15).

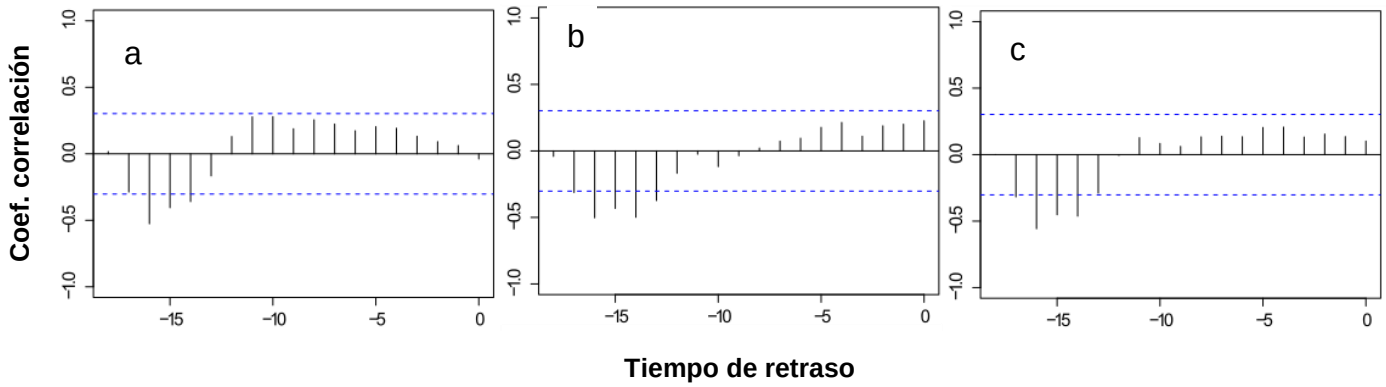


Figura 26 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *W. fagaroides* en el bosque de Mazán. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando

en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2 Correlación de la temperatura con la fenología en las seis especies estudiadas en el bosque de Llaviucu.

Botón floral

6.2.1 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *H. luteynii*

H. luteynii presentó una correlación positivamente significativa en la temperatura mínima, con un tiempo de retraso en los meses de septiembre a noviembre del 2017 (Figura 28b), no obstante, la temperatura máxima y promedio muestran correlación negativamente significativa con un retraso de tiempo de 4 meses para el evento botón floral (mayo a agosto del 2018) (Figura 8a y c). Ver valores de correlación en los Anexos (16, 17 y 18).

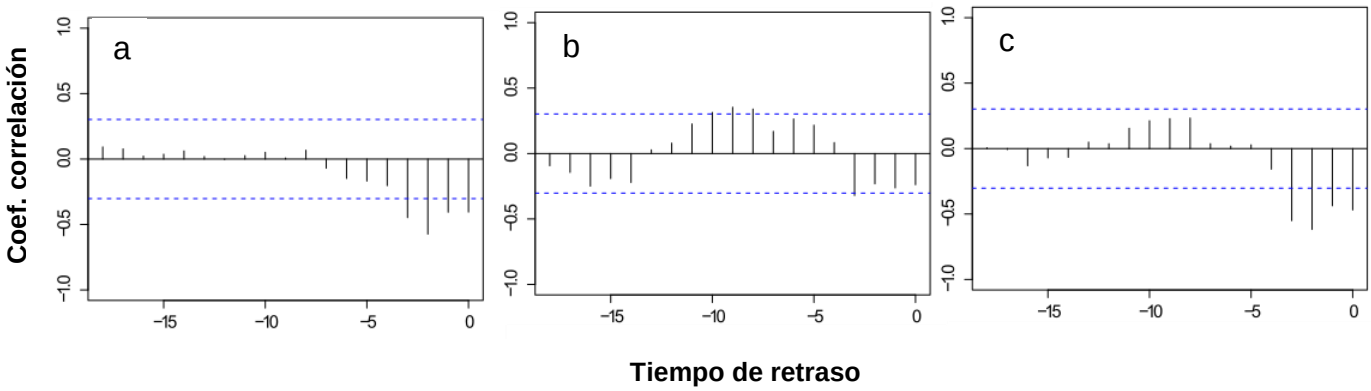


Figura 27 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *H. luteynii* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.2 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *M. rhopaloides*

M. rhopaloides mostró correlación positiva con la temperatura máxima, con un tiempo de retraso de 4 meses (julio a octubre del 2017) (Figura 29a). Por otro lado, la temperatura promedio obtuvo una correlación negativamente significativa con un retraso de tiempo de un mes (enero de 2017) para que ocurra el evento botón floral. Ver valores de correlación en los Anexos (16, 17 y 18).

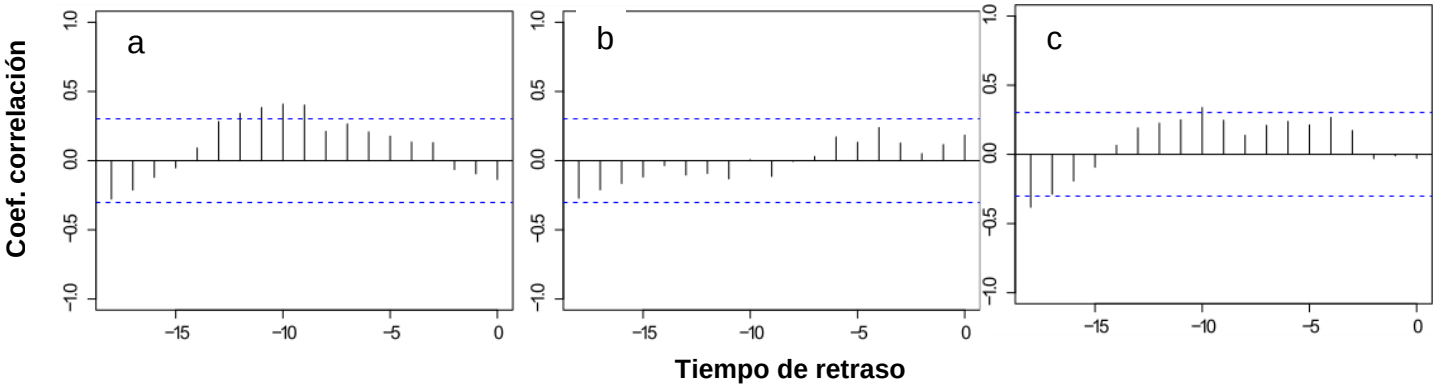


Figura 28 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *M. rhopaloides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.3 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *O. heterochroma*

O. heterochroma, mostró correlación positivamente significativa con la temperatura mínima, con un tiempo de retraso más prolongado que las demás temperaturas (abril a junio del 2017) (Figura 30b). La temperatura máxima y promedio presentaron un comportamiento similar con un tiempo de retraso de 2 meses (julio y agosto del 2018) con una correlación positivamente significativa (Figura 30a y c). Es importante mencionar que la temperatura promedio mostró

significancia negativa con un retraso de tiempo más prolongado. Ver valores de correlación en los Anexos (16, 17 y 18).

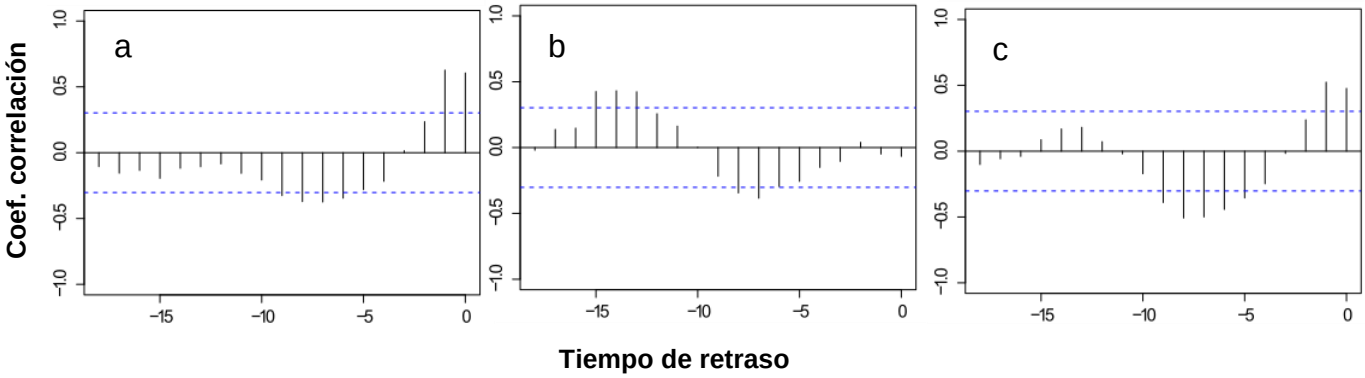


Figura 29 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *O. heterochroma* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.4 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *O. grandiflora*

O. grandiflora mostró un comportamiento similar con una correlación positivamente significativa con la temperatura máxima y promedio, y con un tiempo de retraso de 4 meses (agosto a noviembre 2017) (Figura 31a y c). En las mismas temperaturas, hubo una correlación negativamente significativa con un tiempo de retraso de 4 meses (abril a julio 2018), por tanto, las temperaturas altas y bajas determinan la aparición del evento botón floral. Ver valores de correlación en los Anexos (16, 17 y 18).

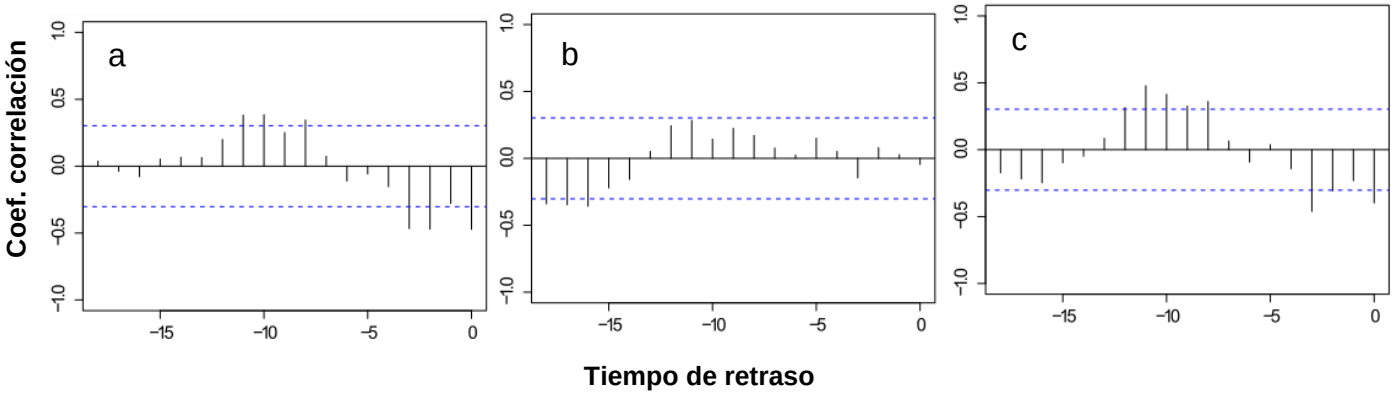


Figura 30 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *O. grandiflora* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.5 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *V. stipularis*

V. stipularis, presentó un comportamiento similar en las tres temperaturas, con una correlación negativamente significativa con un tiempo de retraso similar de 7 meses (enero a julio del 2018) (Figura 30a y c), lo que indica que una baja temperatura promueve la ocurrencia del evento botón floral. Ver valores de correlación en los Anexos (16, 17 y 18).

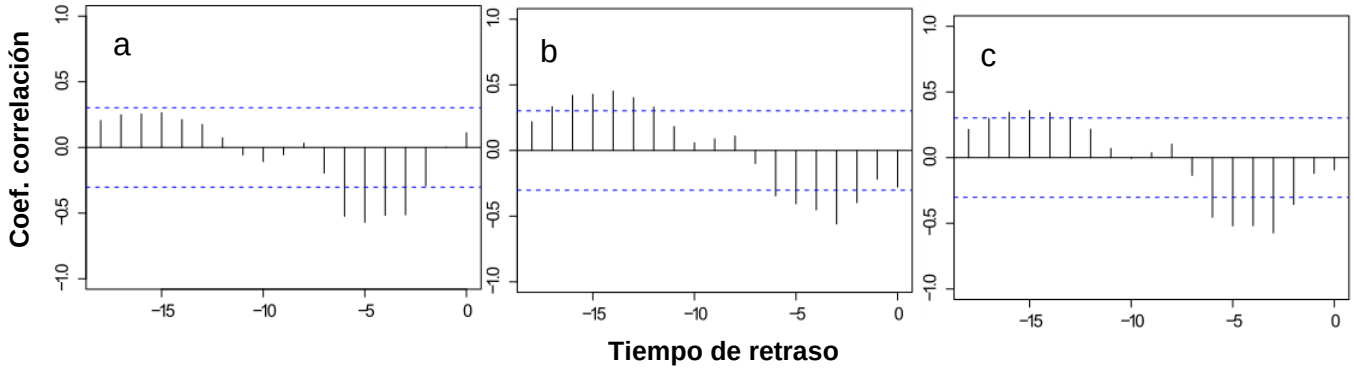


Figura 31 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *V. stipularis* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.6 Correlación cruzada entre temperatura y el evento botón floral para la especie *W. fagaroides*

W. fagaroides, presentó una tendencia similar para la temperatura máxima y promedio con una correlación positivamente significativa, con un tiempo de retraso de 6 meses (febrero a julio del 2018) (Figura 33a y c). Sin embargo, la temperatura promedio, también presentó una correlación negativamente significativa con un tiempo de retraso de 4 meses (junio a septiembre del 2017), (Figura 33c). Ver valores de correlación en los Anexos (16, 17 y 18).

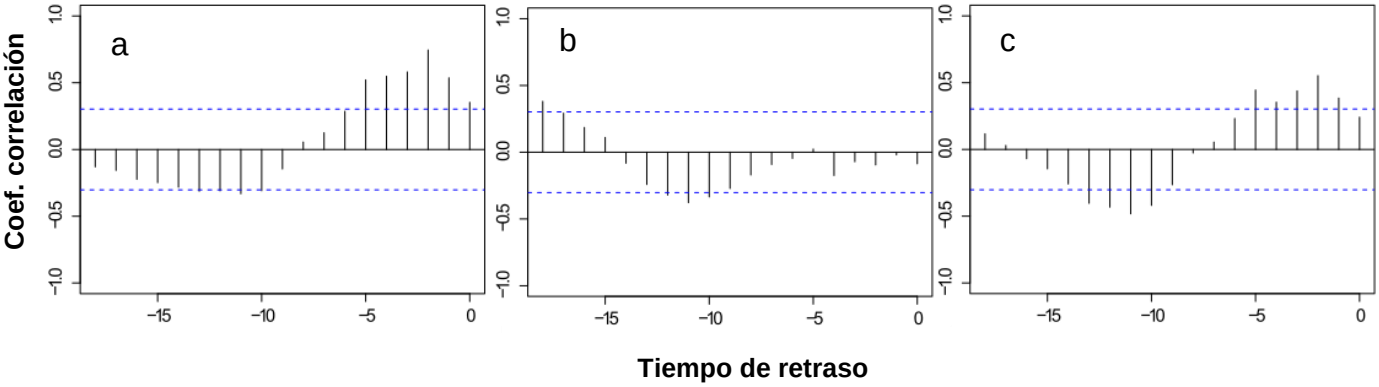


Figura 32 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento botón floral de *W. fagaroides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

Floración

6.2.7 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *H. luteynii*

Para *H. luteynii* se observó que la temperatura máxima y promedio tuvieron una tendencia similar en su comportamiento, con una correlación negativamente significativa, siendo la temperatura máxima la que presentó un retraso de tiempo mayor de 7 meses (Figura 34a y c), por tanto, esta temperatura promueve la aparición del evento por un tiempo más prolongado. Ver valores de correlación en Anexos (19, 20 y 21).

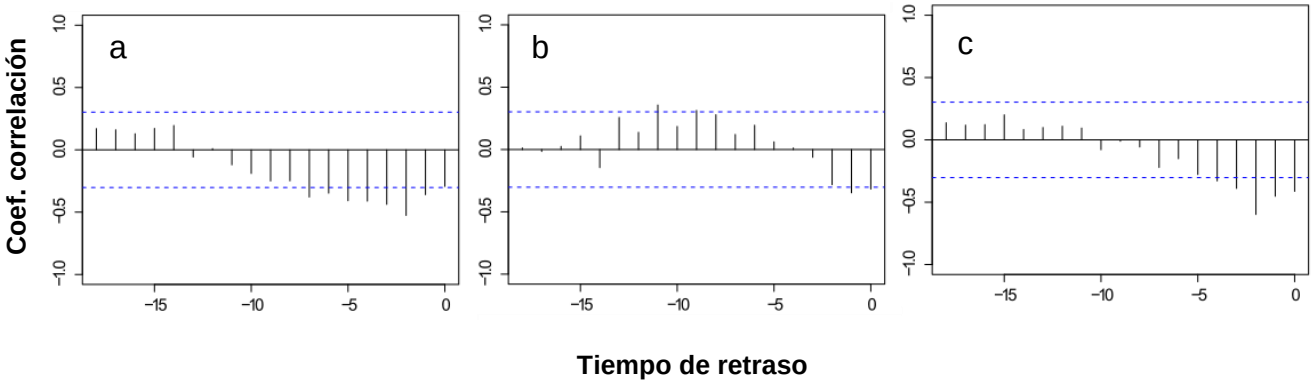


Figura 33 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *H. luteynii* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.8 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *M. rhopaloides*

Para *M. rhopaloides,* la temperatura máxima y promedio tuvieron una correlación negativamente significativa, con un tiempo de retraso de un mes (julio 2018) (Figura 35a y c). Ver valores de correlación en Anexos (19, 20 y 21).

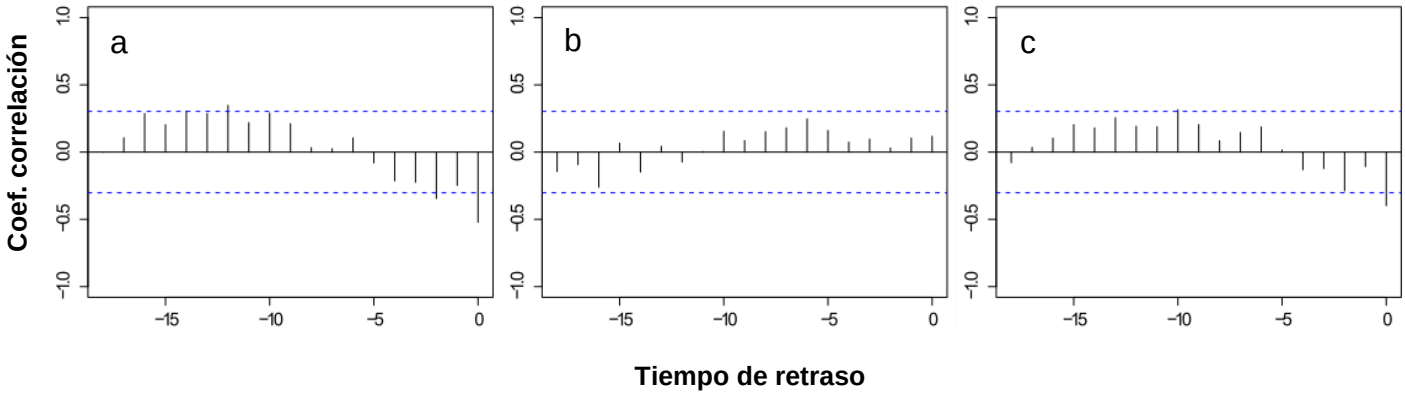


Figura 34 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *M. rhopaloides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.9 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *O. heterochroma*

Para *O. heterochroma,* se observó una correlación significativamente positiva en las tres temperaturas, sin embargo, la temperatura máxima y la temperatura promedio tienen una similitud con el tiempo de retraso de 3 meses (mayo a julio 2018) (Figura 36a y c). Así mismo estas temperaturas tuvieron una correlación negativamente significativa coincidiendo con un tiempo de retraso de 3 meses desde septiembre a noviembre del 2017. Ver valores de correlación en Anexos (19, 20 y 21).

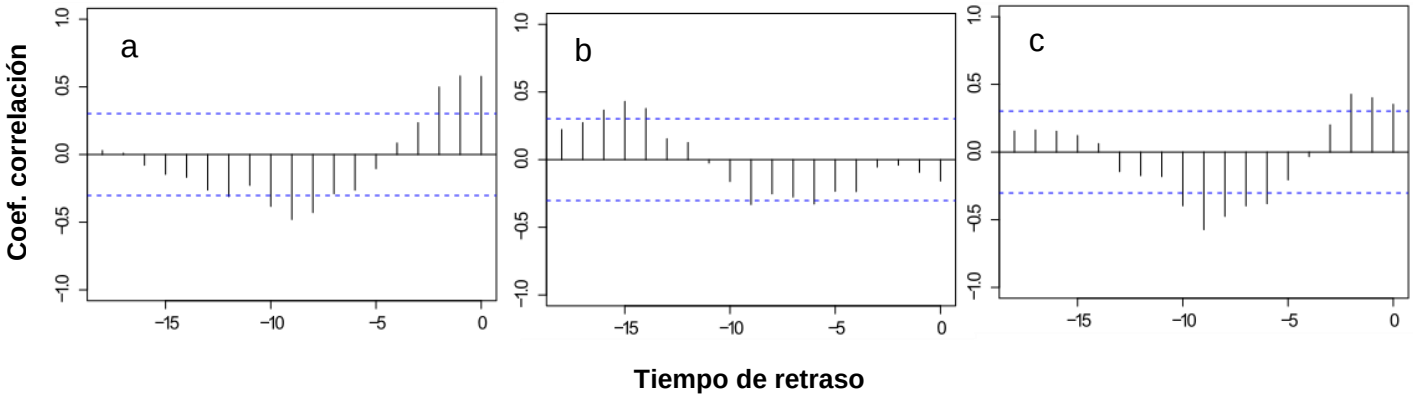


Figura 35 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *O. heterochroma* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.10 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *O. grandiflora*

En general, en *O. grandiflora* no se observaron altas correlaciones en ninguna de las tres temperaturas (Figura 37a, b y c). Ver valores de correlación en Anexos (19, 20 y 21).

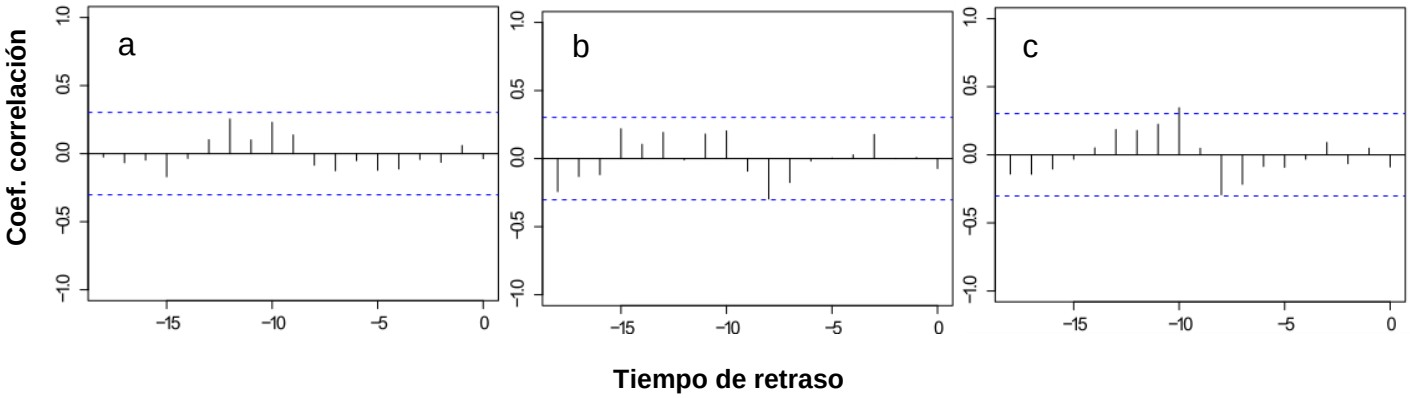


Figura 36 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de O. grandiflora en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.11 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *V. stipularis*

V. stipularis presentó correlaciones positivamente significativas, con un tiempo de retraso similar de 4 meses (mayo a agosto del 2018) en la temperatura máxima y promedio (Figura 38a y c). Ver valores de correlación en Anexos (19, 20 y 21).

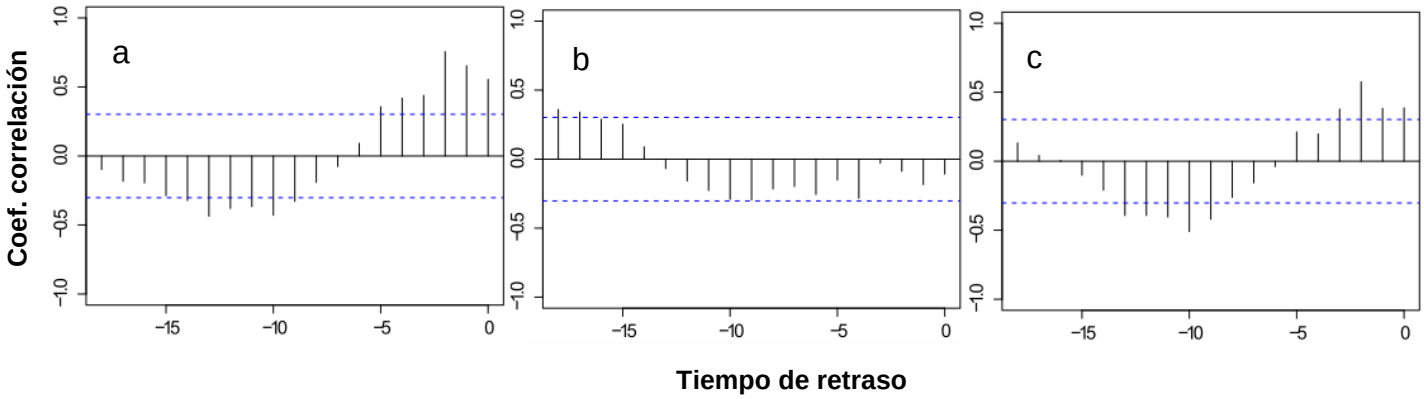


Figura 37 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *V. stipularis* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.12 Correlación cruzada entre temperatura y el evento floración para la especie *W. fagaroides*

Para *W. fagaroides* se observó que la temperatura máxima y promedio tuvieron correlaciones positivas, siendo la temperatura máxima la que tuvo un tiempo de retraso más prolongado de 8 meses (noviembre del 2017 a junio del 2018) (Figura 39a y c). Estas dos temperaturas también muestran una correlación negativamente significativa con dos meses de tiempo de retraso (marzo a abril del 2017), lo cual indica que altas y bajas temperaturas promueven la manifestación del evento. Ver valores de correlación en Anexos (19, 20 y 21).

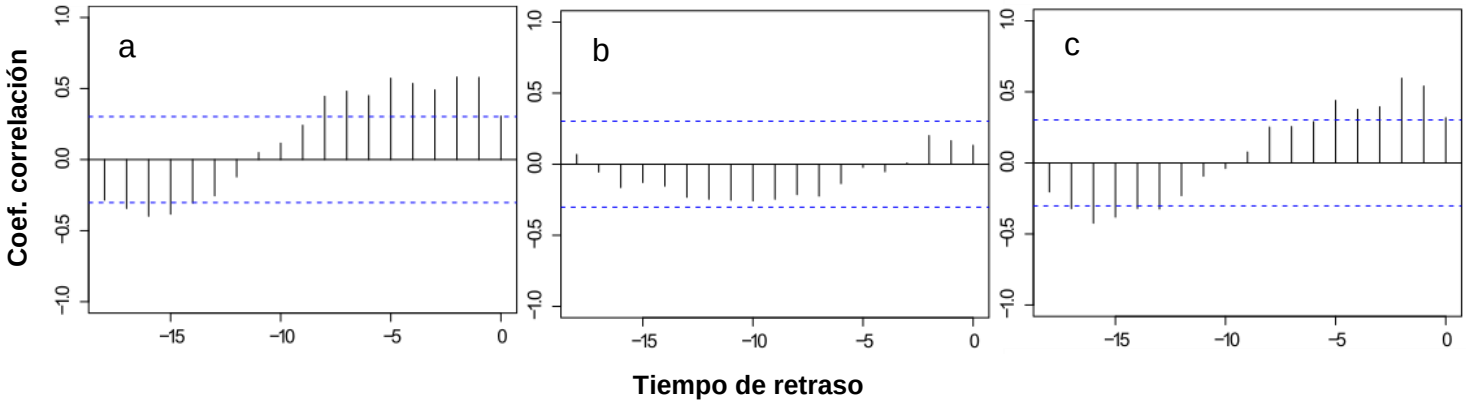


Figura 38 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento floración de *W. fagaroides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

Fruto Verde

6.2.13 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *H. luteynii*

H. luteynii, mostró una correlación positivamente significativa con la temperatura máxima y promedio, con un tiempo de retraso de 6 meses (marzo a agosto del 2018) (Figura 40a y c), siendo la temperatura máxima la que tuvo un tiempo más prolongado para la ocurrencia del evento fruto verde. Por otro

lado, la hubo una correlación negativa en la temperatura máxima con un tiempo de retraso de 5 meses (febrero a junio del 2017), lo que indica que las temperaturas bajas también promueven el evento. Ver valores de correlaciones en Anexos (22, 23 y 24).

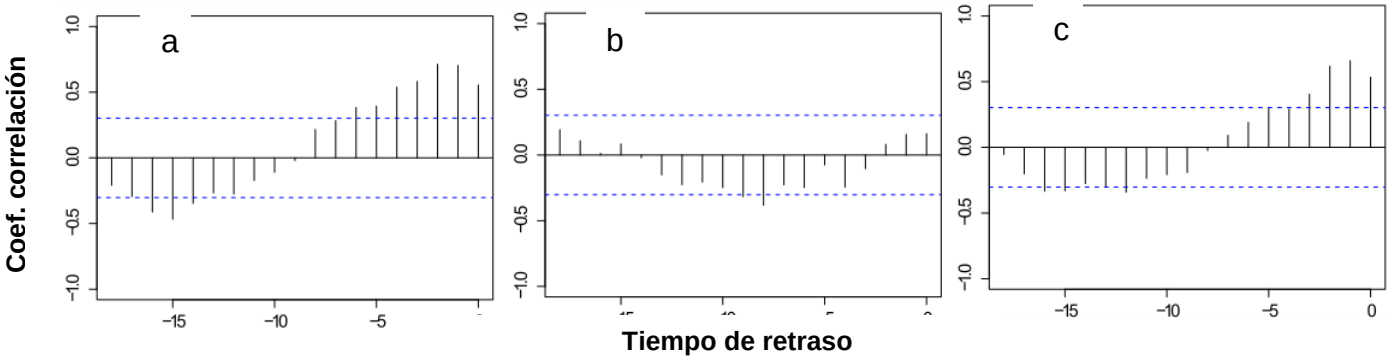


Figura 39 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *H. luteynii* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.14 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *M. rhopaloides*

Para *M. rhopaloides,* la temperatura máxima y promedio tuvieron una correlación positivamente significativa con similar tiempo de retraso desde marzo a agosto del 2018 (Figura 41a y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (22, 23 y 24).

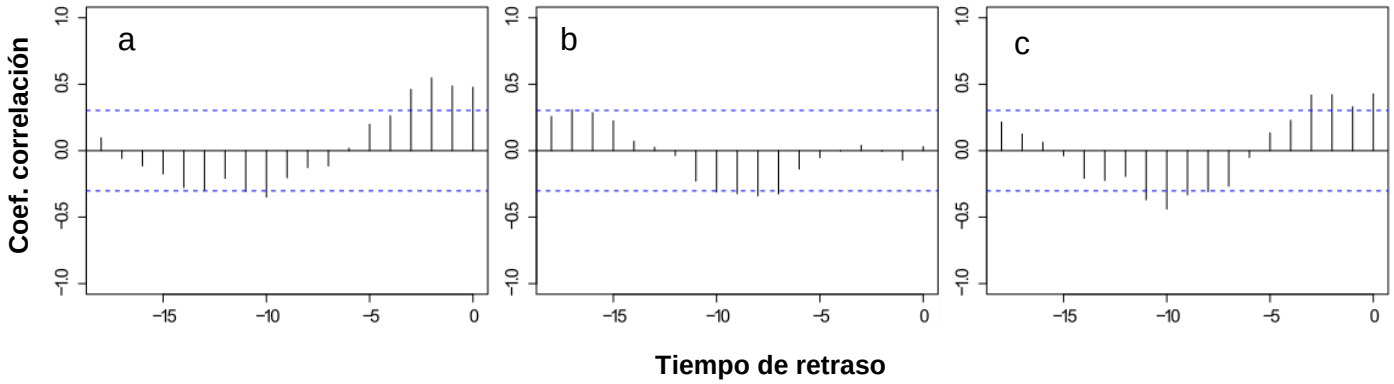


Figura 40 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *M. rhopaloides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.15 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *O. heterochroma*

O. heterochroma, tuvo una correlación positivamente significativa en la temperatura máxima, y con un tiempo de retraso más prolongado (Figura 42a). Además, esta temperatura mostro una correlación negativamente significativa en los meses de mayo a Julio del 2018. Ver valores de correlaciones en Anexos (22, 23 y 24).

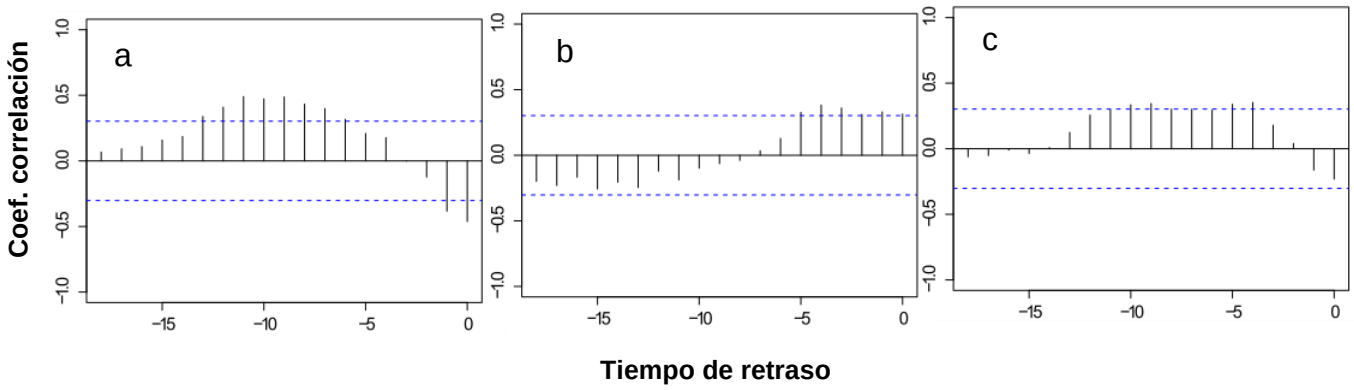


Figura 41 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *O. heterochroma* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.16 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *O. grandiflora*

Para *O. grandiflora,* la temperatura máxima y promedio mostraron correlaciones negativamente significativas con un tiempo de retraso de 2 meses (julio a agosto del 2018) (Figura 43a y c), por tanto, estos meses son determinantes en la aparición del evento fruto verde. Ver valores de correlaciones en Anexos (22, 23 y 24).

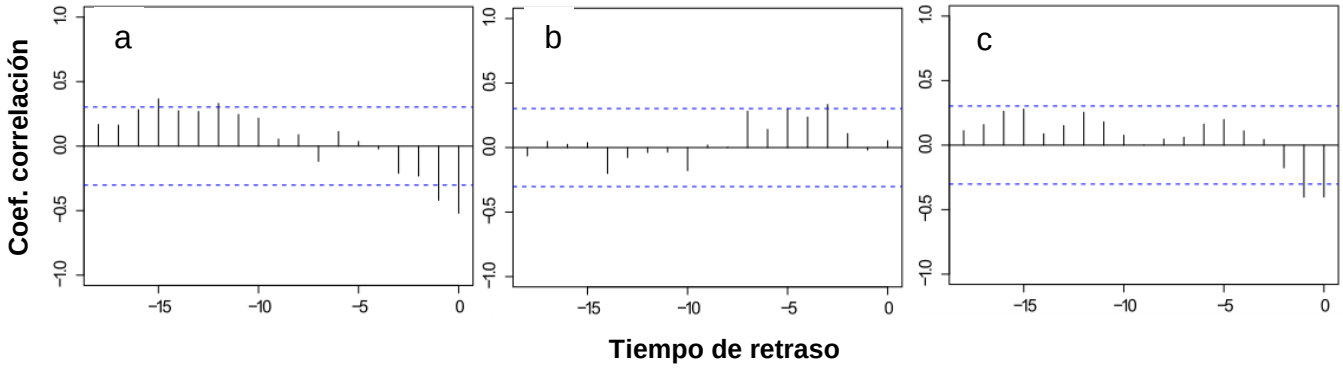


Figura 42 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *O. grandiflora* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.17 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *V. stipularis*

V. stipularis mostró una correlación positivamente significativa con la temperatura máxima en los meses de enero a junio del 2018 (Figura 44a). No obstante, la temperatura promedio mostró correlaciones tanto positivas como negativas, en los meses de enero a mayo del 2018 y en los meses de mayo a agosto del 2017 respectivamente (Figura 44c). Ver valores de correlaciones en Anexos (22, 23 y 24).

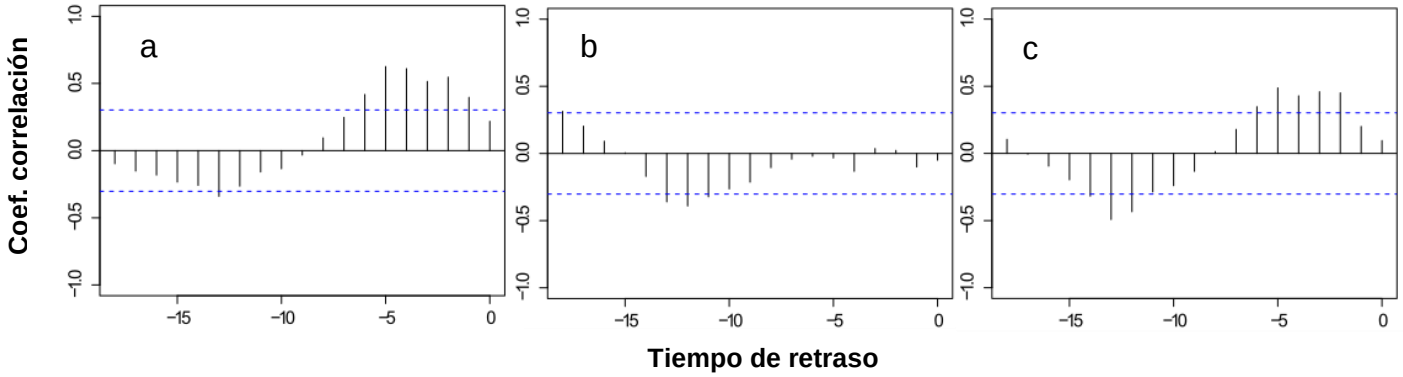


Figura 43 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *V. stipularis* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.18 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto verde para la especie *W. fagaroides*

W. fagaroides tuvo una correlación positivamente significativa en la temperatura máxima, con un tiempo de retraso de 10 meses (junio del 2017 a abril del 2018) (Figura 45a), por tanto, esta temperatura es la responsable en la aparición del evento fruto verde. Ver valores de correlaciones en Anexos (22, 23 y 24).

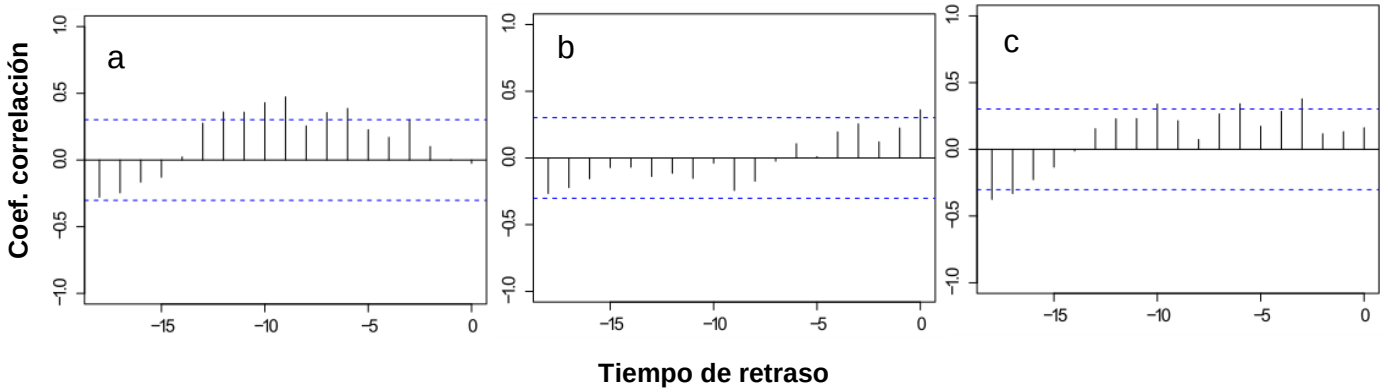


Figura 44 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto verde de *W. fagaroides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

Fruto maduro

6.2.19 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *H. luteynii*

Para *H. luteynii*, se observó una correlación positivamente significativa en la temperatura máxima y promedio, y con un tiempo de retraso más prolongado de 7 meses para la temperatura máxima (enero a julio del 2018) (Figura 46a y c). Además, en estas dos temperaturas, hubo un comportamiento similar con una correlación negativa y con un tiempo de retraso de 4 meses (marzo a junio del 2017) (Figura 46a y c). Esto explica que esta especie necesita de esta variación de temperaturas para que se produzca el evento. Ver calores de correlaciones en Anexos (25, 26 y 27).

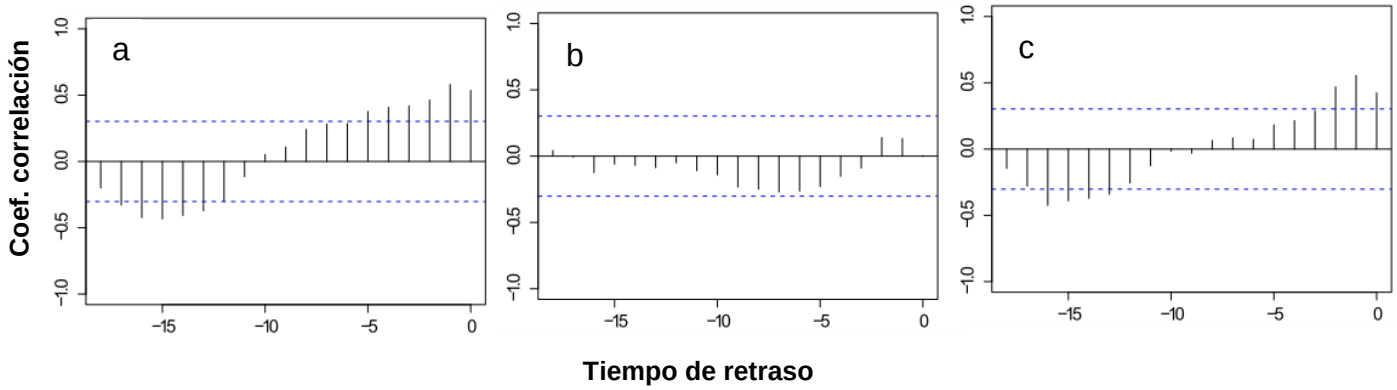


Figura 45 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *H. luteynii* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.20 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *M. rhopaloides*

M. rhopaloides, mostró correlaciones positivamente significativas en las temperaturas máxima y promedio, las cuales tuvieron un tiempo de retraso similar de 2 meses (abril y mayo del 2018) (Figura 47a y c), de la misma

manera estas dos temperaturas mostraron correlación negativamente significativa en los meses de mayo a diciembre del 2017. Ver valores de correlaciones en Anexos (25, 26 y 27).

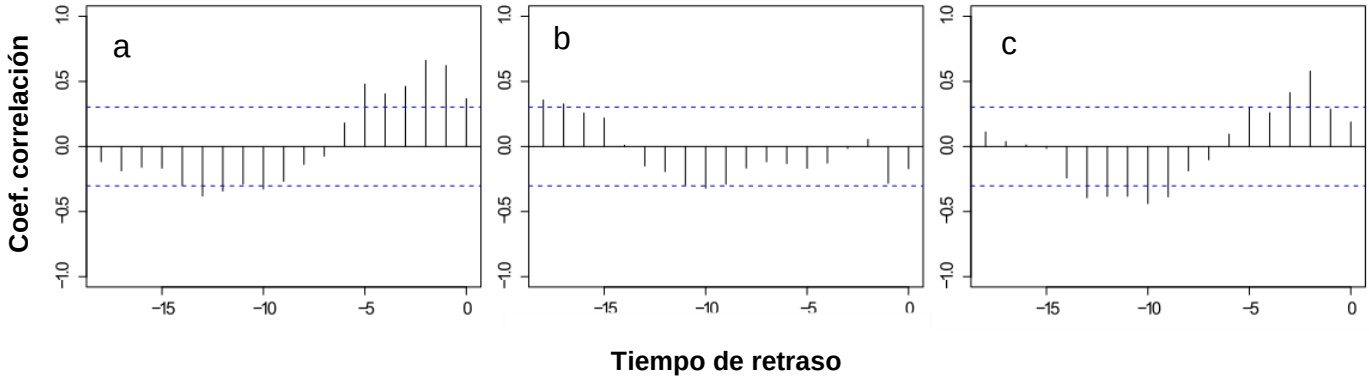


Figura 46 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *M. rhopaloides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.21 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *O. heterochroma*

O. heterochroma mostró una correlación negativamente significativa con un mes de tiempo de retraso de 1 mes (julio del 2018) con la temperatura máxima y promedio (Figura 48a y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (25, 26 y 27).

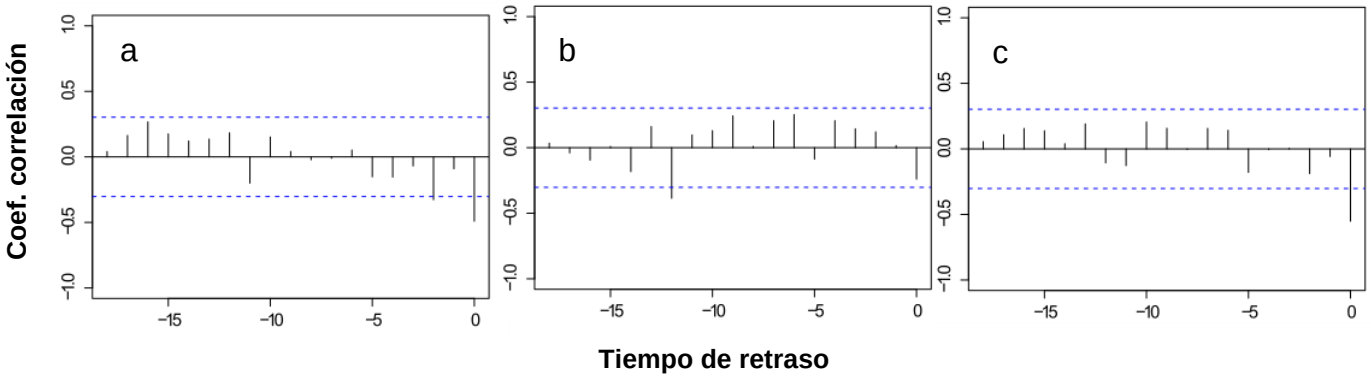


Figura 47 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *O. heterochroma* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.22 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *O. grandiflora*

O. grandiflora para el evento de fruto maduro mostró una correlación positivamente significativa con la temperatura máxima, con dos meses de tiempo de retraso (marzo y abril del 2017) (Figura 49a). También se observó una correlación negativa con la temperatura máxima y promedio, con dos meses de retraso (junio y julio 2018) (Figura 49a y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (25, 26 y 27).

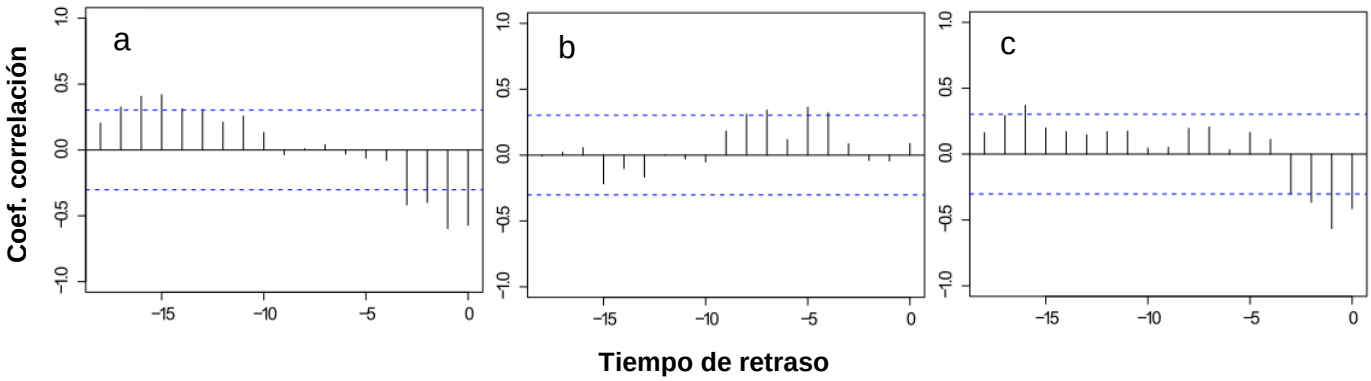


Figura 48 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *O. grandiflora* en el bosque de Llaviucu. De

izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.23 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *V. stipularis*

Para *V. stipularis*, no se observó ninguna correlación altamente significativa para las 3 temperaturas (máxima, mínima y promedio) (Figura 50a, b y c). Ver valores de correlaciones en Anexos (25, 26 y 27).

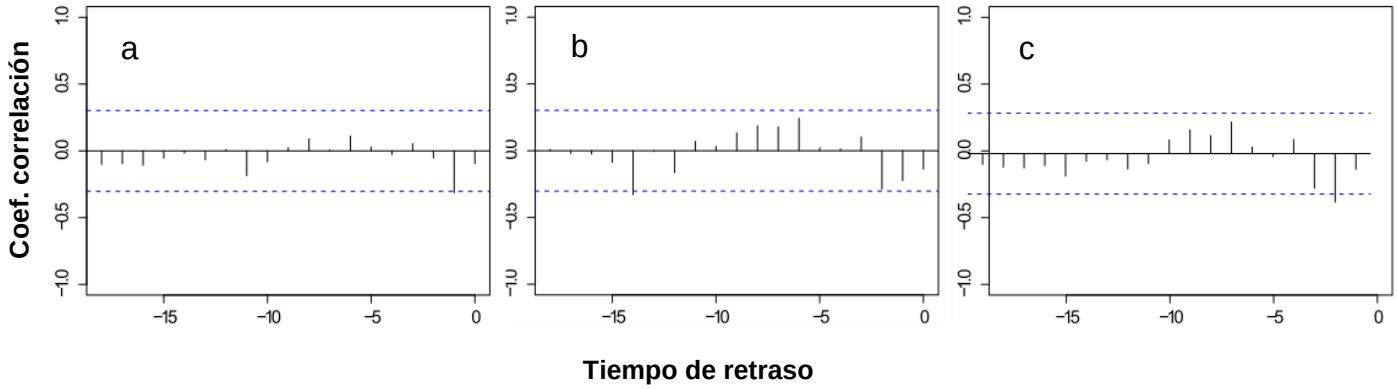


Figura 49 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *V. stipularis* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.2.24 Correlación cruzada entre temperatura y el evento fruto maduro para la especie *W. fagaroides*

W. fagaroides, mostró correlación positivamente significativa con la temperatura máxima, con un tiempo de retraso de 5 meses (junio a octubre del 2017) (Figura 51a), lo que indica que esta temperatura promueve la aparición del evento fruto maduro. Ver valores de correlaciones en Anexos (25, 26 y 27).

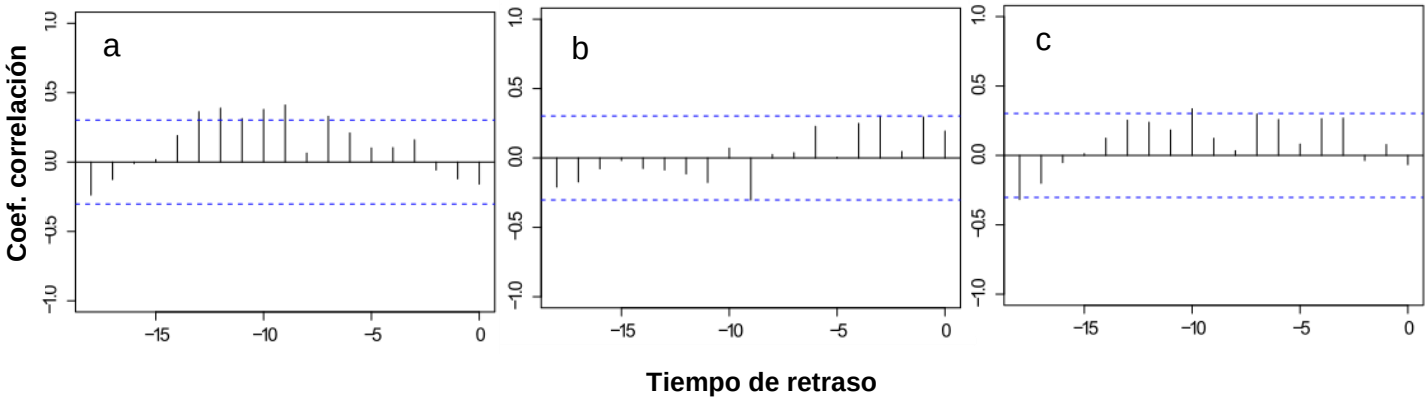


Figura 50 Correlación cruzada entre temperatura máxima (a), mínima (b) y promedio (c) y tiempo de retraso para el evento fruto maduro de *W. fagaroides* en el bosque de Llaviucu. De izquierda a derecha cada línea representa cada mes iniciando en enero de 2017 y finalizando en agosto de 2018 con un total 18 meses. Líneas punteadas corresponde a los límites de confianza al 95%.

6.3 Comparación de temperaturas (máxima, mínima y promedio) entre Llaviucu y Mazán obtenidas a partir de los sensores de temperatura

En los anexos 30, 31, 32, 33, 34 y 35 se presenta la información de las diferentes temperaturas analizadas en este estudio que corresponden a los 12 meses del 2017 y 6 meses del 2018 por bosque. También se presenta la comparación de estas temperaturas entre bosques (Anexo 36, 37 , 38, 39, 40 y 41).

En los Anexos 42, 43 y 44, se presentan los comportamientos similares de las especies entre temperaturas (máxima, mínima y promedio), bosques y los diferentes eventos. Cabe recalcar que las especies fueron agrupadas de acuerdo al comportamiento en especies de sucesión avanzada y pioneras.

Objetivo 2.

6.4 Relación de la variable climática temperatura con la diferenciación de yemas en la especie Vallea stipularis

De acuerdo a los resultados obtenidos para el segundo objetivo, la temperatura máxima y mínima influyeron en la diferenciación de las yemas de *V. stipularis* en ambos bosques (Llaviucu y Mazán). En las tablas 2 y 3 se puede observar que la temperatura máxima mostró picos de 15,5°C en Mazán y 15,4°C en Llaviucu y la temperatura mínima evidenció picos de 4,2°C en Mazán y de 3,9°C en Llaviucu. Las yemas de *V. stipularis* en el bosque de Mazán y Llaviucu mostraron los indicios de diferenciación en la segunda recolección 5 de mayo del 2018 (Figura 52) y 28 de abril del 2018 (Figura 53a) respectivamente.

Tabla 2 *Temperaturas promedio, máxima y mínima quincenal en bosque de Mazán*

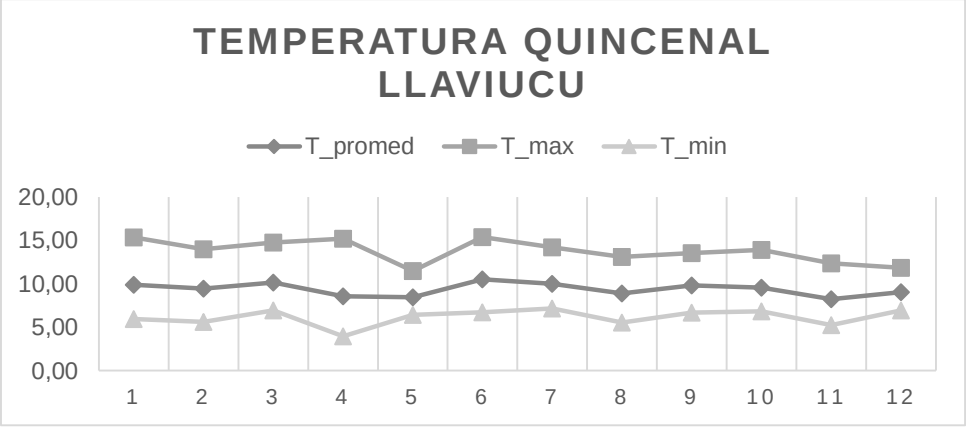
Fecha	# Asignado	T_promedio	T_max	T_min
1/12/2017	1	9,78	14,87	6,23
15/12/2017	2	9,50	14,01	5,88
30/12/2017	3	10,21	15,3	7,31
10/01/2018	**4**	8,84	15,47	**4,23**
24/01/2018	5	8,85	12,06	6,95
7/02/2018	6	10,69	15,37	7,04
21/02/2018	7	10,01	13,63	7,56
7/03/2018	8	9,05	13,02	5,97
21/03/2018	9	9,96	13,63	7,01
4/04/2018	10	9,86	13,54	7,46
18/04/2018	11	8,25	11,86	5,35
2/05/2018	12	9,15	11,41	7,14
16/05/2018	13	9,14	11,99	7,03

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Tabla 3 *Temperaturas promedio, máxima y mínima quincenal en bosque de Llaviucu*

Fecha	# Asignado	T_promed	T_max	T_min
1/12/2017	1	9,90	15,35	5,96
15/12/2017	2	9,46	13,98	5,60
30/12/2017	3	10,15	14,75	6,95
10/01/2018	4	8,57	15,19	3,96
24/01/2018	5	8,46	11,47	6,45
7/02/2018	**6**	10,53	**15,39**	6,725
21/02/2018	7	10,00	14,20	7,17
7/03/2018	8	8,88	13,12	5,53
21/03/2018	9	9,81	13,56	6,68
4/04/2018	10	9,58	13,92	6,82
18/04/2018	11	8,23	12,38	5,27
2/05/2018	12	9,05	11,85	6,96

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.



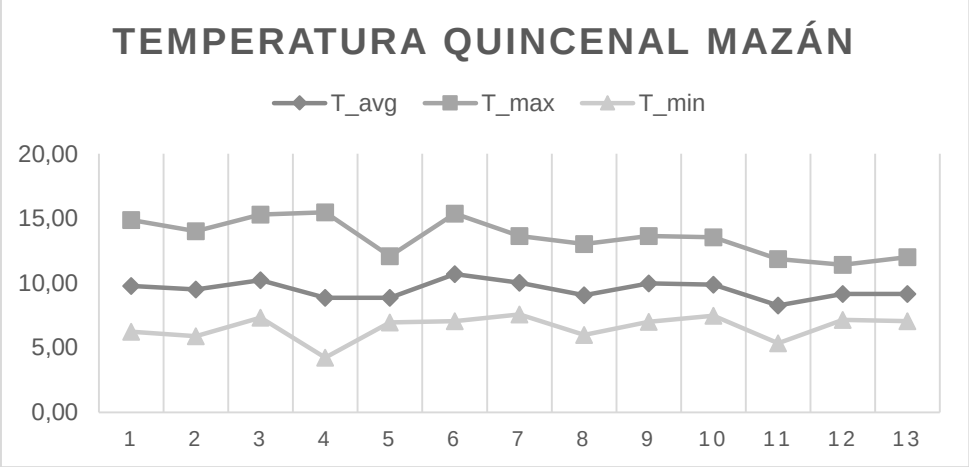


Figura 51 Temperaturas promedio, máxima y mínima de los bosques Mazán y Llaviucu. Cada numeración en el eje x equivale a una quincena, empezando con el 1 que es igual a 1 de diciembre del 2017

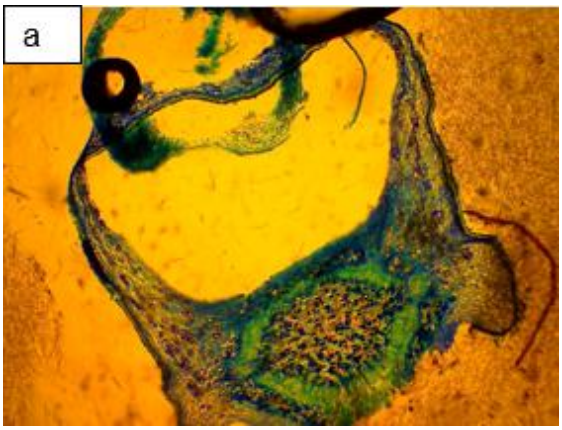


Figura 52 Yemas vegetativas de *V. Stipularis* en el bosque de Mazán, figura (a) primera recolección (21 de abril del 2018).

En el bosque de Mazán se observaron yemas vegetativas en la primera recolección (Figura 53), sin embargo, en la segunda recolección (5 de mayo de 2018) se pudieron observar yemas florales (Figura 55), es decir, que los cambios de temperaturas determinantes para esta diferenciación ocurrieron en quincenas anteriores al 5 de mayo. Como se puede observar en la Tabla 2, hubieron bajas de temperatura que corresponden al 18 de abril del 2018 de 5,35°C, la cual podría ser la responsable de la diferenciación de las yemas.

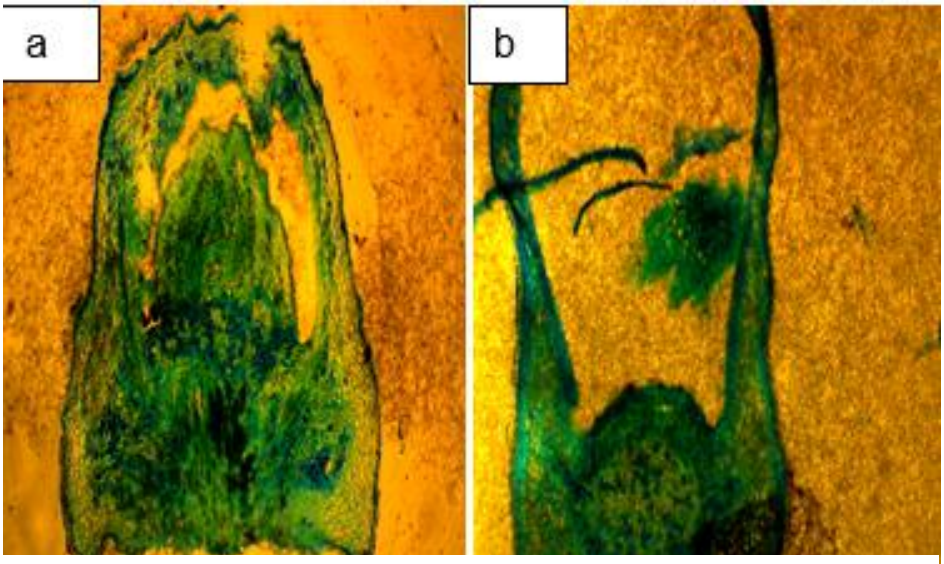


Figura 53 Yemas vegetativas de *V. Stipularis* en el bosque de Llaviucu, figuras (a) y (b) recolectadas el 28 de abril 2018.

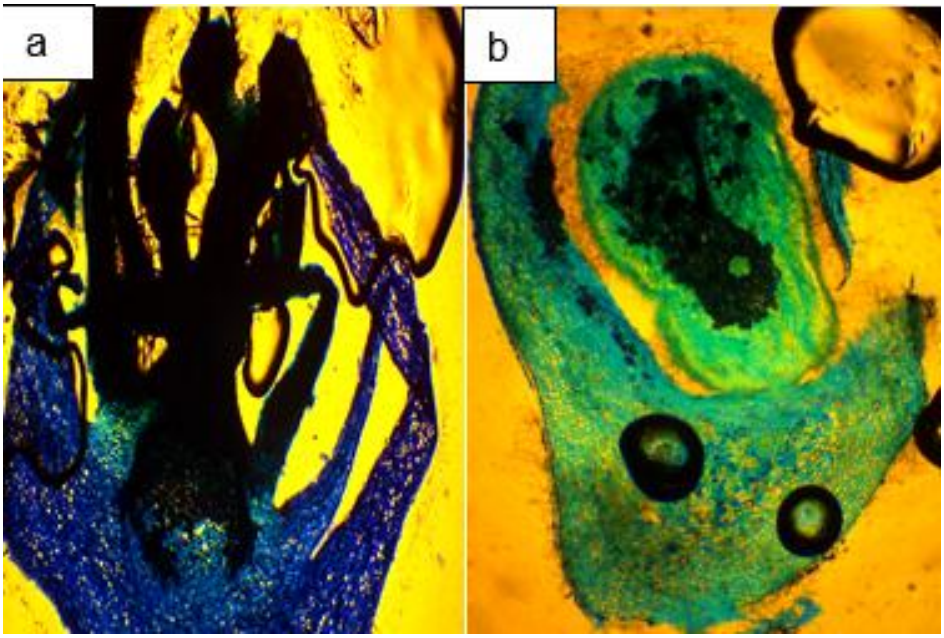


Figura 54 Yemas Florales de *V. Stipularis* en el bosque de Mazán recolectadas el 5 de mayo del 2018

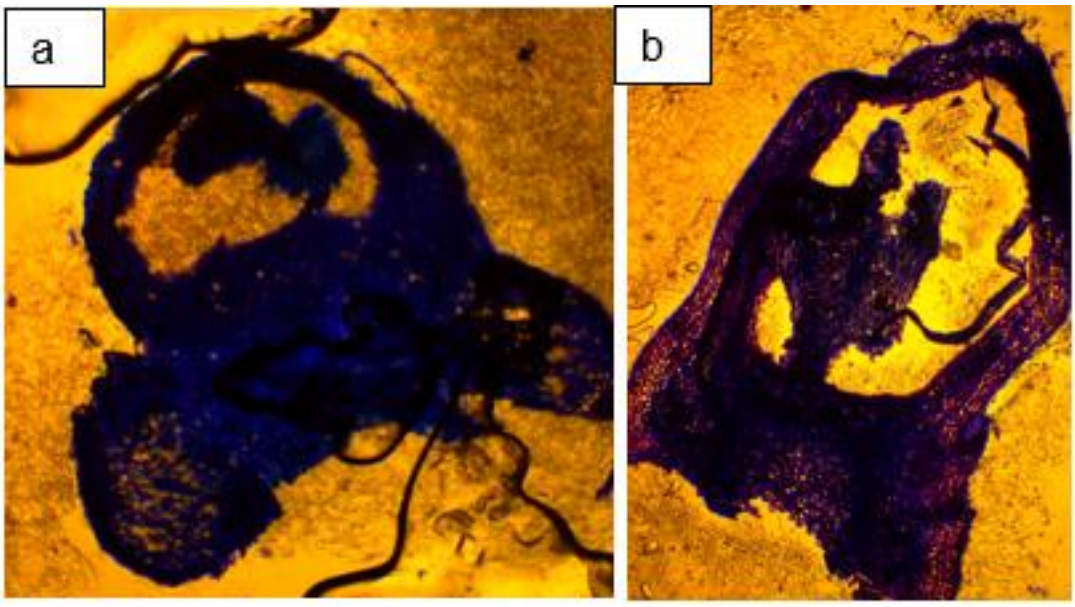


Figura 55 Yemas Florales de *V. Stipularis* en el bosque de Llaviucu, figura (a) recolectadas el 28 de abril de 2018 y (b) recolectadas el 12 de mayo del 2018

En el bosque de Llaviucu se observaron presencia de yemas florales en las dos primeras recolecciones (Figura 55), de estas fechas dos meses hacia atrás en el bosque se presenciaron eventos de temperatura mínima más bajos que en otras quincenas, sin embargo, en los primeros datos registrados en el mes de enero del año 2018 se observó una baja de temperatura marcada (Tabla 3).

7. DISCUSIÓN

7.1 Correlación cruzada de las temperaturas (máxima, mínima y promedio) en las 6 especies en los bosques de Mazán y Llaviucu

7.1.1 Efecto de las tres temperaturas (máxima, mínima y promedio) en los eventos fenológicos entre bosques y especies.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio las especies presentaron diferente comportamiento con respecto a las tres temperaturas analizadas y a los dos bosques estudiados. Los datos de temperatura sugieren diferentes microclimas en Mazan y Llaviucu, principalmente en el año 2017, pues se evidenció que hubo una variación en las temperaturas máxima, mínima y promedio, considerando que los sensores de temperatura y humedad fueron colocados a dos metros desde el suelo junto al tronco del árbol. Esta variabilidad puede ser la causa para las diferencias en los tiempos de retraso para algunos eventos fenológicos entre bosques. También juegan un rol importante la estructura de la vegetación y fisiográficas en la formación de los microclias; es evidente que el bosque de Mazán tiene una forma cóncava, mientras que Llaviucu es un valle. Estas diferencias ya han sido demostrados en el sotobosque de los bosques templados utilizando como factores explicativos la fisiografía y los atributos de la vegetación (Greiser, Meineri, Luoto, & Ehrlén, 2018). Por tanto, los resultados sugieren que las especies responden de manera específica a las condiciones de microclima para que ocurran los eventos fenológicos.

Si se analiza a nivel de cada bosque se apreció que a pesar de tener condiciones biofísicas similares, los resultados sugieren que hay diferencias entre especies, estos resultados de baja sincronía coinciden con un estudio realizado por (Günter et al., 2008), quién encontró que la mayoría de especies en el bosque húmedo de San Francisco en el sur del Ecuador tuvo una baja sincronía en la fenología de las especies.

Por otro lado, los resultados de nuestro estudio identificaron que hay dos grupos de especies: de sucesión avanzada y pioneras que difieren en el comportamiento fenológico frente a las temperaturas evaluadas. *H. luteynii* y *M. rhopaloides* (sucesión avanzada) respondieron de manera similar al evento fruto maduro bajo la influencia de la temperatura máxima con una alta correlación para los dos bosques y con un tiempo de retraso similar, estudios realizados en China revelaron que los cambios en la fenología de especies forestales son especialmente influenciados por la temperatura diurna y nocturna, La contribución de la temperatura diurna versus nocturna a la fenología es desigual y tuvo efectos opuestos en el momento de la fenología. Estas respuestas opuestas de la fenología al calentamiento diurno y nocturno revelan nuestra falta de conocimiento sobre los factores impulsores más relacionados para prohibir los cambios fenológicos (Wang, Luo, & Shafeeque, 2019). En el caso de *V. stipularis* y *W. fagaroides* (pioneras) tuvieron comportamientos parecidos, donde la correlación negativa de la temperatura máxima propició la ocurrencia del evento fruto maduro en los dos bosques y a demás presentan eventos fenológicos muy marcados en el año. Según (“Reproductive Phenology of Central Amazon Pioneer Trees,” 2008) la comunidad pionera del bosque tropical mostró una variedad de patrones fenológicos, pero en general tendían a caracterizarse por la floración y fructificación anual muy marcada, lo cual coincide con nuestros hallazgos. Lo opuesto fue encontrado para una de las especies de sucesión avanzada como *M. rhopaloides* la cual presentó floración y fructificación cada dos años en este

estudio, esto se alinea con otros resultados en el bosque tropical montano en sur del Ecuador donde *Cedrela montana*, tiende a producir frutos cada dos años (comunicación personal, Palomeque, X. 2019), lo que sugiere que puede haber variaciones climáticas de año a año. No obstante, no se descarta que estos fenómenos respondan a estrategias fisiológicas intrínsecas de las especies, es decir, la inversión energética que las especies deben realizar para la producción de flores y frutos y que también pueden variar cada año. Varios estudios indican que mecanismos de respuesta de las plantas a condiciones fisiológicas y climatológicas, por ejemplo, el estrés hídrico y temperatura, sin embargo, estos mecanismos todavía son poco entendidos (Gallinat, A. *et al* 2015; Bykova, O. *et al* 2019)

Las especies *H. luteynii* y *M. rhopaloides* para la mayoría de eventos fenológicos estuvo correlacionada con la temperatura mínima y con un tiempo de retraso similar para la ocurrencia del evento botón floral. Así mismo, las especies *V. stipularis* y *W. fagaroides* respondieron positivamente a la temperatura mínima para el evento botón floral, lo que sugiere la importancia de la temperatura mínima para propiciar este evento, esto puede ser explicado por mecanismos moleculares que controlan la inducción del evento cuando las temperaturas son mínimas, este hallazgo coincide con estudios realizados con (*Citrus sinensis*), cuya inducción floral inició a bajas temperaturas (Chica, E. & Albrigo, L., 2013).Hecheverría (2008) también señaló que la temperatura mínima propició el evento floración en la especie *J. jamaicensis* con mayor intensidad y en diferentes momentos, por lo que los árboles mantuvieron una actividad floral intensa.

O. grandiflora fue la única especie que presentó una baja correlación con las temperaturas analizadas, por tanto, los resultados sugieren, que la fenología de esta especie puede estar influenciada por otros variables climáticas como precipitación y radiación solar, o incluso con variables biofísicas. Un estudio realizado en el bosque tropical montano mostró que *Cedrela montana*

(floración) y C*letrha revoluta* (floración), presentaron correlación con las variables climáticas como la precipitación y radiación solar (Günter et al., 2008).

De acuerdo a los datos de los sensores de temperatura, el bosque de Mazán presentó temperaturas mayores a partir del mes de septiembre del 2017, lo cual concuerda con el inicio de la época más seca y cálida en esta región del país. Esto pudo permitir, que las especies *H. luteynii* y *W. fagaroides* respondan con la ocurrencia de los eventos botón floral y floración respectivamente, lo que sugiere que un aumento en la temperatura produce un desarrollo en el crecimiento de los brotes a partir de la multiplicación celular en los meristemas apicales (Svystun, Bhalerao, & Maria, 2019). Por otro lado, Llaviucu presentó sus temperaturas más bajas en el mes de julio 2017 y 2018, demostrando una influencia para la mayoría de los eventos fenológicos para varias especies; estos meses son típicos de la estación fría y de menor precipitación en esta zona del país, por tanto, se demuestra una vez más que para este bosque las temperaturas bajas son determinantes en la fenología.

En general los resultados también dan luces de como un leve incremento en la temperatura, puede manifestarse en los tiempos de retraso de las especies y su determinación en la presencia de los eventos fenológicos, tal como se observa en las diferencias entre Mazán y Llaviucu. Por tanto, el incremento de este parámetro climático podría beneficiar a algunas especies en las etapas fenológicas de los árboles. De allí, que El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), reporta que un incremento global sobre el 1,5- 2°C puede conllevar a diferentes tipos de riesgos, pues se encontró que la temperatura es la variable meteorológica dominante que podría impactar en la fenología, tal como lo demuestra un estudio en China realizado por (Zhang, Q., *et al* 2018), y que además coincide con un estudio en Europa por 37 años, donde la temperatura del aire marca diferencias en la fenología de plantas (Menzel, 2000). En ecosistemas alto andinos son muy pocos conocidos los efectos del cambio global en la vegetación, no obstante, se esperaría que un incremento

en la temperatura propiciara cambios en la fenología de las plantas; posiblemente se podría observar un adelanto o un retraso en cualquier evento de botón, flor o fructificación dependiendo de la especies, lo que conlleva que otros procesos biológicos y ecológicos se alteren, como: la germinación de semillas, establecimiento de plántulas en el bosque, caída de hojarasca, polinización, entre otros.

7.2 Relación de la variable climática temperatura con la diferenciación de yemas en la especie Vallea stipularis

Los resultados evidenciaron que la temperatura mínima (enero del 2018) y temperatura máxima (marzo del 2018) reflejaron un descenso marcado dentro del periodo de monitoreo de las yemas, presumiendo que la temperatura mínima pudo haber sido responsable de la diferenciación de las yemas vegetativas a florales para *V. stipularis*. Al parecer las temperaturas mínimas para algunas especies son determinantes en la diferenciación y en la ocurrencia de los eventos fenológicos, lo que sugiere, que hay mecanismos que se activan a nivel genético. Estos resultados concuerdan con (Puche, Macias, Soto, Figueroa, & Avilán, 2012), que estudiaron el efecto de la temperatura mínima en árboles de mango (*Manguifera indica*) , evidenciando que en las zonas tropicales existen variaciones en esta temperatura que pueden tener impacto en la iniciación floral. Es importante mencionar que existen otros factores climatológicos que también pueden influenciar en la diferenciación de yemas, como lo mencionan los autores León, JL; Coria, R. ; Cruz, M. (1996), los cuales reportan que para las especies leñosas de bosques secos hay una correlación con la pluviosidad, mientras que (Chanó, 2004) encontró que para otras especies leñosas maderables, en estudio realizado en la selva pluvial del pacífico Colombiano ,las variables como humedad relativa y temperatura no presentaron efectos significativos durante el tiempo de estudio. De acuerdo a lo mencionado anteriormente se puede inferir que, dependiendo de la especie

y del ecosistema en el que se encuentre, cualquier factor climático y/o sus interacciones pueden determinar la diferenciación de meristemas y la presencia de los eventos fenológicos. Es importante resaltar el efecto que tiene la temperatura en el desarrollo de las estructuras de las yemas florales como potencial para la reproducción y persistencia de las especies; lo que indicaría que una variación extrema de la temperatura podría alterar la reproducción y consecuentemente la supervivencia de las especies en los bosques.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

El propósito de esta investigación fue el proporcionar información básica sobre la fenología de las especies nativas de los bosques alto andinos en el sur del Ecuador, e incluso entender cómo los cambios en la temperatura asociados al cambio climático pueden beneficiar o desfavorecer el desarrollo de los eventos botón floral, floración y fructificación. A continuación, se presenta una breve conclusión de la influencia de la temperatura (máxima, mínima y promedio) por especies y por bosque:

La especie *H. luteynii* presentó influencia de la temperatura máxima en ambos bosques, con un tiempo de retraso similar.

- La especie *M. rhopaloides* en el bosque de Mazán presentó el evento botón floral cuando la temperatura máxima incrementó, no así en el bosque de Llaviucu en donde esta misma especie presentó presencia del botón floral cuando la temperatura máxima disminuyó.
- Para el evento fruto maduro de la especie *M. rhopaloides* se observó que en el bosque de Llaviucu se presentó con un tiempo de retraso más prolongado que en Mazán.

- *O. heterochroma* respondió en ambos bosques al evento floración de manera positiva a la temperatura máxima y con el mismo tiempo de retraso.
- *O. grandiflora* en ambos bosques no presentó una sincronía clara con la variable climática temperatura, por esta razón se le atribuyen otros factores bióticos o abióticos.
- Por otro lado, la especie *V. stipularis* presentó sincronía en ambos bosques para el evento floración con influencia de la temperatura mínima, sin embargo, el tiempo de retraso en el bosque de Mazán fue menor.
- *W. fagaroides* respondió a temperaturas máximas altas en Mazán y en Llaviucu, pero el tiempo de retraso en Llaviucu fue mucho mayor que en Mazán.
- Las especies *H. luteynii, O. heterochroma* y *M. rhopaloides* respondieron de manera favorable a la temperatura máxima en el evento fruto maduro, en el bosque de Mazán. Por otro lado, en Llaviucu las especies *H. luteynii y M. rhopaloides*, tuvieron influencia de los eventos floración, fruto verde y fruto maduro cuando la temperatura máxima disminuyó.
- Cuando la temperatura mínima aumentó en el bosque de Mazán las especies *H. luteynii* y *M. rhopaloides* respondieron de manera positiva a los eventos fruto verde y fruto maduro, y las especies *V. stipularis* y *W. fagaroides* respondieron de la misma manera para el evento botón floral en el mismo bosque.
- En el bosque de Llaviucu *V. stipularis* y *W. fagaroides* respondieron a la temperatura mínima para los eventos botón floral, floración y fruto maduro.

En cuanto a la diferenciación de yemas vegetativas a florales para *V. stipularis*, se concluye que un descenso en la temperatura mínima (enero del 2018) y

máxima (marzo del 2018) fueron las responsables en la formación de yemas florales.

8.2 Recomendaciones

- Continuar con el monitoreo de la fenología de las especies por un tiempo más prolongado, para de esta manera entender los cambios de los eventos fenológicos y su relación con factores climatológicos.
- Correlacionar la información de la fenología con otras variables climáticas (Humedad relativa, pluviosidad, heliofanía), con estaciones meteorológicas cercanas a los bosques del PNC.
- Ampliar el estudio de la fenología a otras especies y otros sitios en ecosistemas alto andinos.
- Relacionar el comportamiento fenológico no solo con variables climáticas, sino también con variables abióticas como por ejemplo características fisiográficas.
- Analizar la formación de las yemas de los árboles de *V. stipularis* por varios ciclos de reproducción, para comprender las oscilaciones de las temperaturas y su influencia en la diferenciación.
- Socializar la información generada y demostrar a los gestores del PNC, la importancia del monitoreo de los eventos fenológicos como potenciales indicadores de cambio climático, lo cual será útil para tomar decisiones correctas en pro de la conservación.

9. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre-Mendoza Z., L. A. (2015). Aguirre-Mendoza Z., Loja A., Solano Especies Forestales más aprovechadas del Sur del Ecuador. Loja: Universidad de Loja.

Alikadic, A., Pertot, I., Eccel, E., Dolci, C., Zarbo, C., Ca, A., … Furlanello, C. (2019). Agricultural and Forest Meteorology The impact of climate change on grapevine phenology and the in fl uence of altitude : A regional study, *271*(February), 73–82. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.030

Alvarez-aquino, C. (2016). Fenología reproductiva de las especies alpinas del Cofre de Perote : una aproximación al uso de ejemplares de herbario ..., (May).

Ayma-Romay, A., & Sanzetenea, E. . (2008). Variaciones fenológicas de especies de Podocarpaceae en estación seca de los Yungas (Cochabamba, Bolivia). *Ecología En Bolivia*, *43*(1), 16–28. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282008000100004&script=sci_abstract

Beck, E., Bendix, J., Kottke, I., Makeschin, F., & Mosandl, R. (2008). Gradientes in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador, (January), 100–412. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73526-7

Bencke, C. S. C., & Morellato, L. P. C. (2002). Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica*, *25*(3), 269–275. https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000300003

Bendix, J., Homeier, J., Cueva Ortiz, E., Emck, P., Breckle, S. W., Richter, M., & Beck, E. (2006). Seasonality of weather and tree phenology in a tropical evergreen mountain rain forest. *International Journal of Biometeorology*,

50(6), 370–384. https://doi.org/10.1007/s00484-006-0029-8

Borchert, R., Meyer, S. A., Felger, R. S., & Porter-Bolland, L. (2004). Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecol Biogeography*, *13*(5), 409–425. https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2004.00111.x

Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso, *12*(2), 203–216.

Chanó, L. (2004). Phenology of three timber species in risk of extinction in Colombia and high indices of exploitation in the Choco : Huberodendron patinoi " Carrá ", Cariniana pyriformis Mier " Abarco " y Humiriastrum procerum Little " Chanó "., *7*(December).

Chmielewski, F. M., & Rotzer, T. (2001). Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, *108*(2), 101–112. https://doi.org/10.1016/S0168-1923(01)00233-7

Etapa, T. N. (2014). Redalyc.Uso correcto de la correlación cruzada en Climatología: el caso de la presión atmosférica entre Taití y Darwin.

Faisal, A. M. (2008). Phenology and Climate Change, 1–6. Retrieved from papers2://publication/uuid/5C18AEFD-601E-45F8-9BE3-07749ED6D7D2

Finegan, B. (1996). Pattern and process In neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession, (3), 793–796.

Forestal, S., & El, E. N. (2010). SECTOR USO DE SUELO , CAMBIO DE SUELO , Y, 1–28.

Fournier, O. (1974). Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, *24*(54–59).

Granados Ramírez, R., & Sarabia Rodríguez, A. A. (2013). Cambio climático y

efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca TT - The effects of climate change on the phenology of corn in the RDD-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *4*(3), 435–446. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000300008&lang=pt%5Cnhttp://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n3/v4n3a8.pdf

Greiser, C., Meineri, E., Luoto, M., & Ehrlén, J. (2018). Agricultural and Forest Meteorology Monthly microclimate models in a managed boreal forest landscape, *251*(May 2017), 147–158. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.252

Günter, S., Stimm, B., Cabrera, M., Diaz, M. L., Lojan, M., Ordoñez, E., … Weber, M. (2008). Tree phenology in montane forests of southern Ecuador can be explained by precipitation, radiation and photoperiodic control. *Journal of Tropical Ecology*, *24*(03), 247–258. https://doi.org/10.1017/S0266467408005063

Gutiérrez, A., Rojas-Nossa, S. V., & Stiles, F. G. (2004). Dinámica Anual De La Interacción Colibrí-Flor En Ecosistemas Altoandinos. *Ornitologia Neotropical*, *15*, 205–213.

Hannah, L. (2008). Protected Areas and Climate Change, *212*, 201–212. https://doi.org/10.1196/annals.1439.009

Jamaicensis, J. S., Aumento, A. L., & Temperatura, D. E. L. A. (2008). Respuesta fenológica de, *27*(2).

Kvist, L. P., Aguirre, Z., & Sánchez, O. (2006). Bosques montanos bajos occidentales en Ecuador y sus plantas útiles. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 205–223.

Mena, Z. A. (2004). Flowering on community level in a Terra Firme Forest in Ecuadorian Amazon . *Lyonia*, *7*(1), 115–123.

Muqaddas, B., Chen, C., Lewis, T., & Wild, C. (2016). Temporal dynamics of carbon and nitrogen in the surface soil and forest floor under different prescribed burning regimes. *Forest Ecology and Management*, *382*, 110–119. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.010

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities, *403*(February), 853–858.

Nord, E. A., & Lynch, J. P. (2018). Plant phenology : a critical controller of soil resource acquisition, *60*(7), 1927–1937. https://doi.org/10.1093/jxb/erp018

Ordóñez-Blanco, J. C., & Parrado-Rosselli, Á. (2017). Relación fenología-clima de cuatro especies de orquídeas en un bosque altoandino de Colombia. *Lankesteriana*, *17*(1), 1–15. https://doi.org/10.15517/lank.v17i1.27897

Palomeque, X., Maza, A., Iñamagua, J. P., Günter, S., Hildebrandt, P., Weber, M., & Stimm, B. (2017). Variabilidad intraespecífica en la calidad de semillas de especies forestales nativas en bosques montanos en el sur del Ecuador: Implicaciones para la restauración de bosques. *Revista de Ciencias Ambientales*, *51*(2), 52–72. https://doi.org/10.15359/rca.51-2.3

Puche, M., Macias, M. P., Soto, E., Figueroa, R., & Avilán, L. (2012). La temperatura mínima como determinante ambiental en la iniciación floral del mango, *12*(1), 83–90.

Reproductive Phenology of Central Amazon Pioneer Trees. (2008), *1*(3), 186–203.

Sakai, S. (2001). Phenological diversity in tropical forests. *Population Ecology*, *43*(1), 77–86. https://doi.org/10.1007/PL00012018

Sanchez ohen, I., Diaz Padilla, G., Cavazos Pérez, M. T., Granados Ramirez, G. R., & Gomez Reyes, E. (2011). *Elementos para entender el cambio*

climatico. Retrieved from http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/ce/scpd/LXI/elem_enten_camcli.pdf

Serrano, F. (1996). Árboles y arbustos del bosque de Mazán, (JULY 2000), 157. https://doi.org/10.13140/2.1.3829.8403

Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años., 51. Retrieved from http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_3396.pdf

Svystun, T., Bhalerao, R. P., & Maria, A. (2019). Agricultural and Forest Meteorology Modelling Populus autumn phenology : The importance of temperature and photoperiod. *Agricultural and Forest Meteorology*, *271*(February), 346–354. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.03.003

Urrego, L. E., & del Valle, J. I. (2001). Relación fenológía-Clima de algunas Especies De Los Humedales Forestales (Guandales) Del Pacífico Sur Colombiano. *Interciencia*, *26*(4), 150–156.

Vílchez, B., & Rocha, O. (2004). Fenología y biología reproductiva del nazareno (Peltogyne purpurea Pittier) en un bosque intervenido de la Península de Osa, Costa Rica, América Central. *Kurú: Rev. For*, *1*(1), 1–14. Retrieved from http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior1/pdf/VVILCHEZ6 feb.pdf

Wang, Y., Luo, Y., & Shafeeque, M. (2019). Science of the Total Environment Interpretation of vegetation phenology changes using daytime and night-time temperatures across the Yellow River Basin , China. *Science of the Total Environment*, *693*, 133553. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.359

Yeung, E. C. T., Stasolla, C., Sumner, M. J., & Huang, B. Q. (2015). *Plant*

microtechniques and protocols. *Plant Microtechniques and Protocols*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19944-3

Yongshuo H Fu. (2016). RESPONSE OF SPRING LEAF PHENOLOGY TO CLIMATE CHANGE Yongshuo H Fu.

Yun, K., Hsiao, J., Jung, M.-P., Choi, I.-T., Glenn, D. M., Shim, K.-M., & Kim, S.-H. (2017). Can a multi-model ensemble improve phenology predictions for climate change studies? *Ecological Modelling*, *362*, 54–64. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.08.003

Zarate, R., Amasifuen, C., & Flores, M. (2006). Floración y fructificación de las plantas leñosas en bosques de arena blanca y de suelo arcilloso en la Amazonía. *Revista Peruana de Biología*, *13*(1), 95–102. https://doi.org/10.15381/rpb.v13i1.1768

10. ANEXOS

Anexo 1 Protocolo de Yeung et al (2015), para incrustación de yemas en parafina

Procesamiento	Descripción
1. Fijación	Colocar el material vegetal en recipientes con 15 ml del fijador seleccionado (FAA) durante 15 a 20 minutos.
2. Deshidratación	Colocar las muestras en etanol al 30, 50, 70, 85 y 95 % cada pasando de una solución a otra cada 2 horas.
3. Infiltración	Derretir la cera de 56-60°C. Seguidamente colocar los tejidos vegetales en los recipientes y colocar la cera. Dejar en el horno los tejidos vegetales durante 12 horas.
4. Incrustación	Sacar los cubos de parafina de los recipientes y dejar que se solidifiquen completamente.
5. Montaje de Bloques	Calentar una espátula y reducir la altura de bloque y aplanar la superficie, para seguidamente colocarlo en el micrótomo rotatorio.
6. Seccionamiento (micrótmo rotatorio)	Insertar el bloque de parafina con el tejido vegetal incrustado en el micrótomo rotatorio. Realizar los cortes de 5 y 10 µM.
7. Aplanamiento de secciones (baño maría)	Colocar los cortes en baño maría a 37 °C, para que se derrita la parafina y seguidamente colocarlos en un porta objetos.
8. Tinción	Para darle la coloración a los tejidos vegetales se utilizó azul de metileno.
9. Observación	La observación se realizó en microscopio.

Elaborado: Correa, L. & Vargas, B.

Anexo 2 Codificación, DAP y ubicación de las especies seleccionadas en el bosque de Llaviucu

Árboles Llaviucu						
				Coordenadas Árbol		
Especie	**Individuo**	**Código**	**DAP (cm)**	**N**	**E**	**M. snm**
Ocotea	1	O1	20,6	9685450	706255	3033
Ocotea	2	O2	40,4	9685507	706305	3041
Myrcianthes	3	M1	82	9685506	706342	3179
Weinmania	4	W3	26,2	9685502	706345	3176
Hedyosmun	5	H1	13,4	9685506	706342	3174
Weinmania	6	W4	15,7	9685509	706357	3179
Ocotea	7	O3	23,9	9685552	706363	3170
Weinmania	8	W6	41,5	9685554	70682	3172
Myrcianthes	9	M5	32,5	9685552	706387	3173
Ocotea	10	O4	27,7	9685556	706381	3174
Myrcianthes	11	M4	37,2	9685535	706376	3178
Hedyosmun	12	H3	27,6	9685559	706358	3170
Weinmania	13	W5	34,6	9685559	706358	3170
Hedyosmun	14	H4	9,55	9685570	706374	3171
Ocotea	15	O5	54,3	9685571	706389	3174
Ocotea	16	O9	26,6	9685373	706005	3188
Ocotea	17	O8	27,9	9685373	706005	3188
Hedyosmun	18	H6	33,1	9685357	706024	3194
Myrcianthes	19	M7	49,3	9685391	706030	3191
Hedyosmun	20	H5	37,9	9685349	706033	3199
Myrcianthes	21	M6	86	9685356	706046	3203
Ocotea	22	O6	55,5	9685346	706026	3204
Ocotea	23	O7	42,4	9685454	705255	3174
Oreocalis	24	O.G1	17,03	9685959	705015	3179
Oreocalis	25	O.G2	12,2	9685601	705011	3180
Myrcianthes	26	M8	15	9685569	704932	3183
Oreocalis	27	O.G7	14,93	9685575	704915	3184
Oreocalis	28	O.G6	14,45	9685585	704883	3177
Vallea	29	V6	9,8	9685596	704806	3181
Vallea	30	V5	12,5	9685621	704728	3194
Oreocalis	31	0.G5	19,1	9685631	704364	3211
Weinmania	32	W9	19,9	9685673	704335	3203
Vallea	33	V2	9,3	9685726	704289	3198
Vallea	34	VI	6,1	9685727	704289	3198

Weinmania	35	W1	16,15	9685690	704209	3208
Oreocalis	36	O.G3	17	9685727	704186	3204
Weinmania	37	W7	12,3	9685721	704136	3204
Vallea	38	V3	11,45	9685713	704122	3204
Weinmania	39	W2	9,2	9685722	704105	3208
Oreocalis	40	O.G8	7,03	9685732	704088	3211
Oreocalis	41	O.G4	24,5	9685761	704059	3211
Vallea	42	V4	15,4	9685777	703928	3221
Vallea	43	V7	9,4	9685798	703769	3238
Vallea	44	V8	6,65	9685895	703528	3252
Myrcianthes	45	M3	81	9686058	703138	3278
Myrcianthes	46	M2	89	9686056	703177	3284
Myrcianthes	47	M9	61	9686048	703207	3289
Hedyosmun	48	H8	47,7	9686059	703225	3285
Hedyosmun	49	H2	45,35	9686046	703247	3288
Hedyosmun	50	H7	18	9686077	703216	3287

Elaborado: Correa, L. & Vargas, B.

Anexo 3 Codificación, DAP y ubicación de las especies seleccionadas en el bosque de Mazán.

Árboles Mazán						
				Coordenadas Árbol		
Especie	Individuo	Código	DAP (cm)	N	E	M. snm
Oreocalis	1	O.G8	16,3	9682540	709425	3052
Oreocalis	2	O.G7	11,96	9682540	709425	3052
Ocotea	3	O5	30,8	9682524	709417	3055
Hedyosmun	4	H9	23.46	9682513	709428	3057
Ocotea	5	O6	12,33	9682477	709302	3064
Myrcianthes	6	M1	53,55	9682436	709321	3057
Hedyosmun	7	H4	15,6	9682458	709249	3076
Hedyosmun	8	H5	25,2	9682440	709200	3079
Hedyosmun	9	H6	21,71	9682391	709104	3092
Hedyosmun	10	H7	18.8	9682239	709022	3085
Myrcianthes	11	M5	7,1	9682294	708978	3090
Myrcianthes	12	M6	8,9	9682270	708892	3099
Myrcianthes	13	M7	7,76	9682254	708854	3106
Myrcianthes	14	M8	9,6	9682252	708855	3109
Weinmania	15	W7	7	9682244	708851	3110
Oreocalis	16	O.G9	8,9	9682240	708849	3110
Weinmania	17	W8	7,5	9682246	708838	3115

Vallea	18	V5	6,9	9682264	708839	3116
Oreocalis	19	O.G1	12,2	9682215	708779	3126
Oreocalis	20	O.G5	16,6	9682204	708785	3128
Oreocalis	21	O.G2	8,51	9682178	708753	3137
Hedyosmun	22	H8	14,4	9682178	708753	3137
Vallea	23	V4	14,5	9682172	708746	3138
Hedyosmun	24	H1	13,9	9682172	708746	3138
Vallea	25	V1	7,4	9682131	708717	3141
Oreocalis	26	O.G3	26,2	9682127	708697	3145
Weinmania	27	W6	12,3	9682067	708615	3158
Ocotea	28	O7	13,5	9682067	708615	3158
Vallea	29	V6	7,5	9682058	708593	3162
Vallea	30	V2	8,8	9682057	708592	3163
Ocotea	31	O1	14,8	9682033	708504	3157
Ocotea	32	O2	12,15	9682051	708504	3157
Oreocalis	33	O.G4	9,45	9682031	708499	3158
Ocotea	34	O3	13,5	9682007	708468	3156
Weinmania	35	W4	5,9	9682024	708445	3152
Vallea	36	V7	9,35	9682022	708456	3155
Ocotea	37	O4	19,3	9682038	708402	3151
Vallea	38	V3	10,7	9682039	707922	3165
Hedyosmun	39	H2	16,9	9682046	707915	3166
Vallea	40	V8	8,4	9682049	707911	3167
Oreocalis	41	O.G5	12,9	9682042	707754	3177
Myrcianthes	42	M2	25,5	9682043	707607	3196
Hedyosmun	43	H3	24,6	9682054	707557	3200
Myrcianthes	44	M3	43,8	9681978	707546	3205
Weinmania	45	W1	17,4	9681978	706938	3261
Weinmania	46	W2	18,6	9681984	706930	3264
Weinmania	47	W5	25,4	9681984	706926	3255
Myrcianthes	48	M4	23,3	9682004	706919	3269
Weinmania	49	W3	43,3	9682004	706917	3268
Ocotea	50	O12	28,2	9681996	706930	3267
Ocotea	51	O8	33,2	9681996	706930	3267
Ocotea	52	O9	33,8	9681997	706930	3270
Ocotea	53	O10	33,7	9682026	706900	3273
Ocotea	54	O11	32,5	9682026	706900	3273

Elaborado: Correa, L. & Vargas, B.

Anexo 4 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura promedio para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
	Tiempo de retraso	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,428	-13	-0,323	-18	-0,423	-5			0,345	-16	-0,389	-11
-0,484	-12	-0,314	-15	-0,412	-4			0,359	-15	**-0,566**	-10
-0,38	-11			**-0,513**	-3			0,343	-14	-0,485	-9
-0,426	-9			**-0,561**	**-2**			0,303	-13	-0,44	-8
0,326	-5			-0,43	-1			-0,454	-6	-0,492	-7
0,345	-4							**-0,52**	-5	0,313	-1
								-0,519	-4		
								-0,573	-3		
								-0,356	-2		

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 5 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura máxima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,367	-13	0,381	-9	-0,456	-5	-0,302	-10	**-0,524**	-6	-0,39	-11
-0,425	-12	0,359	-8	-0,436	-4			**-0,57**	-5	**-0,546**	-10
-0,314	-9	0,327	-7	-0,472	-3			**-0,517**	-4	-0,445	-9
0,457	-5			-0,489	-2			**-0,513**	-3	-0,345	-8
0,428	-4			-0,305	-1					-0,373	-7
0,336	-3									0,303	-3
										0,443	-2
										0,441	-1

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 6 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura mínima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,439	-13	-0,418	-18	0,301	-17			0,333	-17	0,322	-18
-0,494	-12	-0,417	-17	0,375	-16			0,42	-16	-0,356	-11
-0,404	-11	-0,401	-16	0,361	-15			0,428	-15	**-0,527**	-10
-0,349	-10	-0,47	-15	0,421	-14			0,452	-14	-0,47	-9
-0,47	-9	-0,428	-14	0,414	-13			0,403	-13	-0,479	-8
		-0,415	-13	0,386	-12			0,331	-12	**-0,544**	-7
		0,325	-5	0,308	-11			-0,345	-6	-0,372	-6
		0,373	-4	-0,352	-5			-0,405	-5		
		0,351	-3	-0,359	-4			-0,452	-4		
		0,304	-2	**-0,504**	-3			**-0,559**	**-3**		
		0,344	-1	**-0,562**	-2			-0,397	-2		
				-0,53	-1						

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 7 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura promedio para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,303	-14	-0,453	-18	0,36	-18	0,307	-18	-0,385	-10	-0,438	-14
-0,575	-13	-0,402	-17	0,382	-17	-0,306	-10	-0,385	-6	-0,431	-13
-0,577	-12	0,302	-9	-0,484	-6	-0,434	-9	**-0,692**	-5	-0,485	-12
		0,313	-8	**-0,637**	-5	-0,338	-6	-0,39	-4	-0,387	-11
				-0,543	-4	0,302	-2			-0,383	-10
										-0,412	-9
										0,302	-2

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 8 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura máxima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,461	-13	-0,317	-18	-0,432	-6	-0,38	-10	-0,407	-10	-0,442	-14
-0,474	-12	0,318	-11	-0,533	-5	-0,44	-9	-0,38	-6	-0,4	-13
0,334	-10	0,33	-10	-0,418	-4	-0,30	-8	**-0,638**	-5	-0,409	-12
0,3	-8			-0,03	-3	-0,30	-6			0,433	-6
				0,339	-2	0,431	-3			0,414	-5
				0,412	-1	0,429	-2			0,365	-4
										0,411	-3
										0,362	-2
										0,331	-1

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 9 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura mínima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,593	-13	**-0,519**	-18	0,457	-18	0,371	-18	0,358	-17	-0,384	-14
-0,585	**-12**	**-0,526**	-17	**0,502**	-17	-0,392	-9	0,324	-16	-0,433	-13
0,304	-2	-0,36	-16	0,376	-16	-0,331	-7	-0,332	-10	-0,515	-12
		0,3	-9	-0,328	-7	-0,314	-6	-0,432	-6	-0,461	-11
		0,349	-8	-0,463	-6			**-0,642**	-5	-0,471	-10
		0,331	-7	**-0,638**	**-5**			-0,442	-4	-0,496	-9
		0,343	-6	-0,598	-4					-0,426	-8
		0,326	-5	-0,327	-3						
		0,354	-4								

Elaborado: Correa, L., Vargas, B.

Anexo 10 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura promedio para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
0,377	-18	0,308	-18	**-0,395**	-17	-0,362	-10	-0,325	-9	-0,402	-15
0,385	-17	0,339	-17	-0,306	-16	0,375	-6	**-0,564**	-8	**-0,572**	-14
0,375	-16	0,367	-16	-0,334	-8			**-0,684**	-7	**-0,539**	-13
0,33	-15	-0,394	-6	-0,328	-7			-0,306	-4	-0,373	-12
		-0,619	-5	0,349	-5			-0,383	-3	-0,306	-11
		-0,597	-4	0,313	-4						
			-3	0,316	-3						
				0,346	-2						

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 11 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura máxima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,355	-13	-0,405	-6	-0,373	-17	-0,373	-10	-0,345	-9	-0,386	-15
-0,314	-12	**-0,595**	-5	0,415	-5	0,449	-6	**-0,566**	-8	**-0,527**	-14
-0,375	-9	**-0,526**	-4	0,369	-4			**-0,643**	-7	-0,462	-13
-0,335	-8			0,3	-3			**0,5**	-1	0,341	-8
				0,34	-2					0,3	-7

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 12 Correlación cruzada +/- 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura mínima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H.luteynii		*M. rophaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
0,478	-18	0,37	-18	-0,358	-17						
0,456	-17	0,447	-17	-0,339	-16						

0,478	-16	**0,501**	-16	-0,336	-15
0,428	-15	0,444	-15	-0,323	-14
-0,323	-5	0,413	-14	-0,374	-13
-0,348	-3	0,393	-13	-0,345	-8
		-0,361	-6	-0,332	-7
		-0,567	-5	0,31	-3
		-0,61	-4	0,32	-2
		-0,47	-3	0,357	-1
		-0,4	-2		
		-0,47	-1		

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 13 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura promedio para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		***M. rhopaloides***		***O. heterochroma***		***O. grandiflora***		***V. stipularis***		***W. fagaroides***	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
0,303	-18	0,315	-18	**-0,619**	-7	0,46	-9	-0,373	-15	-0,318	-17
0,306	-17	0,31	-17	**-0,633**	-6			-0,382	-14	**-0,557**	-16
-0,308	-13	-0,367	-8					-0,405	-13	-0,452	-15
-0,33	-9	-0,458	-7					-0,408	-12	-0,462	-14
-0,517	-8	-0,367	-6					-0,38	-11		
-0,472	-7	-0,315	-5					-0,34	-10		
-0,379	-6	-0,305	-4					-0,337	-9		
		-0,388	-2					-0,329	-8		
		-0,337	-1					0,348	-4		
								0,388	-3		
								0,373	-2		
								0,366	-1		

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 14 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura máxima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,417	-13	-0,335	-8	**-0,605**	-7	0,309	-10	-0,425	-15	**-0,526**	-16
-0,308	-12	-0,43	-7	-0,621	-6	-0,331	-4	-0,393	-14	-0,405	-15
-0,312	-9	-0,33	-6			-0,363	-3	-0,358	-13	-0,359	-14
-0,46	-8	0,369	0					-0,324	-12		
-0,353	-7	**0,653**	-1					**0,532**	-4		
0,378	-2	**0,61**	-2					**0,548**	-3		
		0,504	-3					0,49	-2		
		0,442	-4					0,435	-1		

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 15 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura mínima para el bosque de Mazán para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
0,423	-18	0,391	-18	-0,529	-7	0,319	-9	-0,344	-14	-0,312	-17
0,405	-17	0,439	-17	**-0,539**	-6			-0,428	-13	**-0,503**	-16
0,406	-16	0,353	-16					-0,462	-12	-0,432	-15
0,325	-15	-0,364	-8					-0,476	-11	-0,499	-14
-0,345	-9	-0,439	-7					-0,439	-10	-0,373	-13
-0,518	-8	-0,381	-6					**-0,504**	-9		
-0,53	-7	-0,393	-5					-0,436	-8		
-0,457	-6	-0,402	-4					-0,405	-7		
-0,396	-5	-0,362	-3					-0,355	-6		
-0,348	-4	-0,476	-2								
		-0,49	-1								

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 16 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura promedio para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,551	-3	-0,382	-18	-0,39	-9	0,314	-12	-0,393	-13	-0,403	-13
-0,618	-2	0,338	-10	**-0,508**	-8	0,478	-11	-0,392	-12	-0,432	-12
-0,437	-1	-0,392	-4	**-0,5**	-7	0,414	-10	-0,403	-11	-0,482	-11
		-0,542	**-5**	-0,442	-6	0,326	-9	**-0,509**	-10	-0,419	-10
				-0,355	-5	0,36	-8	-0,42	-9	0,445	-5
				0,524	-1	-0,461	-3	0,377	-3	0,354	-4
						-0,308	-2	**0,575**	-2	0,438	-3
								0,382	-1	**0,552**	-2
										0,385	-1

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 17 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura máxima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,448	-3	0,342	-12	-0,326	-9	0,382	-11	-0,328	-12	-0,312	-13
-0,574	-2	0,383	-11	-0,371	-8	0,384	-10	-0,355	-11	-0,31	-12
-0,406	-1	0,409	-10	-0,374	-7	0,345	-8	-0,416	-10	-0,332	-11
		0,402	-9	-0,345	-6	-0,466	-3	-0,347	-9	-0,309	-10
		-0,501	-4	**0,627**	-1	-0,471	-2	0,346	-4	**0,521**	-5
		-0,595	-5	**0,605**	0			0,387	-3	**0,548**	-4
				0,573	-2			**0,647**	-2	**0,581**	-3
				0,513	-3			0,481	-1	**0,745**	-2
										0,537	-1

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 18 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento botón floral y temperatura mínima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
0,314	-10			0,425	-15	-0,34	-18	0,41	-18	0,381	-18
0,353	-9			0,431	-14	-0,347	-17	0,374	-17	-0,321	-12
0,34	-8			0,423	-13	-0,357	-16	0,349	-17	-0,378	-11
-0,321	-3			-0,345	-8			0,342	-10	-0,335	-10
				-0,384	-7						

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 19 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura promedio para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,329	-4	0,314	-10	-0,396	-10	0,345	-10	-0,393	-13	-0,321	-17
-0,389	-3			**-0,572**	-9			-0,392	-12	-0,423	-16
-0,598	-2			-0,475	-8			-0,403	-11	-0,38	-15
-0,452	-1			-0,397	-7			**-0,509**	-10	-0,32	-14
				-0,38	-6			-0,42	-9	-0,323	-13
				0,579	-2			0,377	-3	0,439	-5
				0,401	-1			**0,575**	-2	0,376	-4
								0,582	-1	0,395	-3
										0,595	-2
										0,54	-1

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 20 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura máxima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
0,627	-7	0,304	-14	-0,311	-12			-0,323	-14	-0,344	-17
0,592	-6	0,348	-12	-0,383	-10			-0,436	-13	-0,398	-16
-0,408	-5	-0,344	-2	-0,48	-9			-0,379	-12	-0,384	-15
-0,411	-4	**-0,522**	0	-0,429	-8			-0,366	-11	-0,305	-14
-0,437	-3	**-0,535**	-1	**0,719**	-2			-0,429	-10	**-0,568**	-8
-0,526	-2			**0,58**	-1			-0,329	-9	**-0,603**	-7
-0,36	-1			**0,578**	0			0,357	-5	**-0,555**	-6
0,644	-8			**0,584**	-3			0,419	-4	**0,572**	-5
								0,439	-3	**0,535**	-4
								0,756	-2	0,491	-3
								0,654	-1	**0,581**	-2
										0,579	-1
										0,306	0
										-0,364	-5
										-0,589	-9
										-0,537	-10
										-0,4	-11

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 21 Correlación cruzada ±0,5 (umbral de significancia) entre evento floración y temperatura mínima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
0,357	-11	-0,402	-9	0,366	-16			0,36	-18	0,307	-4
0,313	-9			0,43	-15			0,34	-17	0,34	-5
-0,347	-1			0,378	-14			0,319	-9		
-0,317	0			-0,331	-9						
				-0,328	-6						
				0,32	-9						
				0,346	-10						

Elaborado: Correa, L. & Vargas, B.

Anexo 22 Correlación cruzada ±0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura promedio para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,333	-16	-0,369	-11	0,335	-10	-0,403	-1	-0,318	-14	-0,375	-18
-0,33	-15	-0,438	-10	0,344	-9	-0,403	0	**-0,557**	-13	-0,331	-17
-0,304	-13	-0,332	-9	0,302	-8			**-0,553**	-12	0,339	-10
-0,341	-12	-0,308	-8	**-0,5**	**-7**			0,348	-6	0,341	-6
0,404	-3	0,418	-3	**-0,607**	-5			0,488	-5	0,378	-3
0,617	-2	0,421	-2	**-0,539**	-4			0,429	-4	**-0,534**	-4
0,659	-1	0,33	-1	**-0,616**	-6			0,459	-3	**-0,607**	-5
0,533	0	0,427	0					0,451	-2	**-0,515**	-6

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 23 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura máxima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,413	-16	-0,307	-11	0,338	-13	0,366	-15	**-0,514**	-13	0,359	-12
-0,466	-15	-0,349	-10	0,409	-12	0,331	-12	0,418	-6	0,358	-11
-0,346	-14	0,461	-3	0,49	-11	-0,419	-1	**0,626**	-5	0,43	-10
0,383	-6	**0,547**	-2	0,473	-10	**-0,52**	0	**0,61**	-4	0,473	-9
0,393	-5	**0,58**	-1	0,488	-9	**-0,536**	**-3**	**0,515**	-3	**-0,527**	**-7**
0,538	-4	0,477	0	0,433	-8			**0,547**	-2	**-0,613**	**-6**
0,581	-3			0,399	-7			0,397	-1	0,302	-3
0,712	-2			0,317	-6					-0,436	3
0,703	-1			**-0,555**	-1					**-0,604**	-4
0,554	0			-0,462	0					**-0,748**	-5
				-0,55	**-2**						
				-0,67	**-3**						
				-0,72	**-4**						
				-0,766	**-5**						

-0,78	**-6**
-0,65	**-7**

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 24 Correlación cruzada ±0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto verde y temperatura mínima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		***M. rhopaloides***		***O. heterochroma***		***O. grandiflora***		***V. stipularis***		***W. fagaroides***	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,318	-9	0,308	-17	0,327	-5	0,334	-3	0,313	-18		
-0,382	-8	-0,311	-10	0,382	-4			-0,36	-13		
		-0,323	-9	0,36	-3			-0,391	-12		
		-0,34	-8	0,312	-2			-0,322	-11		
		-0,324	-7	0,33	-1						
				0,314	0						

Elaborado: Correa, L. & Vargas, B.

Anexo 25 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura promedio para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		***M. rhopaloides***		***O. heterochroma***		***O. grandiflora***		***V. stipularis***		***W. fagaroides***	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,425	-16	-0,393	-13	**-0,551**	0	0,369	-16			-0,318	-18
-0,39	-15	**-0,509**	**-12**			-0,302	-3			0,336	-10
-0,371	-14	-0,382	-11			-0,366	-2			**-0,57**	**-5**
-0,341	-13	-0,439	-10			**-0,565**	-1				
0,47	-2	-0,387	-9			-0,415	0				
0,555	-1	0,414	-3								
0,424	0	**0,579**	-2								
		0,529	**-1**								

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 26 Correlación cruzada ±0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura máxima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
-0,329	-17	-0,381	-13	-0,327	-2	0,325	-17	-0,313	-1	0,363	-13
-0,424	-16	**-0,511**	-12			0,407	-16			0,389	-12
-0,434	-15	-0,326	-10			0,42	-15			0,313	-11
-0,407	-14	0,479	-5			0,312	-14			0,379	-10
-0,372	-13	0,405	-4			0,307	-13			0,411	-9
0,378	-5	0,461	-3			-0,417	-3			0,33	-7
0,408	-4	**0,662**	-2			**-0,55**	2			-0,44	-1
0,419	-3	**0,622**	-1			**-0,597**	-1			**-0,614**	-3
0,463	-2	0,367	0			**-0,57**	0			**-0,5**	-4
0,58	-1									**-0,69**	-5
0,535	0										
-0,51	-9										

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 27 Correlación cruzada ± 0,5 (umbral de significancia) entre evento fruto maduro y temperatura mínima para el bosque de Llaviucu para las 6 especies. (vc: valor correlación).

H. luteynii		*M. rhopaloides*		*O. heterochroma*		*O. grandiflora*		*V. stipularis*		*W. fagaroides*	
vc	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*	*vc*	*Tiempo de retraso*
		0,357	-18	-0,385	-12	0,311	-8	-0,33	-14	-0,303	-9
		0,326	-17			0,342	-7	**-0,502**	-11		
		-0,32	-10			0,362	-5				
						0,321	-4				

Elaborado: Correa, L & Vargas, B.

Anexo 28 Tabla de Temperatura (máxima, mínima y promedio) quincenal en el bosque de Mazán.

Mazán				
Quincena	**Fecha**	**T_Max**	**T_Min**	**T_Promedio**
1	13/01/2017	13,29	7,30	9,87
2	27/01/2017	14,01	5,21	9,25
3	10/2/2017	13,21	7,64	10,07
4	24/02/2017	13,95	6,07	9,49
5	10/3/2017	12,91	7,92	10,09
6	24/03/2017	13,34	8,11	10,37
7	7/4/2017	13,53	8,82	10,89
8	21/04/2017	13,74	8,81	11,01
9	5/5/2017	13,05	8,94	10,87
10	19/05/2017	13,34	8,89	10,86
11	2/6/2017	12,61	8,20	10,34
12	16/06/2017	12,63	7,49	9,85
13	30/06/2017	12,12	7,06	9,46
14	14/07/2017	10,93	5,97	8,10
15	28/07/2017	10,58	6,03	8,23
16	11/8/2017	11,46	6,20	8,59
17	25/08/2017	13,09	5,77	9,24
18	8/9/2017	11,79	6,39	8,77
19	22/09/2017	12,88	6,49	9,29
20	6/10/2017	20,13	7,88	12,00
21	20/10/2017	19,05	5,45	12,00
22	3/11/2017	14,77	6,14	9,89
23	17/11/2017	15,98	5,54	9,85
24	1/12/2017	14,87	6,23	9,78
25	15/12/2017	14,01	5,88	9,51
26	30/12/2017	15,29	7,31	10,22
27	10/1/2018	15,47	4,23	8,85
28	24/01/2018	15,37	6,95	8,86
29	7/2/2018	13,63	7,04	10,69
30	21/02/2018	13,63	7,56	10,02
31	7/3/2018	13,01	5,97	9,05
32	21/03/2018	13,63	7,01	9,96
33	4/4/2018	13,54	7,46	9,86
34	18/04/2018	11,86	5,35	8,25
35	2/5/2018	11,40	7,14	9,16
36	16/05/2018	11,99	7,03	9,14

37	30/05/2018	10,96	7,44	9,09
38	13/06/2018	12,30	7,15	9,32
39	27/06/2018	9,77	5,33	7,48
40	11/7/2018	10,51	5,83	7,78
41	25/07/2018	10,13	6,60	8,09

Elaborado: Correa, L., Vargas, B.

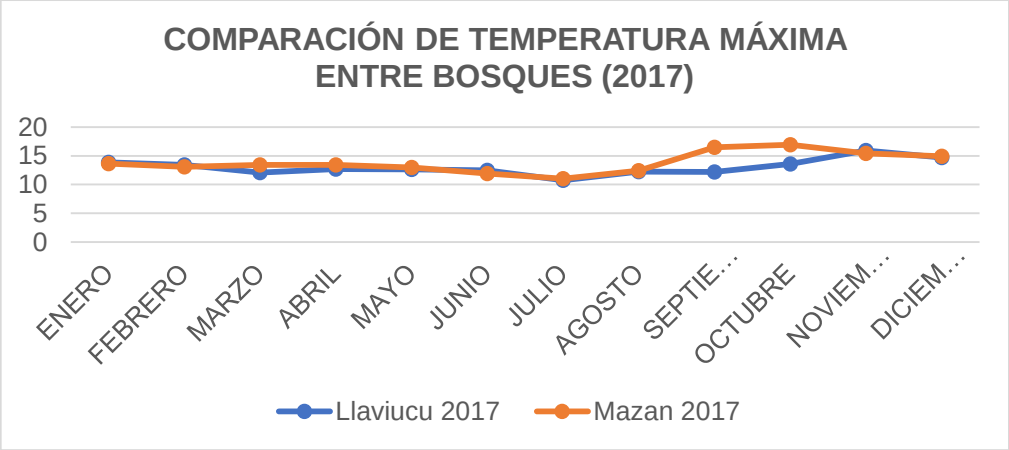
Anexo 29 Temperatura (máxima, mínima y promedio) quincenal en el bosque de Llaviucu.

Llaviucu				
Quincena	**Fecha**	**T_Max**	**T_Min**	**T_Promedio**
1	13/01/2017	13,35	6,10	9,25
2	27/01/2017	14,39	4,07	8,71
3	10/2/2017	13,24	6,58	9,45
4	24/02/2017	13,55	5,05	8,90
5	10/3/2017	11,77	6,75	8,91
6	24/03/2017	12,35	6,58	8,86
7	7/4/2017	12,33	7,12	9,36
8	21/04/2017	13,09	7,21	9,61
9	5/5/2017	12,33	7,24	9,45
10	19/05/2017	12,95	7,36	9,68
11	2/6/2017	11,75	6,52	8,96
12	16/06/2017	13,05	6,37	9,16
13	30/06/2017	12,63	6,09	8,91
14	14/07/2017	10,95	4,94	7,41
15	28/07/2017	10,56	4,84	7,52
16	11/8/2017	11,33	5,28	7,85
17	25/08/2017	13,12	5,23	8,88
18	8/9/2017	11,69	5,58	8,20
19	22/09/2017	12,65	5,81	8,76
20	6/10/2017	13,60	6,56	9,59
21	20/10/2017	13,52	6,25	9,40
22	3/11/2017	15,18	5,67	9,78
23	17/11/2017	16,63	5,31	10,17
24	1/12/2017	15,35	5,96	9,91
25	15/12/2017	13,98	5,60	9,46
26	30/12/2017	14,75	6,55	10,16
27	10/1/2018	15,19	3,96	8,58
28	24/01/2018	11,47	6,45	8,46
29	7/2/2018	15,39	6,72	10,53

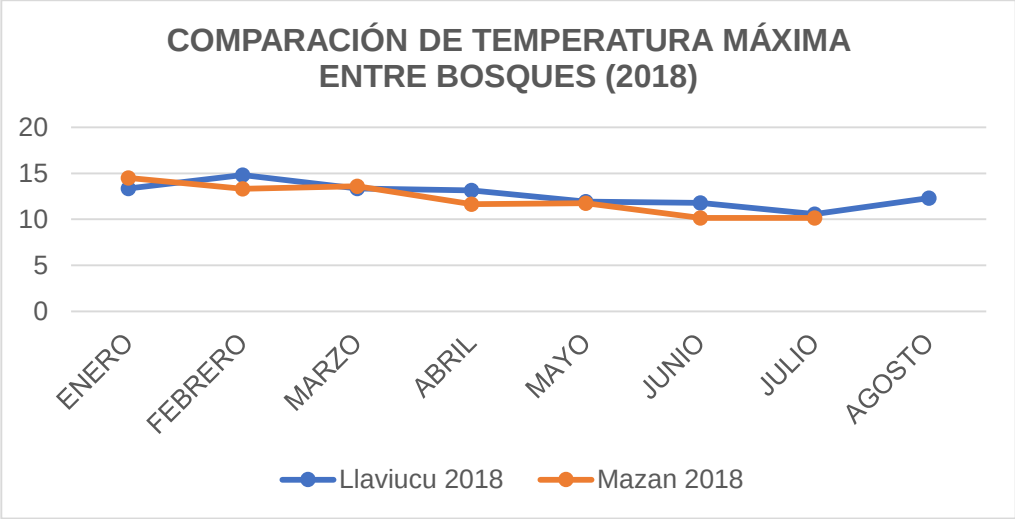
30	21/02/2018	14,20	7,17	10,01
31	7/3/2018	13,12	5,53	8,89
32	21/03/2018	13,56	6,68	9,82
33	4/4/2018	13,92	6,82	9,58
34	18/04/2018	12,38	5,27	8,23
35	2/5/2018	11,85	6,96	9,05
36	16/05/2018	12,73	6,68	9,13
37	30/05/2018	11,19	7,08	8,92
38	13/06/2018	13,49	6,65	9,50
39	27/06/2018	10,06	5,33	7,38
40	11/7/2018	11,03	5,57	7,80
41	25/07/2018	10,06	6,01	7,80
42	8/8/2018	12,32	5,42	8,46

Elaborado: Correa, L., Vargas, B.

Anexo 30 Comparación de temperatura máxima entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2017

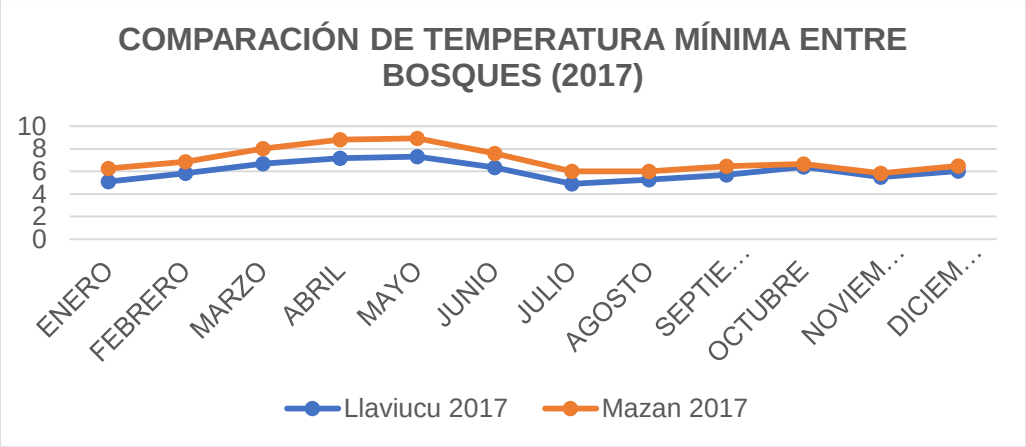


Anexo 31 Comparación de temperatura máxima entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2018.

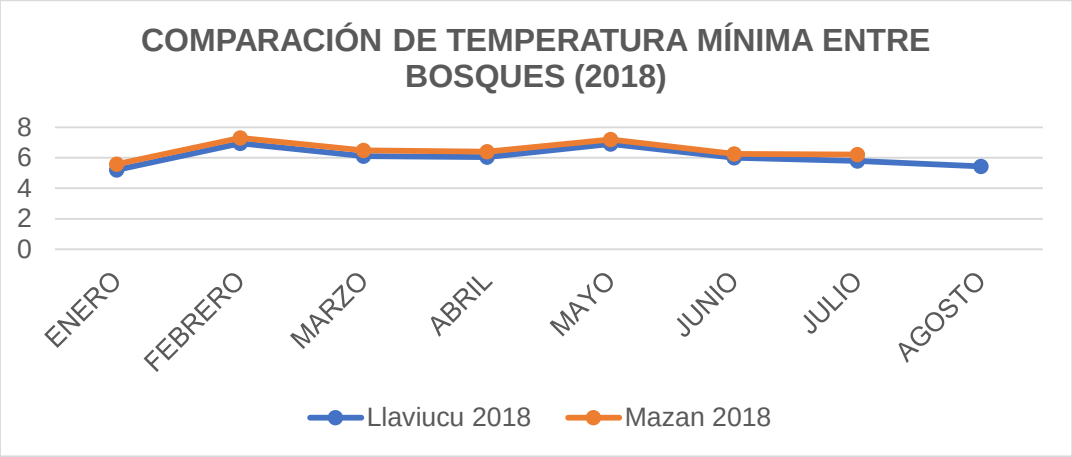


.

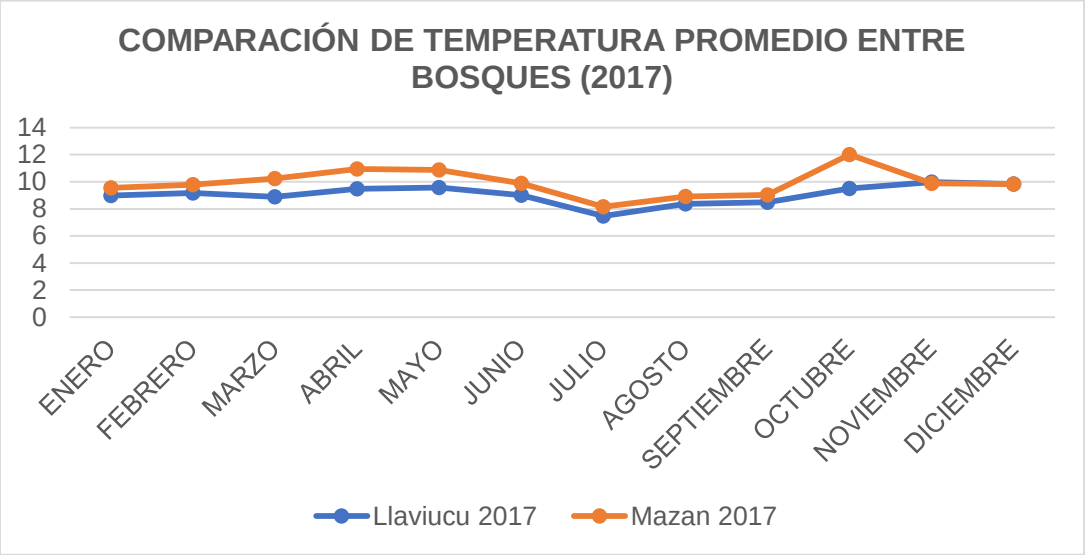
Anexo 32 Comparación de temperatura mínima entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2017.



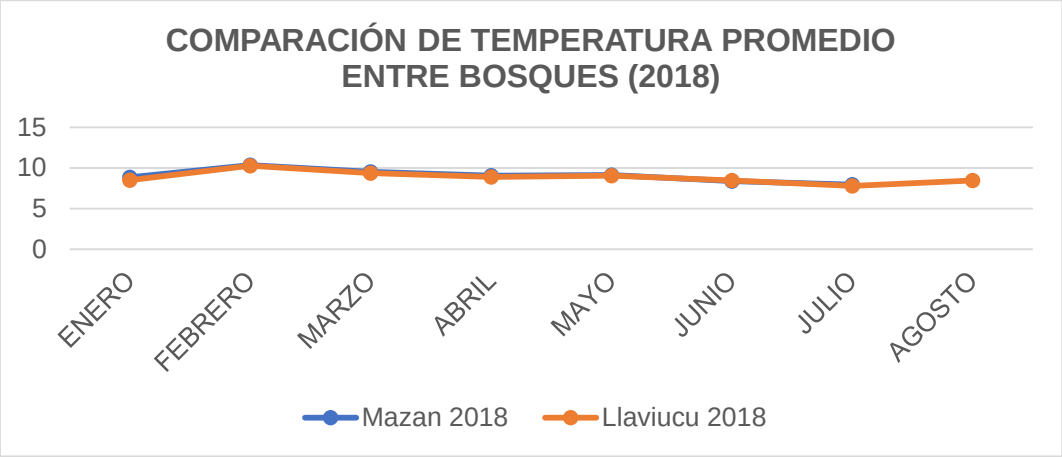
Anexo 33 Comparación de temperatura mínima entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2018.



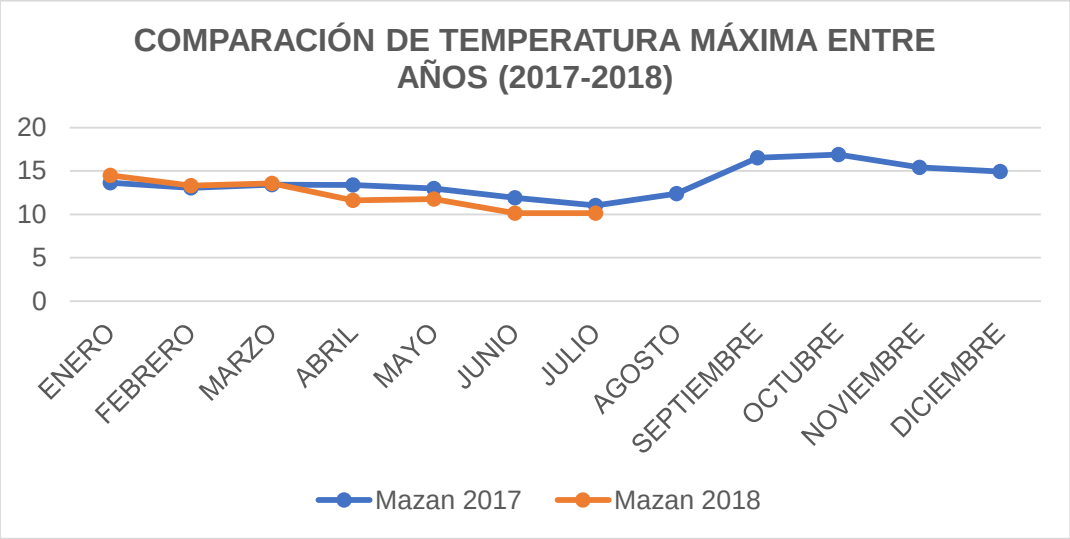
Anexo 34 Comparación de temperatura promedio entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2017.



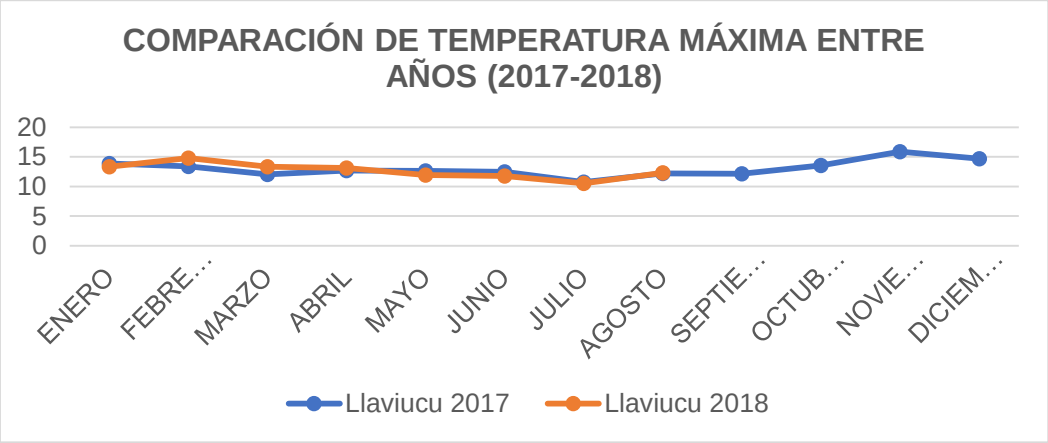
Anexo 35 Comparación de temperatura promedio entre bosques (Mazán y Llaviucu) en el año 2018.



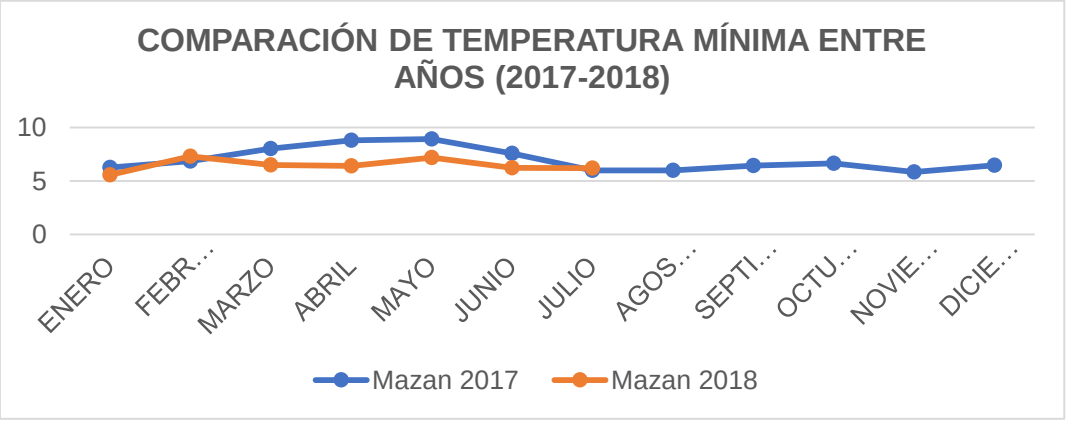
Anexo 36 Comparación de temperatura máxima entre años (2017-2018) en el bosque de Mazán.



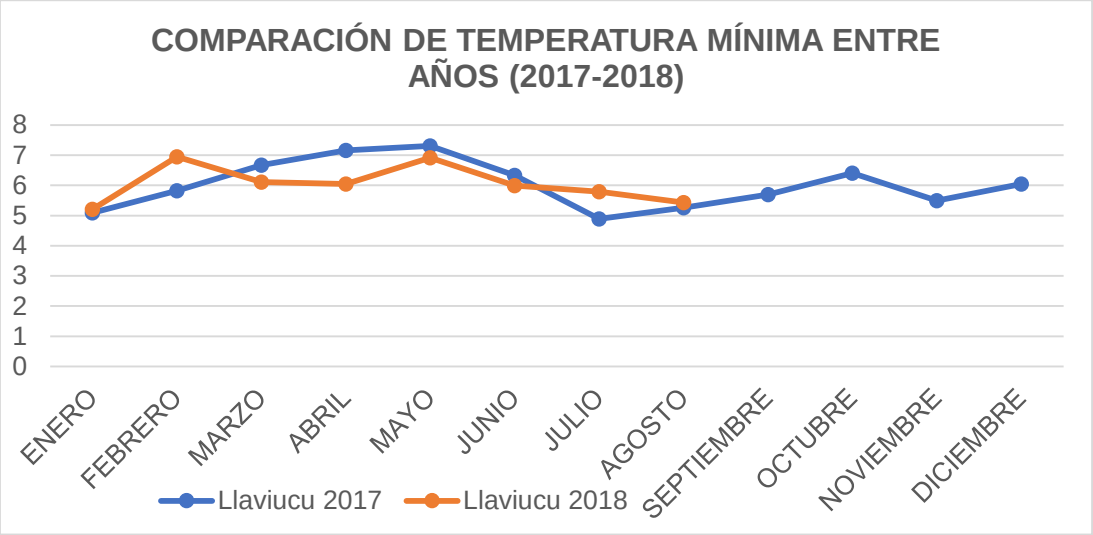
Anexo 37 Comparación de temperatura máxima entre años (2017-2018) en el bosque de Llaviucu.



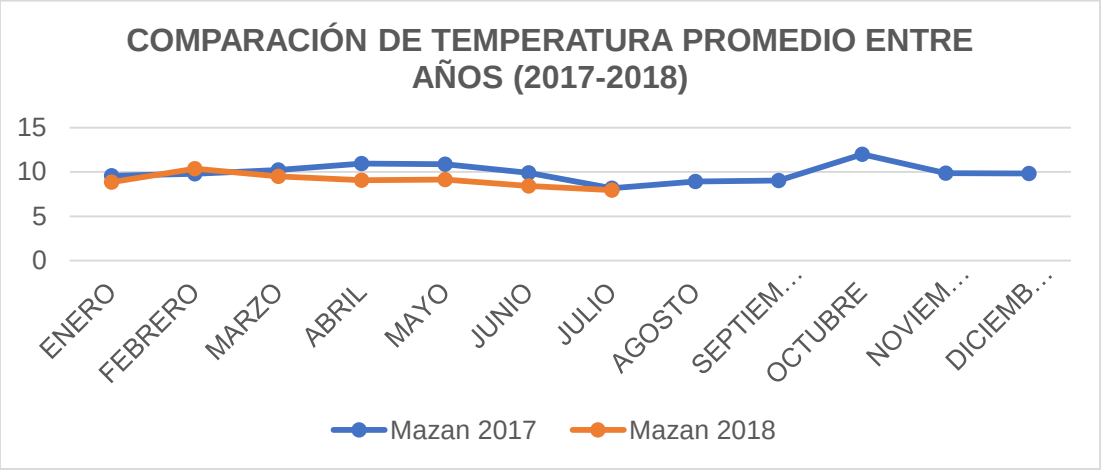
Anexo 38 Comparación de temperatura mínima entre años (2017-2018) en el bosque de Mazán.



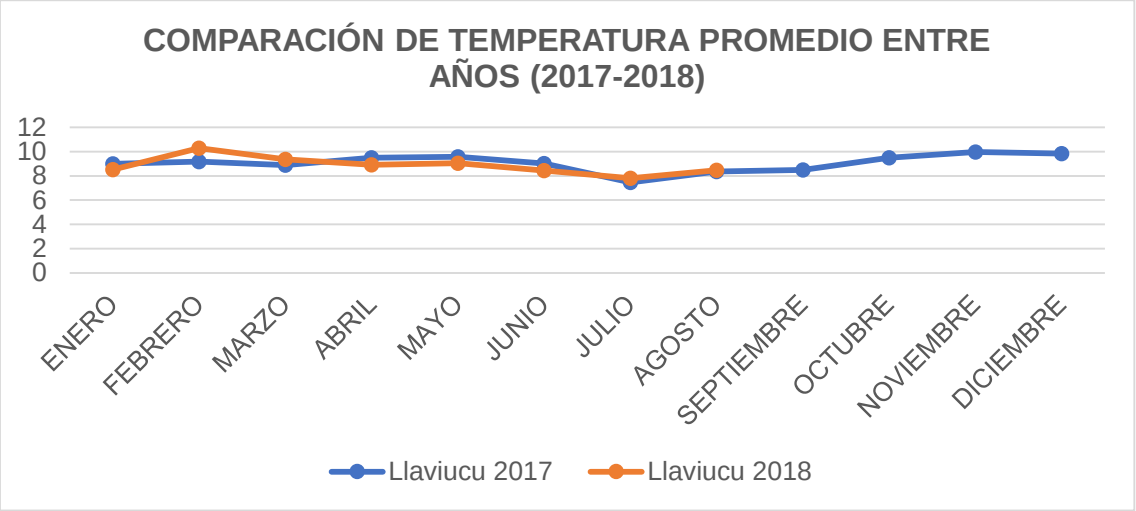
Anexo 39 Comparación de temperatura mínima entre años (2017-2018) en el bosque de Llaviucu.



Anexo 40 Comparación de temperatura promedio entre años (2017-2018) en el bosque de Mazán.



Anexo 41 Comparación de temperatura promedio entre años (2017-2018) en el bosque de Llaviucu.



La investigación determinó que las especies tuvieron un comportamiento similar con relación a la temperatura en ambos bosques, mostrando así este gráfico las coincidencias del comportamiento de las especies con respecto a los eventos fenológicos en los bosques estudiados.

Anexo 42 Comportamiento de las especies entre los bosques de Mazán y Llaviucu según su evento fenológicos y la relación con la temperatura.

		Bosque de Mazán y Bosque Llaviucu							
	Especie	Botón		Floración		Fruto verde		Fruto Maduro	
Temperatura		+	-	+	-	+	-	+	-
T_max	*H. luteynii*								
T_min	*H. luteynii*								
T_promedio	*H. luteynii*								
T_max	*M. rhopaloides*								
T_min	*M. rhopaloides*								
T_promedio	*M. rhopaloides*								
T_max	*O. heterochroma*								
T_min	*O. heterochroma*								
T_promedio	*O. heterochroma*								
T_max	*O. grandiflora*								
T_min	*O. grandiflora*								
T_promedio	*O. grandiflora*								

T_max	*V. stipularis*	
T_min	*V. stipularis*	
T_promedio	*V. stipularis*	
T_max	*W. fagaroides*	
T_min	*W. fagaroides*	
T_promedio	*W. fagaroides*	

Elaborado por: Correa, L., Vargas, B.

Temperatura máxima: Color verde

Temperatura mínima: Color azul

Temperatura promedio: Color tomate

Anexo 43 Comportamiento de las especies de sucesión avanzada en el bosque de Mazán y bosque de Llaviucu de acuerdo a su evento fenológico y su relación con la temperatura (máxima, mínima y promedio).

Especies de Sucesión avanzada bosque de Mazán

Temperatura	Especie	Botón		Floración		Fruto V.		Fruto M.	
		+	-	+	-	+	-	+	-
T_max	*H. luteynii*								
T_min	*H. luteynii*								
T_promed	*H. luteynii*								
T_max	*M. rhopaloides*								
T_min	*M. rhopaloides*								
T_promed	*M. rhopaloides*								
T_max	*O. heterochro*								
T_min	*O. heterochro*								
T_promed	*O. heterochro*								

Especies de Sucesión avanzada bosque de Llaviucu

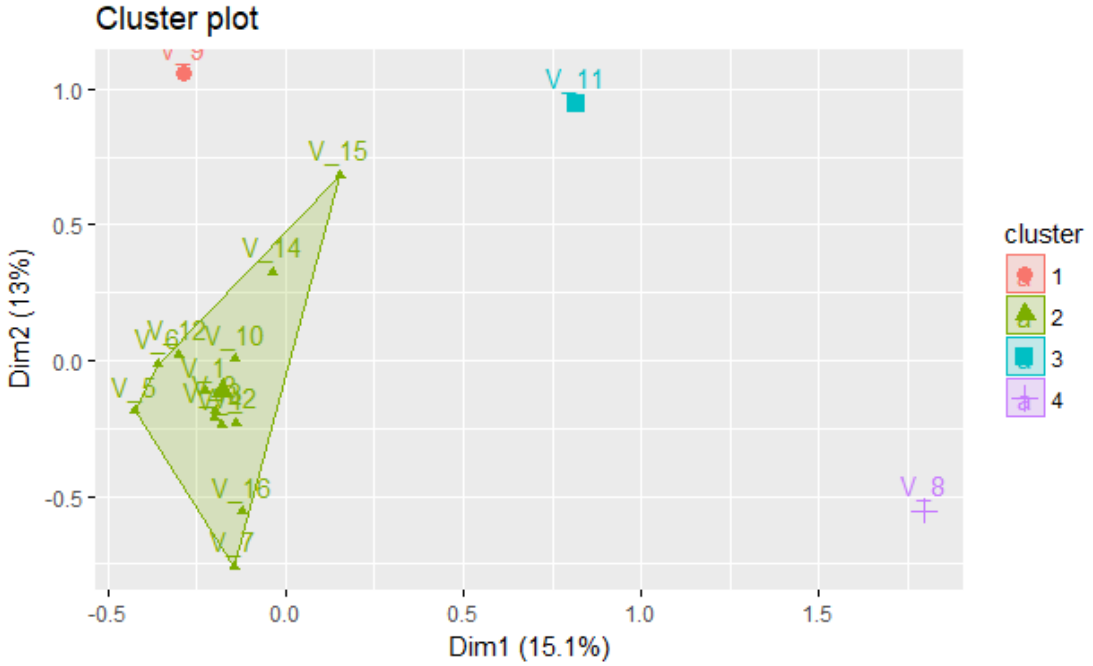
Temperatura	Especie	Botón		Floración		Fruto V.		Fruto M.	
		+	-	+	-	+	-	+	-
T_max	*H. luteynii*								
T_min	*H. luteynii*								
T_promed	*H. luteynii*								
T_max	*M. rhopaloides*								
T_min	*M. rhopaloides*								
T_promed	*M. rhopaloides*								
T_max	*O. heterochro*								
T_min	*O. heterochro*								
T_promed	*O. heterochro*								

Anexo 44 Comportamiento de las especies pioneras en el bosque de Mazán y bosque de Llaviucu de acuerdo a su evento fenológico y su relación con la temperatura (máxima, mínima y promedio).

Especies Pioneras bosque de Mazán

Temperatura	Especie	Botón +	Botón -	Floración +	Floración -	Fruto V. +	Fruto V. -	Fruto M. +	Fruto M. -
T_max	*O. grandiflora*								
T_min	*O. grandiflora*								
T_promed	*O. grandiflora*								
T_max	*V. stipularis*								
T_min	*V. stipularis*								
T_promed	*V. stipularis*								
T_max	*W. fagaroides*								
T_min	*W. fagaroides*								
T_promed	*W. fagaroides*								

Especies Pioneras bosque de Llaviucu

Temperatura	Especie	Botón +	Botón -	Floración +	Floración -	Fruto V. +	Fruto V. -	Fruto M. +	Fruto M. -
T_max	*O. grandiflora*								
T_min	*O. grandiflora*								
T_promed	*O. grandiflora*								
T_max	*V. stipularis*								
T_min	*V. stipularis*								
T_promed	*V. stipularis*								
T_max	*W. fagaroides*								
T_min	*W. fagaroides*								
T_promed	*W. fagaroides*								

Anexo 45 Clúster de la especie V. stipularis.