

**FENOLOGÍA DE LA MAJUA (*Vallea stipularis*),
PALO BLANCO (*Ilex uniflora*) Y CEDRILLO (*Ruagea hirsuta*),
EN UN BOSQUE ALTO ANDINO, VEREDA EL COFRE,
MUNICIPIO DE TOTORÓ, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



MIGUEL ANDRÉS MARTÍNEZ GALEANO

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN
2011**

**FENOLOGÍA DE LA MAJUA (*Vallea stipularis*),
PALO BLANCO (*Ilex uniflora*) Y CEDRILLO (*Ruagea hirsuta*),
EN UN BOSQUE ALTO ANDINO, VEREDA EL COFRE,
MUNICIPIO DE TOTORÓ, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



MIGUEL ANDRÉS MARTÍNEZ GALEANO

**Trabajo de grado en modalidad de investigación para optar al título de
Ingeniero Forestal**

**Director:
Diego Macías Pinto**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN
2011**

Nota de aceptación

Aprobado por los jurados en cumplimiento a los requisitos exigidos por la Universidad del Cauca para optar el título de Ingeniero Forestal.

DIEGO MACÍAS PINTO
Director

Ph. D. MARTHA ISABEL ALMANZA P
Jurado

Esp. GIOVANNI VARONA BALCÁZAR
Jurado

Popayán, agosto de 2011

AGRADECIMIENTOS

Agradezco este triunfo a Dios quien me bendijo con la vida y su amor.

A mi madre quien con sacrificio y dedicación me guía por el mejor camino;
A mi padre que desde el cielo me acompaña, quien con su educación me enseñó a luchar para que mis sueños se hagan realidad y estarás presente en mi corazón y en mis pensamientos.

A la Universidad del Cauca, programa de Ingeniería Forestal.

Al profesor Diego Macías Pinto por ser el director de mi trabajo de grado, por su apoyo, dedicación, confianza y paciencia que tuvo hacia mí para llegar al final de todo este proceso investigativo.

Al profesor Giovanni Varona por el acompañamiento, amistad y sabios consejos, a la Doctora Martha Almanza por su disposición y sugerencias para con este trabajo.

Al ingeniero Luis Jorge González por su valiosa colaboración en la adquisición de los datos climatológicos.

Al colega Edward por la elaboración del mapa cartográfico de la zona de estudio.

A mi compañero Héctor Muñoz por el acompañamiento en campo, quien me sugirió y aclaró las respuestas a las dudas encontradas durante este periodo de estudio.

...Gracias..!

DEDICATORIA

Dedico este triunfo de todo corazón a Dios todo poderoso por iluminar mi camino, a mi madre Luisa por su apoyo incondicional y constante, a mis hermanos Luis, Daniel y Harold por el respaldo y la confianza que me brindaron, a mis familiares quienes me dieron fortaleza, a mis amigos y compañeros y a todas aquellas personas que con su apoyo hicieron posible alcanzar esta meta.

RESUMEN

El trabajo muestra información sobre la fenología y desarrollo de las fenofases vegetativas (caída y brote de hojas) y reproductivas (floración y fructificación) las cuales se relacionaron con las variables climáticas precipitación, temperatura y humedad relativa en tres especies arbóreas *Vallea stipularis* (Elaeocarpaceae), *Ilex uniflora* (Aquifoliaceae) y *Ruagea hirsuta* (Meliaceae), consideradas maderables, que han sido explotadas continuamente por los pobladores de la región debido a la ampliación de la frontera agrícola y ganadera.

El trabajo de campo se realizó en la región alto andina localizada en la Vereda El Cofre, Municipio de Totoró, Departamento del Cauca, en un área de 4,96 hectáreas, entre octubre de 2009 y octubre de 2010. El objetivo fue identificar y describir los eventos fenológicos que presentó cada una de las especies y establecer un calendario fenológico sobre las épocas más probables de presentación de las fenofases vegetativas y reproductivas, información necesaria para el futuro establecimiento de planes acertados de manejo y conservación de estas especies. Se escogieron para cada una de las tres especies 11 individuos, de los cuales 10 individuos se tomaron para realizar las observaciones fenológicas quincenalmente y 1 individuo de cada especie se tomó como árbol muestra de donde se colectaron las muestras botánicas y se hizo el seguimiento respectivo de las etapas de desarrollo, teniendo en cuenta: su estado reproductivo (Fournier y Charpentier, 1978), su orden de aparición, la suficiente visibilidad de la copa para observar las fenofases y $DAP \geq 10$ cm. Los árboles fueron marcados con cinta de plástico y enumerados en forma ascendente (Morellato et al., 2000, Talora y Morellato, 2000) para así realizar el método de evaluación directa semi-cuantitativa y cuantitativa propuesta por Fournier (1974).

Las variables climáticas fueron suministradas por el IDEAM, de la estación climatológica instalada en el Municipio de Gabriel López, la más cercana al área de estudio. Los resultados obtenidos demuestran la influencia de las variables climáticas a pesar de que se vieron alteradas por el fenómeno de El Niño. *V. stipularis* presentó un hábito semi-decíduo con periodicidad sub-anual en las fenofases vegetativas y periódico supra-anual para las fenofases reproductivas, los valores máximos en manifestación de las fenofases tanto vegetativas como reproductivas se presentaron en época seca y húmeda. *R. hirsuta* e *I. uniflora* mostraron un patrón perenne en las fenofases vegetativas, presentando sus máximos en la época seca y húmeda, al igual que las fenofases reproductivas, encontrando hábitos continuo para *R. hirsuta* y periódico estacional con ciclos supra-anales (floración) y sub-anales (fructificación) para *I. uniflora*.

Palabras claves: fenología, fenofases, *I. uniflora*, *R. hirsuta*, *V. stipularis*.

ABSTRACT

This work shows information about phenology and development of the vegetative phenophases (loss and sprout of leaves) and the reproductive phenophases (flowering and fruiting), and its relationship with climate variations like precipitations, Temperature and relative humidity on three arboreal species: *Vallea stipularis* (Elaeocarpaceae), *Ilex uniflora* (Aquifoliaceae) and *Ruagea hirsuta* (Meliaceae), species regarded as timber-yielding trees and largely exploited by human activities taking into account expansion of agricultural and cattle-ranching frontiers.

The field work take place on High Andean forest in la vereda el cofre, municipality of Totoró, Cauca department, over an area of 5 hectares of forest between October 2009 and October 2010. The purpose was to identify and describe life cycles events showed by every species, to create a phenology planting schedule to determine periods of vegetative and reproductive phenophases. The collected information can support conservation management systems for maintaining these species.

It was necessary to choose 11 individuals for each species, 10 of which were analyzed to identify phenological events every two weeks, in the same way, 1 individual of each of 3 species were representative samples to collect botanical samples monitoring different stages of the process, taking into account its reproductive stage (Fournier and Charpantier 1978), its order of appearance, good visibility of the top of the tree, condition that allow the observation of phenophases and DAP > 10 CM. The trees were marked whit plastic tapes and enumerated in ascending order (Morellato et al. 2000, Talora and Morellato 2000) to accomplish quantitative and semi quantitative method suggested by Fournier (1974). Climate variations were obtained from the meteorological station of IDEAM in Gabriel Lopez. Results demonstrate influence of Climate variations affected by el niño-southern oscillation. *Vallea stipularis* showed semideciduos behavior occurring at intervals less than a year on vegetative phenophases, and appearing at intervals longer than a year on reproductive phenophases. Highest values in vegetative phenophases as well as reproductive phenophases were noticeable during dry and wet seasons. Both, *Ruagea hirsuta* and *Ilex uniflora* showed perennial traits in vegetative and reproductive phenophases, displaying its highest values during dry and wet seasons too, finding that *Ruagea hirsuta* presented phenological events throughout the year, while *Ilex uniflora* showed flowering events during seasonal periods longer than a year and fruiting events less than a year.

Key words: phenology, phenophases, *Vallea stipularis*, *Ilex uniflora*, *Ruagea hirsuta*.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. MARCO TEÓRICO	22
2. MATERIALES Y MÉTODOS	27
2.1 ÁREA DE ESTUDIO	27
2.2 MÉTODOS	29
2.2.1 Selección de la muestra	29
2.2.2 Métodos de muestreo y evaluación	29
2.2.2.1 Método de caminos	29
2.2.2.2 La metodología Semi-cuantitativa y cuantitativa (escala ordinal y de intervalo semi-cuantitativo)	30
2.2.3 Observaciones fenológicas	30
2.2.4 Variables climáticas	32
2.2.5 Análisis de los datos	32
3. RESULTADOS	36
3.1 VARIABLES CLIMÁTICAS	36
3.2 <i>Ilex uniflora</i> Benth	39
3.2.1 Descripción morfológica	39
3.2.2 Descripción ecológica	43
3.2.3 Características de los individuos de Palo blanco (<i>I.uniflora</i>)	44

seleccionados para el estudio fenológico	
3.2.4 Fases fenológicas del Palo blanco (<i>I. uniflora</i>)	45
3.2.4.1 Comportamiento de las fenofases vegetativas (caída y brote de hojas)	45
3.2.4.2 Comportamiento de las fenofases reproductivas (floración y fructificación)	47
3.2.4.3 Comportamiento de las etapas fenológicas en <i>I. uniflora</i> (botón floral, flora abierta, fruto verde y fruto maduro)	49
4.2.4.4 Frecuencia de las fenofases en <i>I. uniflora</i>	52
4.2.4.5 Duración	52
4.2.4.6 Calendario fenológico	53
4.3 <i>Ruagea hirsuta</i> (C. DC.) Harms	54
4.3.1 Descripción morfológica	54
4.3.2. Descripción ecológica	56
4.3.3 Características de los individuos del Cedrillo (<i>R. hirsuta</i>) seleccionados para el estudio fenológico	57
4.3.4 Fases fenológicas del Cedrillo (<i>R. hirsuta</i>)	57
4.3.4.1 Comportamiento de las fenofases vegetativas (caída y brote de hojas)	57
4.3.4.2 Comportamiento de las fenofases reproductivas (floración y fructificación)	59
4.3.4.3 Comportamiento de las etapas fenológicas en <i>R. hirsuta</i> (botón floral, flora abierta, fruto verde y fruto maduro)	61
4.3.4.4 Frecuencia de las fenofases en <i>R. hirsuta</i>	63
4.3.4.5 Duración	64
4.3.4.6 Calendario fenológico	65

4.4 <i>Vallea stipularis</i> L. f.	66
4.4.1 Descripción morfológica	66
4.4.2 Descripción ecológica	72
4.4.3 Características de los individuos de Majua (<i>V. stipularis</i>) seleccionados para el estudio fenológico	72
4.4.4 Fases fenológicas de Majua (<i>V. stipularis</i>)	73
4.4.4.1 Comportamiento de las fenofases vegetativas (caída y brote de hojas)	73
4.4.4.2 Comportamiento de las fenofases reproductivas (floración y fructificación)	75
4.4.4.3 Comportamiento de las etapas fenológicas en <i>V. stipularis</i> (botón floral, flora abierta, fruto verde y fruto maduro)	77
4.4.4.4 Frecuencia de las fenofases en <i>V. stipularis</i>	79
4.4.4.5 Duración	80
4.4.4.6 Calendario fenológico	81
5. ANALISIS ESTADISTICO	82
5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA <i>I. uniflora</i>	82
5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA <i>R. hirsuta</i>	84
5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA <i>V. stipularis</i>	86
6. DISCUSIÓN	90
6.1 CAÍDA DE LAS HOJAS	90
6.2 BROTE DE LAS HOJAS	91
6.3 FLORACIÓN	92
6.4 FRUCTIFICACIÓN	94

7. CONCLUSIONES	98
8. RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	102

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Variables climatológicas precipitación, temperatura y humedad relativa de la estación climatológica Gabriel López durante el periodo 2009-2010	38
Tabla 2. Característica de las etapas de floración en <i>I. uniflora</i> .	41
Tabla 3. Individuos de palo blanco (<i>I. uniflora</i>) seleccionados para el estudio fenológico	45
Tabla 4. Presencia y ausencia de las fenofases de palo blanco (<i>I. uniflora</i>)	45
Tabla 5. Valor promedio mensual de las fenofases brote y caída de hojas en <i>I. uniflora</i> según porcentaje de Fournier y valores de precipitación	47
Tabla 6. Valor promedio mensual de floración y fructificación en <i>I. uniflora</i> según porcentaje de Fournier y valores de precipitación	48
Tabla 7. Valor promedio mensual del botón floral, flor abierta, fruto verde y fruto maduro, en <i>I. uniflora</i> según porcentaje de Fournier y sus valores de precipitación	50
Tabla 8. Calendario fenológico de <i>I. uniflora</i> , octubre de 2009 - octubre de 2010	54
Tabla 9. Individuos de cedrillo (<i>R. hirsuta</i>) seleccionados para el estudio fenológico	57
Tabla 10. Presencia y ausencia de las fenofases fenológicas de cedrillo (<i>R. hirsuta</i>)	57
Tabla 11: Valor promedio mensual de brote de hojas y caída de hojas en <i>R. hirsuta</i> según porcentaje de Fournier y valores de precipitación	59
Tabla 12: Valor promedio mensual de floración y fructificación en <i>R. hirsuta</i> según porcentaje de Fournier y valores de precipitación	60
Tabla 13. Valor promedio mensual botón floral, flor abierta, fruto verde y maduro en <i>R. hirsuta</i> según porcentaje de Fournier y la precipitación	62
Tabla 14. Calendario fenológico de <i>R. hirsuta</i> , oct./ 2009 – oct./ 2010	65

Tabla 15. Características de desarrollo del los botones florales de <i>V. stipularis</i>	69
Tabla 16. Individuos de majua (<i>V. stipularis</i>) seleccionados para el estudio fenológico	72
Tabla 17. Presencia y ausencia de fenofases de Majua (<i>V. stipularis</i>)	73
Tabla 18. Valor promedio mensual de brote y caída de hojas en <i>V. stipularis</i> según porcentaje de Fournier y valores de precipitación	74
Tabla 19. Valor promedio mensual de floración y fructificación en <i>V. stipularis</i> según porcentaje de Fournier y valores de precipitación	76
Tabla 20. Valor promedio mensual del botón floral, flor abierta, fruto verde y maduro, en <i>V. stipularis</i> según porcentaje de Fournier y valores de precipitación	78
Tabla 21. Calendario fenológico de <i>V. stipularis</i> , oct./ 2009 – oct./ 2010	81
Tabla 22. Análisis de correlación de Pearson de las fenofases en <i>I. uniflora</i> Vs. Floración, fructificación, follaje, brote de hojas, caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio	82
Tabla 23. Análisis de correlación de Pearson de las etapas en <i>I. uniflora</i> Vs. Follaje, brote de hojas, caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio	83
Tabla 24. Análisis de correlación de Pearson de las fenofases en <i>R. hirsuta</i> Vs floración, fructificación, follaje, brote y caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio	84
Tabla 25. Análisis de correlación de Pearson de las etapas en <i>R. hirsuta</i> Vs. Follaje, brote y caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio	85
Tabla 26. Análisis de correlación de Pearson de las fenofases en <i>V. stipularis</i> Vs. Floración, fructificación, follaje, brote y caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio	86
Tabla 27. Análisis de correlación de Pearson de las etapas en <i>V. stipularis</i> Vs. Follaje, brote de hojas, caída de hojas y variables climáticas	88

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización geográfica del área de estudio, Finca Potrero del Rio-Vereda El Cofre-Municipio de Totoró-Departamento del Cauca	27
Figura 2. Zona de estudio: a y b) Panorámica de la Vereda El Cofre-Municipio de Totoró	28
Figura 3. Área de estudio: a, b) Panorámica del lugar donde se localizaron las especies	28
Figura 4. Comportamiento de las variables climatológicas precipitación, temperatura y humedad relativa correspondientes al periodo 2009 - 2010 para el año de estudio	36
Figura 5. Balance hídrico según el índice de Thornthwaite para octubre de 2009 a septiembre de 2010 correspondiente a la estación climatológica Gabriel López	37
Figura 6. Climograma de GAUSSEN para la zona de estudio durante el periodo de octubre de 2009 a septiembre de 2010	38
Figura 7. Arquitectura del árbol de <i>I. uniflora</i>	39
Figura 8. Ramas y hojas de <i>I. uniflora</i>	40
Figura 9. Etapas de floración de <i>I. uniflora</i> . a) Etapa 1; b) Etapa 2; c) Etapa 3	40
Figura 10. Fruto en <i>I. uniflora</i> . a) Fruto verde; b) Fruto maduro	41
Figura 11. Fruto de <i>I. uniflora</i> atacado por insectos a) Flor y fruto dañado mostrando agallas; b) Fruto joven externa e interna	42
Figura 12. Medición del fruto verde de <i>I. uniflora</i>	42
Figura 13. Tamaño del fruto maduro de <i>I. uniflora</i> . a) Desarrollo inicial de la madurez; b) Desarrollo final de la madurez; c) Tamaño de las semillas	43
Figura 14. Secuencia del desarrollo de las etapas reproductivas en <i>I. uniflora</i>	43

Figura 15. Plántulas de <i>I. uniflora</i> en proceso de regeneración	44
Figura 16. Desarrollo de la fenofase caída de hojas en <i>I. uniflora</i> relacionada con la temperatura media mensual y humedad relativa	46
Figura 17. Desarrollo fenofase brote de hojas en <i>I. uniflora</i> relacionada con la temperatura media mensual y la humedad relativa	47
Figura 18. Desarrollo fenofase floración en <i>I. uniflora</i>	48
Figura 19. Desarrollo de la fructificación en <i>I. uniflora</i> relacionada con la precipitación media mensual	49
Figura 20. Desarrollo de botón floral y flor abierta (antesis) en <i>I. uniflora</i>	50
Figura 21. Desarrollo de fruto verde y fruto maduro en <i>I. uniflora</i> relacionadas con la precipitación, temperatura media mensual y la humedad relativa	51
Figura 22. Frecuencia de las fenofases vegetativas en la población de <i>I. uniflora</i>	52
Figura 23. Frecuencia de las fenofases reproductivas en la población estudiada de <i>I. uniflora</i>	52
Figura 24. Dinámica de la floración y la fructificación de <i>I. uniflora</i> en días	53
Figura 25. Inflorescencia y botones florales de <i>R. hirsuta</i>	55
Figura 26. Tamaño de las flores de <i>R. hirsuta</i>	55
Figura 27. Etapa de fructificación en <i>R. hirsuta</i> . a) Fruto verde; b) Fruto considerado en inicio de madurez; c) Fruto maduro y dehiscente	56
Figura 28. Regeneración de <i>R. hirsuta</i> en el área de estudio	56
Figura 29. Desarrollo caída de hojas en <i>R. hirsuta</i>	58
Figura 30. Desarrollo brote de hojas en <i>R. hirsuta</i>	59
Figura 31. Desarrollo floración en <i>R. hirsuta</i>	60
Figura 32. Desarrollo fructificación en <i>R. hirsuta</i>	61
Figura 33. Desarrollo botón floral y flor abierta (antesis) en <i>R. hirsuta</i>	62
Figura 34. Desarrollo fruto verde y fruto maduro en <i>R. hirsuta</i> relacionadas	63

con la precipitación media mensual

Figura 35. Frecuencia de las fenofases vegetativas en la población estudiada de <i>R. hirsuta</i>	64
Figura 36. Frecuencia de las fenofases reproductivas en la población estudiada de <i>R. hirsuta</i>	64
Figura 37. Dinámica de la floración y la fructificación de <i>R. hirsuta</i> en días	64
Figura 38. Árbol de majua (<i>V. stipularis</i>). a) Arquitectura del árbol. b) Copa y ramas	66
Figura 39. Caída de hojas en <i>V. stipularis</i> , cambio de coloración en las hojas antes de caer del árbol	67
Figura 40. Brote de hojas en <i>V. stipularis</i> . a, b) Yema axilar; c, d) Brote de las hojas; e) Coloración de la copa con hojas nuevas; f) Copa con hojas en estado maduro	67
Figura 41. Inflorescencia de <i>V. stipularis</i> . a), b) Tamaño del botón floral (largo X ancho)	68
Figura 42. Tamaño de la flor de <i>V. stipularis</i>	68
Figura 43. Inflorescencia y etapas de desarrollo del botón floral de <i>V. stipularis</i> . a, b) Etapas 1 y 2; c, d) Etapas 3; e, f) Antesis floral; g, h) Pétalos, estambres y estigma	68
Figura 44. Floración de la especie <i>V. stipularis</i>	69
Figura 45. Desarrollo de las etapas de fructificación de <i>V. stipularis</i> . a, b, c, d) Fruto verde; e) Fruto aún considerado en estado inmaduro; f, g) Fruto maduro; h, i) Dehiscencia y estructura interna del fruto, semilla con arilo	70
Figura 46. Fruto de <i>V. stipularis</i> . a) Fruto maduro; b) Dehiscencia del fruto	71
Figura 47. Semilla de <i>V. stipularis</i> . a) Semilla con arilo; b) Tamaño de la semilla	71
Figura 48. Secuencia del desarrollo de las etapas reproductivas en <i>V. stipularis</i>	71
Figura 49. Regeneración y botones florales encontrados en la zona de estudio de <i>V. stipularis</i> .	72

Figura 50. Desarrollo caída de hojas en <i>V. stipularis</i>	74
Figura 51. Desarrollo de brote de hojas en <i>V. stipularis</i> relacionada con la precipitación media mensual	75
Figura 52. Desarrollo de floración en <i>V. stipularis</i> relacionada con la precipitación, temperatura media mensual y la humedad relativa	76
Figura 53. Desarrollo de la fenofase fructificación en <i>V. stipularis</i>	77
Figura 54. Desarrollo del botón floral y flor abierta (antesis) en <i>V. stipularis</i> relacionadas con la precipitación, temperatura media mensual y humedad relativa	78
Figura 55. Desarrollo de fruto verde y maduro en <i>V. stipularis</i>	79
Figura 56. Frecuencia de fenofases vegetativas en la población estudiada de <i>V. stipularis</i>	80
Figura 57. Frecuencia de fenofases reproductivas en la población estudiada de <i>V. stipularis</i>	80
Figura 58. Dinámica de la floración y la fructificación de <i>V. stipularis</i> en días	80
Figura 59. Grado dispersión de la floración, fructificación, caída de hojas y brote de hojas con su correlación respectiva para <i>I. uniflora</i>	83
Figura 60. Grado dispersión de las etapas de la floración y fructificación con su correlación respectiva para <i>I. uniflora</i>	84
Figura 61. Grado dispersión de la floración, caída de hojas y brote de hojas con su correlación respectiva durante para <i>R. hirsuta</i>	85
Figura 62. Grado dispersión de las etapas de la floración y fructificación con su correlación respectiva para <i>R. hirsuta</i>	86
Figura 63. Grado de dispersión de las fenofases de floración, fructificación, caída de hojas y brote de hojas con su correlación respectiva para <i>V. stipularis</i>	87
Figura 64. Grado de dispersión para las etapas de floración, fructificación con su correlación respectiva para <i>V. stipularis</i>	89

ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Formato para registros fenológicos.	107

INTRODUCCIÓN

A escala global el cambio climático es la principal amenaza para los ecosistemas montañosos de todo el mundo, el desconocimiento de los mecanismos asociados con la morfología de los bosques de niebla y la fenología de sus especies, hace difícil predecir los impactos concretos que el cambio climático tendrá sobre estos ecosistemas alrededor del planeta (IDEAM, 2007).

Se han realizado muchos estudios fenológicos en el mundo, la mayoría de ellos en la región neotropical donde los científicos han tratado de descubrir alguna relación entre los eventos fenológicos y la diversidad de los ecosistemas. Numerosos estudios de fenología se han enfocado solo en unas cuantas especies o en áreas seleccionadas y generalmente se relacionan con factores y eventos climáticos. Los investigadores han encontrado diversos patrones y relaciones con el clima en las localidades donde ocurren, con respecto a la producción de nuevas hojas, flores y frutos, especialmente relacionados con la disponibilidad de agua en el suelo, determinado por la precipitación, temperatura y humedad ambiental.

El propósito de la fenología es estudiar la frecuencia de los eventos biológicos repetitivos y su relación con otros factores bióticos y abióticos. Ha sido considerada esencial para el entendimiento de la dinámica, ecología y evolución de la diversidad de las plantas y vegetación en zonas tanto tropicales como templadas (Fournier y Charpantier, 1978). Desde este punto de vista, la fenología podría proporcionar valiosos conocimientos sobre su comportamiento, las cuales pueden ser aplicadas en acciones de conservación y manejo forestal.

Los bosques alto andinos a pesar de ser considerados “ecosistemas estratégicos” por su biodiversidad, en Colombia solo un 5% de ellos permanecen intactos, siendo el resto fuertemente intervenidos por actividades humanas y en ocasiones, reemplazados por plantaciones forestales o por sistemas agropecuarios, principalmente debido a factores de tenencia de tierra (minifundio en constante expansión), incendios forestales en estas coberturas con el fin de ofrecer pastos al ganado en épocas de sequía, tala selectiva para la obtención de combustible de hornillas caseras, fabricación de carbón vegetal y tala de bosques para el aumento del cultivo de papa. Estos cultivos y el pastoreo extensivo de ganado ovino, bovino y caprino, se encuentran entre los principales usos dados a la tierra; sin embargo, la franja alto andina presenta una zona de transición entre el bosque andino y la región de páramo considerada como la zona con altos niveles de endemismo vegetal, con una riqueza específica superior a la del páramo propiamente dicho por poseer vegetación proveniente de ambos ecosistemas así como vegetación restringida a esta franja de ecotonía (Patiño, 2007).

En el bosque alto andino del Municipio de Totoró (Cauca), cuyo relieve corresponde a la cordillera central, se observa que los problemas más graves que enfrentan los ecosistemas en particular el área de estudio son la deforestación, el ascenso del límite de la agricultura, el pastoreo y las quemadas. Este sistema conserva poblaciones vegetales y animales representativas de los ecosistemas de alta montaña y es estratégico desde el punto de vista de la oferta ambiental por poseer una gran red hídrica, proporcionando el agua que satisface las necesidades básicas de los habitantes de las zonas aledañas a ella.

Entre las especies presentes en el bosque alto andino de la Vereda El Cofre, Municipio de Totoró, Departamento del Cauca, se encuentran *Vallea stipularis* (Majua), *Ilex uniflora* (Palo Blanco) y *Ruagea hirsuta* (Cedrillo), a las cuales se les está dando un manejo inadecuado en cuanto a su temprano aprovechamiento como especies maderables por parte de los habitantes de esta zona, de ellas no existen referencias de investigación fenológica, tan solo el registro de Mahecha (2004), para *Vallea stipularis* pero sólo con registros de floración generados a partir de información de la comunidad; por lo tanto se hizo necesario el conocimiento de la variación estacional de las especies mencionadas y la relación que ellas establecen en su entorno.

Por esta razón se realizó un estudio de los eventos fenológicos de cada una de las especies indicadas con el fin de ahondar sobre el conocimiento de los patrones fenológicos de las especies arbóreas en los ecosistemas naturales y obtener información sobre el establecimiento y dinámica de las especies, el periodo de crecimiento vegetativo, periodo reproductivo (floración y fructificación), disposición de recursos para los polinizadores y dispersores, también para los estudios sobre biodiversidad, productividad y organización de las comunidades; todo este conocimiento sirve para la planificación y establecimiento de programas de conservación de recursos genéticos, manejo forestal y de áreas silvestres (Mooney et al., 1980; Morellato, 1995; Camacho y Orozco, 1998). Además de lo anterior, existe un escaso conocimiento de la periodicidad de los fenómenos biológicos en árboles maderables que se encuentran en el bosque alto andino y más aún para éstas especies del Cauca, siendo éste uno de los escollos principales para adelantar procesos de reforestación, que permitan reconstruir las masas boscosas venidas a menos por la intervención antrópica.

Con el objeto de contribuir al conocimiento de la fenología de las especies maderables y en especial de las que en el momento se encuentran explotadas continuamente por los pobladores de la región, se realizó el estudio fenológico de *Vallea stipularis* (Majua), *Ilex uniflora* (Palo Blanco) y *Ruagea hirsuta* (Cedrillo) presentes en un bosque alto andino en la vereda El Cofre, municipio de Totoró, en donde se correlacionaron las épocas de floración, fructificación, caída y brote de

hojas con los datos obtenidos de precipitación para el periodo de estudio comprendido entre octubre de 2009 – octubre de 2010, para poder describir los eventos y realizar los calendarios fenológicos de cada una de las especies.

1. MARCO TEÓRICO

Los bosques alto andinos se consideran una zona de transición entre el bosque subandino y la región paramuna (Rangel, 2000), donde existe una mayor diversidad y altos niveles de endemismo vegetal, se extienden aproximadamente entre los 2100 y 3800 msnm y los límites corresponden específicamente a temperaturas medias anuales (inferiores a los 8 ó 9°C), los ecosistemas alto andinos pueden llegar más alto en condiciones de mayor precipitación. También la alta y continua humedad del aire, o lo que se denomina como “nublado”, podría ejercer cierta influencia en este fenómeno (Cuatrecasas, 1958).

Según Morales y Van der Hammen (2007), existe una equivalencia altitudinal de bosque alto andino y sub páramo. La coexistencia de estos dos ecosistemas puede deberse a factores naturales, como condiciones climáticas más extremas en partes altas o expuestas a cerros y montañas, ya sea vientos fuertes, temperaturas menores y quemas naturales o factores antropógenos como la extensión de los potreros para ganadería y sus quemas frecuentes o ampliación de los cultivos de papa con su “paramización” asociada. En muchos casos, es difícil definir las reales causas de estos cambios y establecer con precisión el límite altitudinal original entre el bosque y el páramo.

Según Rangel (2000), el Municipio de Totoró se encuentra dentro del Complejo Guanacas – Puracé – Coconucos, en la cordillera central, siendo el más extenso y elevado entre los del Macizo Colombiano (72.350 has). Es el tercer complejo en términos de riqueza de ecosistemas naturales, con cerca del 13% de su extensión presenta severos niveles de alteración antrópica, este territorio se caracteriza por poseer un clima predominantemente húmedo, que se transforma en pluvial en la vertiente oriental. Los bosques alto andinos se localizan en la esquina sureste del complejo, alcanzando incluso los 3.550msnm (Morales y Van der Hammen, 2007).

Las especies forestales nativas de la zona alto andina, son sin ninguna duda de mucha importancia dentro de las comunidades rurales, de ellas se obtienen importantes productos maderables y no maderables (frutos, medicinas, tintes, etc.), además se utilizan en sistemas agroforestales y en obras mecánicas de conservación de suelos, tales como las terrazas de formación lenta y las zanjas de infiltración; en ambas prácticas los resultados son satisfactorios, la presencia del componente forestal protege al cultivo de los fríos y fuertes vientos, aumenta la temperatura generando un microclima dentro del sistema, provee de sombra ante la radiación solar intensa, actúa como verdadera red de retención de suelo mejorando así las condiciones y reciclaje de los nutrientes del mismo, fija carbono

y protege las cabeceras de cuencas; en general incrementa ventajas ambientales, sociales y económicas en el conjunto de la sociedad.

Pese a ello, en grandes áreas de la zona alto andina las especies forestales nativas no forman parte del paisaje, en muchos casos sólo encontramos pequeños relictos y rodales dispersos de especies que se encuentran en vías de extinción y que siguen siendo fuertemente presionados por la gran necesidad especialmente de madera y leña que demandan las comunidades alto andinas.

Las familias ELAEOCARPACEAE, AQUIFOLIACEAE y MELIACEAE, son un componente importante de la vegetación alto andina, los pobladores de ésta zona las consideran dentro de las familias más representativas de éste ecosistema, sus especies se caracterizan por ser árboles de gran porte y dominancia; la mayoría tienen uso maderable por ser consideradas de calidad media y de muy buena resistencia (Mahecha et al., 2004).

La actividad de extracción de madera observada en éste fragmento de bosque se hace de manera selectiva sin que se de una clara acción de conservación. Esto ha provocado una disminución en sus poblaciones arbóreas, sin que antes se hayan realizado estudios sobre la biología de las especies que allí habitan, para entender su comportamiento en estos ecosistemas vegetales y establecer lineamientos de gestión y uso de los mismos.

El estudio del ciclo reproductivo y vegetativo de las especies vegetales, también llamado fenología se propuso por primera vez en 1853 por el botánico belga Charles Morren (Alencar et al., 1979), sin embargo a quien se le considera como el padre de la moderna fenología de plantas es al sueco Carl von Linée, en su obra *Philosophia Botánica*, quien delineó los métodos para registrar 'calendarios anuales de plantas' con respecto a la aparición y caída de hojas, floración y presencia de frutos, ligados a observaciones climatológicas (Espinosa, 2005).

El termino fenología se deriva de los vocablos griegos "phaino" (aparecer o mostrar) y 'logos' (estudio o tratado) y se define como el estudio de las fases o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y su variación temporal a lo largo del año, con respecto a factores abióticos y bióticos.

La importancia científica y tecnológica del conocimiento fenológico en plantas tropicales se referencia en los aportes de: Fournier, 1969, 1974, 1976, 1986; Daubenmire, 1972; Frankie et al., 1974, 1976; Opler, 1976; Borchert, 1980; Reich

y Borchert, 1982; Newstrom y Frankie, 1994; Williams – Linera y Meave, 2002; Agudelo y Gómez, 2001; Pino, y Mosquera, 2004; Dos Santos y Takaki, 2005; Ochoa, 2008; Ospina, 2009; Muñoz, 2011, quienes han realizado sus estudios en estos ecosistemas.

Los resultados de los estudios fenológicos ayudan al entendimiento de los patrones reproductivos y vegetativos de las plantas y animales que dependen de ellos (Morellato, 1995), de la disponibilidad de recursos para polinizadores y dispersores, así como una mejor comprensión de las cadenas alimenticias disponibles para la fauna (Fournier, 1976; Frankie et al., 1974; Morellato y Leitao Filho, 1990; Morellato, 1991).

Se ha considerado que la fenología de las plantas puede ser influenciada por factores próximos y factores finales, entre los próximos se incluyen la precipitación (Opler et al., 1976), estrés hídrico (Borchert, 1984), irradiación solar (Wright y Van Schaik, 1994) y fotoperiodo (Borchert y Rivera, 2002). Los factores finales (interacciones bióticas), incluyen la reproducción cruzada entre individuos y abundancia de polinizadores (Augspurger 1996), dispersores (Snow 1965) y predadores de semillas (Janzen, 1971).

La adaptación al periodo de producción de semillas puede estar relacionada a la actividades de los polinizadores y dispersores y al desenvolvimiento del fruto y de la semilla, al comportamiento de los predadores de semillas y a las necesidades específicas para germinación (Janzen, 1976).

Williams y Meave (2002), sugieren que el afán por encontrar explicación a los procesos fenológicos conllevó a establecer la relación con la estacionalidad climática. Hoy en día, el objetivo central de los estudios fenológicos es relacionar las mudanzas de los patrones fenológicos con los factores de luminosidad, temperatura y precipitación y cómo estos factores pueden influenciar el desarrollo de las plantas (Locatelli, 2003).

La relación de éstos factores se evidencia cuando en algunas especies una máxima caída de hojas se asocia al incremento de la precipitación o por el contrario ésta situación ocurre durante los meses de menor precipitación; así como en los periodos de fuertes lluvias, la actividad fenológica es poca y que el incremento en las fenofases aparece al final de la época seca después de las variaciones en el follaje. Hay especies que brotan hojas nuevas antes de que caigan las viejas, sin dejar sus copas desprovista de ellas, sucediendo esto

durante la época de lluvia, por lo que la caída del follaje puede favorecer a la floración, así como es posible que también la fructificación (Gómez, 2010).

El sincronismo del brotamiento ha sido relacionado a varios factores como las mudanzas por la disponibilidad de agua y luz (Lieberman y Lieberman. 1984; Reich, 1995) e igualmente con las fluctuaciones de las poblaciones de herbívoros (Aide, 1993; Angulo-Sandoval y Aide. 2000).

Los eventos fenológicos reproductivos estacionales y la sincronización pueden representar ventajas adaptativas para muchas especies tropicales, ya que algunas inician la producción de flores estimuladas por la variación estacional y la irradiación solar (Wright y Van Schaik, 1994) y abren sus frutos al finalizar la estación seca e inicio de la estación lluviosa, para reducir la mortalidad de las plántulas (Frankie et al., 1974; Van Schaik et al., 1993). La sincronización de la floración favorece la atracción de los polinizadores facilitando el flujo de polen y la reproducción cruzada (Gómez, 1993); de la misma manera, la producción sincronizada de frutos puede saciar a los predadores de semillas (Janzen, 1971) y ser más atractivo para los frugívoros, necesarios para la dispersión de semillas.

El tiempo, duración y grado de sincronía de varias fases fenológicas tiene implicación sobre la cantidad y calidad del recurso disponible para organismos consumidores (polinizadores, dispersores y predadores) y la influencia de la estructura funcional y regeneración de comunidades (Williams y Meave, 2002). El despliegue floral, por lo tanto, determina en primera instancia, la probabilidad de que un polinizador visite una flor, es decir a mayor número de flores, mayor es el número de visitas a la planta (Rodríguez et al., 1992; Robertson y Macnair, 1995; Brody y Mitchell, 1997).

Los insectos, en especial las abejas, constituyen uno de los principales grupos de polinizadores, desempeñando una actividad fundamental para las comunidades de árboles, pues son responsables en parte del flujo genético entre individuos y poblaciones adyacentes así como para el entendimiento de la distribución y renovación de los ecosistemas (Faegri y Pijl, 1979; Baker, 1983; Gottsberger 1989 y Bawa 1990). Sin embargo, debido al clima drástico de los bosques alto andinos, los visitantes no pueden volar todo el tiempo y por lo tanto, son una limitante para las plantas. Esto también significa que las abejas y otros visitantes, están limitados a ciertos periodos favorables del día para conseguir alimento y reproducirse (González et al., 2005).

A pesar de las numerosas investigaciones realizadas en el campo de la fenología y ciclos de vida de las especies tropicales, no existe conocimiento sobre su comportamiento vegetativo de las especies *Vallea stipularis* (Majua), *Ilex uniflora* (Palo Blanco) y *Ruagea hirsuta* (Cedrillo) en el Departamento del Cauca.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio fenológico se realizó en la Finca Potrero de Rio, vereda El Cofre, Municipio de Totoró, en un área de 4,96 hectáreas, localizada a una altura entre 3000 y 3300 msnm, los individuos allí estudiados están ubicados entre 3076 y 3196 msnm, ésta zona de estudio está situada entre 2°31'29.4" de latitud norte y 76° 20'46.7" longitud oeste (figura 1). La mayor parte de su territorio es montañoso y su relieve corresponde a la cordillera central, cuenca alta del Rio Cauca. La vereda El Cofre-Finca Potrero del Rio se caracteriza por tener un relieve quebrado, que en algunos sitios llega a ser suavemente ondulado; las pendientes son rectas a ligeramente convexas, medias y largas, de 25-50-75%. Los suelos se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas, tienen buen drenaje natural, con fuerte escurrimiento superficial. La erosión es ampliamente variable, desde ligera a severa, evidenciada por fenómenos de reptación (pata de vaca), soliflucción, nichos de deslizamientos y sobrepastoreo (figura 2 y 3).

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio, Finca Potrero del Rio-Vereda El Cofre-Municipio de Totoró-Departamento del Cauca.

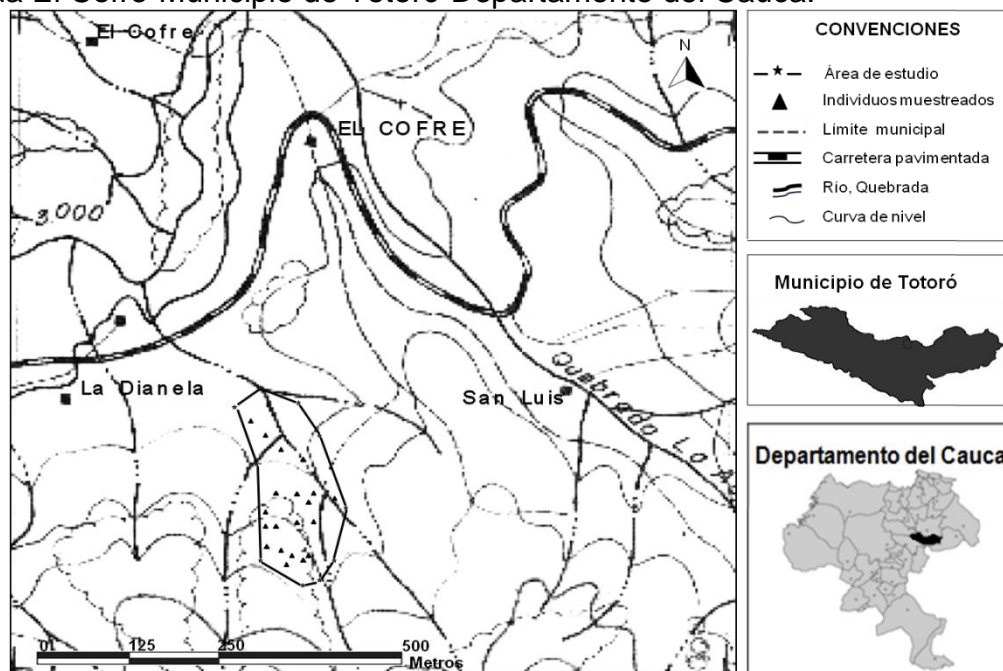


Figura 2. Zona de estudio: a y b) Panorámica de la Vereda El Cofre-Municipio de Totoró.

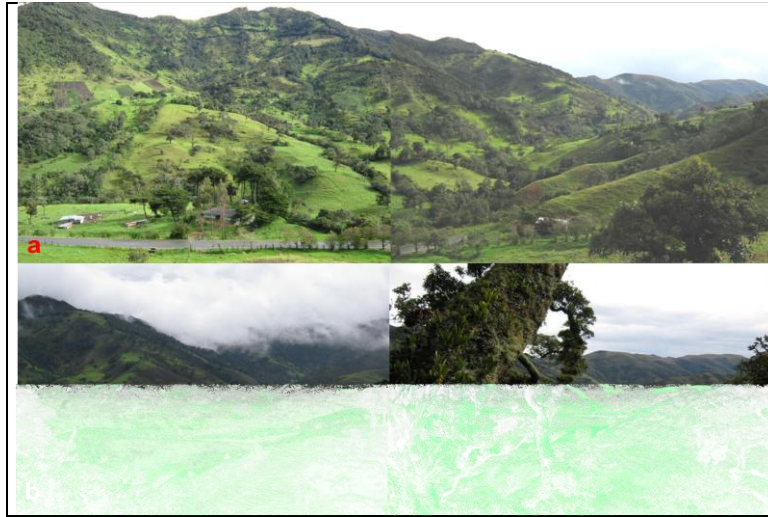


Figura 3. Área de estudio: a, b) Panorámica del lugar donde se localizaron las especies.



De acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge (1978), el clima del área de estudio hace parte del piso bioclimático alto andino (clima muy frío), correspondiente a la zona de vida de bosque muy húmedo montano (bmh-M) y temperatura promedio anual de 13°C (Esquema de Ordenamiento Territorial, Totoró, 2002). Según Espinal y Montenegro (1977), los límites climáticos generales para ésta zona son precipitaciones con promedio anual entre 1000-2000 mm y temperatura media entre 12°-18°C.

El área de estudio corresponde, según Rangel (2000) citado en POMA (2003), y Morales y Van der Hammen (2007), a bosque alto andino por poseer una vegetación muy variada y la mayor parte de las veces es muy difícil diferenciarla en franjas altitudinales, ya que, debido a la fuerte intervención antrópica de la región la flora responde a condiciones medio ambientales muy locales que generan una mezcla de diferentes tipos de vegetación.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Selección de la muestra. Fueron estudiadas tres especies: *Vallea stipularis*, *Ilex uniflora* y *Ruagea hirsuta*, después de hacer un reconocimiento del área se realizó la búsqueda de los individuos los cuales se encontraron en zona de potrero y dentro del bosque, se escogieron 10 individuos para realizar las observaciones fenológicas correspondientes, teniendo en cuenta su estado reproductivo (Fournier y Charpantier, 1978). Los árboles se ubicaron según su orden de aparición teniendo en cuenta: a) la suficiente visibilidad de la copa para observar las fenofases, b) el diámetro a la altura del pecho ≥ 10 cm, e igualmente los árboles fueron marcados con cinta de plástico y enumerados en forma ascendente (Morellato et al., 2000, Talora y Morellato, 2000). Cada individuo fue georeferenciado tomando los datos de altitud mediante el uso de GPS GARMIN eTrex, DAP y altura mediante cinta diamétrica y clinómetro SUUNTO PM-5 360 PC respectivamente (Anexo A).

El muestreo y la evaluación utilizados en el presente estudio se desarrollaron de acuerdo al método de caminos y siguiendo el método de evaluación directa semi-cuantitativa y cuantitativa (Escala ordinal y de intervalo semi-cuantitativo) (D'Eça-Neves y Morellato, 2004). No se tuvo en cuenta para el presente estudio las distancias entre individuos como lo plantean Bullock y Solís-Magallanes (1990), debido a las condiciones del terreno y porque algunos de los individuos se encontraban muy distantes entre sí. De un individuo de cada especie, se colectaron muestras botánicas para su posterior estudio morfológico en laboratorio y para registro en el Herbario de la Universidad del Cauca (CAUP).

2.2.2 Métodos de muestreo y evaluación. Para el presente estudio y de acuerdo a Fleming y Williams (1990), Morellato y Leitão Filho (1990), se tomó la siguiente metodología para el muestreo:

2.2.2.1 Método de caminos. Los caminos suelen ser pre-existente, demarcados, sin un conjunto sistemático, alcanzando distancias generalmente mayores que los

transectos. Los individuos de la muestra se toman a lo largo del camino, a distancias e intervalos predefinidos o al azar.

La evaluación de los datos se realizó teniendo en cuenta lo propuesto por D'Eça-Neves y Morellato (2004), utilizando métodos directos para evaluar la fenología través de la observación directa de los individuos y el uso de una escala semicuantitativa de medición. Dentro de los métodos directos se tomaron:

2.2.2.2 La metodología semi-cuantitativa y cuantitativa (escala ordinal y de intervalo semi-cuantitativo). Se utilizó para calcular la intensidad de las fenofases (la presencia o ausencia, permite estimar la sincronía entre los individuos). Para cuantificar la intensidad de cada fenofase en cada individuo se usó la escala semi-cuantitativa de 0 – 4, así:

0 = Ausencia de la fenofase.

1 = Presencia de la fenofase con magnitud entre 1 – 25%

2 = Presencia de la fenofase con magnitud entre 26 – 50%

3 = Presencia de la fenofase con magnitud entre 51 – 75%

4 = Presencia de la fenofase con magnitud entre 76 – 100%

2.2.3 Observaciones fenológicas. El periodo de observación fue de octubre de 2009 a octubre de 2010. Las observaciones fenológicas fueron realizadas quincenalmente porque esta frecuencia proporciona una precisión razonable en los árboles tropicales, con independencia del tamaño de la muestra (Hudson, 2010). En cada salida se tomaron datos de la intensidad de cada fenofase según lo propuesto por Fournier (1974). Se emplearon binoculares VANGUARD 8x21 mm para facilitar la observación y enfocar claramente las copas de los árboles a corta y larga distancia al igual que una cámara fotográfica con lente súper-macro para los respectivos registros.

Las fenofases fueron definidas según Bencke y Morellato (2002) como:

Floración: periodo en que los árboles presentan las flores en anthesis (flores abiertas).

Fructificación: periodo en que los frutos están maduros y pronto para ser dispersados.

Brote de hojas: periodo que se inicia con un surgimiento de pequeñas hojas.

Caída de hojas: periodo en que las hojas cambian de color y caen con facilidad, ocasionando espacios vacios en la copa o en las ramas.

Reposo: estado de la planta en el cual no se identifican cambios aparentes en las especies observadas.

Igualmente para las tres especies estudiadas fue adoptada la metodología propuesta por Fournier y Charpantier (1978), en donde se consideró como etapas de las fases reproductivas: botón y flor abierta; fruto verde y fruto maduro, definidas por Dos Santos y Takaki (2005), así:

Botón: periodo que se inicia cuando en la región apical de las ramas aparecen yemas reproductivas y termina cuando las flores inician la abertura (antesis).

Flor abierta: periodo en que los árboles presentan flores en antesis.

Fruto verde: inicia cuando es posible visualizar los frutículos después de la fecundación de las flores y termina con la apertura espontanea de los frutos.

Fruto maduro: inicia con la abertura de los frutos y termina con a la dispersión de las semillas.

Se aplicaron algunos criterios utilizados para cada fenofase propuesto por Morellato y Leitao-Filho (1992), para definir:

Periodicidad: repetición y regularidad de los ciclos fenológicos.

Frecuencia: número de ciclos por unidad de tiempo, se expresa en fracciones o múltiplos del año en la fenología de las plantas: sub-anual = más de un ciclo por año; anual = un ciclo por año y supra-anual = menos de un ciclo por año.

Se calculó realizando una sumatoria de los porcentajes de intensidad por cada individuo durante cada uno de los meses y observando el número de repeticiones de las fenofases durante el año de estudio.

Duración: periodo de tiempo que un individuo permaneció en una fenofase dada.

Época: periodo del calendario, día, mes o estación el año cuando el evento ocurre.

Amplitud: intensidad de expresión de una fenofase o cantidad de actividad (como número de flores en un árbol, número de individuos en flor de una población o número de especies en una comunidad).

Sincronía: ocurrencia simultánea de la misma fenofase en la mayoría o en todas las unidades de estudio consideradas (todos los individuos de la misma especie en flor).

Las fenofases vegetativas para la especie *Vallea stipularis* se analizaron utilizando los sistemas de clasificación propuestos por Morellato (1991), Bencke y Morellato (2002): decidua (hojas caducas), semidecidua ó perenifolia (hojas perennes).

Para *Ruagea hirsuta* e *Ilex uniflora* las fenofases vegetativas se analizaron teniendo en cuenta el sistema de clasificación propuesto por Engel (2001), en especies: deciduas (hoja caduca), intercambiadoras de hojas o brevideciduas o especies siempre-verdes (hoja perenne).

De igual forma para *Vallea stipularis*, *Ruagea hirsuta* e *Ilex uniflora* fueron interpretadas las estrategias de floración y fructificación de acuerdo al sistema de clasificación de Morellato (1991): continuo, periódica, subdividida en: episódica sub-anual, rítmica anual ó larga; y supra-anual.

3.2.4 Variables climáticas. Se tuvo en cuenta los promedios mensuales de las variables climáticas temperatura, precipitación y humedad relativa presentados entre octubre de 2009 a octubre de 2010 para la zona de estudio, los datos fueron proporcionados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), de la estación Gabriel López, por ser la estación más cercana a la zona de estudio.

A partir de las variables precipitación y temperatura se estimó la época seca y la época húmeda para el año de estudio de acuerdo al climograma de Gaussen y mediante el método de Thornthwaite (balance hídrico) (González, 2004) y así establecer las correlaciones con los parámetros biológicos.

2.2.5 Análisis de los datos. Los datos fueron consignados y organizados en Excel para luego ser tratados mediante los programas MINITAB 15 versión en español donde se relacionaron la variable precipitación, tiempo y porcentaje de intensidad de Fournier; el programa PASW versión 18, donde se realizó el análisis de correlación de Pearson entre el valor promedio de cada fenofase (reproductiva y vegetativa) por mes con las variables climáticas precipitación, temperatura y humedad relativa y las hojas de cálculo THORN y el climograma de GAUSSEN

suministrados por el ingeniero Luis Jorge González Muñoz adscrito al departamento de hidráulica de la Universidad del Cauca.

A los datos fenológicos se les aplicó los siguientes métodos de análisis:

Porcentaje de intensidad de Fournier: Con base en los valores obtenidos en campo a través de la escala semi-cuantitativa (0-4) se calculó el porcentaje de intensidad de cada fase de la planta. Para el presente estudio fueron calculados mensualmente los porcentajes de los individuos de cada especie que presentaban una determinada fenofase a través de la siguiente fórmula:

Donde:

\sum = sumatoria de las categorías de Fournier de los individuos.

n = número total de individuos.

m = valor máximo alcanzado para cada categoría.

Frecuencia relativa de floración y fructificación: se calculó para cada especie en cada mes, utilizando la siguiente fórmula:

Donde:

\sum_i = sumatoria de individuos de la especie i que están manifestando la fenofase j .

\sum = sumatoria de número total de individuos de cada especie.

Índice de actividad (o el porcentaje de individuos): Este método tiene un análisis cuantitativo en el nivel de la población, lo que indica el porcentaje de individuos de la población que está expresando un evento fenológico determinado

y la sincronía de ésta población. Sincronía por especie (SM): fue calculada para cada fenofase mediante la siguiente fórmula en porcentaje:

—

Donde:

- =número de individuos de la especie que manifiestan la fenofase.
- =número de individuos muestreados de la especies.

Fue considerado evento fenológico como:

- no sincrónico o asincrónico: <20% de individuos en la fenofase.
- Poco sincrónico o baja sincronía: 20%-60% de individuos en la fenofase.
- sincronía alta: >60% de los individuos en la fenofase.

Fenograma de barras: gráficos que permiten visualizar la intensidad de cada fenofase en un periodo determinado.

Análisis de correlación de Pearson (r): grado de asociación lineal entre dos variables cualesquiera y se calcula dividiendo la covarianza de ambas entre el producto de las desviaciones típicas de las dos variables. Para un conjunto de datos, el valor r de este coeficiente puede tomar cualquier valor entre -1 y $+1$. El valor de r será positivo si existe relación directa entre ambas variables, esto es, si las dos aumentan al mismo tiempo. Será negativo si la relación es inversa, es decir, cuando una variable disminuye a medida que la otra aumenta. Un valor de $+1$ ó -1 indicará una relación lineal perfecta entre ambas variables, mientras que un valor 0 indicará que no existe relación lineal entre ellas. El valor de cero no indica necesariamente que no exista correlación, ya que las variables pueden presentar una relación no lineal (Zar, 1996). De lo anterior describimos que:

- $+1$ ó -1 = Correlación perfecta.
- 95% = Correlación fuerte.
- 80% = Correlación significativa.
- 70% = Correlación moderada.
- 50% = Existe una relación parcial.

Método de Thornthwaite (balance hídrico): Calcula el balance del agua en el suelo a lo largo del año para así evaluar la disponibilidad de agua. El balance hídrico consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros:

Donde:

: precipitación media mensual.

: evapotranspiración potencial o de referencia.

: balance mensual de entradas y salidas de agua del suelo (González, 2004).

Para realizar este método, se introdujeron en la hoja de cálculo THORNT los datos de temperatura y precipitación media mensual correspondiente al periodo de estudio, la cual automáticamente arroja los resultados del balance hídrico a lo largo del año.

Climograma de GAUSSEN: gráfico de doble entrada, precipitación, temperatura contra mes. La escala de la precipitación es el doble de la de temperatura o sea que si la temperatura es 10 grados la precipitación es 20 mm, ya que según el índice de Gausson, el período de aridez está definido por:

Precipitaciones = Temperaturas x 2.

Los períodos de escasez o sequía se encuentran cuando la temperatura está por encima de la precipitación. En el climograma clásico, las temperaturas se presentan en una línea y las precipitaciones en barras. Normalmente se añaden los datos de las precipitaciones totales medias y la temperatura media anual (González, 2004). Para el presente estudio se utilizaron los datos de las precipitaciones y temperaturas medias mensuales para encontrar los periodos de aridez.

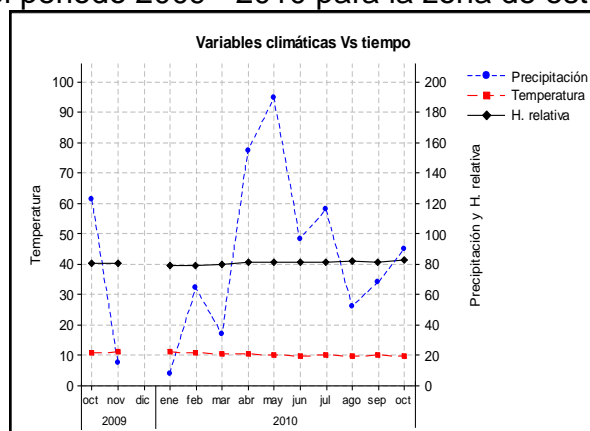
3. RESULTADOS

3.1 VARIABLES CLIMÁTICAS

El comportamiento de las variables climáticas para la zona alto andina correspondiente al área de estudio estuvieron caracterizadas por la marcada fluctuación de la precipitación, mostrando una escases en el régimen de lluvias para los meses de noviembre, diciembre de 2009 y enero de 2010, con valores de 15,5; 19,8 y 8,3 mm respectivamente. En cuanto a los meses de mayor precipitación se identificaron a abril y mayo de 2010 con valores de 154,8 y 189,4 mm para cada uno.

En cuanto a la temperatura, no presentó variaciones marcadas durante el año de estudio, ésta variable presentó valores entre 9,7°C y 11,13°C, igualmente ocurre con la humedad relativa la cual mostró porcentajes entre 79,3% y 83,1% (figura 4) (tabla 1).

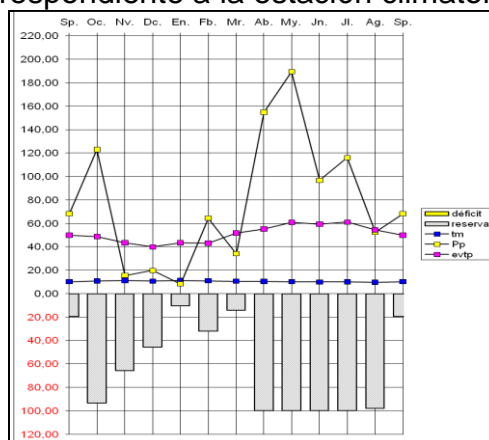
Figura 4. Comportamiento variables climatológicas precipitación, temperatura y humedad relativa del periodo 2009 - 2010 para la zona de estudio.



Se realizó el cálculo de la precipitación total anual, la cual arrojó un valor de 942,23 mm/año, que refleja la disminución de lluvias respecto a los rangos establecidos para ésta zona de estudio, valores entre 1000 a 2000 mm/año (Espinal y Montenegro, 1977), esto indica que durante el año de estudio existe una incidencia del fenómeno de El Niño durante ocho meses, alterando el patrón de lluvias normales para el Municipio de Totoró. Con los datos de las variables climáticas correspondientes al año de estudio se realizó el balance hídrico para la

zona alto andina mediante el método de Thornthwaite, encontrando que el suelo no presentó déficit de agua durante todo el año (figura 5), igualmente se logró identificar que el tipo de suelo corresponde a húmedo, poca o nula falta de agua en verano y es de tipo mesotérmico.

Figura 5. Balance hídrico según el índice de Thornthwaite para octubre de 2009 a septiembre de 2010 correspondiente a la estación climatológica Gabriel López.



Teniendo en cuenta que para realizar los estudios fenológicos es necesario conocer los meses cuyo comportamiento manifestaron exceso y déficit de lluvias, se utilizó el climograma de GAUSSEN, con el cual se pudo identificar con exactitud los meses considerados secos e igualmente los húmedos para el año de estudio (figura 6), (tabla 1).

Figura 6. Climograma de GAUSSEN para la zona de estudio durante el periodo de octubre de 2009 a septiembre de 2010.

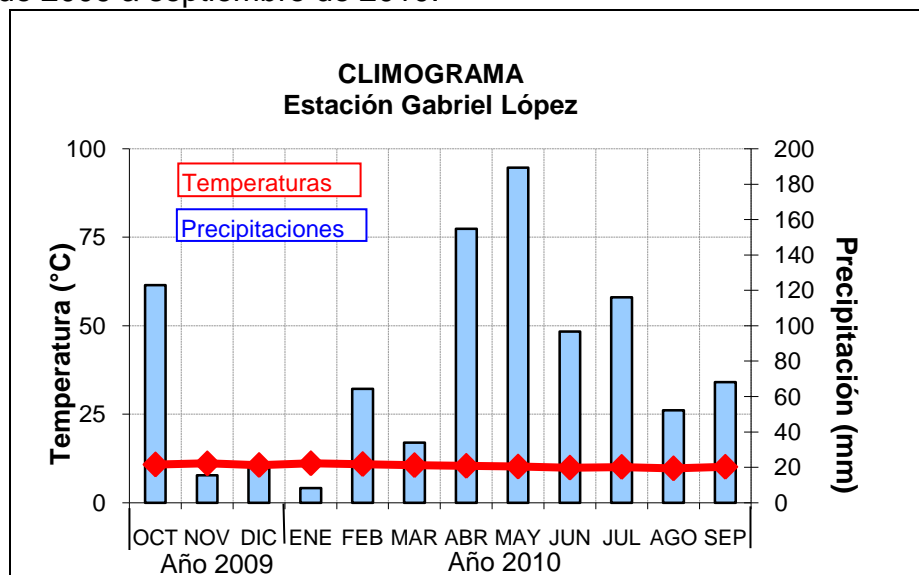


Tabla 1. Variables climatológicas precipitación, temperatura y humedad relativa de la estación climatológica Gabriel López durante el periodo 2009-2010.

Año 2009					
Meses	Precipitación (mm)	Temperatura Media (°C)	Humedad relativa (%)	Mes seco	Mes húmedo
Octubre	122,9	10,8	81,1		X
Noviembre	15,5	11,1	80,1	X	
Diciembre	19,8	10,63	80,1	X	
Año 2010					
Enero	8,3	11,13	79,3	X	
Febrero	64,4	10,9	79,1		X
Marzo	34	10,6	80,1		X
Abril	154,8	10,4	81,1		X
Mayo	189,4	10,2	81,1		X
Junio	96,7	9,9	81,1		X
Julio	116	10,1	81,1		X
Agosto	52,3	9,7	82,1		X
Septiembre	68,13	10,13	81,3		X
Octubre	90,5	9,7	83,1		X

3.2 *Ilex uniflora* Benth.

Familia: AQUIFOLIACEAE.
Nombre vulgar: palo blanco.

3.2.1 Descripción morfológica. Según Mahecha et al., (2004), los árboles alcanzan los 20 m de altura y los 50 cm de DAP, en su tronco, que posee corteza de color blancuzco, tiene pequeños gránulos (lenticelas) y su corteza viva se torna de color verde negruzco al oxidarse; su copa es irregular y algunas veces tiene forma de globo; sus ramas son escasas y son de color grisáceo; sus ramitas son angulosas, vidriosas y son de color café verdoso (figura 7).

Figura 7. Arquitectura del árbol de *I. uniflora*.



I uniflora presenta hojas simples, alternas, dispuestas en forma helicoidal, de 4 cm de largo por 3 cm de ancho aproximadamente, tienen forma ancho elíptica a subredondeada, su borde es aserrado, su consistencia es quebradiza, por su envés son de color grisáceo, su ápice tiene forma redondeada y su base parece una cuña; presentan estípulas libres, diminutas y de color negro (figura 8).

Figura 8. Ramas y hojas de *I. uniflora*.



Flores axilares o terminales solitarias o en inflorescencias cimosas con pocas flores, su color es blanco, tiene cuatro pétalos separados entre sí (dialipétalas) y sus estambres también están separados y son de color blanco.

La floración inicia con la presencia de botones florales dispuestos de forma axilar llegando a 12 botones por rama, el desarrollo de la floración de *I. uniflora* (figura 9), se describe en la tabla 2.

Figura 9. Etapas de floración de *I. uniflora*. a) Etapa 1; b) Etapa 2; c) Etapa 3.



Tabla 2. Característica de las etapas de floración en *I. uniflora*.

	Etapas de floración		
	1	2	3
Características	Botones florales en donde se diferencian los pétalos de color blanco al igual que los sépalos de color verde.	Botones próximos a abrir (inicia la separación de los pétalos los cuales se tornan de color blanco con pequeñas manchas moradas, los sépalos de color verde presentando un tono morado en sus bordes.	Flor en antesis (flor abierta), posee 6 sépalos verde – morado; 6 pétalos blancos; 6 estambres con filamento blanco y anteras ovaladas, inicialmente color café y blancas al madurar; estigma 4-5lobulado y comprimido hacia el ovario de color verde al igual que su ovario. En esta etapa la flor pasa de un color blanco a un amarillo crema para terminar en vinotinto oscuro y café cuando está senescente.
Largo	4,5 mm	4,7 mm	4-4,6 mm
Ancho	3 mm	3,7 mm	8,7-9 mm

Su fruto es una drupa que contiene de cuatro a cinco semillas cada una involucrada en un pireno. Esta estructura se caracterizó al inicio porque el ovario aumenta de diámetro 2,6 mm de largo x 2,3 mm de ancho, presentando un color verde y morado hacia la parte superior con su estigma persistente, se mantienen los pétalos y sépalos; 3 meses después el fruto ya maduro aumenta su diámetro de 9,7 mm de largo x 9,3 mm de ancho, tomando un color vinotinto que luego se torna morado oscuro con un tamaño hasta de 1,5 cm de largo x 0,99 cm de ancho, en esta etapa los pétalos aún persisten pero senescentes (figura 10).

Figura 10. Fruto en *I. uniflora*. a) Fruto verde; b) Fruto maduro.



La fructificación se manifestó en 5 individuos de los 10 muestreados, los 5 individuos restantes presentaron una senescencia del fruto a temprana etapa de desarrollo, limitando la madurez de los mismos. En estos individuos se encontró el ataque de insectos que perforaban el fruto provocando la formación de agallas en estado inmaduro (figura 11), esta situación se observó hasta terminada la fase de seguimiento.

Figura 11. Frutos de *I. uniflora* atacados por insectos. a) Flor y fruto dañado mostrando agallas b) Fruto joven externa e internamente.



A continuación se describen las etapas de la fructificación para *I. uniflora*:

Fruto verde: inicia su formación cuando estambres y algunos pétalos florales caen, posee un color verde, hacia la parte apical se torna de color morado, se nota la presencia de sépalos persistentes, el tamaño va de 15,61mm de largo (incluyendo el pedúnculo) x 8,66mm de ancho x 8,57mm de grosor (figura 12).

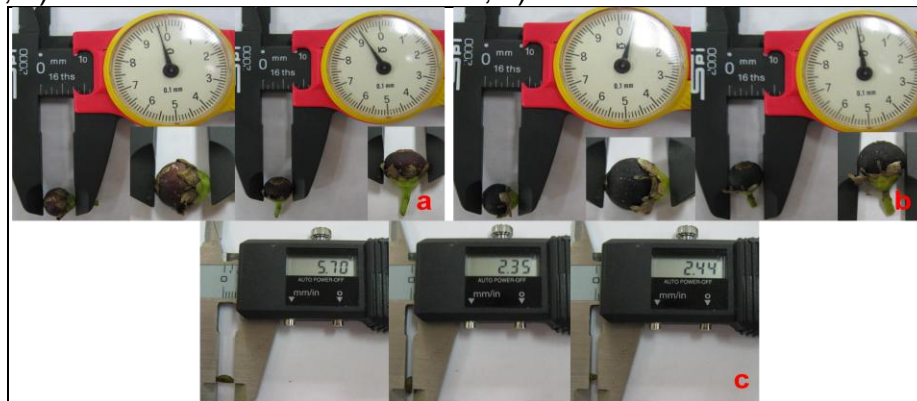
Figura 12. Mediciones del fruto verde en *I. uniflora*.



Fruto maduro: La estructura reproductiva sufre cambios en cuanto al tamaño, forma y color del pericarpio, cuando empieza a madurar el pericarpio toma un color

vinotinto, donde aún persisten tanto sépalos como pétalos, estos últimos se manifiestan senescentes, el tamaño va desde 9,7mm de largo x 9,3mm de ancho, cuando el fruto está totalmente maduro toma un color de morado a negro, se genera el desprendimiento de pétalos y alcanza un tamaño de 1,5 cm de largo x 0,99 cm de ancho, su sabor es amargo y mordisqueante. Las semillas miden 5,7 mm de largo x 2,35 mm de ancho x 2,44 mm de grosor aproximadamente, tienen forma redonda acanalada, su consistencia es dura y son de color café (figura 13).

Figura 13. Tamaño del fruto maduro en *I. uniflora*. a) Desarrollo inicial de la madurez; b) Desarrollo final de la madurez; c) Tamaño de las semillas.



A continuación se muestra la secuencia de las etapas de desarrollo de las fenofases reproductivas (floración y fructificación) para *I. uniflora* (figura 14).

Figura 14. Secuencia del desarrollo de las etapas reproductivas en *I. uniflora*.



3.2.2 Descripción ecológica. Habita en los bosques nubosos alto andinos sobre la línea de árboles fronterizos al paramo, sobre mesetas y pendientes de las

montañas que tienen en común un suelo de piedra arenisca o de arena derivada de la roca madre, crece sobre substratos con capas orgánicas profundas y sueltas que generalmente están saturadas, excepto en la zonas de mayor pendiente. Estos bosque presentan varios estratos de sotobosque, gran biomasa de epifitas y gran cantidad de lianas leñosas (NatureServe, 2009).

Según Missouri Botanical Garden (2011), *I.uniflora* se encuentra en Colombia, Ecuador y Perú habitando zonas entre 2200 – 3400 msnm en la región andina. En Colombia según las colecciones del Herbario Nacional de Colombia, la especie se localiza en los departamentos del Cauca, Valle, Antioquia y Santander.

En el área de estudio se encontró en borde y en el interior del bosque. Se pudo notar la escasa presencia de plántulas que pudieran generar procesos de regeneración (figura 15).

Figura 15. Plántulas de *I. uniflora* en proceso de regeneración.



3.2.3 Características de los individuos de Palo blanco (*I. uniflora*) seleccionados para el estudio fenológico. Los datos de coordenadas geográficas, altitud (asnm), altura del árbol y diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos seleccionados de *I. uniflora* para el estudio fenológico se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Individuos de palo blanco (*I. uniflora*) seleccionados para el estudio fenológico.

Ilex #	Altitud (m)	Coordenadas	DAP	Altura (m)
1	3085	N° 2°31'48,2" / W° 76°20'56,4"	57,9	15
2	3124	N° 2°31'47,4" / W° 76°20'55,9"	57,9	20
3	3140	N° 2°31'47,4" / W° 76°20'54,9"	49,0	8
4	3185	N° 2°31'41,8" / W° 76°21'00,7"	36,9	15
5	3173	N° 2°31'44,8" / W° 76°20'57,9"	42,7	13
6	3142	N° 2°31'43,2" / W° 76°20'57,8"	13,4	4
7	3154	N° 2°31'46,6" / W° 76°20'58,8"	15,9	7
8	3149	N° 2°31'45,8" / W° 76°20'57,5"	16,2	8
9	3165	N° 2°31'46,1" / W° 76°20'58,2"	11,5	8
10	3181	N° 2°31'46,0" / W° 76°20'57,9"	23,9	10
Árbol muestra	3182	N° 2°31'46,6" / W° 76°20'58,8"	19,1	9

Los individuos muestreados de la especie *I. uniflora* se encontraron entre los 3085 - 3185 msnm, entre 11,5 – 57,9 de DAP y entre 4 - 20 m de altura en la zona de estudio.

3.2.4 Fases fenológicas del Palo blanco (*I. uniflora*). La evaluación de las fenofases de los 10 individuos permitió reconocer 4 de ellas y la ausencia de la fase de reposo para cada uno de los individuos muestreados (tabla 4).

Tabla 4. Presencia y ausencia de las fenofases de palo blanco (*I. uniflora*).

Fenofases	Presente
Caída de hojas (Defoliación)	SI
Brote de hojas (Foliación)	SI
Floración	SI
Fructificación	SI
Reposo	NO

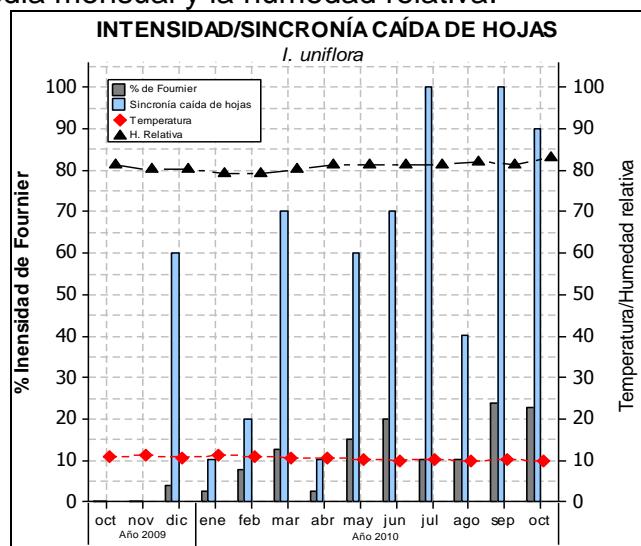
3.2.4.1 Comportamiento de las fenofases vegetativas (caída y brote de hojas). La descripción del comportamiento de las fenofases vegetativas y el nivel de sincronía manifestado en *I. uniflora*; se describen a continuación.

Caída de hojas. La fenofase tuvo un periodo de 10 meses en los cuales se manifestó el evento sin tener una época seca o húmeda marcada con la que se pueda relacionar directamente la fenofase. Su pico máximo se presentó en el mes

de septiembre de 2010 con una intensidad de 23,75% (figura 16) (tabla 5). *I. uniflora* es una especie que durante el año de estudio no presentó sus árboles defoliados, la pérdida de las hojas la hace simultáneamente con el brote de las mismas, sus hojas son coriáceas lo que las hace muy resistentes al desprendimiento inducido por factores abióticos si fuera el caso para que se presentara su defoliación total.

La especie *I. uniflora* presentó sincronía en la fenofase caída de hojas en julio y septiembre de 2010 con una actividad del 100% de los individuos cuya intensidad fue de 10 y 23.7% respectivamente; los menores valores registrados en esta relación se presentaron en oct. y nov./2009 y en enero y abril de 2010 (figura 16). Ésta fenofase tuvo correlación con la temperatura ($r = - 0,75$ $p = 0,003$) y con la humedad relativa ($r = 0,55$ $p = 0,05$) indicando que éstas variables climáticas influyen en la fenofase., es decir, a medida que la temperatura disminuye la caída de hojas aumenta y cuando la humedad relativa aumenta la fenofase se comporta de la misma manera.

Figura 16. Desarrollo de la fenofase caída de hojas en *I. uniflora* relacionada con la temperatura media mensual y la humedad relativa.



Brote de hojas. A diferencia de la caída de hojas, el brote de hojas presentó un periodo de 8 meses en los cuales se notó la influencia de las lluvias, las cuales incrementaron la manifestación del evento, revelando una intensidad máxima de 30% para el mes de junio de 2010 (tabla 5).

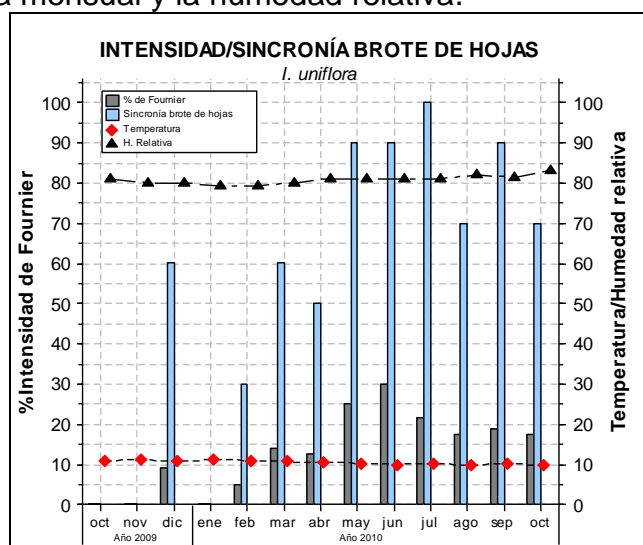
Tabla 5. Valor promedio mensual de las fenofases brote y caída de hojas en *I. uniflora* según porcentaje de Fournier y valores de precipitación.

		Meses/Año													
VARIABLES	2009			2010											
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct		
Caída de hojas	E. F	0	0	0,16	0,1	0,3	0,5	0,1	0,6	0,8	0,4	0,4	0,95	0,9	
	%	0	0	4	2,5	7,5	12,5	2,5	15	20	10	10	23,75	22,5	
Brote de hojas	E. F	0	0	0,36	0	0,2	0,55	0,5	1	1,2	0,86	0,7	0,75	0,7	
	%	0	0	9	0	5	13,75	12,5	25	30	21,5	17,5	18,75	17,5	
Follaje	E. F	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,9	4	4	3,95	
	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97,5	100	100	98,75	
Precipitación	mm	122,9	15,5	19,80	8,3	64,4	34	154,8	189,4	96,7	116	52,3	68,13	90,5	

E. F = Escala de Fournier. % = Intensidad de Fournier en porcentaje.

El brote de hojas presentó sincronía en los meses de julio de 2010, con un 100 % de actividad de los individuos y mayo, junio y septiembre del mismo año con una actividad del 90%; los meses de oct. y nov./2009 y enero de 2010 no presentaron brotación foliar (figura 17). Ésta fenofase tuvo correlación con la temperatura ($r = -0,85$ $p = 0,00$) y la humedad relativa ($r = 0,55$ $p = 0,05$), revelando que éstas variables climáticas influyen en la fenofase, en la medida en que si la temperatura aumenta la fenofase disminuye y cuando la humedad relativa aumenta, el evento fenológico se comporta de la misma manera.

Figura 17. Desarrollo fenofase brote de hojas en *I. uniflora* relacionada con la temperatura media mensual y la humedad relativa.



3.2.4.2 Comportamiento de las fenofases reproductivas (floración y fructificación). La descripción del comportamiento de las fenofases reproductivas y el nivel de sincronía manifestado en *I. uniflora*; se presenta a continuación.

Floración. *I. uniflora* presentó una fenofase de floración (figura 18), que se prolongó por espacio de 6 meses: desde octubre de 2009 a marzo de 2010 y nuevamente inició en octubre de 2010, mostrando sus pico máximos en octubre y noviembre de 2009, con intensidades de 11,25% respectivamente, el evento se manifestó tanto en época húmeda como en época seca (tabla 6), decreciendo de manera gradual hasta terminar este periodo.

Esta fenofase manifestó sincronía durante octubre, noviembre de 2009 y octubre de 2010 con 50% de los individuos mostrando la actividad (figura 18). Ésta fenofase no tuvo correlación con los fenómenos climáticos

Figura 18. Desarrollo fenofase floración en *I. uniflora*.

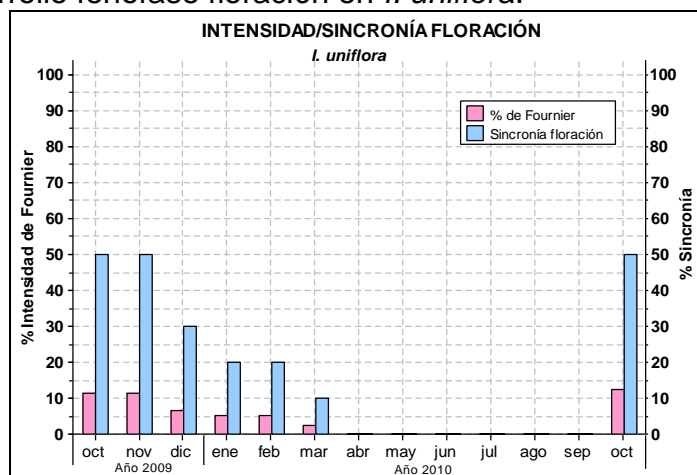


Tabla 6. Valor promedio mensual de floración y fructificación en *I. uniflora* según porcentaje de Fournier y valores de precipitación.

VARIABLES	Meses/Año													
	2009			2010										
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	
Floración	E. F	0,45	0,45	0,265	0,2	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0,5
	%	11,25	11,25	6,625	5	5	2,5	0	0	0	0	0	0	12,5
Fructificación	E. F	0	0,4	1,36	0,9	0,7	0,25	0	0	0,3	0,27	0,1	0,75	0
	%	0	10	34	22,5	17,5	6,25	0	0	7,5	6,63	2,5	18,75	0
Precipitación	mm	122,9	15,5	19,80	8,3	64,4	34	154,8	189,4	96,7	116	52,3	68,13	90,5

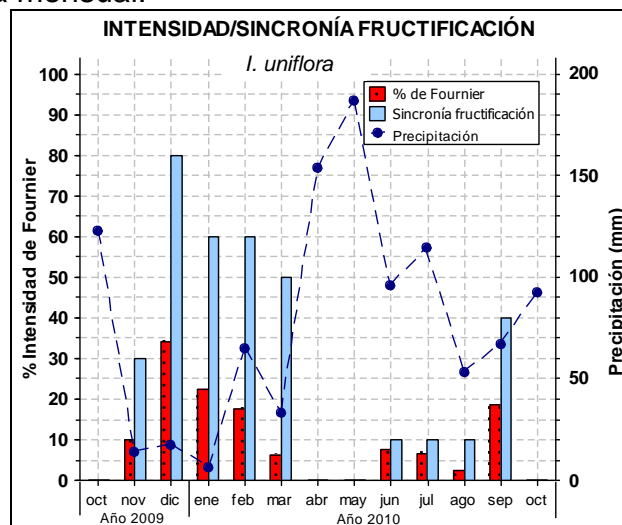
E. F = Escala de Fournier. % = Intensidad de Fournier en porcentaje.

Fructificación. La fenofase se presentó durante dos periodos (figura 19), el primer periodo de producción de frutos inició con la terminación de las primeras lluvias continuando en aumento para la época seca donde mostró su máximo con una intensidad de 34% en dic/ 2009 y concluyó en el mes de marzo de 2010, donde se mantuvo la presencia de las lluvias. Para el segundo periodo comprendido de junio

a septiembre de 2010, se notó que las lluvias provocaron la producción de frutos manifestando un máximo del evento en sep/ 2010 con una intensidad de 18,75%, apreciado al finalizar el tiempo de estudio (tabla 6).

En tanto, la fructificación tuvo su sincronía para el mes de diciembre de 2009, donde 80% de los individuos mostraron ésta actividad. El comportamiento de la sincronía es similar a su intensidad (figura 19). Ésta fenofase mostró correlación con la precipitación ($r = -0,67$ $p = 0,01$), interviniendo en la manifestación del evento fenológico, es decir cuando la precipitación aumenta, la fenofase disminuye.

Figura 19. Desarrollo de la fructificación en *I. uniflora* relacionada con la precipitación media mensual.

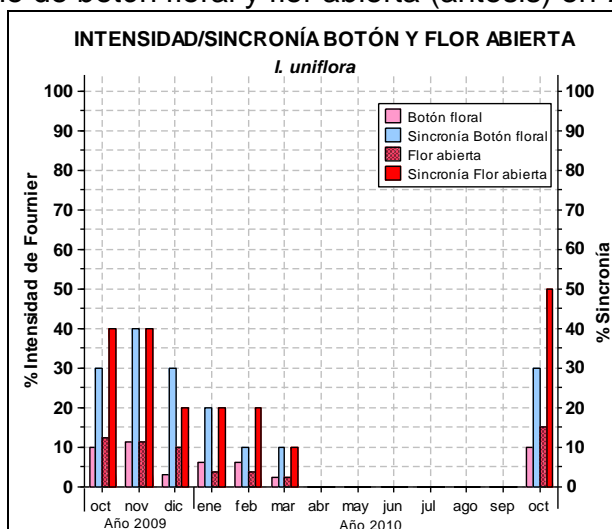


3.2.4.3 Comportamiento de las etapas fenológicas en *I. uniflora* (botón floral, flora abierta, fruto verde y fruto maduro). Las fenofases de floración y fructificación fueron observadas en sus etapas botón floral, flor abierta (antesis), fruto verde y fruto maduro, al igual que el nivel de sincronía manifestado para estas etapas y así tener mejor comprensión de las mismas.

Botón floral. La etapa de botón floral se mantuvo durante 6 meses (figura 20), en los cuales presentó su máxima producción en noviembre de 2009 con el inicio de la época seca, durante éste periodo el botón se presentó en 4 individuos quienes manifestaron más adelante la etapa de antesis. Ésta etapa presentó su sincronía en noviembre de 2009, siendo considerado como mes seco, donde 40% de los

individuos mostraron la actividad pero con baja intensidad 11.25% (tabla 7), ésta etapa no tuvo correlación con las variables climáticas.

Figura 20. Desarrollo de botón floral y flor abierta (antesis) en *I. uniflora*.



Flor abierta (antesis). Esta etapa al igual que el botón perduró durante 6 meses (figura 20) y a diferencia de ella, ésta presentó su máxima producción en octubre de 2009 cuando terminaron las primeras lluvias. La etapa de antesis presentó un comportamiento sincrónico en octubre de 2010 con 50% de los individuos mostrando la actividad. Ésta etapa no mostró correlación con las variables climáticas (tabla 7).

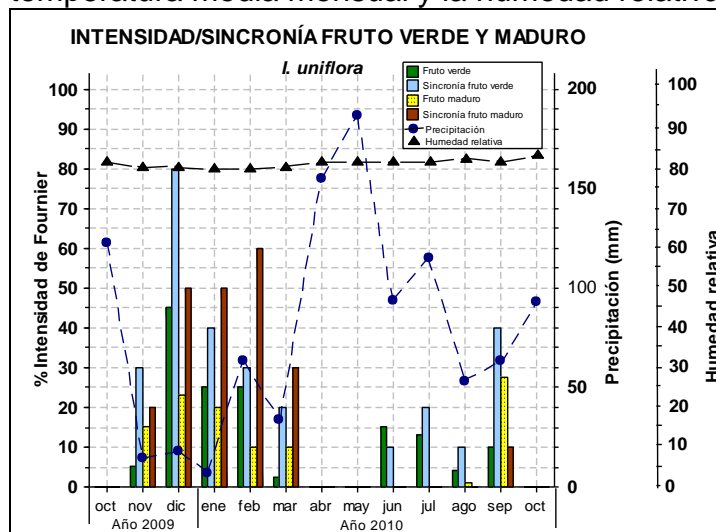
Tabla 7. Valor promedio mensual del botón floral, flor abierta, fruto verde y fruto maduro, en *I. uniflora* según porcentaje de Fournier y sus valores de precipitación.

VARIABLES	Meses/Año													
	2009			2010										
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	
Botón floral	E. F	0,4	0,45	0,13	0,25	0,25	0,1	0	0	0	0	0	0	0,4
	%	10	11,25	3,25	6,25	6,25	2,5	0	0	0	0	0	0	10
Flora abierta	E. F	0,5	0,45	0,4	0,15	0,15	0,1	0	0	0	0	0	0	0,6
	%	12,5	11,25	10	3,75	3,75	2,5	0	0	0	0	0	0	15
Fruto verde	E. F	0	0,2	1,8	1	1	0,1	0	0	0,6	0,53	0,16	0,4	0
	%	0	5	45	25	25	2,5	0	0	15	13,25	4	10	0
Fruto maduro	E. F	0	0,6	0,92	0,8	0,4	0,4	0	0	0	0	0,04	1,1	0
	%	0	15	23	20	10	10	0	0	0	0	1	27,5	0
Precipitación	mm	122,9	15,5	19,80	8,3	64,4	34	154,8	189,4	96,7	116	52,3	68,13	90,5

E. F = Escala de Fournier. % = Intensidad de Fournier en porcentaje.

Fruto verde. La producción de fruto verde para *I. uniflora* presentó su pico en diciembre de 2009 en 8 individuos, donde continúa la época seca. La producción de frutos verdes se divide en dos periodos, el primero con una duración de 5 meses iniciando en época seca y decreció al caer las primeras lluvias, manteniendo la expresión del evento en 2 individuos para el mes de marzo de 2010. El segundo periodo persiste durante 4 meses, siendo junio de 2010 el mes con su máxima producción (figura 21). La etapa de fruto verde presentó sincronía con 80% de los individuos en actividad en diciembre de 2009, éste comportamiento es similar al expresado por la intensidad. Ésta etapa obtuvo correlación con la humedad relativa ($r = -0,57$ $p = 0,04$) y revela que la etapa se vio influenciada por la variable climática (figura 21), indicando que al aumentar la variable climática, la etapa tiende a disminuir su intensidad.

Figura 21. Desarrollo de fruto verde y fruto maduro en *I.uniflora* relacionadas con la precipitación, temperatura media mensual y la humedad relativa.



Fruto maduro. La especie tiene dos producciones de fruto maduro, encontrando que para el primer periodo de producción existió una gran cantidad de ésta estructura, siendo diciembre de 2009 donde más se manifestó la etapa (figura 21). Para el segundo periodo solo en septiembre de 2010 existió una máxima manifestación de la etapa debido a la alta mortalidad de estructuras florales y frutales, ocasionada por el ataque de insectos que mantuvieron a varios de los individuos en un estado de no desarrollo. La etapa de fruto maduro presentó sincronía en febrero de 2010, donde 60% de los individuos mostraron baja intensidad de actividad (figura 21). Ésta etapa tuvo correlación con la precipitación ($r = -0,69$ $p = 0,009$), lo que indica que existe la influencia del fenómeno climático en ella, de manera que al aumentar la precipitación, la intensidad de la etapa disminuye.

4.2.4.4 Frecuencia de las fenofases en *I. uniflora*. Los árboles de *I. uniflora* presentaron un patrón de comportamiento siempre verdes (hojas perennes), donde se observó continuidad en la manifestación de caída y brote foliar. La periodicidad fue supra-anual, es decir la manifestación de las fenofases inició en nov. /2009 continuando durante todo el año (figura 22).

Figura 22. Frecuencia de las fenofases vegetativas en la población de *I. uniflora*.

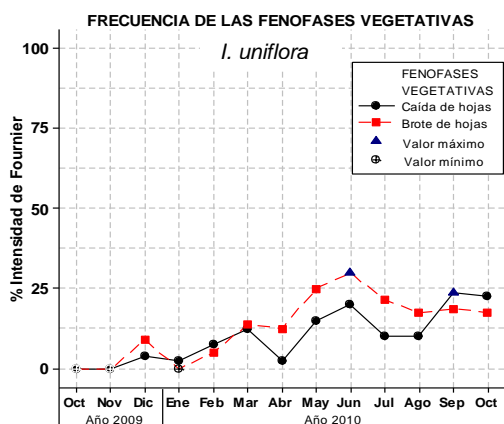
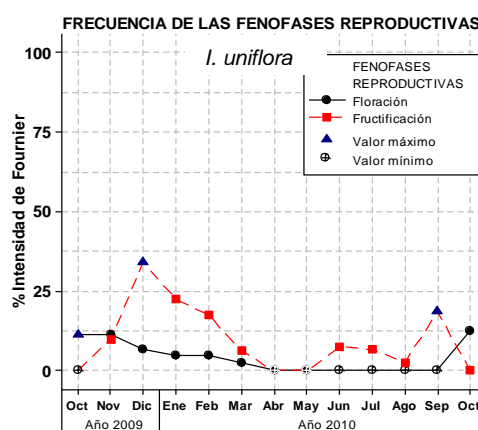


Figura 23. Frecuencia de las fenofases reproductivas en la población estudiada de *I. uniflora*.

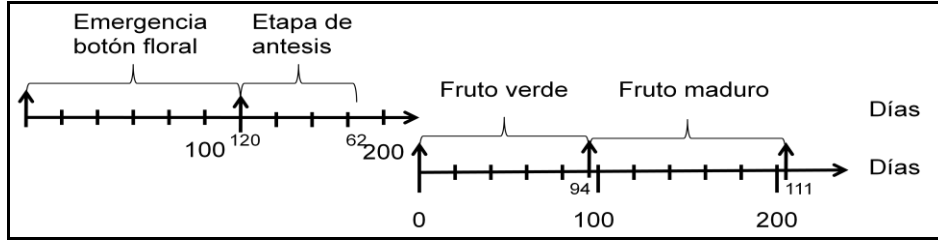


La floración y la fructificación en la especie presentó un patrón periódico estacional, mostrando sus mayores intensidades en los meses considerados secos (noviembre y diciembre 2009) la periodicidad para la floración fue supra-anual. Mientras que la fructificación presentó fue sub-anual (figura 23).

Para esta zona de estudio los patrones de floración y fructificación se vieron afectados por el daño que tuvieron algunos individuos a causa del ataque de insectos desde la etapa de botón floral, lo cual no permitió el adecuado desarrollo de las estructuras reproductivas.

4.2.4.5 Duración. A nivel poblacional la floración presentó una duración de 6 meses durante el año de estudio, mostrando la ausencia de la fenofase entre los meses de abril a septiembre de 2010. Individualmente la especie mostró una duración de 182 días a partir del botón floral hasta el final de la anthesis. La fructificación en la población presentó una duración de 9 meses en el año. Individualmente *I. uniflora* mostró una duración de 205 días (94 días para fruto verde y 111 días para fruto maduro) (figura 24).

Figura 24. Dinámica de la floración y la fructificación de *I. uniflora* en días.



4.2.4.6 Calendario fenológico. Para la elaboración del calendario fenológico de la especie *I. uniflora* se tuvo en cuenta las observaciones realizadas de intensidad y sincronía de los 10 individuos muestreados, estableciendo tres categorías (alta, media y baja), para cada uno de los parámetros mencionados (tabla 8).

El calendario planteado para la especie muestra que el periodo de producción de flores se caracterizó por la presencia en bajas intensidades entre oct./2009 y marzo de 2010, y la ausencia de la fenofase entre abr. y sep./2010; con un comportamiento de los individuos poco sincrónico, donde se evidenció una fluctuación del clima. La fructificación mostró periodos característicos, en los cuales se pudo encontrar fruto maduro y colectar semillas, esto ocurrió entre diciembre de 2009 a marzo de 2010, donde existió una baja intensidad, pero los individuos mostraron un comportamiento poco sincrónico acompañado de la época seca y húmeda. La intensidad media y la sincronía alta se observó en la etapa de fruto verde, pero varias de estas estructuras no lograron desarrollarse por el ataque de insectos.

Tabla 8. Calendario fenológico de *I. uniflora*, octubre de 2009 - octubre de 2010.

FENOFASE	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
Caída de hojas	AU		IB										
	AU	PS	SB	SA	SB	PS	SA	PS	SA				
Brote de hojas	AU	IB	AU	IB				IM	IB				
	AU	PS	AU	PS			SA						
Floración	IB				AU				IB				
	PS			SB			AU				PS		
Fructificación	AU	IB	IM	IB			AU		IB				AU
	AU	PS	SA	PS			AU		SB			PS	AU
ETAPAS													
Botón floral	IB				AU				IB				
	PS			SB			AU				PS		
Flor abierta	IB				AU				IB				
	PS		SB			AU				PS			
Fruto verde	AU	IB	IM	IB			AU		IB				AU
	AU	PS	SA	PS	SB	AU		SB			PS	AU	
Fruto maduro	AU	IB				AU				IB	IM	AU	
	AU	SB	PS			AU				SB			AU
REGIMEN CLIMA	MH	MS			MH								
INTENSIDAD:	<input type="checkbox"/>	IA: Intensidad alta >50%				<input type="checkbox"/>	IM: Intensidad media 25%-50%						
	<input type="checkbox"/>	IB: Intensidad baja <25%											
SINCRONÍA:	<input type="checkbox"/>	SA: Sincronía alta >60%				<input type="checkbox"/>	PS: Poco sincrónico 20%-60%						
	<input type="checkbox"/>	SB: Sincronía baja <20%											
REGIMEN CLIMA	<input type="checkbox"/>	MS: Mes seco				<input type="checkbox"/>	MH: Mes húmedo						
	<input type="checkbox"/>	AU: Ausencia											

4.3 *Ruagea hirsuta* (C. DC.) Harms

Familia: MELIACEAE.
Nombre vulgar: cedrillo.

4.3.1 Descripción morfológica. De acuerdo a Vargas (2002), los árboles de *R. hirsuta* alcanzan los 20 m de altura y los 80 cm de DAP, su tronco posee partes densamente cubiertas de un indumento veloso y pardo.

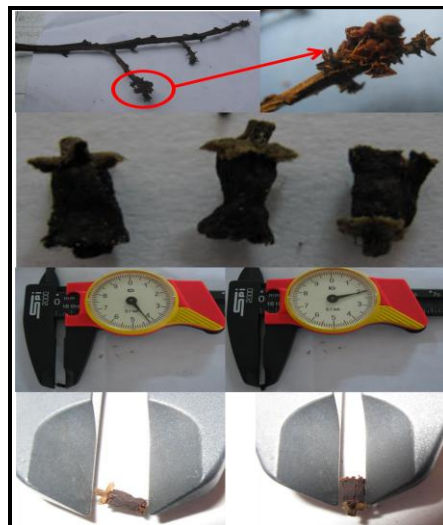
Presenta hojas alternas, imparipinadas, con numerosas pinas pequeñas de color oscuro, tiene entre 13 y 19 folíolos; raquis, peciolo y envés veloso; haz glabra que miden de 30 - 40 cm de longitud.

Las flores son unisexuales, de color blanco verdosas dispuestas en inflorescencias axilares en panícula. La floración inicia con la formación de botones florales, llegando a 13 botones por inflorescencia (figura 25). El botón floral es de color verde, diferenciándose las estructuras florales. Los botones tienen un tamaño de 2 mm de largo x 2 mm de ancho. La flor en antesis posee 4 sépalos verde y 4 pétalos color crema, midiendo de 4,2 mm de largo x 2 mm de ancho (figura 26).

Figura 25. Inflorescencia y botones florales de *R. hirsuta*.



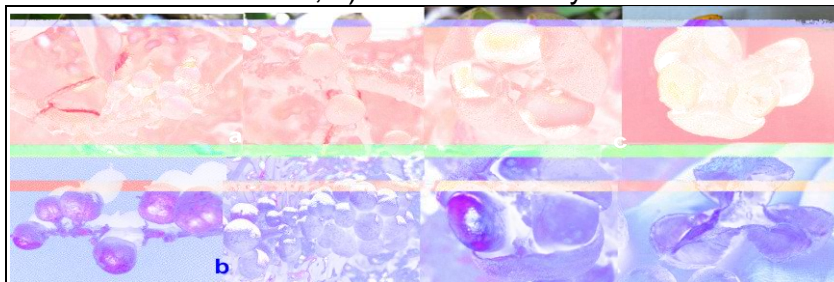
Figura 26. Tamaño de las flores de *R. hirsuta*.



Su fruto es una capsula globosa achatada hacia los extremos y glabros. El fruto verde posee un tamaño de 6 mm de largo x 5 mm de ancho, ovoide, color verde, pétalos y estilo persistentes. Después de dos meses aumenta su diámetro de 8 mm de largo x 7 mm de ancho, presentando un color verde oscuro y

pubescencias, el fruto ya maduro es amarillo-café, midiendo de 3,2 cm de largo x 3 cm de ancho, dehiscente con 3 valvas donde van las semillas (figura 27).

Figura 27. Etapa de fructificación en *R. hirsuta*. a) Fruto verde; b) Fruto considerado en inicio de madurez; c) Fruto maduro y dehiscente.



4.3.2. Descripción ecológica. Habita en los bosques de laderas escarpadas, montañas bajas y medias e igualmente de colinas altas de los ramales orientales de la cordillera oriental, crece sobre rocas ígneas y metamórficas, los bosques presentan abundantes epífitas, así como frecuentes helechos absorbentes y lianas leñosas (NatureServe, 2009). *R. hirsuta* se localiza en Antioquia entre los 2000 – 3500 msnm sobre la vertiente oriental de la cordillera occidental, en Bolivia, Ecuador y Perú entre los 1500 – 3500 de elevación (Missouri Botanical Garden, 2011). En Colombia, de acuerdo al Herbario Nacional de Colombia la especie *R. hirsuta* se localiza en los departamentos del Cauca y Quindío entre los 2950 – 3450 msnm.

En el área de estudio los individuos de la especie *R. hirsuta* se localizaron dentro del bosque con distancias entre cinco y diez metros. La especie presentó abundante regeneración en la parte del sotobosque y en los lugares del suelo con alta humedad (figura 28).

Figura 28. Regeneración de *R. hirsuta* en el área de estudio.



4.3.3 Características de los individuos del Cedrillo (*R. hirsuta*) seleccionados para el estudio fenológico. Los datos de coordenadas geográficas, altura sobre el nivel del mar (asnm), altura del árbol y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos seleccionados de *R. hirsuta* para el estudio fenológico se resumen en la tabla 9.

Tabla 9. Individuos de cedrillo (*R. hirsuta*) seleccionados para el estudio fenológico.

Ruagea #	Altitud (m)	Coordenadas	DAP	Altura (m)
1	3118	N° 2°31'43,5" / W° 76°20'57,9"	31,5	8
2	3141	N° 2°31'42,4" / W° 76°20'56,5"	29,0	6
3	3140	N° 2°31'43,1" / W° 76°20'56,5"	11,1	4
4	3138	N° 2°31'43,9" / W° 76°20'57,7"	20,4	10
5	3130	N° 2°31'42,7" / W° 76°20'56,9"	16,6	7
6	3158	N° 2°31'43,9" / W° 76°20'56,8"	23,9	7
7	3196	N° 2°31'43,8" / W° 76°20'57,0"	20,1	8
8	3138	N° 2°31'48,9" / W° 76°20'57,1"	21,6	8
9	3128	N° 2°31'44,4" / W° 76°20'56,8"	20,4	5
10	3110	N° 2°31'42,5" / W° 76°20'59,6"	27,1	6
Árbol muestra	3093	N° 2°31'49,5" / W° 76°20'58,4"	20,7	5

Los individuos muestreados de la especie *R. hirsuta* se encontraron entre los 3093 - 3196 msnm, entre 11,1 - 31,5 de DAP y entre 5 - 10 m de altura para la zona de estudio.

4.3.4 Fases fenológicas del Cedrillo (*R. hirsuta*). La evaluación de las fenofases de los 10 individuos permitió reconocer 4 de ellas y la ausencia de la fase de reposo para cada uno de los individuos muestreados (tabla 10).

Tabla 10. Presencia y ausencia de las fenofases de cedrillo (*R. hirsuta*).

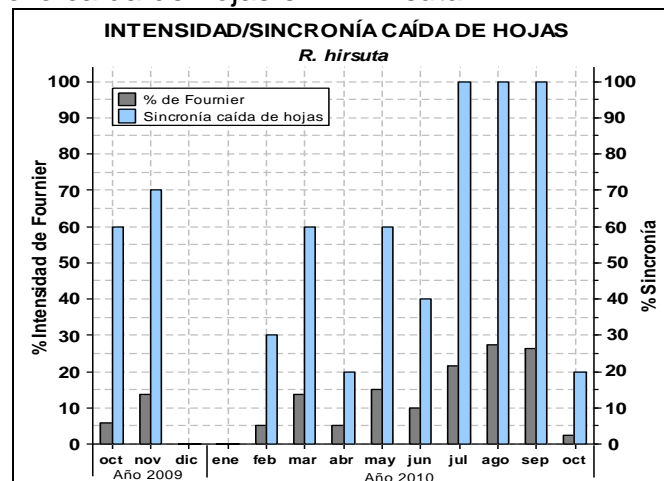
Fenofases	Presente
Caída de hojas (Defoliación)	SI
Brote de hojas (Foliación)	SI
Floración	SI
Fructificación	SI
Reposo	NO

4.3.4.1 Comportamiento de las fenofases vegetativas (caída y brote de hojas). La descripción del comportamiento de las fenofases vegetativas y el nivel de sincronía manifestado en *R. hirsuta*; se describen a continuación.

Caída de hojas. La fenofase tuvo dos periodos, el primero muy corto de octubre a noviembre de 2009 en donde su pico máximo ocurre en noviembre en la época seca con una intensidad de 13,75% (tabla 11). El segundo periodo de febrero a octubre de 2010, manifestando su pico máximo para éste periodo en agosto con una intensidad de 27,5%, en diciembre y enero no se presentó caída de hojas (figura 29). *R. hirsuta* no pierde sus hojas simultáneamente, sino rama por rama, y posteriormente realiza el rebrote de las hojas de la misma forma. Dicha tendencia hace que los árboles nunca se encuentren totalmente defoliados.

La especie *R. hirsuta* mostro sincronía entre julio y septiembre de 2010, donde 100% de los individuos mostraron la fenofase lo cual coincide con su intensidad (figura 29). Ésta fenofase no presentó correlación entre las variables climáticas.

Figura 29. Desarrollo caída de hojas en *R. hirsuta*.



Brote de hojas. La fenofase presentó dos periodos (figura 30), el primero entre octubre y noviembre de 2009, donde el brote se da en época seca mostrando su pico de intensidad en noviembre de 18,37%, para el segundo periodo entre enero y octubre de 2010 ocurrió un incremento cuando predominó la época húmeda, su pico se manifestó en julio, mostrando un 27,5% de intensidad (tabla 11). El brote de las hojas se da hacia la parte apical de la rama donde se notan los nuevos folíolos de color verde claro que con el tiempo se tornan de color verde intenso.

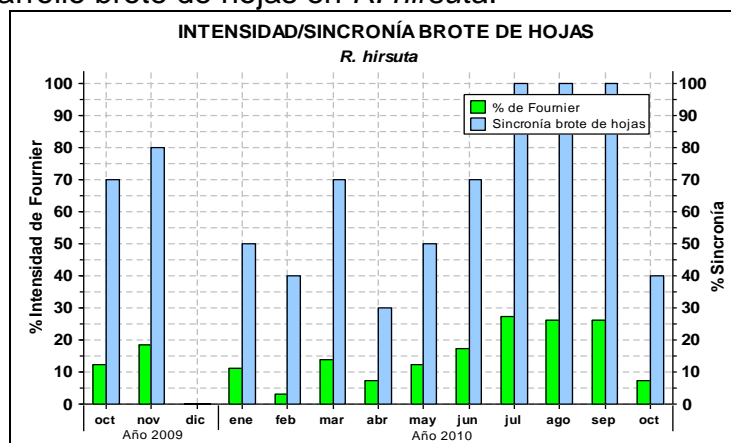
Tabla 11: Valor promedio mensual de brote de hojas y caída de hojas en *R. hirsuta* según porcentaje de Fournier y valores de precipitación.

VARIABLES	Meses/Año													
	2009						2010							
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	
Caída de hojas	E. F	0,23	0,55	0	0	0,2	0,55	0,2	0,6	0,4	0,86	1,1	1,05	0,1
	%	5,75	13,75	0	0	5	13,75	5	15	10	21,5	27,5	26,25	2,5
Brote de hojas	E. F	0,5	0,735	0	0,45	0,13	0,55	0,3	0,5	0,7	1,1	1,05	1,05	0,3
	%	12,5	18,375	0	11,25	3,25	13,75	7,5	12,5	17,5	27,5	26,25	26,25	7,5
Follaje	E. F	4	4	4	4	4	3,85	4	4	4	4	4	3,95	4
	%	100	100	100	100	100	96,25	100	100	100	100	100	98,75	100
Precipitación	mm	122,9	15,5	19,80	8,3	64,4	34	154,8	189,4	96,7	116	52,3	68,13	90,5

E. F = Escala de Fournier. % = Intensidad de Fournier en porcentaje.

En el periodo de julio a septiembre de 2010 el brote de hojas presentó sincronía con 100% de los individuos en actividad de la fenofase (figura 30). El brote de hojas no encontró correlación con las variables climáticas.

Figura 30. Desarrollo brote de hojas en *R. hirsuta*.

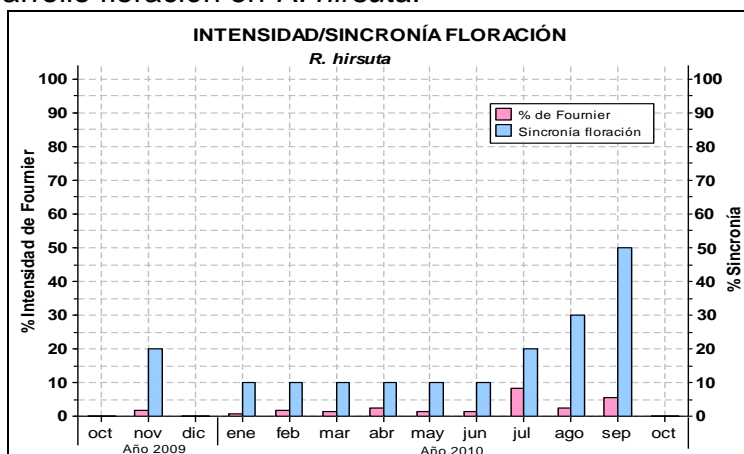


4.3.4.2 Comportamiento de las fenofases reproductivas (floración y fructificación). La descripción del comportamiento de las fenofases reproductivas y el nivel de sincronía manifestado en *R. hirsuta*; se presenta a continuación.

Floración. *R. hirsuta* presentó sus picos máximos de la fenofase en julio y septiembre de 2010 con intensidades del 8,25 y 5,62% (tabla 12) acompañado de la época húmeda (figura 31). La floración no se presentó en todos los individuos muestreados, solo en algunos en donde su copa sobresalía para obtener luz y en otros donde la entrada de luz era notoria dentro del bosque.

Esta fenofase presentó sincronía en septiembre de 2010 mostrando 50% de los individuos en actividad floral (figura 31). Ésta fenofase no tuvo correlación con las variables climáticas.

Figura 31. Desarrollo floración en *R. hirsuta*.



Fructificación. *R. hirsuta* mostró un periodo continuo de fructificación entre octubre de 2009 y agosto de 2010, en donde se caracterizó la presencia de fruto tanto en época seca como húmeda (figura 32), conservando gran cantidad de frutos verdes durante la época seca los cuales se maduraban y caían de los árboles con la entrada de las lluvias. Éste comportamiento se ve reflejado en abril de 2010 donde se presentó una intensidad del 25% en los individuos (tabla 12).

Tabla 12: Valor promedio mensual de floración y fructificación en *R. hirsuta* según porcentaje de Fournier y valores de precipitación.

VARIABLES	Meses/Año													
	2009			2010										
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	
Floración	E. F	0	0,075	0	0,025	0,065	0,05	0,1	0,05	0,05	0,33	0,1	0,225	0
	%	0	1,875	0	0,625	1,625	1,25	2,5	1,25	1,25	8,25	2,5	5,625	0
Fructificación	E. F	0,1	0,05	0,33	0,7	0,66	0,95	1	0,8	0,6	0,3	0,2	0	0
	%	2,5	1,25	8,25	17,5	16,5	23,75	25	20	15	7,5	5	0	0
Precipitación	mm	122,9	15,5	19,80	8,3	64,4	34	154,8	189,4	96,7	116	52,3	68,13	90,5

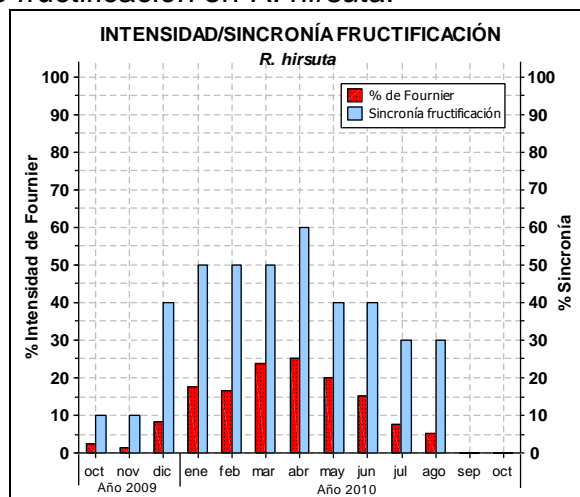
E. F = Escala de Fournier. % = Intensidad de Fournier en porcentaje.

El inicio de la fructificación no se presencié directamente por la dificultad en las observaciones (altura de los individuos, rara eventualidad de la floración en los individuos muestreados, presencia de niebla) y los que se lograron observar poseían frutos en estado verde que se conservaron por largo tiempo en los árboles, a pesar de esto se logró llevar un seguimiento hasta cuando los frutos

maduraron y dispersaron las semillas. Por lo prolongado que es la fructificación en ésta especie, en muchos de los individuos los frutos se dañaban y presentaron senescencia en los árboles o por el contrario se desprendían aún verdes.

La fructificación tuvo su sincronía en 60% de los individuos mostrando la actividad, esto ocurrió en abril de 2010, donde el régimen de lluvias es alto, éste comportamiento coincide con la intensidad del evento (figura 32). La fenofase no tuvo correlación con los fenómenos climáticos.

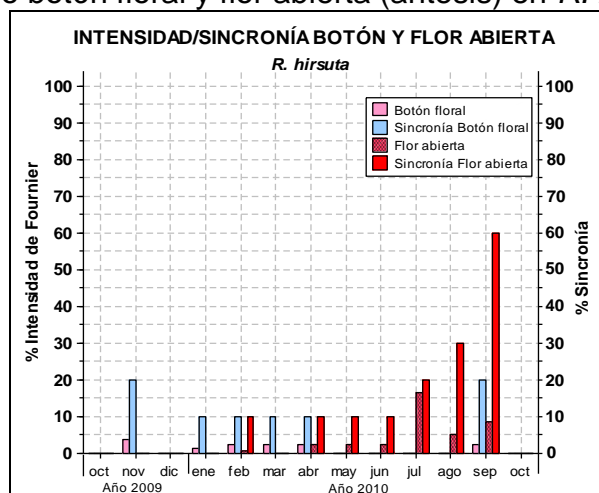
Figura 32. Desarrollo fructificación en *R. hirsuta*.



4.3.4.3 Comportamiento de las etapas fenológicas en *R. hirsuta* (botón floral, flora abierta, fruto verde y fruto maduro). Las fenofases de floración y fructificación fueron observadas en sus etapas botón floral, flor abierta (antesis), fruto verde y fruto maduro, al igual que el nivel de sincronía manifestado para estas etapas y así tener una mejor comprensión de las mismas.

Botón floral. La etapa de botón floral se presentó en muy bajas proporciones (figura 33), ya que en los individuos muestreados solo 4 expresaron la presencia de la etapa, la cual tuvo su pico máximo en noviembre de 2009 con una intensidad de 3,75% (tabla 13), en donde predominó la época seca. Esta etapa no mostró sincronía durante el año de estudio, lo cual se ve reflejado en que solo 20% de los individuos mostraron la actividad de la fenofase (figura 33). Ésta etapa no obtuvo correlación con las variables climáticas.

Figura 33. Desarrollo botón floral y flor abierta (antesis) en *R. hirsuta*.



Flor abierta (antesis). Esta tiene un periodo de 6 meses (figura 33), en los cuales su producción floral es relativamente baja, solo en julio de 2010 se dispara la manifestación del evento con una intensidad de 16,5% (tabla 13), expresado por solo 6 individuos de ésta especie. La etapa de antesis presentó su sincronía en septiembre de 2010, donde 60% de los individuos manifestaron la actividad, ocurriendo el evento durante la época de lluvia. A pesar de que existe sincronía entre los individuos en éste mes, las intensidades son bajas (figura 33). Ésta etapa no presentó correlación con las variables climáticas.

Tabla 13. Valor promedio mensual de botón floral, flor abierta, fruto verde y fruto maduro en *R. hirsuta* según porcentaje de Fournier y valores de precipitación.

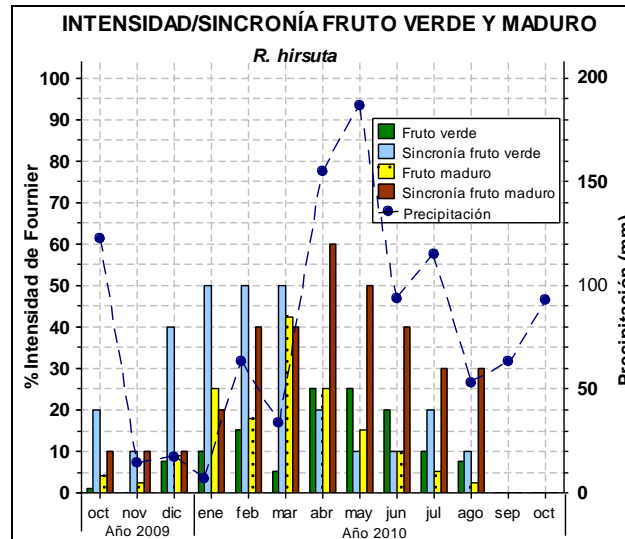
VARIABLES	Meses/Año													
	2009			2010										
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	
Botón floral	E. F	0	0,15	0	0,05	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0
	%	0	3,75	0	1,25	2,5	2,5	2,5	0	0	0	0	2,5	0
Flora abierta	E. F	0	0	0	0	0,03	0	0,1	0,1	0,1	0,66	0,2	0,35	0
	%	0	0	0	0	0,75	0	2,5	2,5	2,5	16,5	5	8,75	0
Fruto verde	E. F	0,04	0	0,3	0,4	0,6	0,2	1	1	0,8	0,4	0,3	0	0
	%	1	0	7,5	10	15	5	25	25	20	10	7,5	0	0
Fruto maduro	E. F	0,16	0,1	0,36	1	0,72	1,7	1	0,6	0,4	0,2	0,1	0	0
	%	4	2,5	9	25	18	42,5	25	15	10	5	2,5	0	0
Precipitación	mm	122,9	15,5	19,80	8,3	64,4	34	154,8	189,4	96,7	116	52,3	68,13	90,5

E. F = Escala de Fournier. % = Intensidad de Fournier en porcentaje.

Fruto verde. *R. hirsuta* mantiene una producción de fruto verde durante 10 meses, sus picos están marcados cuando la época húmeda persiste en la zona de estudio, esto se pudo visualizar en abril y mayo de 2010 con 25% de intensidad (tabla 13). Esta etapa manifestó su sincronía entre enero y marzo de 2010, donde

50% de los individuos manifestaron actividad, ocurriendo esto al final de época seca e inicio de la época húmeda. La sincronía se presentó con bajas intensidades (figura 34). La etapa mostró correlación con la precipitación ($r = 0,59$ $p = 0,04$), lo que muestra la influencia de la variable en la etapa, es decir al mostrar un aumento en la precipitación, la etapa tiende a comportarse de la misma manera.

Figura 34. Desarrollo fruto verde y fruto maduro en *R. hirsuta* relacionadas con la precipitación media mensual.



Fruto maduro. Al igual que la etapa anterior, su máxima producción se presentó en la época húmeda mostrando su pico en marzo de 2010 con 42,5% de intensidad (tabla 13). La etapa de fruto maduro mostró sincronía en abril de 2010 con una actividad del 60% de los individuos mostrando baja intensidad, éste comportamiento se vio acompañado de un alto régimen de lluvias (figura 34). Ésta etapa no tuvo correlación entre los fenómenos climáticos.

4.3.4.4 Frecuencia de las fenofases en *R. hirsuta*. Los árboles de *R. hirsuta* presentaron un patrón de comportamiento en la caída y en el brote de las hojas, siempre verdes (hojas perennes), donde se observó continuidad en la manifestación de caída y brote foliar. La periodicidad fue sub-anual, es decir la manifestación de las fenofases viene de un periodo anterior al año de estudio, terminando en diciembre de 2009 y continuando en enero de 2010 sin presentar el final de su manifestación para éste periodo de estudio (figura 35).

Figura 35. Frecuencia de las fenofases vegetativas en la población estudiada de *R. hirsuta*.

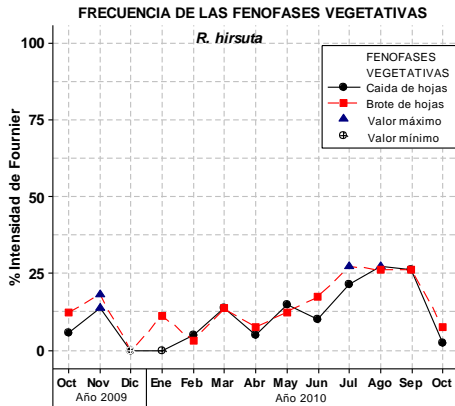
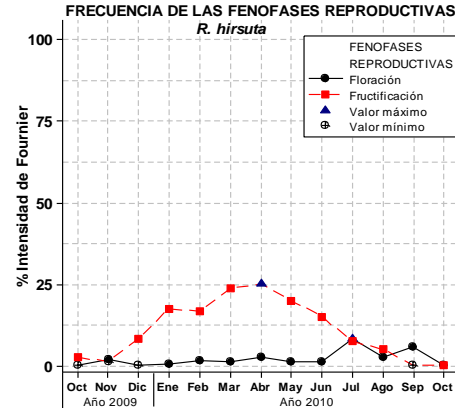


Figura 36. Frecuencia de las fenofases reproductivas en la población estudiada de *R. hirsuta*.

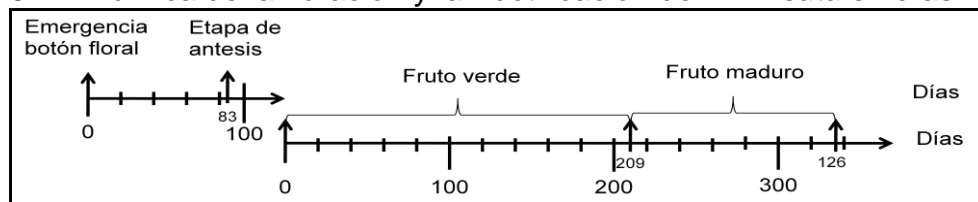


La floración y la fructificación en la especie mostró un comportamiento continuo en la manifestación de las fenofases, la periodicidad es anual expresando la continuidad de la floración en baja intensidad (figura 36).

4.3.4.5 Duración. A nivel poblacional la floración presentó una duración de 10 meses durante el año de estudio, mostrando la ausencia de la fenofase en los meses de octubre y diciembre de 2009. Individualmente la especie mostró una duración de 83 días a partir del botón floral hasta la antesis. La inflorescencia en esta especie fue difícil de observar por su pequeño tamaño y por la altura de los individuos.

La fructificación en la población presentó una duración de 11 meses en el año. El tiempo de maduración de los frutos fue prolongado, durando 5 meses aproximadamente (octubre 2009 - febrero 2010) en estado inmaduro e iniciando su maduración de marzo a agosto de 2010 cuando el régimen de lluvias es elevado. Individualmente la especie mostró una duración de 335 días (209 días para fruto verde y 126 días para fruto maduro próximo a realizar dehiscencia) (figura 37).

Figura 37. Dinámica de la floración y la fructificación de *R. hirsuta* en días.



4.3.4.6 Calendario fenológico. Para la elaboración del calendario fenológico de la especie *R. hirsuta* se tuvo en cuenta las observaciones realizadas de intensidad y sincronía de los 10 individuos muestreados, estableciendo tres categorías (alta, media y baja) para cada uno de los parámetros mencionados (tabla 14).

El calendario planteado para la especie muestra que el periodo de producción de flores se generó en intensidades bajas entre enero y septiembre de 2010, encontrando tanto flores jóvenes como en antesis (abr – sep./2010), destacándose en éste último periodo el mes de septiembre con una alta sincronía entre los individuos, ocurriendo el evento en un mes de precipitación moderada. La fructificación mostró un periodo largo y particular, en el cual se pudo encontrar fruto maduro y coleccionar semillas, esto ocurrió entre febrero y agosto de 2010, donde se presentó intensidades tanto bajas como medias pero con individuos poco sincrónicos, manifestando el evento en época de lluvia.

Tabla 14. Calendario fenológico de *R. hirsuta*, octubre de 2009 - octubre de 2010.

FENOFASE	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct		
Caída de hojas	IB		AU		IB					IM		IB			
	PS	SA	AU		PS		SB	PS		SA		SB			
Brote de hojas	IB		AU		IB					IM		IB			
	SA		AU		PS		SA	PS		SA		PS			
Floración	AU		IB		AU		IB					AU			
	AU		SB		AU		SB					PS		AU	
Fructificación	IB										AU		AU		
	SB			PS								AU		AU	
ETAPAS															
Botón floral	AU		IB		AU		IB			AU			IB		AU
	AU		SB		AU		SB			AU			SB		AU
Flor abierta	AU				IB		AU		IB					AU	
	AU				SB		AU		SB			PS		SA	AU
Fruto verde	IB		AU		IB					AU		AU			
	SB			PS				SB			AU		AU		
Fruto maduro	IB				IM		IB					AU		AU	
	SB				PS								AU		AU
REGIMEN CLIMA	MH		MS			MH									
INTENSIDAD:	IA: Intensidad alta >50%				IM: Intensidad media 25%-50%										
	IB: Intensidad baja <25%														
SINCRONÍA:	SA: Sincronía alta >60%					PS: Poco sincrónico 20%-60%									
	SB: Sincronía baja <20%														
REGIMEN CLIMA	MS: Mes seco				MH: Mes húmedo										
	AU: Ausencia														

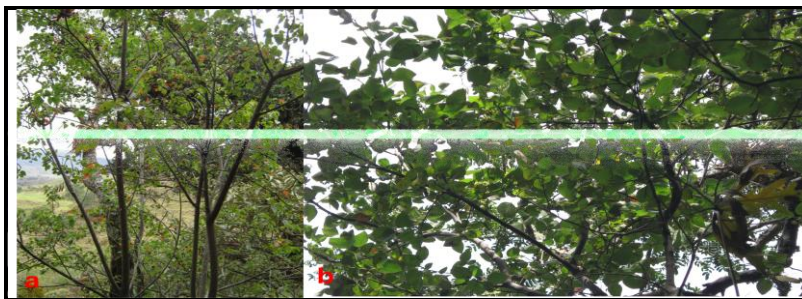
4.4 *Vallea stipularis* L. f.

Familia: ELAEOCARPACEAE.

Nombre vulgar: majua, raque, chaque, chirriador rojo, rosolino, sanjuanito.

4.4.1 Descripción morfológica. Según Mahecha et al., (2004), el árbol alcanza los 15 m de altura y los 40 cm de DAP, su tronco es torcido, su corteza es de color grisáceo y escamosa, su copa es redonda y algunas veces irregular; follaje verde brillante y al madurar verde rojizo; sus ramas principales crecen de manera oblicua, son delgadas y su color es grisáceo; sus ramas secundarias son delgadas y de color verde rojizo (figura 38); sus raíces son profundas.

Figura 38. Árbol de majua (*V. stipularis*). a) Arquitectura del árbol. b) Copa y ramas.



V. stipularis presenta hojas simples, alternas, acorazonadas, de 8 cm de largo x 4 cm de ancho, son, envés de color blancuzco y posee vellosidades donde nacen sus nervaduras, presentan estípulas en forma de riñón (reniformes).

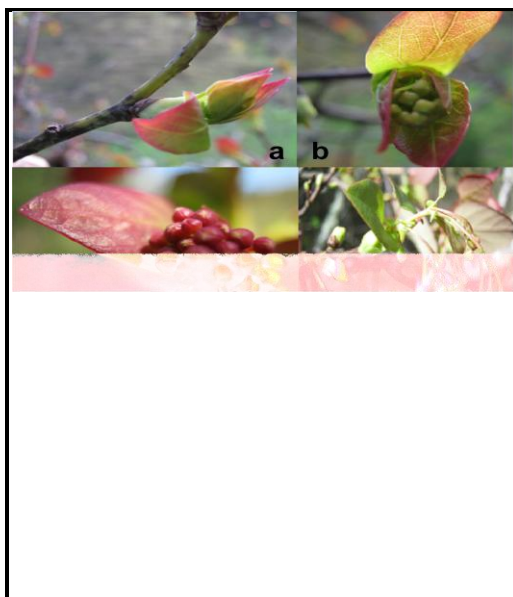
La caída de hojas en *V. stipularis* inicia con un amarillamiento de las hojas que luego se tornan vinotinto a naranja y finalmente cafés al caer, quedando totalmente defoliado el árbol durante un periodo aproximado de 2 a 3 días (figura 39).

Figura 39. Caída de hojas en *V. stipularis*, cambio de coloración en las hojas antes de caer del árbol.



El brote de las hojas inicia hacia el ápice de la rama con las yemas apicales y axilares envueltas en forma de botón de color verde claro que luego se tornan vinotinto. Al formarse la hoja presenta un tamaño de 4,3 - 4,9 cm largo x 3,4-4 cm de ancho, color vinotinto brillante. Luego de estos cambios tanto en forma, tamaño y color las hojas toman un color verde (figura 40)

Figura 40. Brote de hojas en *V. stipularis*. a, b) Yema axilar; c, d) Brote de las hojas; e) Coloración de la copa con hojas nuevas; f) Copa con hojas en estado maduro.



Flores dialipétalas rosadas sin abrirse totalmente, agrupadas en inflorescencias terminales en forma de racimos. La floración inicia con los botones florales llegando a 20 por inflorescencia, color blanco de 7 mm de largo (incluyendo el

pedúnculo floral) x 2,5 mm de ancho, (figuras 41, 43), las flores miden 11,9 mm de largo (incluyendo pedúnculo floral) x 7,5 mm de ancho (figura 42).

Figura 41. Inflorescencia de *V. stipularis*. a), b) Tamaño del botón floral (largo x ancho).

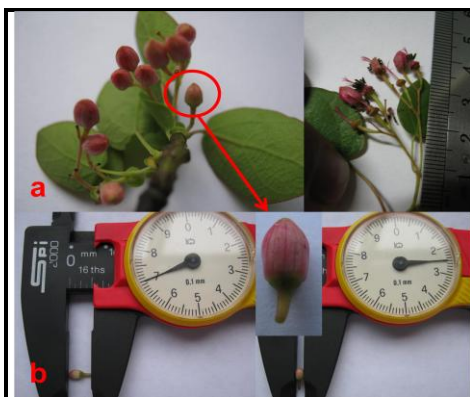
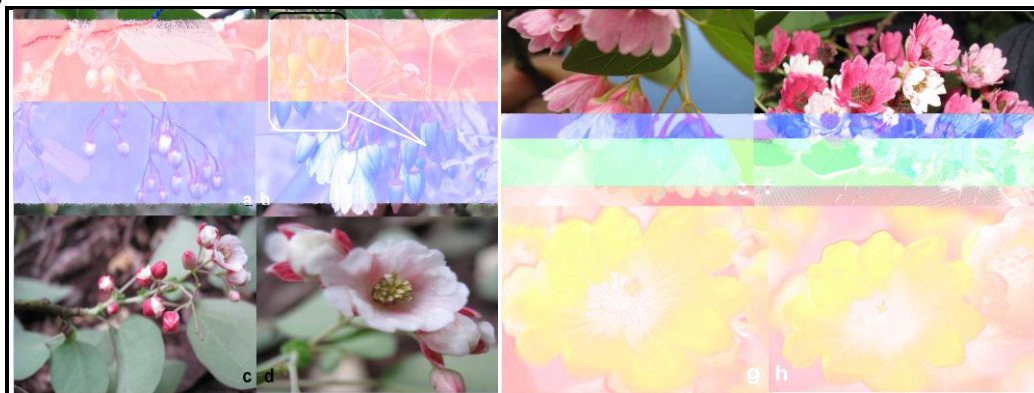


Figura 42. Tamaño de la flor de *V. stipularis*.



Figura 43. Inflorescencia y etapas de desarrollo del botón floral de *V. stipularis*. a, b) Etapas 1 y 2; c, d) Etapas 3; e, f) Antesis floral; g, h) Pétalos, estambres y estigma.



Las características de desarrollo de las yemas florales se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Características de desarrollo de los botones florales de *V. stipularis*.

Características	Etapa botón floral		
	1	2	3
Botones florales de color blanco y pedúnculo verde claro.		Al ir madurando el botón, muestra un color rosado al igual que los sépalos notándose pequeñas venaciones.	El botón experimenta un aumento en su diámetro, los sépalos se observan diferenciados e inicia la separación de los pétalos, se observa el estilo, el estigma y los estambres (filamento y antera) de color blanco.
Largo (mm)	7	7,4	8
Ancho (mm)	2,5	3,5	4,5

En la anthesis los sépalos poseen un color rosado mientras que los pétalos muestran un rosado más intenso, estambres de 4,5 mm, filamento color rosado, antera y estigma de color café, los árboles de *V. stipularis* cuando florece presentan su copa de color rosado como se observa en la figura 44.

Figura 44. Floración de la especie *V. stipularis*.



La fructificación para *V. stipularis* inicia con un desprendimiento de las estructuras florales como los pétalos, sépalos estambres, aunque estos últimos son persistentes y son retirados por acción natural secándose en el ovario, en esta etapa aún persiste el estilo junto con sus estigmas, ésta persistencia dura varios días (15 - 25 días aproximadamente), se observó que estas estructuras

permanecen en algunos frutos hasta cuando los mismos están próximos a presentar dehiscencia, la fructificación se presentó aún cuando existen flores en los individuos (figura 45).

Fruto verde: inicia cuando pétalos y algunos estambres caen, el ovario se torna verde y naranja, de 9,8 mm de largo x 3,6 mm de ancho, el receptáculo forma un anillo de color rojo alrededor del ovario, persiste el estilo de color fucsia, próximos a la madurez las paredes del ovario (pericarpo) aumentan de tamaño y se forman pequeñas protuberancias, tomando un de color amarillo (figura 45).

Fruto maduro: presenta protuberancias pronunciadas, el color predominante es verde claro a amarillo, de 7,7 - 8,6 mm de largo x 7,6 mm - 1,4 cm de ancho, al finalizar la madurez se presenta la dehiscencia, el fruto en forma de cápsula se abre por si solo donde se observan 4 valvas con 2 - 4 semillas por fruto (figuras 45, 46). La semilla de 3,79 mm de largo x 2,11 mm de ancho presenta un arilo de color blanco y de sabor dulce (figura 47).

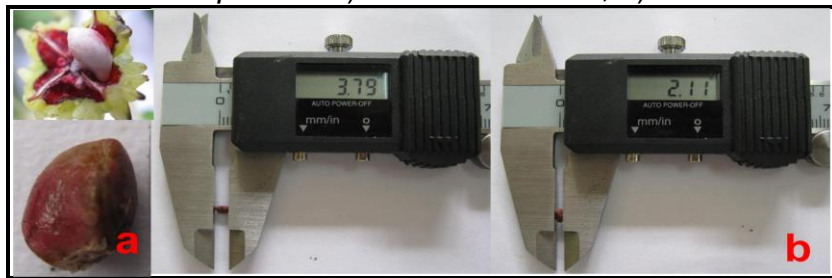
Figura 45. Desarrollo de las etapas de fructificación de *V. stipularis*. a, b, c, d) Fruto verde; e) Fruto aún considerado en estado inmaduro; f, g) Fruto maduro; h, i) Dehiscencia y estructura interna del fruto, semilla con arilo.



Figura 46. Fruto de *V. stipularis*. a) Fruto maduro; b) Dehiscencia del fruto.

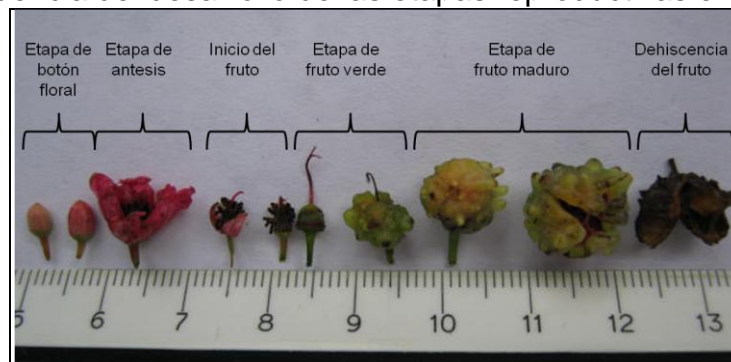


Figura 47. Semilla de *V. stipularis*. a) Semilla con arilo; b) Tamaño de la semilla.



A continuación se muestra la secuencia de las etapas de desarrollo de las fenofases reproductivas (floración y fructificación) para *V. stipularis* (figura 48):

Figura 48. Secuencia del desarrollo de las etapas reproductivas en *V. stipularis*.



4.4.2 Descripción ecológica. Habita entre las márgenes hídricas, crece en las cordilleras central y oriental. En Antioquia hacia el altiplano de Santa Rosa de Osos, cordillera occidental y sobre la vertiente oriental de la cordillera occidental, alcanzando una elevación entre los 2500 – 3500 msnm. En Bolivia, Ecuador y Perú alcanza una elevación entre los 1500 – 4500msnm (Missouri Botanical Garden, 2011). Para Colombia de acuerdo al Herbario Nacional de Colombia se encuentran algunas colecciones recolectadas en los departamentos de Magdalena, Boyacá, Bogotá, Cundinamarca, Cauca (Silvia), Nariño y Norte de Santander, ubicados en altitudes entre los 1990 – 4180msnm (Universidad Nacional de Colombia, 2011). En el área de estudio se encontró en potrero, bordes del bosque y en el interior del mismo, forma grupos aislados de 3-5 árboles. Se pudo observar la escasa regeneración que tiene la especie (figura 49).

Figura 49. Regeneración y botones florales encontrados en la zona de estudio de *V. stipularis*.



4.4.3 Características de los individuos de Majua (*V. stipularis*) seleccionados para el estudio fenológico. Los datos de coordenadas geográficas, altura sobre el nivel del mar (asnm), altura del árbol y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos seleccionados de *V. stipularis* para el estudio fenológico se resumen en la tabla 16.

Tabla 16. Individuos de Majua (*V. stipularis*) seleccionados para el estudio fenológico.

VALEA #	ALTITUD (m)	COORDENADAS	DAP	ALTURA (m)
1	3077	N° 2°31'48,9" / W° 76°20'57,3"	21,32	7
2	3085	N° 2°31'48,1" / W° 76°20'56"	23,55	8
3	3126	N° 2°31'42,9" / W° 76°20'57,1"	23,87	5
4	3127	N° 2°31'43,5" / W° 76°20'58,7"	14,64	5
5	3090	N° 2°31'43,7" / W° 76°20'58,7"	29,28	8

Tabla 16 (Continuación)

6	3082	N° 2°31'41,4" / W° 76°21'00,8"	25,78	12
7	3082	N° 2°31'40,8" / W° 76°21'00,1"	20,69	6
8	3186	N° 2°31'45,0" / W° 76°20'58,6"	14,64	10
9	3173	N° 2°31'43,9" / W° 76°20'56,4"	15,59	8
10	3181	N° 2°31'43,9" / W° 76°20'56,3"	34,05	8
ÁRBOL MUESTRA	3076	N° 2°31'47,8" / W° 76°20'56,5"	20	5

Los individuos muestreados de la especie *V. stipularis* se encontraron entre los 3077 - 3185 msnm, 14,64 - 30,05 de DAP y entre 5 - 12 m de altura para la zona de estudio.

4.4.4 Fases fenológicas de Majua (*V. stipularis*). La evaluación de las fenofases de los 10 individuos permitió reconocer 4 de ellas y la ausencia de la fase de reposo para cada uno de los individuos muestreados (tabla 17).

Tabla 17. Presencia y ausencia de fenofases de Majua (*V. stipularis*).

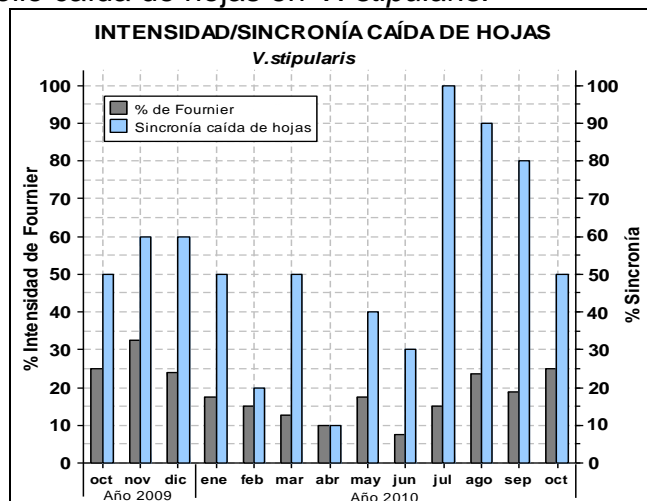
Fenofases	Presente
Caída de hojas (Defoliación)	SI
Brote de hojas (Foliación)	SI
Floración	SI
Fructificación	SI
Reposo	NO

4.4.4.1 Comportamiento de las fenofases vegetativas (caída y brote de hojas). La descripción del comportamiento de las fenofases vegetativas y el nivel de sincronía manifestado en *V. stipularis*; se presenta a continuación.

Caída de hojas. La fenofase se presentó consecutivamente durante el año de estudio (Oct 2009 - Oct 2010), iniciando en la época húmeda (Octubre 2009), incrementando con la llegada de la época seca (Noviembre 2009) (figura 50), mostrando su pico máximo para éste mes con 32,5% de intensidad (tabla 18).

La especie *V. stipularis* presentó sincronía entre julio y septiembre de 2010, donde el 80% y 100% de los individuos manifestaron la actividad de la fenofase, ocurriendo éste comportamiento en los meses lluviosos (figura 50). Ésta fenofase no tuvo correlación con las variables climáticas.

Figura 50. Desarrollo caída de hojas en *V. stipularis*.



Brote de hojas. El brote de hojas se presentó de forma permanente entre noviembre de 2009 y septiembre de 2010, iniciando en noviembre, donde la época seca se encuentra marcada e incrementando en el mes de diciembre donde aún se conserva ésta temporada, mostrando su pico máximo en éste mes (figura 51) con intensidad del 30,75% (tabla 18).

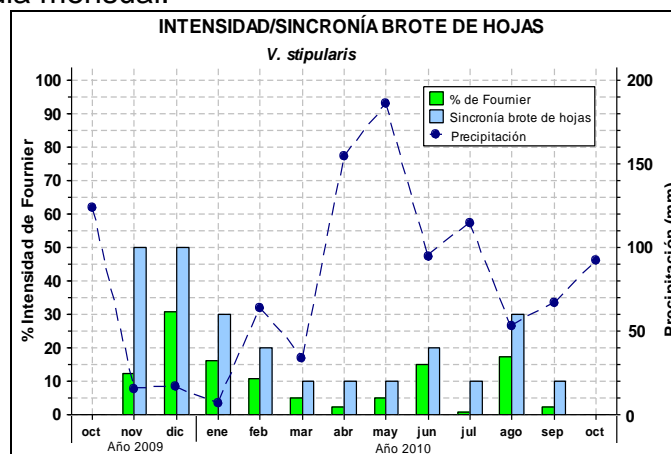
Tabla 18. Valor promedio mensual de brote y caída de hojas en *V. stipularis* según porcentaje de Fournier y valores de precipitación.

VARIABLES	Meses/Año													
	2009			2010										
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	
Caída de hojas	E. F	1	1,3	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,7	0,3	0,6	0,95	0,7	1
	%	25	32,5	24	17,5	15	12,5	10	17,5	7,5	15	23,7	18,7	25
Brote de hojas	E. F	0	0,5	1,2	0,6	0,4	0,2	0,1	0,2	0,6	0,03	0,7	0,1	0
	%	0	12,5	30,7	16,2	10,7	5	2,5	5	15	0,7	17,5	2,5	0
Follaje	E. F	3,4	3,2	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,9	4	3,9	3,7	3,4
	%	85	81,2	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	97,5	100	97,5	93,7	85
Precipitación	mm	122,9	15,5	19,80	8,3	64,4	34	154,8	189,4	96,7	116	52,3	68,1	90,5

E. F = Escala de Fournier. % = Intensidad de Fournier en porcentaje.

El brote de hojas fue sincrónico, en el que 50% de los individuos presentaron la actividad para noviembre y diciembre de 2009, donde predomina la época seca. (figura 51). Ésta fenofase encontró correlación con la precipitación ($r = -0,60$ $p = 0,03$), lo que indica que esta variable influye en la dinámica de la fenofase, es decir cuando la variable climática tiende a aumenta el brote de hojas disminuye.

Figura 51. Desarrollo de brote de hojas en *V. stipularis* relacionada con la precipitación media mensual.



4.4.4.2 Comportamiento de las fenofases reproductivas (floración y fructificación). La descripción del comportamiento de las fenofases reproductivas y el nivel de sincronía manifestado en *V. stipularis*; se presenta a continuación.

Floración. La fenofase se presentó en dos periodos durante el año, el primero a partir de octubre de 2009 a abril de 2010 donde muestra sus picos máximos durante la época seca, es decir para noviembre y diciembre de 2009, pero también se visualizó un incremento en la ocurrencia de la fenofase para febrero de 2010 donde el régimen de las lluvias incrementa, las intensidades del fenómeno fueron 10,6%, 11,62% y 17,87% respectivamente (tabla 19). Para el segundo periodo entre junio y octubre de 2010 de producción floral se notó que el evento está influenciado por la precipitación, observándose una intensidad de 5,37% para el mes de julio de 2010 (figura 52).

La falta de producción de flores se le atribuyó a las fuertes lluvias y vientos existentes en la zona alta de estudio, donde se localizaron la mayoría de los individuos muestreados. Ocurriendo esto en mayo de 2010

La fenofase presentó sincronía durante el mes de marzo de 2010 con la entrada de la época de lluvia, donde 60% de los individuos manifestaron la fenofase (figura 52). Ésta fenofase tuvo correlación con las variables climáticas precipitación ($r = -0,7$ $p = 0,01$), temperatura ($r = 0,71$ $p = 0,007$) y humedad relativa ($r = -0,68$ $p = 0,01$), indicando la influencia del clima en la fenofase, de manera que al aumentar la precipitación y la humedad relativa, la fenofase tiende a disminuir su intensidad,

por otra parte cuando la temperatura tiende en aumento, la floración manifiesta igual comportamiento.

Figura 52. Desarrollo de floración en *V. stipularis* relacionada con la precipitación, temperatura media mensual y la humedad relativa.

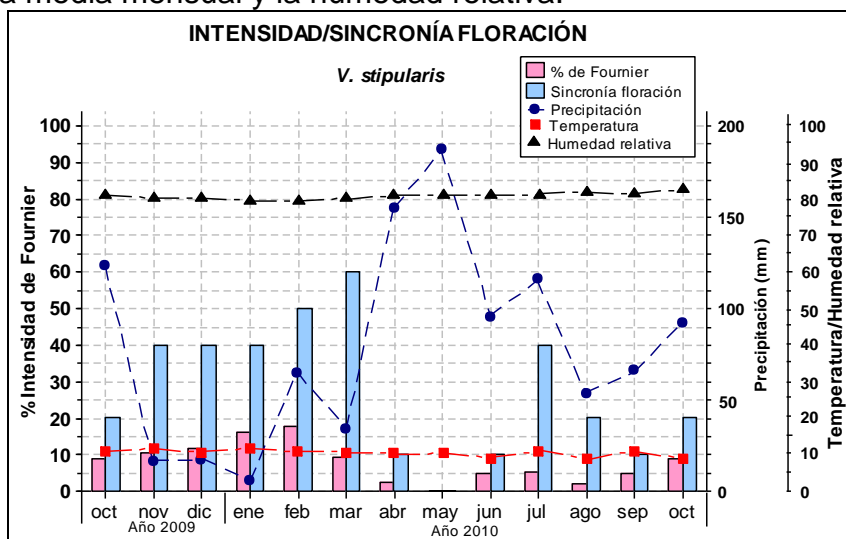


Tabla 19. Valor promedio mensual de floración y fructificación en *V. stipularis* según porcentaje de Fournier y valores de precipitación.

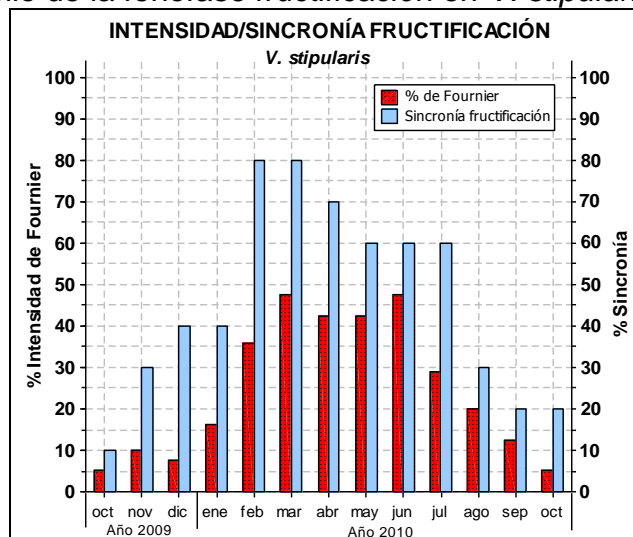
VARIABLES		Meses/Año												
		2009			2010									
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
Floración	E. F	0,35	0,425	0,465	0,65	0,715	0,375	0,1	0	0,2	0,215	0,075	0,2	0,35
	%	8,75	10,625	11,625	16,25	17,875	9,375	2,5	0	5	5,375	1,875	5	8,75
Fructificación	E. F	0,2	0,4	0,3	0,65	1,43	1,9	1,7	1,7	1,9	1,16	0,8	0,5	0,2
	%	5	10	7,5	16,25	35,75	47,5	42,5	42,5	47,5	29	20	12,5	5
Precipitación	mm	122,9	15,5	19,80	8,3	64,4	34	154,8	189,4	96,7	116	52,3	68,13	90,5

E. F = Escala de Fournier. % = Intensidad de Fournier en porcentaje.

Fructificación. La fenofase se manifestó durante todo el año de estudio, la tendencia en la ocurrencia de la fenofase está marcada en la época húmeda (figura 53), donde sus picos máximos se presentaron en marzo y junio de 2010 con intensidades similares del 47,5% (tabla 19).

La sincronía en la fructificación se presentó en febrero y marzo de 2010, donde 80% de los individuos manifestaron la actividad, acompañadas de la época húmeda (figura 53). Ésta fenofase no encontró correlación con las variables climáticas.

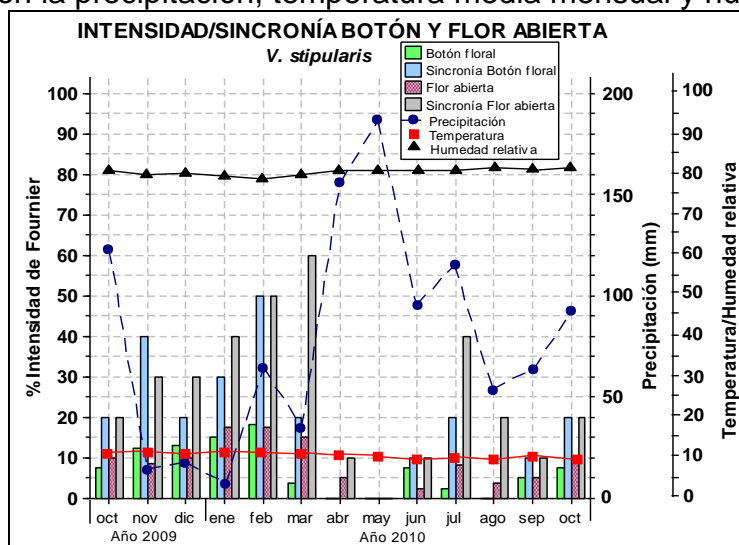
Figura 53. Desarrollo de la fenofase fructificación en *V. stipularis*.



4.4.4.3 Comportamiento de las etapas fenológicas en *V. stipularis* (botón floral, flora abierta, fruto verde y fruto maduro). Las fenofases de floración y fructificación fueron observadas en sus etapas botón floral, flor abierta (antesis), fruto verde y fruto maduro, al igual que el nivel de sincronía manifestado para estas etapas y así tener una mejor comprensión de las mismas.

Botón floral. La etapa botón floral se presentó durante dos periodos en el año, mostrando una mayor producción en el primero, comprendido entre octubre de 2009 y marzo de 2010, la manifestación de la etapa se dio tanto en época húmeda como seca alcanzando su pico máximo en febrero con intensidad de 18,25% (tabla 20), en donde esporádicamente ocurren algunas lluvias. Para el segundo periodo (jun-oct./2010) esta manifestación es muy escasa en donde se destacó una intensidad de 7,5% para junio. La etapa presentó sincronía en febrero de 2010 mostrando la actividad del evento en 50% de los individuos (figura 54). Ésta etapa tuvo correlación con las variables climáticas precipitación ($r = -0,62$ $p = 0,02$), temperatura ($r = 0,67$ $p = 0,01$) y humedad relativa ($r = -0,65$ $p = 0,02$), lo que indica que al aumentar la precipitación y la humedad relativa la etapa de botón floral disminuye y cuando la temperatura aumenta la etapa tiende a comportarse de manera similar. Cabe anotar que estas tendencias se presentan igualmente para la etapa de flor abierta.

Figura 54. Desarrollo del botón floral y flor abierta (antesis) en *V. stipularis* relacionadas con la precipitación, temperatura media mensual y humedad relativa.



Flor abierta (antesis). Esta etapa se vio influenciada por la transición entre la época seca y húmeda (figura 54), mostrando la mayor producción floral en enero y febrero de 2010 con intensidades similares de 17,5% cada uno (tabla 20). La etapa presentó sincronía en marzo de 2010 con 60% de los individuos en actividad (figura 54). Ésta etapa mostró correlación con las variables climáticas precipitación ($r = -0,60$ $p = 0,02$) temperatura ($r = 0,65$ $p = 0,02$) y humedad relativa ($r = -0,61$ $p = 0,03$).

Tabla 20. Valor promedio mensual del botón floral, flor abierta, fruto verde y maduro, en *V. stipularis* según porcentaje de Fournier y valores de precipitación.

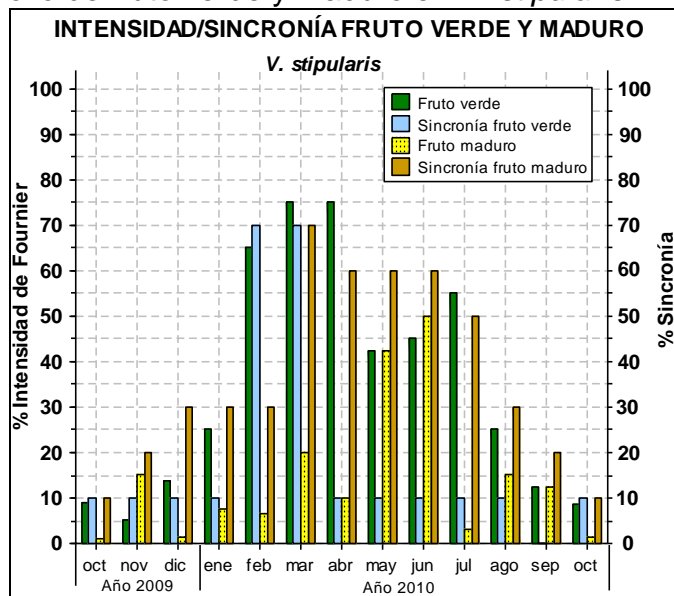
VARIABLES	Meses/Año													
	2009			2010										
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	
Botón floral	E. F	0,3	0,5	0,53	0,6	0,73	0,15	0	0	0,3	0,1	0	0,2	0,3
	%	7,5	12,5	13,3	15	18,3	3,75	0	0	7,5	2,5	0	5	7,5
Flora abierta	E. F	0,4	0,35	0,4	0,7	0,7	0,6	0,2	0	0,1	0,33	0,15	0,2	0,4
	%	10	8,75	10	17,5	17,5	15	5	0	2,5	8,25	3,75	5	10
Fruto verde	E. F	0,36	0,2	0,55	1	2,6	3	3	1,7	1,8	2,2	1	0,5	0,35
	%	9	5	13,8	25	65	75	75	42,5	45	55	25	12,5	8,75
Fruto maduro	E. F	0,04	0,6	0,05	0,3	0,26	0,8	0,4	1,7	2	0,12	0,6	0,5	0,05
	%	1	15	1,25	7,5	6,5	20	10	42,5	50	3	15	12,5	1,25
Precipitación	mm	122,9	15,5	19,80	8,3	64,4	34	154,8	189,4	96,7	116	52,3	68,13	90,5

E. F = Escala de Fournier. % = Intensidad de Fournier en porcentaje.

Fruto verde. La etapa se manifestó durante todo el año (figura 55), (octubre 2009 - octubre 2010), mostrando su máxima producción en marzo y abril de 2010, con intensidades del 75% respectivamente (tabla 20). La etapa presentó sincronía con

70% de los individuos en actividad, ocurriendo en febrero y marzo de 2010 durante la época húmeda del año (figura 55). La etapa no tuvo correlación con las variables climáticas.

Figura 55. Desarrollo de fruto verde y maduro en *V. stipularis*.



Fruto maduro. Se presentó durante todo el año, en alta proporción como lo observado en junio de 2010, donde la intensidad es del 50% (tabla 20) correspondiente a la época húmeda, e igualmente presenta porcentajes muy bajos para oct, dic./2009 y oct./2010 (figura 55). La etapa en marzo de 2010 se presentó de manera sincrónica donde 70% de los individuos manifestaron la actividad en baja intensidad (figura 55). La etapa no presentó correlación entre las variables climáticas.

4.4.4.4 Frecuencia de las fenofases en *V. stipularis*. Los árboles de *V. stipularis* presentaron un patrón de comportamiento en la caída y brote de las hojas semidecíduo, mostrando mayores intensidades en la caída de hojas cuando existe una reducción y aumento en la precipitación. Para éste caso se presentó en los meses de noviembre de 2009 y agosto de 2010. La periodicidad fue sub-anual (figura 56). El brote de hojas para esta especie se concentró igualmente en los meses considerados de baja y moderada precipitación.

Figura 56. Frecuencia de fenofases vegetativas en la población estudiada de *V. stipularis*.

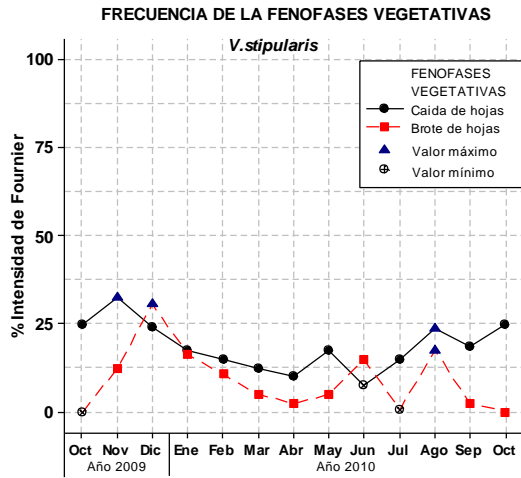
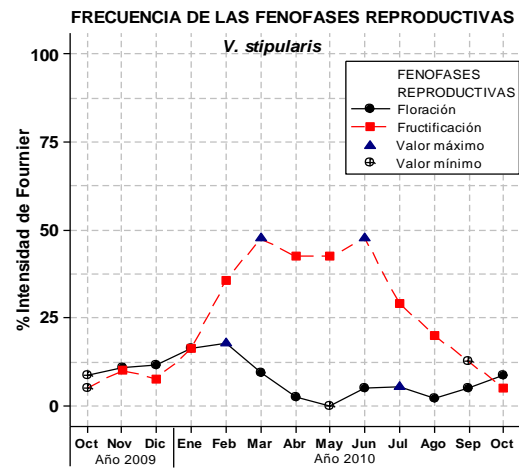


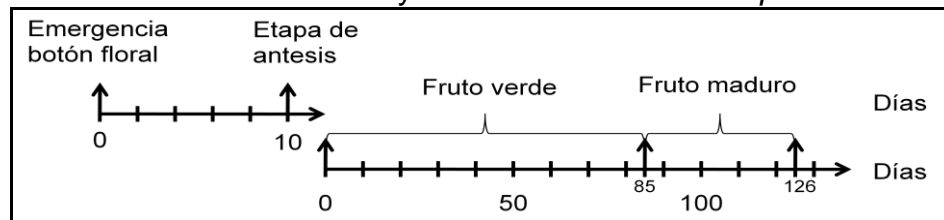
Figura 57. Frecuencia de fenofases reproductivas en la población estudiada de *V. stipularis*.



La floración en la especie mostró patrones reproductivos periódicos con ritmos largos supra-anales, es decir, se observó que la floración se manifestó por más de cuatro meses, tanto en época seca como húmeda. Igualmente se observó un comportamiento reproductivo con intervalos mayores a un año. Para la fructificación, la especie presentó un patrón periódico con ritmo largo anual (figura 57).

4.4.4.5 Duración. A nivel poblacional la floración presentó una duración de 11 meses durante el año de estudio, mostrando la ausencia de la fenofase en mayo de 2010. Individualmente la especie mostró una duración de 10 días en las etapas de floración (a partir del botón floral hasta la antesis). La fructificación en la población presentó una duración de 12 meses en el año. Individualmente *V. stipularis* mostró una duración de 126 días (85 días para fruto verde y 41 días para fruto maduro próximo a realizar dehiscencia) (figura 58).

Figura 58. Dinámica de la floración y la fructificación de *V. stipularis* en días.



4.4.4.6 Calendario fenológico. Para la elaboración del calendario fenológico de la especie *V. stipularis* se tuvo en cuenta las observaciones realizadas de intensidad y sincronía de los 10 individuos muestreados, estableciendo tres categorías (alta, media y baja) para cada uno de los parámetros mencionados (tabla 21).

El calendario planteado para la especie muestra que el periodo de producción de flores se generó en intensidades bajas entre noviembre de 2009 y marzo de 2010, continuando en julio de 2010, mostrando poca sincronía, el comportamiento de la especie se manifestó en un principio durante un mes considerado secos y finalmente en los meses húmedos. La fructificación mostró dos periodos característicos, en los cuales se encontró fruto maduro y semillas; el primero en el mes de marzo de 2010 donde existe una intensidad baja, alta sincronía y en época de lluvia; el segundo hace referencia a los meses de mayo y junio de 2010 donde presentó una intensidad media, los individuos son poco sincrónicos y en época de lluvia; quedando así a consideración del colector.

Tabla 21. Calendario fenológico de *V. stipularis*, octubre de 2009 - octubre 2010.

FENOFASE	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	
Caída de hojas	IB	IM	IB											
	PS					SB	PS	SA			PS			
Brote de hojas	AU	IB	IM	IB										
	AU	PS		SB					PS	SB	AU			
Floración	IB							AU	IB					
	SB	PS					SB	AU	SB	PS	SB			
Fructificación	IB				IM					IB				
	SB	PS		SA		PS				SB				
ETAPAS														
Botón floral	IB							AU	IB	AU	IB			
	SB	PS	SB	PS	SB	AU	SB	AU	SB					
Flor abierta	IB							AU	IB					
	SB	PS					SB	AU	SB	PS	SB			
Fruto verde	IB				IA			IM	IA	IB				
	SB			SA		SB					AU	SB		
Fruto maduro	IB							IM	IB					
	SB	PS		SA		PS				SB				
REGIMEN CLIMA	MH	MS			MH									
INTENSIDAD:	IA: Intensidad alta >50%				IM: Intensidad media 25%-50%									
	IB: Intensidad baja <25%													
SINCRONÍA:	SA: Sincronía alta >60%							PS: Poco sincrónico 20%-60%						
	SB: Sincronía baja <20%													
REGIMEN CLIMA	MS: Mes seco					MH: Mes húmedo								
	AU: Ausencia													

5. ANALISIS ESTADISTICO

Mediante el coeficiente de correlación de Pearson se reconoció el grado de relación lineal existente entre las fenofases y etapas fenológicas presentes en las especies con respecto a las variables climáticas estudiadas. Para dicho análisis se utilizó el programa estadístico PASW Statistics 18 para así procesar la información y permitir un adecuado análisis de los resultados.

5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA *I. uniflora*

Tabla 22. Análisis de correlación de Pearson de las fenofases en *I. uniflora* Vs. Floración, fructificación, follaje, brote de hojas, caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio.

		Floración	Fructificación	Follaje	Brote hojas	Caída hojas	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	H. Relativa
Floración	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	1	0,230 (0,472)	0,349 (0,266)	-0,842** (0,001)	-0,715** (0,009)	-0,317 (0,291)	0,394 (0,183)	0,010 (0,975)
Fructificación	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,230 (0,472)	1	-0,032 (0,921)	-0,300 (0,343)	-0,044 (0,893)	-0,665** (0,013)	0,440 (0,132)	-0,610* (0,027)
Follaje	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,349 (0,266)	-0,032 (0,921)	1	-0,580* (0,048)	-0,694* (0,012)	-0,075 (0,816)	-0,057 (0,860)	-0,136 (0,673)
Brote de hojas	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,842** (0,001)	-0,300 (0,343)	-0,580* (0,048)	1	0,819** (0,001)	0,495 (0,085)	-0,849 (0,000)	0,548 (0,053)
Caída de hojas	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,715** (0,009)	-0,044 (0,893)	-0,694* (0,012)	0,819** (0,001)	1	0,208 (0,494)	-0,748 (0,003)	0,549 (0,052)

Valores entre paréntesis indican el nivel de significancia.* Correlación significativa (0.05).

** . Correlación significativa (0.01).

La especie *I. uniflora* mostró correlación negativa del 84% (significativa) y 72% (moderada) entre la floración y la caída, brote de hojas, con niveles de significancia de 0,009 y 0,001 respectivamente (tabla 22). Esta correlación significa que a medida que aumenta en intensidad la floración, tanto la caída y brote de hojas disminuye (figura 59).

Para la fructificación, la fenofase se correlacionó con la variable climática precipitación de manera negativa con un 67% (moderada) con un nivel de significancia de 0,013 (tabla 22). Este comportamiento es inverso para la variable anteriormente mencionada (figura 59).

La caída y el brote de hojas se correlacionaron entre sí de manera positiva con un 82% (significativa), lo que indica que las dos aumentan proporcionalmente a la

vez, esto se ve reflejado en la especie porque siempre estuvo presentando follaje (tabla 22), (figura 59).

En cuanto a las variables climáticas, las dos fenofases (caída y brote de hojas), se correlacionaron de forma negativa con la temperatura y positivamente con la humedad relativa.

Figura 59. Grado dispersión de la floración, fructificación, caída de hojas y brote de hojas con su correlación respectiva para *I. uniflora*.

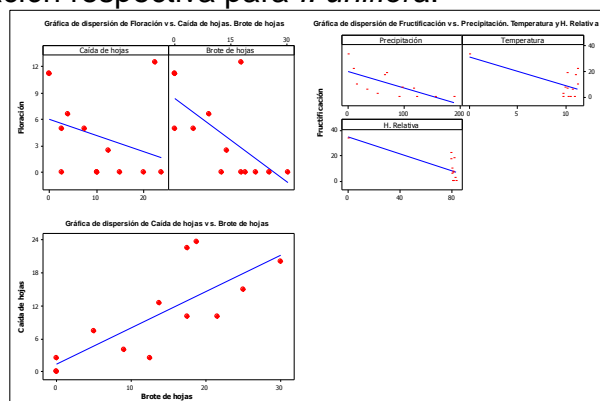


Tabla 23. Análisis de correlación de Pearson de las etapas en *I. uniflora* Vs. Follaje, brote de hojas, caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio.

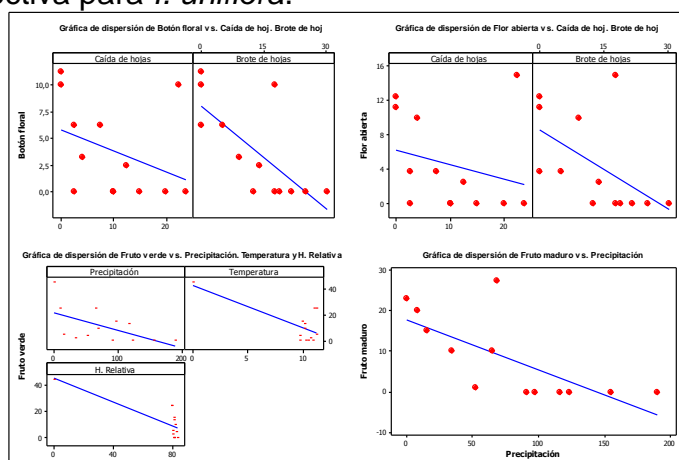
		Follaje	Brote hojas	Caída hojas	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	H. Relativa
Botón floral	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,346 (0,270)	-0,873** (0,000)	-0,696* (0,012)	-0,346 (0,247)	0,513 (0,073)	-0,122 (0,691)
Flor abierta	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,331 (0,294)	-0,763** (0,004)	-0,688* (0,013)	-0,278 (0,357)	0,281 (0,352)	0,113 (0,714)
Fruto verde	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,041 (0,900)	-0,187 (0,560)	-0,110 (0,735)	-0,523* (0,067)	0,335** (0,263)	-0,571** (0,042)
Fruto maduro	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,012 (0,969)	-0,372 (0,233)	0,056 (0,864)	-0,691** (0,009)	0,471 (0,104)	-0,511 (0,074)

Valores entre paréntesis indican el nivel de significancia. *. Correlación significativa (0.05).
**. Correlación significativa (0.01).

Para las etapas de floración encontramos que tanto el botón floral como la flor abierta (antes) tuvieron correlación negativa del 87% (significativa), 70%, 76% y 69% (moderada) con las fenofase caída y brote de hojas (tabla 23), entendiendo éste comportamiento como inverso para cada una de las variables (figura 60).

El fruto verde se correlacionó con la variable climática humedad relativa de manera negativa con un 57% (parcial), con nivel de significancia de 0,042 (tabla 23). La influencia de la variable climática sobre el fruto verde fue inversa, es decir a medida que aumenta la variable, disminuye la presencia de la etapa (figura 60). Por otro lado la etapa de fruto maduro se correlacionó con la precipitación de manera negativa para un 69% (moderada), con 0,009 como nivel de significancia, este comportamiento igualmente fue inverso entre la etapa y la variable climática.

Figura 60. Grado dispersión de Fruto verde de las etapas de la floración y fructificación con su correlación respectiva para *I. uniflora*.



5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA *R. hirsuta*

Tabla 24. Análisis de correlación de Pearson de las fenofases en *R. hirsuta* Vs floración, fructificación, follaje, brote de hojas, caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio.

		Floración	Fructificación	Follaje	Brote de hojas	Caída de hojas	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	H. Relativa
Floración	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	1	-0,284 (0,371)	-0,019 (0,952)	0,706* (0,010)	0,676* (0,016)	0,170 (0,578)	-0,279 (0,355)	0,113 (0,713)
Fructificación	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,284 (0,371)	1	-0,276 (0,386)	-0,489 (0,106)	-0,421 (0,173)	0,237 (0,435)	0,209 (0,494)	-0,448 (0,125)
Follaje	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,019 (0,952)	-0,276 (0,386)	1	-0,099 (0,759)	-0,214 (0,505)	0,234 (0,465)	-0,121 (0,708)	-0,114 (0,725)
Brote de hojas	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,706* (0,010)	-0,489 (0,106)	-0,099 (0,759)	1	0,887** (0,000)	0,037 (0,905)	-0,403 (0,172)	0,337 (0,261)
Caída de hojas	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,676* (0,016)	-0,421 (0,173)	-0,214 (0,505)	0,887** (0,000)	1	0,102 (0,741)	-0,471 (0,104)	0,331 (0,270)

Valores entre paréntesis indican el nivel de significancia. *. Correlación significativa (0.05). **. Correlación significativa (0.01).

La floración en la especie *R. hirsuta* encontró correlación positiva del 70% y 68% (moderada) con la caída y brote de hojas para un nivel de significancia de 0,016 y 0,010 respectivamente (tabla 24), lo que indica un comportamiento proporcional en el aumento de las intensidades de las fenofases (figura 61).

La caída y el brote de hojas se correlacionaron entre sí, con niveles de significancia de 0,000 para cada una de las fenofases, esta correlación fue de manera positiva del 89% (significativa), lo que induce a pensar en un comportamiento proporcional para ambas fenofases (tabla 24), (figura 61). Esto ocurrió porque tanto la caída y el brote de hojas se manifestaron de manera constante durante el año de estudio sin mostrar periodos de defoliación.

Figura 61. Grado dispersión de la floración, caída de hojas y brote de hojas con su correlación respectiva durante para *R. hirsuta*.

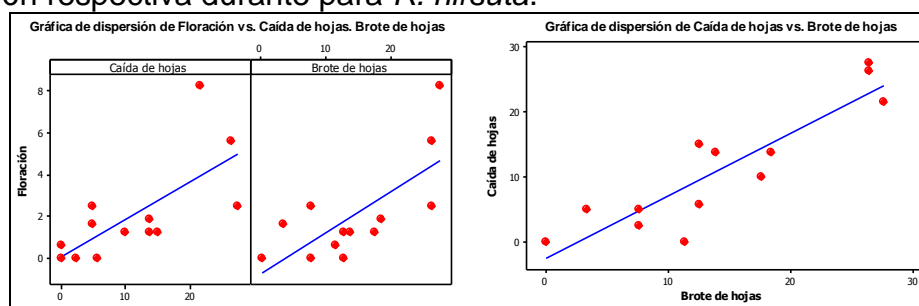


Tabla 25. Análisis de correlación de Pearson de las etapas en *R. hirsuta* Vs. Follaje, brote de hojas, caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio.

		Follaje	Brote de hojas	Caída de hojas	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	H. Relativa
Botón floral	Pearson Correlation = r	-0,363	-0,040	-0,019	-0,343	0,543	-0,485
	Sig. (2-tailed) = p	(0,246)	(0,902)	(0,953)	(0,251)	(0,055)	(0,093)
Flor abierta	Pearson Correlation = r	0,084	0,723**	0,663*	0,268	-0,433	0,252
	Sig. (2-tailed) = p	(0,794)	(0,008)	(0,019)	(0,376)	(0,139)	(0,406)
Fruto verde	Pearson Correlation = r	0,307	-0,278	-0,253	0,587*	-0,114	-0,152
	Sig. (2-tailed) = p	(0,331)	(0,382)	(0,428)	(0,035)	(0,710)	(0,620)
Fruto maduro	Pearson Correlation = r	-0,607*	-0,413	-0,411	-0,081	0,384	-0,537
	Sig. (2-tailed) = p	(0,036)	(0,182)	(0,184)	(0,793)	(0,196)	(0,059)

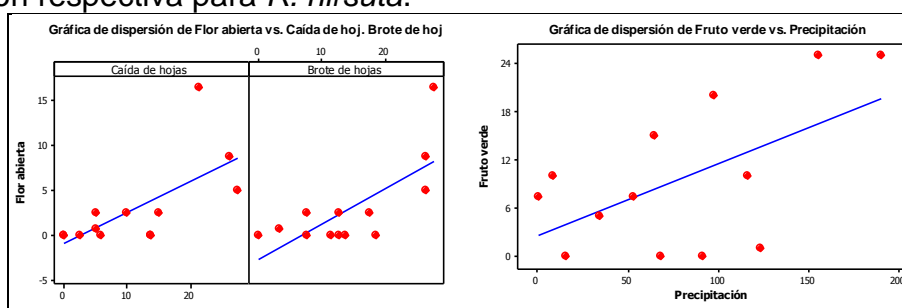
Valores entre paréntesis indican el nivel de significancia.*. Correlación significativa (0.05).
**. Correlación significativa (0.01).

En cuanto a las etapas encontramos que la flor abierta (antesis) se correlacionó de forma positiva con un 72% y 66% (moderada) con la caída y brote de hojas mostrando niveles de significancia de 0,019 y 0,008 respectivamente (tabla 25).

Esto indica que la antesis aumento sus intensidades a medida que la especie mostraba los eventos fenológicos de las fenofases (figura 62).

El fruto verde en la especie *R. hirsuta* encontró correlación positiva del 59% (moderada) con la precipitación, para un nivel de significancia de 0,035, lo que indica una proporcionalidad en cuanto al comportamiento de las dos variables analizadas, es decir al aumentar la precipitación el fruto verde tiende a expresar igual comportamiento (tabla 25), (figura 62).

Figura 62. Grado dispersión de las etapas de la floración y fructificación con su correlación respectiva para *R. hirsuta*.



5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA *V. stipularis*

Tabla 26. Análisis de correlación de Pearson de las fenofases en *V. stipularis* Vs. Floración, fructificación, follaje, brote de hojas, caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio.

		Floración	Fructificación	Follaje	Brote hojas	Caída hojas	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	H. Relativa
Floración	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	1	-0,296 (0,351)	-0,329 (0,296)	0,346 (0,271)	0,170 (0,597)	-0,664* (0,013)	0,710 (0,007)	-0,680 (0,011)
Fructificación	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,296 (0,351)	1	0,456 (0,136)	-0,273 (0,390)	-0,830** (0,001)	0,395 (0,182)	-0,142 (0,644)	-0,203 (0,506)
Follaje	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,329 (0,296)	0,456 (0,136)	1	0,060 (0,854)	-0,652* (0,022)	0,178 (0,581)	-0,113 (0,727)	0,013 (0,968)
Brote de Hojas	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,346 (0,271)	-0,273 (0,390)	0,060 (0,854)	1	0,267 (0,402)	-0,600* (0,030)	0,214** (0,484)	-0,404** (0,171)
Caída de Hojas	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,170 (0,597)	-0,830** (0,001)	-0,652* (0,022)	0,267 (0,402)	1	-0,359 (0,229)	0,201 (0,510)	0,158 (0,606)

Valores entre paréntesis indican el nivel de significancia.* Correlación significativa (0.05).

** Correlación significativa (0.01).

La fenofase de floración en la especie *V. stipularis* presentó correlación negativa con las variables climáticas precipitación y humedad relativa del 66 y 68%

(moderada), con niveles de significancia del 0,013 y 0,011 respectivamente, indicando que a medida que aumentan las variables climáticas disminuye la presencia del evento fenológico. Para la temperatura la correlación se presentó de manera positiva con 71% (moderada) y un nivel de significancia de 0,007, lo que indica que tanto la floración como la temperatura tienden a aumentar al mismo tiempo (figura 63), (tabla 26).

La fructificación no encontró correlación con las variables climáticas pero si se vio influenciada por la caída de hojas, la cual se mostró correlacionada de manera negativa con 83% (significativa) y un nivel de significancia de 0,001 (tabla 26), es decir que mientras la caída de hojas aumenta en intensidad, la producción de frutos disminuye (figura 63).

La especie *V. stipularis* encontró correlación negativa del 60% (moderada) entre la variable climática precipitación y la fenofase brote de hojas, con un nivel de significancia de 0,030, es decir que cuando la precipitación tiende a aumentar la fenofase disminuye (figura 63), (tabla 26).

Figura 63. Grado de dispersión de las fenofases de floración, fructificación, caída de hojas y brote de hojas con su correlación respectiva para *V. stipularis*.

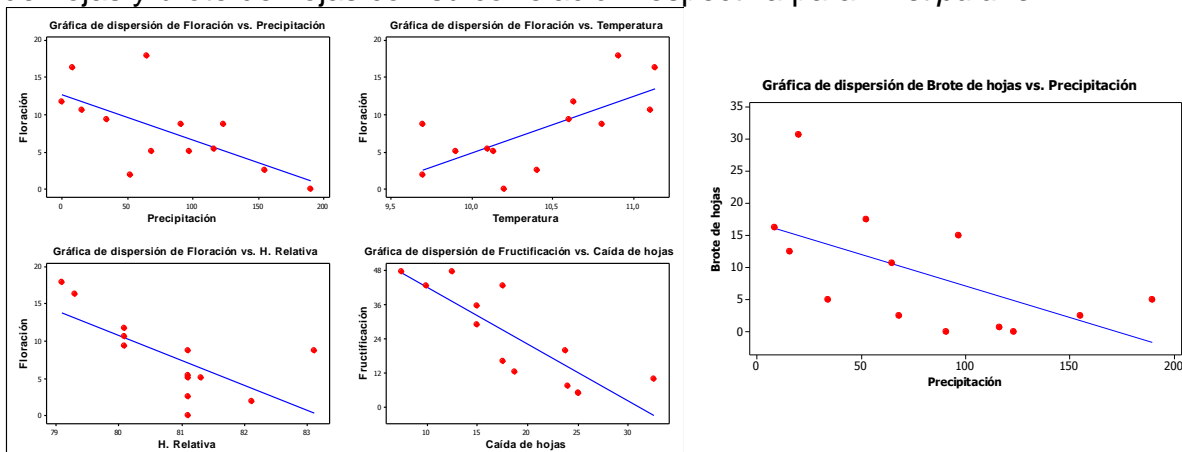


Tabla 27. Análisis de correlación de Pearson de las etapas en *V. stipularis* Vs. Follaje, brote de hojas, caída de hojas y variables climáticas para el año de estudio.

		Follaje	Brote hojas	Caída hojas	Precipita- ción (mm)	Tempera- tura (°C)	H. Relativa
Botón floral	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,375 (0,230)	0,486 (0,109)	0,256 (0,421)	-0,623* (0,023)	0,660 (0,014)	-0,646 (0,017)
Flor abierta	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	-0,228 (0,477)	0,138 (0,669)	0,048 (0,882)	-0,606* (0,028)	0,653 (0,016)	-0,611 (0,027)
Fruto verde	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,448 (0,144)	-0,338 (0,282)	-0,806** (0,002)	0,316 (0,294)	-0,011 (0,972)	-0,287 (0,343)
Fruto maduro	Pearson Correlation = r Sig. (2-tailed) = p	0,211 (0,510)	-0,012 (0,971)	-0,400 (0,198)	0,322 (0,283)	-0,287 (0,341)	0,043 (0,890)

Valores entre paréntesis indican el nivel de significancia. * Correlación significativa (0.05).
** Correlación significativa (0.01).

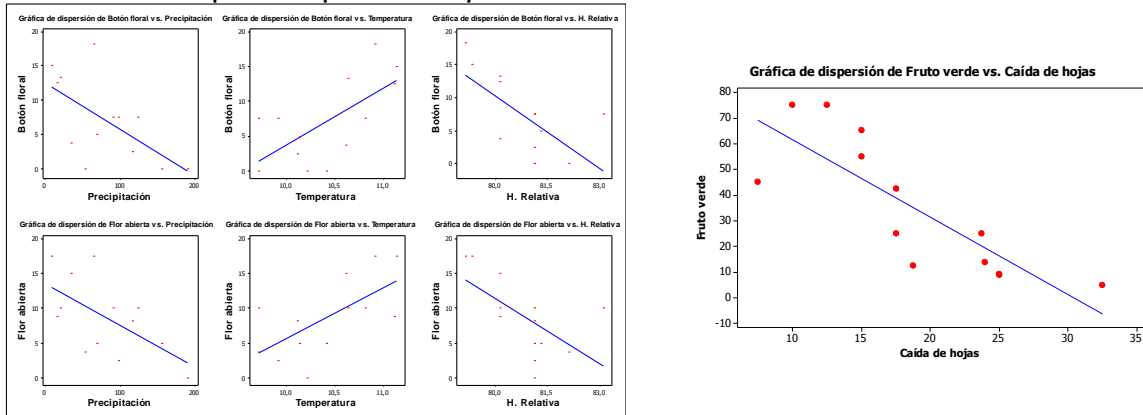
A nivel de las etapas se observó que el botón floral se correlacionó de forma negativa con la precipitación y la humedad relativa con un porcentaje del 62 y 64% (moderada) y niveles de significancia del 0,023 y 0,017 respectivamente, indicando que si las variables aumentan, la etapa disminuye. Con respecto a la temperatura la correlación mostró significancia moderada del 66% para un nivel de significancia de 0,014.

El comportamiento para la etapa de flor abierta mostró correlación negativa del 60 y 61% con la precipitación y la humedad relativa, con niveles de significancia del 0,028 y 0,027 para cada una, mientras que para la precipitación la etapa se correlacionó significativamente moderada con un porcentaje del 65% y 0,016 como nivel de significancia (figura 64), (tabla 27).

Si se observa el comportamiento de la fenofase a la cual pertenecen las anteriores etapas, presentaron un comportamiento similar.

Para las etapas de fructificación solo el fruto verde mostró correlación negativa del 80% (significativa) con la caída de hojas, para un nivel de significancia de 0,002 (tabla 27), este tipo de correlación muestra el comportamiento inverso que existe entre la fenofase y la etapa de fruto verde (figura 64), (tabla 27).

Figura 64. Grado de dispersión para las etapas de floración, fructificación con su correlación respectiva para *V. stipularis*



6. DISCUSIÓN

En este trabajo se determinó que tanto las fenofases vegetativas como reproductivas tienden a expresarse durante la época seca como húmeda del año. Esta forma de comportamiento es observada por algunos autores (Madrigal, 1997; Alencar et al., 1979) indicando la presunta existencia de una estacionalidad climática.

6.1 CAÍDA DE LAS HOJAS

Se demostró fluctuación en la ocurrencia de este evento fenológico relacionado con los valores de precipitación, en *V. stipularis* éste fenómeno comenzó en época de lluvia, pero se incrementó con la época seca en donde mostró sus máximas intensidades, quedando durante 3 días aproximadamente sin hojas, un comportamiento similar en cuanto a la estacionalidad de la fenofase se presentó en *R. hirsuta* en dos periodos del año, donde el fenómeno mostró sus máximos en los meses considerados secos, mientras que *I. uniflora* no tiene una época seca o húmeda marcada con la que se pueda influenciar directamente pero se caracteriza su máximo en el mes de septiembre de 2010 donde la precipitación es moderada.

Los resultados encontrados coinciden con el estudio realizado simultáneamente por Muñoz (2011) en dos especies arbóreas alto andinas ubicadas en la misma zona de estudio de la vereda El Cofre, Municipio de Totoró, donde la especie *Freziera canescens* presentó caída de hojas en un mes seco, mientras que la especie *Saurauia bullosa* no tuvo una época marcada para la manifestación del fenómeno. Ospina (2009), igualmente encontró en el estudio realizado en esta misma zona que *Weinmannia mariquitae* manifestó su caída de hojas entre diciembre de 2008 a abril de 2009 desde el inicio de la época seca hasta el inicio de época de lluvia, comparando los regímenes de lluvia para esta zona encontramos que sus máximos se presentaron en los meses secos para su año de estudio. Contrario a lo anteriormente expuesto, Gómez (2010) en su estudio para la especie *Brownea rosa-de-monte* en el Municipio de Bolívar, Departamento del Cauca en un bosque seco tropical, encontró que esta especie es perennifolia y que las fenofases vegetativas obtienen un mayor beneficio durante el periodo de lluvias.

La caída de hojas en la época de menor precipitación observada en *V. stipularis*, concuerda con los reportes de Alencar et al., (1979), en estudio realizado en la Reserva Forestal de Duke – Manaus, donde observaron que el pico de los árboles con pocas hojas o defoliados siempre ocurrió en la estación seca, lo que indica

que muchos árboles pierden sus hojas al empezar la época seca pero la recuperan aún durante éste periodo.

Autores como Njoku (1963), Alvin (1964), Daubenmire (1972) y Hopkins (1966), afirman que la alta succión del agua del suelo durante la época de sequía es un factor muy importante en la caída de las hojas de los árboles. La caída de las hojas se convierte en un mecanismo de adaptación de las plantas que les permite disminuir las pérdidas de agua por transpiración y entrar en un comportamiento de latencia durante las épocas secas. Otros autores coinciden en relacionar el déficit hídrico con la pérdida de las hojas (Janzen, 1967; Araujo, 1970; Daubenmire, 1972; Barbosa et al., 1989; Morellato, 1991). Igualmente Locatelli (2003) afirma que la disminución del agua en el suelo, el aumento del fotoperiodo y la temperatura contribuyen a la abscisión foliar en las especies vegetales.

6.2 BROTE DE LAS HOJAS

Esta fenofase se presentó para las tres especies estudiadas, en ocasiones cuando se dio un incremento en la precipitación. En *V. stipularis* el brote se presentó de manera permanente, iniciando en el mes de noviembre de 2009 donde la época seca se encuentra marcada e incrementando en diciembre del mismo año, en el que aún se conserva esta temporada. De igual forma *R. hirsuta* incrementó ésta actividad con el descenso de la precipitación, caso contrario ocurrió para *I. uniflora* en donde el brote de las hojas se manifestó en los meses de lluvia. Similar al comportamiento que mostró *I. uniflora* en la manifestación de ésta fenofase lo obtuvo Muñoz (2011) en la especie *F. canescens*.

Lo expresado por las tres especies estudiadas es similar al comportamiento encontrado por Mosquera (2006) en el estudio fenológico de *Huberodendron patinoi*, *Cariniana pyriformis* y *Humiriastrum procerum*, en la región fitogeográfica del Departamento del Chocó.

El comportamiento del brote de hojas para la especie *I. uniflora* es similar al manifestado por *Marlierea obscura*, especie perennifolia cuyo brote de hojas ocurrido siempre en la estación húmeda, en un estudio comparativo realizado en los bosques de ladera y en bosques de tierras bajas, en donde se encontró que en ambas áreas esta fase fenológica fue constante, pero con diferente intensidad. (Bencke y Morellato, 2002)

La caída de las hojas puede ser un factor que estimula la brotación foliar de algunas especies, ya que esto reduce la pérdida de agua en las plantas, lo que lleva a la rehidratación de las ramas sin hojas y así mismo la producción de las hojas, incluso en períodos de sequía (Reich y Borchert, 1984), un comportamiento similar es el demostrado por las especies *V. stipularis* y *R. hirsuta* para la zona alto andina.

Con respecto a los hábitos de crecimiento foliar que mostraron las tres especies estudiadas, *I. uniflora* y *R. hirsuta* se comportan de manera perenne, mientras que *V. stipularis* mostró un hábito semi-decduo, cuyo comportamiento se presentó durante todo el año y redujo la manifestación del evento cuando se evidenciaron valores altos en la precipitación y por ende una alta humedad en el suelo.

En el presente estudio se observó que para las especies *I. uniflora* y *R. hirsuta* la correlación existente fue significativa entre las fenofases caída y brote de hojas, relacionándose entre sí, lo que indica que no se encontró una influencia directa de la variable climática precipitación, pero si existió correlación tanto inversa como proporcional entre la temperatura y la humedad relativa en las fenofases anteriormente mencionadas para *I. uniflora*.

V. stipularis se correlacionó inversamente con la precipitación, indicando que esta variable no es condición para que la especie manifieste una caída y un brote de las hojas.

6.3 FLORACIÓN

V. stipularis presentó patrones reproductivos periódicos con ritmos largos supra-anales, la ocurrencia de la floración se dio en marzo de 2010 de forma sincrónica para un 60% de los individuos. Al evaluar la fenofase a nivel de las etapas (botón floral y flor abierta) su comportamiento fue similar. La manifestación de la fenofase en época seca y húmeda también es visible en Muñoz (2011), donde la especie *S. bullosa* a pesar de que presentó la floración durante todo el año, mostró los picos del evento y los índices de actividad para estas mismas temporadas.

I. uniflora presentó su floración al finalizar las primeras lluvias y al inicio de la época seca, donde mostró sus máximos para el mes de octubre y noviembre de 2009 y nuevamente se observa la aparición del evento en octubre de 2010, indicando con esto que la especie tiene un hábito estacional con una periodicidad supra-anual. Los índices de actividad se evidenciaron paralelamente con su

intensidad, encontrando así mismo la poca sincronía entre los individuos, ya que para estos meses solo se observó un 50% de actividad. Las etapas de botón y flor abierta manifestaron el mismo comportamiento en intensidad y en actividad.

Por su parte *R. hirsuta* manifestó un comportamiento floral continuo con periodicidad sub-anual, en donde la fenofase presentó sus máximos en julio y septiembre de 2010 acompañado de la época húmeda, los índices de actividad para ésta especie se observaron en el mes de septiembre de 2010 con muy baja intensidad para un 50% de los individuos. La etapa de botón floral no pudo ser observada por el pequeño tamaño de las estructuras y la altura de los individuos, por ende los datos reportados corresponden a la etapa de flor abierta. El comportamiento floral de *R. hirsuta* coincide con lo expuesto por Ospina (2009) en su estudio fenológico de *Weinmannia mariquitae* observando que los picos de floración se manifiestan en los meses de julio y septiembre, donde los regímenes de lluvias son muy altos. Morellato et al., (1989), encontraron que en los bosques mesófilos de Jundiaí (SP), aunque algunas especies son diferentes, el pico de la floración se produjo en la temporada de lluvias para la mayoría de las especies.

La floración en *R. hirsuta* no se presentó en todos los individuos muestreados, solo en algunos en donde su copa sobresalía para obtener luz y en otros donde la entrada de luz era notoria dentro del bosque, la fenofase no encontró correlación con las variables climáticas. Este resultado podría demostrar lo afirmado por Castellani et al., (1999) en su estudio fenológico en el sur de Brasil, donde las fases de reproducción, a diferencia del estado vegetativo, siempre parecen estar más estimulados por la exposición al sol, sin exceso de humedad en el suelo.

Según Croat (1969, 1975), el inicio de la estación seca funciona como un mecanismo sincronizador de la floración de muchas especies del bosque de la Isla de Barro Colorado; de igual forma afirmó que la estación lluviosa está asociada a una disminución de la floración, quizás como resultado de la intensa competencia entre las plantas durante este periodo. La influencia de la estación seca en la fenología de la floración no es homogénea, sino que depende de la forma de crecimiento de la planta y del hábitat donde crece. Pese a que lo dicho por éste autor no corresponde a una zona de vida similar, es aplicable a lo manifestado en *V. stipularis*, *I. uniflora* y *R. hirsuta* en la zona alto andina.

Williams – Linera y Meave (2002) afirman que la fenología floral se caracteriza por una abundante producción en la época seca, con otro pico importante al inicio de la estación lluviosa. Gribel et al., (1999) estudiaron la fenología floral de *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) y observaron una floración masiva durante los seis años de estudio en casi todos los árboles en la estación seca. Alencar et al.,

(1979), al estudiar la fenología de 27 especies en la selva de la Amazonia central, encontró que había una correlación entre el número de árboles que empiezan a florecer cuando se produjo menor cantidad de precipitación. Sin embargo, Baum (1995) observó que las secciones del género *Adansonia* presentó patrones variados de expresión de la fenofase, es decir la sección *Brevituba* florece durante la estación húmeda y la sección *Longitubae* durante la estación seca. En este sentido finalmente Wright y Calderón (1995), argumentan que la humedad disponible no explica los períodos de floración y que la diversidad de la fenología de las floraciones tropicales debe ser entendida dentro de una perspectiva filogenética.

En cuanto a la sincronía de las especies, se observó que *V. stipularis* e *I. uniflora* manifestaron el índice de actividad paralelo a la intensidad del evento y *R. hirsuta* lo hizo dos meses después de presentada la intensidad de la fenofase. Según Rathcke y Lacey (1985), una mayor sincronía puede ser una ventaja para aumentar la atracción de los polinizadores, atrayendo tanto a florívoros como a coleópteros, pero un inconveniente sería el menor movimiento de los polinizadores entre las plantas que pueden saciarse rápidamente debido a la abundancia del recurso (Augspurger 1981; Rathcke y Lacey, 1985).

Por otra parte, la fenología de la floración puede determinar el número de donantes de polen y la densidad de individuos en flor (Murawski y Hamrick 1992). Por lo tanto, la superposición de la floración y la sincronía entre los individuos con flor puede ser la estrategia de la comunidad de árboles para permitir la recepción de polen de un mayor número de donantes. Sin embargo, la floración sincrónica también podría significar el intercambio o la competencia por polinizadores (Kochmer y Handel 1986, Wright y Calderón, 1995).

6.4 FRUCTIFICACIÓN

La producción de frutos se dio en *V. stipularis* de forma periódica, destacando los meses de marzo y junio de 2010 como los de mejor producción de frutos, indicando que el evento se presencié en época de lluvia. A nivel de las etapas reproductivas se observó que el fruto verde predomina en el primer mes, mientras que el fruto maduro mostró su mayor abundancia en el segundo mes de expresión de la fenofase. La especie presentó una sincronía en los meses de febrero y marzo de 2010 para un 80% de los individuos. La fenofase no encontró correlación con las variables climáticas. Este comportamiento se podría interpretar de acuerdo a lo expresado por Alvin (1964) quien sugiere que la ocurrencia simultánea entre la actividad vegetativa y la actividad reproductiva resulta de la competencia interna entre los órganos de las plantas por los metabolitos y/o hormonas. En los árboles las sequías actúan en las yemas axilares que justamente se encuentran

produciendo nuevas yemas foliares, transformándolas en yemas florales y finalmente en frutos.

Mientras tanto *I. uniflora* presentó sus picos de fructificación durante dos periodos del año, cuando predomina la época seca y cuando existe una manifestación de la lluvia, esto corresponde más exactamente a los meses de diciembre de 2009 (primer periodo) y septiembre de 2010 (segundo periodo). Las etapas manifestaron similar comportamiento al expresado por la fenofase. Los individuos se sincronizaron en el mes de diciembre de 2009 mostrando un 80% de los individuos en actividad. Esta fenofase se correlacionó negativamente con las variables climáticas.

Similar al comportamiento de fructificación manifestado por las especies *V. stipularis* e *I. uniflora* fue observado por Muñoz (2011), en su estudio fenológico de *S. bullosa* y *F. canescens* en el área de estudio, donde éstas especies presentaron los picos de fructificación en época de lluvia y de baja precipitación e igualmente no se encontró correlación con las variables climáticas de la zona.

Lo encontrado en *I. uniflora* se relaciona con lo hallado por Cesário y Gaglianone (2008), para *Schinus terebinthifolius* la cual presentó dos periodos distintos de mayor fructificación en el mismo año, durante la temporada de calor y durante las lluvias, mostrando su pico máximo en la estación seca. Este patrón coincide con lo evidenciado por Talora y Morelato (2000) para muchas especies de árboles en el bosque de planicie en el sureste de Brasil y donde la fructificación se correlacionó negativamente con las variables climáticas.

Agudelo y Gómez (2001), en su estudio de fenología de especies forestales en el Quindío encontraron que en *Rollinia membranacea*, existe una alta variación en el desarrollo morfológico, ya que es frecuente observar fenómenos de decrecimiento o de estancamiento en partes vegetativas (hojas) y reproductivas (flores y frutos), se presume que son causadas por factores fisiológicos y variaciones climáticas. En ésta especie el fruto desde recién formado, igualmente es atacado por insectos, lo que provoca un alto deterioro de los mismos, deformación, resequedad y la pérdida de la viabilidad del fruto. Estas alteraciones en las estructuras reproductivas se presentó en las flores y frutos de *I. uniflora* en por lo menos cinco individuos lo que provocó un descenso en la producción de los mismos.

Por otro lado, se observó que *R. hirsuta* presentó un comportamiento de fructificación continua, donde se caracterizó la presencia del evento tanto en época de lluvia como de baja precipitación, destacándose el mes de abril de 2010 como el de máxima producción. Al observar las etapas de fructificación, éstas

mantienen un comportamiento similar. La sincronía se presentó paralela a la intensidad del evento, con un 60% de los individuos en actividad. La anterior manifestación de ésta especie podría estar relacionada con el efecto de borde presente en el área de estudio tal como lo sugiere Araujo (2006). De la misma manera se comparte con lo expuesto por Morellato et al., (2000) donde los picos de fructificación ocurrieron durante la temporada de lluvias en la vegetación.

La presencia de los frutos durante todo el año apunta a que los entornos con baja estacionalidad climática, como en el área de estudio, ofrecen pocas condiciones que sean limitantes para el desarrollo de los mismos durante todo el año. Esto tienen un patrón similar a lo encontrado en la fenología de la fructificación de las especies de árboles en otras regiones (Talora y Morellato, 2000, Morellato et al., 2000).

Las fenofases estudiadas para *R. hirsuta* no presentaron correlación con las variables climáticas mientras que para *I. uniflora* si existió algún tipo de correlación en cuanto a los eventos fenológicos vegetativos como reproductivos (fructificación). *V. stipularis* manifestó en la floración un ligero incremento con el aumento de la temperatura, por otra parte las flores de los individuos observados se correlacionó inversamente con respecto a la precipitación y humedad relativa. Bullock y Solís-Magallanes (1990), Newstrom et al., (1993) y Van Schaik et al., (1993), sugieren que la hidroperiodicidad (ciclos húmedos y secos) o la escasez de luz pueden tener un papel en la inducción a la aparición de botones en especies de árboles tropicales con floraciones supra - anuales.

En el transcurso del estudio fenológico que se realizó en la zona alto andina se presentó el fenómeno de “El Niño”, manifestándose durante ocho meses en el año, en los cuales probablemente alteró los patrones de precipitación, temperatura y humedad relativa y a su vez se presume que alteraría igualmente las diferentes fenofases, aunque esto no pudo ser valorado en esta investigación debido a que no se tienen estudios anteriores relacionados con el tema, por lo que nos consideramos pioneros en el estado del arte en estudios fenológicos para esta zona de vida en el Departamento del Cauca, por esta razón compartimos lo expuesto por Wright y Van Schaik (1994) citados en Cambroner y D’Stefano (2001), donde señalan que las condiciones atmosféricas como la presencia de nubes pueden ser críticas, para el comportamiento fenológico de las especies de árboles del bosque tropical lluvioso. La incidencia de este tipo de fenómeno ambiental indica que los mismos factores ambientales son poco estacionales en el área de estudio y existe escasa incidencia climática que en los bosques donde el clima sufre temporadas bien marcadas Talora y Morellato (2000).

Borchert (1980), sugiere que los patrones de crecimiento y la reproducción de las especies tropicales son principalmente determinados por los procesos endógenos periódicos y en segundo lugar sólo como una adaptación a los cambios ambientales. Aide (1988), considera que, en lugares donde la estacionalidad climática no se pronuncia, los determinantes de la fenología de las plantas incluye presiones bióticas selectivas, como la presión de los herbívoros, predadores, competidores, polinizadores y dispersores.

7. CONCLUSIONES

El estudio fenológico desarrollado en las especies *I. uniflora*, *R. hirsuta* y *V. stipularis* es importante debido a que genera las bases necesarias para continuar los procesos de investigación en especies endémicas y representativas de esta franja altitudinal, crear información sobre su ecología, dinámica, relación con la fauna asociada y conocer lo significativo que ellas son para los pobladores de esta región, tanto en los usos maderables como no maderables, y poder sacar del anonimato unas cuantas especies que hacen parte de la gran diversidad que posee el departamento del Cauca.

Considerando que la zona de estudio no presenta una estacionalidad climática, la actividad vegetativa en *I. uniflora*, *R. hirsuta* y *V. stipularis* tienen una época climática marcada (época seca y húmeda) para la manifestación de los eventos fenológicos. Por otra parte la actividad reproductiva se manifestó en las tres especies cuando existe una transición entre la época seca y húmeda, indicando que las especies se vieron influenciadas por los cambios atmosféricos de la zona.

V. stipularis se caracterizó por tener un ritmo semi-decíduo, debido a que los individuos de esta especie muestran una pérdida de hojas viejas antes de que broten las nuevas, pero sin quedarse totalmente defoliados. El rebrote se da a los 3 días aproximadamente, concentrando los picos del evento de caída de hojas en época seca, más exactamente para el mes de noviembre de 2009, repitiendo el evento en los meses de octubre y septiembre de 2010. *I. uniflora* y *R. hirsuta* manifestaron un hábito perennifolio donde la pérdida y el brote de hojas son continuas durante todo el año, sus máximas expresiones en la caída de hojas se alcanzaron en septiembre de 2010, el brote en junio del mismo año para *I. uniflora* y para *R. hirsuta* sus picos de caída de hojas entre agosto y septiembre de 2010, el brote en noviembre de 2009 y entre julio - septiembre de 2010.

Las tres especies manifestaron un patrón diferente en la expresión de las fases reproductivas (floración y fructificación), encontrando que *V. stipularis* presentó un patrón periódico con ritmos largos para la floración, donde la expresión del evento con mayor duración fue de siete meses (oct de 2009 – may de 2010) para el primer periodo, mientras que para el segundo periodo de floración tuvo una duración de cinco meses (jun – oct de 2010), encontrando en éste último que la fenofase tiende a continuar en el siguiente año, por lo que se consideró como una especie con periodicidad supra-anual.

I. uniflora presentó un patrón periódico estacional para la floración, donde mostró sus máximas intensidades en los meses de transición entre la temporada de lluvias y la época seca (octubre y noviembre de 2009), la duración de la floración para la especie fue de seis meses, la cual transcurrió en su mayoría durante la época seca. Se observó que el comportamiento de la floración para *I. uniflora* viene de una manifestación del evento de un año anterior al estudiado e inicia un nuevo ciclo para prolongarse en el siguiente año, por lo que se consideró como una especie con una periodicidad supra-anual.

En *R. hirsuta* el patrón manifestado fue una floración continua durante nueve meses, en los que el evento reveló porcentajes por debajo del 25% de intensidad. La fenofase ocurre en temporadas de baja y alta precipitación, caracterizándose el mes de julio como el periodo de mayor expresión del evento. Este comportamiento ocurrió una vez al año, por lo que la especie se consideró de periodicidad anual.

El patrón de fructificación en *V. stipularis* fue periódico al igual que la fenofase de floración, pero presentó una diferenciación en cuanto a su duración de 12 meses, tanto en época de lluvia como seca, mostrando sus picos máximos en marzo y junio de 2010, con lo cual se obtiene una periodicidad anual. *I. uniflora* presentó un patrón de fructificación estacional, donde sus mayores picos se dieron en diciembre de 2009 y septiembre de 2010. Este comportamiento tuvo una duración de cinco y cuatro meses para la primera y segunda manifestación, dando a entender que la fenofase tiene dos ciclos en el año, por lo tanto es una especie con periodicidad sub-anual. La fructificación en ésta especie se vio influenciada por el ataque de insectos a nivel de la etapa de formación del fruto, limitando así la producción de la fenofase reproductiva. Para *R. hirsuta* el patrón de fructificación mostró continuidad, con una duración de once meses, caracterizándose el mes de abril de 2010 como el de máxima expresión del evento, esta especie tuvo un largo periodo de fructificación, en donde los primeros meses mantuvo una permanente manifestación de la etapa fruto verde hasta la llegada de la temporada de lluvias, donde se inicia la etapa de maduración.

En *I. uniflora* la actividad vegetativa no presentó correlación con la variable climática precipitación a pesar de que su intensidad y los índices de actividad (sincronía) se manifestaron durante la temporada de lluvia, contrario a esto si existió una correlación entre la temperatura (negativa) y la humedad relativa (positiva) para las dos fenofases vegetativas. *R. hirsuta* no encontró correlación alguna entre las variables climáticas estudiadas y las fenofases vegetativas, indicando la ausencia de éstas variables en la causal de las manifestaciones de los eventos fenológicos para la zona de estudio. Para *V. stipularis* la fenofase vegetativa brote de hojas resultó correlacionada inversamente y de manera moderada con la precipitación.

En cuanto a las fenofases reproductivas, *V. stipularis* e *I. uniflora* presentaron correlación inversa en cuanto a la floración y la fructificación respectivamente, mientras que *R. hirsuta* no presentó influencia por parte de las variables climáticas para la manifestación de los eventos fenológicos reproductivos.

Mediante la elaboración del calendario fenológico se reconoció que la especie *V. stipularis* tiene un periodo propicio para la recolección de semillas correspondiente a los meses de marzo, donde existe una intensidad baja pero alta sincronía entre los individuos y en época de lluvias; el segundo hace referencia a los meses de mayo y junio, donde presentó una intensidad media, los individuos son poco sincrónicos y ocurre igualmente en época de lluvia. *I. uniflora* por su parte mostró un periodo entre los meses de diciembre a marzo, donde existe una intensidad baja, pero los individuos mostraron un comportamiento poco sincrónico acompañado de la época seca, donde se puede realizar la recolección de semillas. Mientras tanto *R. hirsuta* presentó un periodo favorable para la recolección de semillas entre los meses de febrero a agosto de 2010, donde se presentó intensidades tanto bajas como medias pero con individuos poco sincrónicos, manifestando el evento en temporada de lluvia y seca.

8. RECOMENDACIONES

Cabe señalar que los resultados obtenidos en relación con las características fenológicas y variables meteorológicas se refieren únicamente al período y lugar de estudio. A pesar de que los estudios fenológicos se han desarrollado frecuentemente en zonas tropicales se recomienda, por tanto, seguir estudiando durante largos períodos y en otros lugares de esta zona para confirmar estos resultados y poder comprender el complejo proceso fisiológico y su relación con la fenología o si realmente la fenología es estacional y repetitiva e identificar si la variación en la producción de los recursos dentro de un año o entre años pueden pronunciarse o no, y así empezar a construir las bases necesarias para poder ampliar el estado del arte en estudios fenológicos de las especies de zonas alto andinas.

Es urgente considerar estudios sobre la fenología de especies de bosque alto andino y su estado de fragmentación por la acelerada ampliación de la frontera agrícola para poder fomentar procesos no solo de restauración sino también conocer el comportamiento de la fauna asociada a estos lugares, con lo cual se pueda controlar y salvaguardar nuestros bosques de páramo.

Fomentar estudios interdisciplinarios que permitan entender con mejor detalle la dinámica de los bosques, su relación con el clima, el comportamiento de los diferentes estadios de floración y fructificación dentro del hábitat de las especies, la disponibilidad de los recursos para polinizadores y dispersores de semillas y así poder vislumbrar nuevos métodos de análisis que servirán junto con la fenología como indicadores de futuros impactos severos del cambio climático.

Es necesario estudiar la incidencia de los ataques de insectos en la floración y fructificación de *I.uniflora*, que permita valorar su impacto sobre la capacidad reproductiva de la especie.

BIBLIOGRAFÍA

AIDE, T.M. 1988. Herbivory as a selective agent on the timing of leaf production in a tropical understory community. *Nature* 336:574-575.

AIDE, T. M. 1993. Patterns of leaf development and herbivory in a tropical understory community. *Ecology* 74: 455 – 466.

AGUDELO, C. A. y GÓMEZ, G. D. 2001. Fenología de especies forestales del Ocaso. En: AGUDELO, C.A. (ed). *RIQUEZA BIOTICA QUINDIANA*. Universidad del Quindío. 252-307pp.

ALENCAR, J. C., A. ALMEIDA, y P. FERNANDEZ. 1979. Fenología de especies forestais em floresta tropical húmeda de terra firme na Amazonía Central. *Acta Amazónica* 9: 163 – 198.

ALVIN, P. 1964. Tree growth periodicity in tropical climates. Pages 474-495 in: M. H. Zimmermann (ed.), *The formation of wood in forest tree*. Academic Press, New York.

ANGULO-SANDOVAL, P. y M. AIDE. 2000. Leaf phenology and leaf damage of saplings in the Luquilo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica* 32: 415 - 422

ARAUJO, V. C. 1970. Fenologia de ssencias forestais amazónicas. I *Boletín do INPA*. (Manaus, Brasil) 4: 1-25.

ARAUJO, P. A. C. 2006. Efeito de borda sobre a fenologia, as síndromes de polinização e a dispersão de sementes de uma comunidade arbórea na Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco. Tese doutorado – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. *Biologia Vegetal*. 29-60.

AUGSPURGER, C. K. 1981. Reproductive synchrony of tropical plants: experimental effects of pollinators and seed predators on *Hybanthus prunifolius* (Violaceae). *Ecology* 62: 775 - 788

BARBOSA, D. C., J. L. A. ALVES, S. M. PRAZERES y A. M. A. PAIVA. 1989. Datos fenológicos de 10 especies arbóreas de una área de caatinga (Alagoinha-PE). *Acta Botánica Brasilica* 3: 109-117.

BAUM, D. 1995. The comparative pollination and floral biology of baobabs (*Adansonia* – *Bombacaceae*). *Am. Journ. of Botany* 47: 296-302.

BAWA, K. S. 1990. Plant – pollinator interaction in tropical rain forest. *Ann. Rev. of Ecology and Systematics* 21: 399 – 422.

BAKER, H. G. 1983. *Ceiba pentandra*. En: D. H. JANZEN (ed.), *Costa Rica Natural History*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois. 212 – 215pp.

BENCKE, C. S. C. y L. P. C. MORELLATO. 2002. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 25 (2): 237-248.

BORCHERT, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees. *Erythrina poeppigiana* O. F. Cook. *Ecology* 61: 1065 – 1074.

_____. 1984. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75: 1437 – 1449.

BORCHERT, R., G. RIVERA y W. HAGNAUER. 2002. Modification of Vegetative Phenology in a Tropical Semi-deciduous Forest by Abnormal Drought and Rain. *Biotropica* 34(1): 27–39.

BRODY, A. K. y R. J. MITCHELL. 1997. Effects of experimental manipulation of inflorescence size on pollination and experimental seed predation in the hummingbird pollinated plant *Ipomopsis aggregata*. *Oecologia* 110: 86 - 93

BULLOCK, S. H. y J. A. SOLÍS M. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. *Biotropica* 22: 22 - 35.

CAMACHO, M. y L. OROZCO. 1998. Patrones fenológicos de doce árboles del bosque montano de la cordillera de Talamanca – Costa Rica. Rev. Biología Tropical 46 (3): 533 – 542.

CAMBRONERO, L. B y J. F. D'STEFANO. 2001. Comportamiento fenológico del árbol *Elaeagia uxpanapensis* (Rubiaceae), en un bosque pluvial premontano de Costa Rica. Rev. Biología Tropical. 49(3-4): 989 - 998.

CASTELLANI, T. T.; CAUS, C. A.; VIEIRA, S. 1999. Fenologia de uma comunidade de duna frontal no sul do Brasil. Acta Botanica Brasilica, São Paulo, 13 (1): 99 - 114.

CESÁRIO, L. F. y GAGLIANONE, M. C. 2008. Biología floral e fenologia reproductiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. Acta botânica brasileira. 22(3): 828-833.

CROAT, T. 1969. Seasonal flowering behavior in central Panamá. Ann. Missouri Bot. Gard. 56: 295-307.

CROAT, T. 1975. Phonological behavior of habit and habit classes on Barro Colorado Island (Panamá Canal Zone). Biotropica 7: 270-277.

CUATRECASAS, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Ci. Nat. 10(40):221-268.

DAUBENMIRE, R. 1972. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in north-western Costa Rica. Journ. of Ecology 60: 147 – 170.

D' EÇA-NEVES, F. F. y L. P. C MORELLATO. 2004. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais Acta botânica brasileira. 18(1): 99-108.

DOS SANTOS, D. L. y TAKAKI, M. 2005. Fenologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil. Acta botânica brasileira. 19(3): 625-632.

ENGEL, V. L. 2001. Estudio fenológico de especies arbóreas de una floresta tropical em Linhares, ES. Campinas, S.P. 149p.

ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 2002. Volumen II, municipio de Totoró, departamento del Cauca, Totoró. Construcción del P.O.T.

ESPINAL, L. S. y E. MONTENEGRO. 1977. Formaciones vegetales de Colombia. IGAC. Bogotá. 201 p.

FAEGRI, K. y L. VAN DER PIJL. 1979. The principles of pollination ecology. 3ra ed. Pergamon press, Oxford.

FRANKIE , G. W., H. G. BAKER, y P. A. OPLER. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. Journ. of Ecology. 62: 881 – 919.

FRANKIE, G. W., P. A. OPLER y R. S. BAWA. 1976. Foraging behavior of solitary: bees implications for outcrossing outcrossing of a neotropical forest tree species. Journ. of Ecology. 64: 1049 – 1057.

FLEMING, T. H. & WILLIAMS, C. F. 1990. Phenology, seed dispersal, and recruitment in *Cecropia peltata* (Moraceae) in Costa Rican tropical dry forest. Journ. of Tropical Ecology 6: 163-178.

FOURNIER, L. A. 1969. Estudio preliminar sobre la floración en el Roble de Sabana *Tabebuia pentaphylla* (L) Hemsl. Rev. de Biología Tropical 15: 259 – 267.

_____. 1974. Un método cuantitativo para la medición de las características fenológicas en árboles. Turrialba 24:422 – 423.

_____.1976. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. Turrialba 26: 96 – 97.

FOURNIER, L. A. y M. E. HERRENE. 1986. Fenología y ecofisiología de *Gliricidia sepium* (Jacq) Stend., madero negro, en Ciudad Colón, Costa Rica. *Rev. de Biología Tropical* 34: 283 – 288.

FOURNIER, L. A. y CHARPANTIER. 1978. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Cespedesia* 3 (25-26):13-20.

GÓMEZ, D. A. 2010. Fenología de la especie *Brownea rosa – de – monte* Bergius, en la Microcuenca de la Quebrada Salinas, corregimiento La Carbonera, municipio de Bolívar, Departamento del Cauca. Trabajo de grado biología Fac. Cien. Nat. Ex. y de la Educación. Universidad del Cauca. 101p.

GÓMEZ, J. M. 1993. Phenotypic selection on flowering synchrony in a high mountain plant, *Hormathophylla spinosa* (Cruciferae). *Journ. of Ecology* 81: 605 – 613.

GONZÁLEZ, L. J. 2004. Hidrología práctica y gestión ambiental. Universidad del Cauca. Facultad de ingeniería civil. Popayán, Cauca. (1): 147 – 150. pp.

GONZÁLEZ V. H., OSPINA. M. y BENNETT. D. 2005. Abejas alto andinas de Colombia: guía de campo. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá. 80 p.

GOTTSBERGER, G. 1989. Floral Ecology. Report on the years 1985 (84) to 1988. *Progress in Botany* 50: 352 – 379.

GRIBEL, R., P. E. GIBBS, y A. QUEIROZ. 1999. Flowering phenology and pollination biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazon. *Journ. Tropical Ecology* 15: 247-263.

HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zona de vida. San José de Costa Rica, Interamericano de Ciencias Agrícolas. 378 p.

HOPKINS, B. 1966. Vegetation of the Olekemeji forest reserve, Nigeria. IV the litter and soil with special reference to their seasonal changes. *Journ. Ecology* 54: 687-703.

HUDSON, I. L. 2010. Interdisciplinary approaches: towards new statistical methods for phenological studies. *Climatic Change* (2010) 100:143–171.

IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales en Colombia. 2007. Sistemas de información ambiental. www.IDEAM.gov.co. [En línea] <http//> [Consultado Abril 13 de 2011]

JANZEN, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 21: 620-637.

JANZEN, D. H. 1971. Euglossa bees as long – distance pollinators of tropical plants. *Science* 171: 203 – 205.

JANZEN, D. H. 1976. Why bamboos wait so long to flower. *Ann. Rev. of Ecology and Systematics* 7: 347 – 391.

KOCHMER, J. P. y HANDEL, S. N. 1986. Constraints and competition on the evolution of flowering phenology. *Ecol. Monogr.* 56:303-325.

LIEBERMAN, D. y M. LIEBERMAN. 1984. The causes and consequences of synchronous flushing in a dry tropical forest. *Biotropica* 16: 193 – 201.

LIETH, H. 1974. Phenology in productivity studies. en: D. E. Reichle. *Analysis of temperate forest ecosystems*. Springer-Verlag, Berlín. 29 - 46. pp.

LOCATELLI, E. y I. S. MACHADO. 2003. Fenología e síndromes de dispersão de espécies arbóreas de uma mata Serrana (Brejo de Altitude) em Pernambuco, nordeste do Brasil. En ARAUJO, P. A. C. *Efeito de borda sobre a fenologia, as síndromes de polinização e a dispersão de sementes de uma comunidade arbórea na Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco*. Tese doutorado Biologia Vegetal – Universidade Federal de Pernambuco. 29-60 pp.

MAHECHA G. E, A. OVALLE, D. CAMELO, A. ROZO, y D. BARRERO. 2004. Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas. Corporación autónoma regional de Cundinamarca, CAR. Bogotá. 413 – 493. pp.

MADRIGAL, J. T. A. 1997. Fenología y Ecofisiología de *Quercus oocarpa* (Fagaceae). Cartago, Costa Rica. Rev. Biología Tropical 45(1): 117-123.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN. 2011. Base de datos. [En línea]. <<http://www.tropicos.org/Name/11700090;2000161;20400617>> [Consultado 7 de junio de 2011].

MONASTERIO, M. y SARMIENTO, G. 1976. Phenological strategies of plants species in the tropical savanna and semideciduous forest of the Venezuelan Llanos. Journ. of Biogeography 3: 325-356.

MOONEY, H. A., O. BJORKMAN y P. B. TOMLINSON. 1980. The study of physiological ecology of tropical plant-current status and needs. Bio-Science 30:22-26.

MORALES M., J. OTERO, T. VAN DER HAMMEN, A. TORRES, C. CADENA, C. PEDRAZA, N. RODRÍGUEZ, C. FRANCO, J. C. BETANCOURTH, E. OLAYA, E. POSADA Y L. CÁRDENAS. 2007. Atlas de Páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 208 p.

MORELLATO, P. C., R. R. RODRIGUES y H. F. LITAO – FILHO. 1989. Estudo comparativo de fenología de especies arbóreas de altitud e floresta mesófila semidecídua na serra do Japi, Jundai, Sao Paulo. Rev. Bras. Bot. 12: 85 – 98

MORELLATO, L. P. C. y H. F. LEITAO – FILHO. 1990. Estratégias fenológicas de especies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundai, Sao Paulo. Rev. Bras. Bot. 50 (1): 163 – 173.

_____. 1992. Padroes de frutificacao e dispersao na Serra do Japi. en: L. P. C. Morellato (ed.), Historia natural da Serra Do Japi: ecología e preservacao de uma área florestal no Sudeste do Brasil. Unicamp/Fapesp, Campinas. 112 – 140 pp.

MORELLATO, L. P. C. 1991. Estudo da fenología de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, Campinas, Sao Paulo. 176 p.

_____ 1995. As estações do ano na floresta. en: H. F. Leitao Filho y L. P. C. Morellato (Orgs). Ecología e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra. Campinas: UNICAMP. 187-192 pp.

MORELLATO, L. P. C., D. C. TALORA, A. TAKAHASI, C. C. BENCKE, E. C. ROMERA y V. B. ZIPARRO. 2000. Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. *Biotropica* 32: 811 – 823.

MOSQUERA, H. R. 2006. Fenología y desarrollo floral de Carrá (*Huberodendron patinoi* Cuatrec. Bombacaceae), Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers, Lecythidaceae) y fenología de Chanó (*Humiriastrum procerum* Little, Humiriaceae) Cuatrec. Universidad del Valle. Santiago de Cali. 50 – 95 pp.

MUÑOZ, H. A. 2011. Fenología del Moco (*Saurauia bullosa*) y Motilón (*Freziera canescens*) en un Bosque Alto Andino, vereda El Cofre, municipio de Totoró, Departamento del Cauca. Inédito.

MURAWSKI, D. A. y HAMRICK, J. L. 1992. Mating system and phenology of Ceiba pentandra (Bombacaceae) in Central Panama. *Journ. of Heredity* 83:401-404.

NatureServe. 2009. International Ecological Classification Standard: Terrestrial Ecological Classifications. Sistemas Ecológicos de los Andes del Norte y Centro: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. NatureServe Central Database. Arlington, V. A. [En línea] <<http://www.NatureServe.org/publication/pubs/ecosistemasandesnorteycentro.pdf>> [Consultado el 7 de junio de 2011]

NEWSTROM, L. E., G. W. FRANKIE, H. G. BAKER y R. K. COLWELL. 1993. Diversity of long-term flowering patterns. En I. A. Mc. DADE, K. S. BAWA, G. S. HARTSHORN y H. A. HESPENHEIDE (eds.). *La Selva: Ecology and natural history of a lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica*. Universidad de Chicago, Chicago, Illinois. 142 - 160 p.p.

NEWSTROM, L. T., G. W. FRANKIE y H. G. BAKER. 1994. A new classification of plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest tree of La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141 – 159.

NJOKU, E. 1963. Seasonal periodicity in the growth and development of some forest tree in Nigeria I observation on nature trees. *Journ. Ecology* 51: 617-624.

OCHOA, G. S. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Rev. Biología Tropical*. 56 p.

OPLER, P. A., G. W. FRANKIE y H. G. BAKER. 1976. Rainfall as a factor in the release timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journ. of Biogeography* 3: 231 – 236.

OSPINA, A. F. 2009. Fenología del Encenillo (*Weinmannia mariquitae*), en un bosque altoandino, vereda el Cofre, municipio de Totoró, Departamento del Cauca. Trabajo de grado Ing. Forestal. Fac. Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. 123 p.

PATIÑO, H. S. A. 2007. Especies de flora y fauna amenazadas en los páramos de Colombia: un ecosistema amenazado. [En línea] <
<http://www.monografias.com/trabajos72/especies-flora-fauna-amenazadas-colombia>>

Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes – POMA. - Corporación SUNA HISCA, Secretaria Distrital de Ambiente-DAMA. 2003. Bogotá D.C. Colombia. [En línea]
http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=8cf97c692bfb8688eaf05115108c7ab8&x=2928 [Consultado el 5 de mayo de 2011].

PINO, N. B. y MOSQUERA, H. R. 2004. Comportamiento fenológico de tres especies maderables con riesgo de extinción en Colombia y altos índices de explotación en el Choco: *Huberodendron patinoi* "Carrá", *Cariniana pyriformis* Mier "Abarco" y *Humiriastrum procerum* Little "Chanó". *Lyonia. A Journ. of Ecology and application*. 7 (1): 107-114.

RATHCKE, B. y LACEY, E. P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Ann. Rev. of Ecology and Systematics* 16: 179-214.

_____. 2000. La región paramuna y franja aledaña en Colombia. En: J.O. Rangel-Ch. (ed.). *Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna*. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá.

REICH, P. B. y R. BORCHERT. 1982. Phenology and ecophysiology of the tropical tree, *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). *Ecology* 63: 249 – 299.

_____. 1984. Water stress and tree phenology in tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journ. of Ecology* 72: 61-74.

REICH, F. E. 1995. Phenology of tropical forest: patterns, causes and consequences. *Can. Journ. Bot.* 73: 164 – 174.

RODRÍGUEZ, J. A., E. S. MELENDEZ y J. D. ACKERMAN. 1992. Effects of display size, flowering phenology and néctar availability and effective variation frequency in *Comparettia falcata* (Orchidaceae). *Am. Journ. Bot.* 79: 1009 - 1017

ROBERTSON, A. W. y M. R. MACNAIR. 1995. The effect of floral display size on pollinator service to individual flowers of *Myosotis* and *Mimulus*. *Oikos* 72: 106 – 114.

SARMIENTO, G. y M. MONASTERIO. 1983. Life forms and phenology. en: F. Bourliere (ed.). *Tropical savannas. Ecosystems of the world*, 13. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 79 – 108 pp.

SNOW, D. W. 1965. A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in tropical forest. *Oikos* 15: 274 – 281.

TALORA, D. C. y P. C. MORELLATO. 2000. Fenología de especies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 23(1): 13-26.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2011. Facultad de Ciencias-Instituto de Ciencias Naturales. Colecciones en línea: herbario. [En línea]. <<http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>> [Consultado el 7 de julio de 2011]

VAN SCHAİK, C. P., J. W. TERBORGH y S. J. WRIGHT. 1993. Forest adaptations: significance and consequences for primary consumers. *Ann. Rev. of Ecology and Systematics* 24: 333 – 377.

VARGAS, W. G. 2002. Guía Ilustrada de las Plantas de la Montaña del Quindío y los Andes Centrales. Universidad de Caldas. Manizales. 118-441 pp.

WILLIAMS – LINERA, G. y J. MEAVE. 2002. Patrones fenológicos. en: M. R. Guariguata y G. H. Kattan (eds.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. 1ª edición. Libro Universitario Regional (LUR), Cartago, Costa Rica. 407 – 431 pp.

WRIGHT, S. J. y C. P. VAN SCHAİK. 1994. Light and the phenology of tropical trees. *American Naturalist*. 143: 192 – 199.

WRIGHT, S. J. y CALDERON, O. 1995. Phylogenetic patterns among tropical flowering phenology. *Journ. of Ecology* 83 (6): 937-948.

ZAR, J. H. 1996. *Biostatistics analysis*. 3ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J. 630 p.

ANEXOS

Anexo A. Formato para registro fenológico.

1) Especie 2)
(Nombre científico) (Nombre común)

3) Mes.....

Individuo No	DAP	Altura (m)	Fecha (1a. Quincena):						Fecha (2a. Quincena):					
			Flores		Frutos		Caida Follaje	Brotac. Follaje	Flores		Frutos		Caida Follaje	Brotac. Follaje
			Botón	Abiertas	Verde.	Maduro.			Botón	Abiertas	Verde.	Maduro.		
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

Observaciones: _____

