

OBSERVACIONES FENOLÓGICAS Y BROMATOLOGÍA DEL ROBLE *Quercus humboldtii* Bonpland, EN LA VEREDA CLARETE ALTO, MUNICIPIO DE POPAYÁN.



CRISTIAN ANDRÉS PÉREZ LOBATO

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

**OBSERVACIONES FENOLÓGICAS Y BROMATOLOGÍA DEL ROBLE *Quercus
humboldtii* Bonpland, EN LA VEREDA CLARETE ALTO, MUNICIPIO DE
POPAYÁN.**

CRISTIAN ANDRÉS PÉREZ LOBATO

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

**Director:
Ing. JUAN CARLOS VILLALBA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN CAUCA
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.

JUAN CARLOS VILLALBA M.
Director

CATALINA GARCÍA SOLÓRZANO
Presidente de Jurado

DIEGO MACÍAS PINTO
Jurado

Popayán, junio de 2011

AGRADECIMIENTOS

Agradezco eternamente a la ayuda de Dios, por permitirme vivir y guiarme en toda esta carrera de la vida. Por brindarme la fuerza, serenidad y sabiduría necesaria para vivir y afrontar cada situación que se presenta en este nivel existencial.

Doy gracias a mis padres y hermanas por todo el amor y apoyo brindado, por estar allí, siempre.

Agradecimiento especial a la señorita Yaneth, por todo su cariño y buena disposición hacia mí.

Agradezco a mi director Juan Carlos Villalba por sus enseñanzas y la amistad brindada.

Agradecimiento especial a la profesora Martha Almanza, por su asesoría, sus enseñanzas y su tiempo.

Agradezco a todos los profesores y amigos, que ayudaron en esta formación.

DEDICATORIA

A mi familia.

RESUMEN

Se realizó un seguimiento fenológico a la especie *Quercus humboldtii* Bonpland (Roble) durante un año de registro comprendido entre el 21 de marzo de 2010 y 3 de marzo 2011. Según el comportamiento de la especie, la producción de flores femeninas y frutos jóvenes se presentó a finales de marzo y principios de abril, correlacionándose positivamente durante todo el año con la temperatura y en sus inicios con aumentos en los niveles de precipitación. Los frutos maduros aparecen entre 2 y 3 meses después en el mes de mayo, aunque su cantidad se observa gravemente reducida por el aborto de frutos jóvenes en los meses anteriores, reduciéndose a unos cuantos al final del año. La actividad vegetativa se caracteriza por la presencia continua de hojas nuevas, maduras, amarillas, sobremaduras y caída de follaje. Sin embargo, en el mes de agosto, se presentan aumentos en la temperatura y disminuciones en la precipitación, generando en los árboles, caída de follaje, disminución de hojas maduras y producción de hojas nuevas. Por otro lado, no se descarta que los patrones de foliación en el Roble, sean influenciados por la herbivoría y la longevidad de las hojas, según algunas evidencias.

Los resultados del análisis bromatológico proximal de los frutos maduros de Roble, muestran que los componentes con mayor cantidad son los carbohidratos, grasas y humedad, y los componentes de menor cantidad, están representados por los minerales (cenizas), fibra y proteína.

Palabras clave: aborto, bromatológico, correlación, fenológico, herbivoría, *Quercus humboldtii*.

ABSTRACT

Phenological monitoring was realized to *Quercus humboldtii* Bonpland (Oak) for one year registration period from March 21, 2010 and March 3, 2011. According to the behavior of the species, production of female flowers and young fruits were submitted in late March and early April, positively correlated throughout the year with temperature and its beginnings with increased levels of precipitation. Mature fruits appear between 2 and 3 months later in May, although its amount is observed severely reduced by the abortion of young fruits in the previous months, reduced a few at the end of the year. Vegetative activity is characterized by the continued presence of the new leaves, ripe, yellow, overripe and fall foliage. However, in August, there are increases in temperature and decreases in precipitation, generating in the trees, fall foliage, decreases in mature leaves and production of new leaves. On the other hand, it is possible that the patterns of foliation in the Oak, are influenced by herbivory and leaf lifespan, according to some evidences.

The results of proximate chemical composition analysis of the ripe fruits of Oak, show that most components are carbohydrates, grease and moisture, and fewer components are represented by the minerals (ash), fiber and protein.

Keywords: abortion, correlation, food scientists, herbivory, longevity, phenology, *Quercus humboldtii*.

GLOSARIO

BROMATOLOGÍA: ciencia que responde a un cuerpo coherente de conocimientos sistematizados acerca de la naturaleza de los alimentos, de su composición química y de sus comportamientos bajo diversas condiciones (Bello Gutiérrez, 2000).

CORRELACIÓN PEARSON: El Coeficiente de Correlación de Pearson es un valor cuantitativo de la relación entre dos o más variables. El coeficiente de correlación puede variar desde -1.00 hasta 1.00. La correlación de proporcionalidad directa o positiva se establece con los valores +1.00 y de proporcionalidad inversa o negativa con -1.00. No existe relación entre las variables cuando el coeficiente es de 0.00.

FENOFASE: Característica poblacional de expresividad externa que corresponde a las fluctuaciones estacionales. Por ejemplo en los bosques templados existen fenofases frondosas y fenofases defoliadas (Sarmiento, 2001).

FENOLOGÍA: la fenología se define como el estudio de la periodicidad de fenómenos biológicos recurrentes y las causas de esta periodicidad que comprende factores bióticos y abióticos y la interrelación entre las fases de una o varias especies (Lieth, 1974).

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	18
1.1 GENERALIDADES SOBRE LA ESPECIE	18
1.1.1 Taxonomía	18
1.1.2 Distribución geográfica	19
1.1.3 Descripción botánica	20
1.1.4 Ecología	20
1.1.5 Fenología	21
1.1.6 Usos	22
1.1.7 Amenazas	22
1.2 FENOLOGÍA	23
1.3 MÉTODOS PARA REALIZAR ESTUDIOS FENOLÓGICOS	24
1.3.1 Método de Fournier	24
1.4 BROMATOLOGÍA	25
1.4.1 Caracterización por grupos	25
2. MATERIALES Y MÉTODOS	27

2.1	ÁREA DE ESTUDIO	27
2.2	OBTENCIÓN DE DATOS	29
2.3	ANÁLISIS DE LOS DATOS	33
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1	FENOFASES	34
3.1.1	Formación de las hojas	34
3.1.2	Hojas amarillas y hojas sobremaduras	34
3.1.3	Flor femenina	34
3.1.4	Flor masculina	36
3.1.5	Fruto	38
3.2	COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DEL ROBLE (<i>Quercus humboldtii</i> Bonpland)	39
3.2.1	Variables biológicas	39
3.2.2	Correlaciones entre las variables biológicas y variables climáticas	50
3.3	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LOS FRUTOS MADUROS DE ROBLE	55
4.	CONCLUSIONES	58
5.	RECOMENDACIONES	60

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Variables observadas y su método de registro.	32
Cuadro 2. Correlación de Pearson entre variables biológicas.	40
Cuadro 3. Correlación de Pearson entre las variables biológicas y climáticas.	50
Cuadro 4. Correlación de hojas nuevas y maduras con la temperatura y precipitación durante los meses críticos.	53
Cuadro 5. Calendario fenológico del Roble.	54
Cuadro 6. Eventos biológicos presenciados durante la investigación fenológica.	54
Cuadro 7. Resultados del análisis bromatológico proximal de los frutos maduros de Roble.	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Individuos de roble (<i>Quercus humboldtii</i> Bonpland).	18
Figura 2. Distribución geográfica del Roble (<i>Quercus humboldtii</i>) en los andes Colombianos.	19
Figura 3. Localización del área de estudio.	27
Figura 4. El Cauca y sus Ecoregiones.	28
Figura 5. Robledal Clarete Alto, Popayán.	29
Figura 6. Marcación de los individuos de Roble seleccionados para las observaciones fenológicas.	29
Figura 7. Medición de árboles con clinómetro.	30
Figura 8. Medición del área de copa.	31
Figura 9. Clasificación de los árboles según la posición de copa.	31
Figura 10. Forma de la copa.	31
Figura 11. Trampas para atrapar follaje y frutos.	32
Figura 12. Formación y cambios Físicos de la hoja.	35
Figura 13. Hojas amarillas y hojas sobremaduras.	36
Figura 14. Flor femenina.	36
Figura 15. Formación y cambios físicos de la flor masculina.	37
Figura 16. Formación y cambios físicos del fruto.	38
Figura 17. Comportamiento de la floración femenina y fruto joven durante el año.	39

Figura 18. Aborto de frutos jóvenes.	40
Figura 19. Semillación.	41
Figura 20. Semillas de roble, después del ataque de defoliación por el lepidóptero.	41
Figura 21. Defoliación por el lepidóptero (herviboría) en los árboles seleccionados.	42
Figura 22. Regeneración natural en el mes de junio producto de los frutos abortados.	42
Figura 23. Comportamiento fruto joven y fruto adulto.	43
Figura 24. Sincronía flor femenina.	45
Figura 25. Sincronía fruto joven.	45
Figura 26. Sincronía fruto adulto.	45
Figura 27. Comportamiento de las hojas nuevas, hojas maduras y caída de follaje durante el año.	46
Figura 28. Caída de follaje en el mes de agosto de 2010.	47
Figura 29. Contraste entre las apariencias de bosque abierto en el mes de agosto producto de la caída de follaje y formaciones iniciales de las hojas (izquierda), y el bosque cerrado cuando se desarrollan las hojas (derecha).	47
Figura 30. Relación lineal entre las hojas nuevas y hojas maduras.	48
Figura 31. Comportamiento de las hojas amarillas y sobremaduras.	49
Figura 32. Flores femeninas y masculinas presentes en brotes foliares.	49
Figura 33. Comportamiento de la temperatura, flor femenina y fruto joven.	50
Figura 34. Comportamiento de la floración femenina y fruto joven en sus inicios con la precipitación.	51

Figura 35. Comportamiento de las hojas nuevas, hojas maduras y temperatura en los meses críticos.	52
Figura 36. Comportamiento de las hojas nuevas, hojas maduras y precipitación en los meses críticos.	52
Figura 37. Caída de hojas y temperatura en el mes de agosto.	53
Figura 38. Caída de hojas y precipitación en el mes de agosto.	53
Figura 39. Partes utilizadas de los árboles del genero <i>Quercus</i> en México.	56

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato para registros fenológicos.	67
Anexo B. Datos registrados de los árboles seleccionados.	68
Anexo C. Forma de la copa.	69
Anexo D. Clasificación de los árboles en función de las copas.	70
Anexo E. Área de copa.	71
Anexo F. Datos climáticos.	71

INTRODUCCIÓN

La fenología puede definirse como el estudio de los fenómenos biológicos que se presentan en la planta, tales como brotación foliar, caída de follaje, floración, fructificación (etc.), los cuales se acomodan a cierto ritmo periódico y son influenciados por factores bióticos (herbívoros, polinizadores, dispersores, interacciones con otras formas de vida) y abióticos (clima, características del suelo, condiciones físicas propias del entorno, etc.) (Modificado de Font-Quer, 1953, citado por Dugand, 1978).

La fenología se relaciona por una parte, con el proceso del año y por lo tanto con el medio, pues este proceso varía según el clima y dentro de cada clima puede ser modificado por la estación; pero por otra, con la idiosincrasia de cada especie en virtud de los caracteres adquiridos (Del Villar, 1978).

Desde la antigüedad, la fenología ha jugado un rol importante en el desarrollo de las sociedades humanas, pues con base en esta información sistemática, ha sido posible predecir y planificar los recursos para su auto mantenimiento, los pueblos agricultores han realizado observaciones de los ciclos de crecimiento y fructificación de las plantas cultivadas, relacionando las épocas de siembra y cosecha con fenómenos climáticos. Los pueblos recolectores y cazadores han elaborado calendarios para la recolección de frutos silvestres y pesca, permitiéndoles comprender los ciclos biológicos de su ambiente (Lieth, 1974).

Por otro lado, se considera vital la comprensión de estos fenómenos biológicos, puesto que aportan conocimiento sobre las relaciones entre plantas y los animales de una comunidad biótica y sus vecinas (Fournier, 1975).

El presente documento, contiene una investigación fenológica realizada a individuos de la especie *Quercus humboldtii* Bonpland, en la Vereda Clarete Alto en el municipio de Popayán, caracterizando su actividad biológica durante un año de observaciones, identificando fenómenos de foliación, floración, fructificación y parte de su relación con el entorno biótico y abiótico. Además, se realizó un análisis bromatológico a los frutos maduros de roble con la finalidad de obtener su composición química.

Los resultados obtenidos de esta investigación, pueden considerarse como un medio para posteriores estudios y como una herramienta de planificación para actividades relacionadas con la producción y conservación de esta especie.

1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

1.1 GENERALIDADES SOBRE LA ESPECIE

A continuación, aspectos generales sobre la especie *Quercus humboldtii* en Colombia.

1.1.1 Taxonomía. Según la Clasificación botánica de Cronquists (1988), la especie se clasifica:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Hamamelidaceae

Orden: Fagales

Familia: Fagaceae

Subfamilia: Fagoidea

Géneros: *Quercus* Tournefort ex Linnaeus, 1753

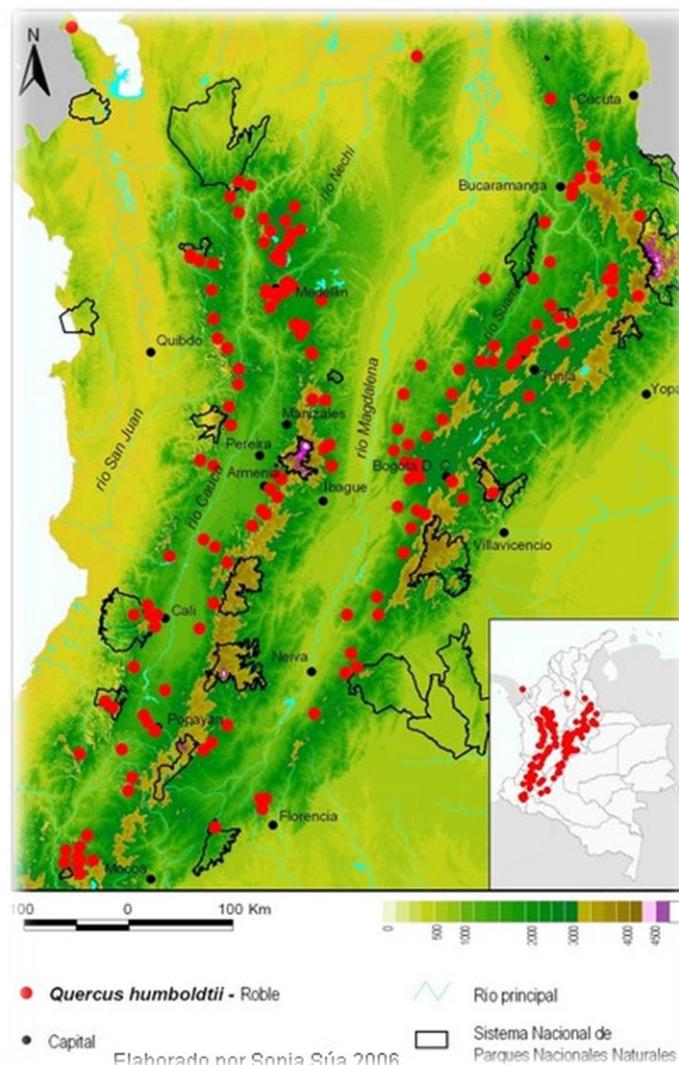
Especie: *Quercus humboldtii* Bonpland

Figura 1. Individuos de roble (*Quercus humboldtii* Bonpland).



1.1.2 Distribución geográfica. El *Quercus humboldtii* es una especie nativa de América tropical, la cual solo se conoce en las montañas de Colombia y Panamá. En Colombia presenta una amplia distribución en la zona andina, de donde es originaria. Se encuentra en las tres cordilleras, el Macizo Colombiano y el Nudo de los Pastos entre los 1600 y los 3000 m.s.n.m. Se han identificado poblaciones en Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Risaralda, Quindío, Santander, Tolima y Valle (Espinal, 1964; Espinal, 1992; Espinal, 1993; Pacheco y Pinzón, 1997; Calderón, 2001 citados por Palacio, 2001). Sin embargo, Gómez (2010) expone que esta se distribuye en alturas desde los 1.500 hasta los 3.200 m.s.n.m., con más abundancia a partir de los 2.200 m.

Figura 2. Distribución geográfica del Roble (*Quercus humboldtii*) en los andes Colombianos.



Fuente: Cárdenas, D. y Salinas, N. 2007.

1.1.3 Descripción botánica. El roble (*Quercus humboldtii*) es un árbol de gran porte de hasta 40 metros de altura aproximadamente, con o sin raíces tabloides, ramificaciones profusas desde la base, o bien fuste recto, corteza inicialmente lisa y luego exfoliable, de color negruzco; madera dura y pesada resistente a la pudrición en contacto con el suelo, de color amarillo y densidad de 0,9 a 1 gr/cm³, copa densa y globosa con presencia de yemas vegetativas de posición lateral, protegidas por catafilos o escamas ciliadas, hojas de tamaños muy variables, simples, alternas, lanceoladas, las juveniles en ocasiones teñidas de rojizo, las adultas discoloras, con tendencias al verde oscuro, lustrosas y de consistencia coriácea; inflorescencias masculinas amentoides, estambres numerosos, cada estambre con los sacos polínicos; flores femeninas con el cáliz cupuliforme, que una vez formado el fruto, lo recubre en forma parcial; frutos en capsula redondeada, leñosa, blanquecina, de 2 a 4 cm de largo y 2 a 2,5 cm de ancho (Espinal 1964; Pacheco y Pinzón 1997, citados por Palacio, 2001).

1.1.4 Ecología. *Quercus humboldtii* es una especie típica del bosque Heliófito, que se encuentra frecuentemente asociado con las siguientes especies: Arrayán (*Myrtus* sp.), Cajeto (*Brunelia funkiana*), Clavo (*Cinchona* sp.), Gaque (*Clusia* sp.), Garrocho (*Clethra* sp.), Chusque (*Chusquea* sp.), Helecho (*Pteridium aquinilum*), Susque (*Drymis* sp.), Guano (*Inga* sp.), Yuco (*Didimopanax* sp.), *Miconia* sp. y especies de la familia *Myrtaceae*, entre otras; especialmente, en las formaciones de bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), bosque húmedo montano bajo (bh-MB), y bosque húmedo montano (bh-M), dentro de estas formaciones se encuentra en bosques nublados, no muy húmedos, presentando robledales homogéneos o mezclados, prefiere condiciones de “filo” y crece en suelos muy primitivos; tiende a cubrir el suelo con bastante hojarasca (Espinal, 1992; Caballero y Sánchez, 1996; Pacheco y Pinzón, 1997; Calderón, 2001, citados por Palacio, 2001).

En algunos casos menos frecuentes, existe un estrato emergente de palmas del género *Ceroxylon*, Fanerógamas y epífitas, asociados al *Quercus humboldtii*, también hay presencia de hemiparásitas de raíces, trepadoras leñosas y hemisaprófitas en las hojas megáfilas que corresponden especialmente a helechos arborescentes y numerosos líquenes epífiticos (Pacheco y Pinzón, 1997; Alzate y Cardona, 2000, citados por Palacio, 2001).

En la meseta de Popayán, un estudio de composición florística en dos relictos de roble, muestra que la especie *Quercus humboldtii* se encuentra asociada con las especies *Clethra revoluta*, *Nectandra acutifolia*, *Clusia* sp., *Cecropia peltata*, *Alchornea latifolia*, *Cinnamomum triplinerve*, *Miconia* sp., *Palicourea* sp., *Palicourea thyrsoiflora* y *Tibouchina lepidota* (Bravo et al., 2008).

A pesar de presentar asociaciones aparentemente homogéneas, la presencia del robledal favorece el desarrollo de especies de menor porte (sotobosque), creando un microclima propicio. Además, su continua defoliación contribuye a la formación de materia orgánica indispensable para el autosostenimiento del bosque (Pacheco y Pinzón, 1997, citados por Palacio, 2001).

Por otro lado, los bosques de robles albergan una fauna muy valiosa. Aves de diversas especies, mamíferos como ardillas, osos perezosos y muchos insectos. Buena parte de la fauna andina encuentra refugio en el robledal (Agudelo, 2002). En estos robledales se registran 55 especies de mamíferos pertenecientes a 10 órdenes y 14 familias, destacándose por su abundancia los órdenes *Chiroptera* y *Rodentia* (Otálora, 2003).

El *Quercus humboldtii* se desarrolla bien en suelos poco profundos, relativamente sueltos y con una capa gruesa de humus, sin embargo tolera suelos degradados y casi estériles. Es considerada una especie heliófita, ya que presenta una exigencia alta de luz en las primeras etapas de crecimiento (Gómez, 2010).

1.1.5 Fenología. En el corregimiento de Santa Elena en Medellín, se realizó un estudio fenológico a la especie *Quercus humboldtii*, encontrando períodos de floración muy variables, mientras en unos sitios la floración se concentra durante los meses de noviembre y diciembre, en otros se extiende de enero a junio, agregando que esta fenofase no tiene relación directa con las épocas de mayor o menor precipitación. Los frutos verdes empiezan a notarse dos meses después de iniciarse la floración y se registran principalmente de febrero a septiembre y de marzo a octubre. El desarrollo de los frutos es un proceso que tarda entre 6 y 7 meses. La pérdida de hojas parece estar asociada con el período de floración y fructificación, ya que durante esta temporada se presenta mayor defoliación. El brote de hojas se presenta casi simultáneamente con la caída (Gómez, 2010).

En Bogotá, Pacheco y Pinzón (1997), encontraron que el *Quercus humboldtii*, presenta caída de follaje en el mes de agosto, floración entre noviembre y diciembre, fructificación entre enero y marzo y la brotación de follaje en diciembre.

Para los Robles localizados en el Jardín Botánico de Bogotá, Pardo & Chiquillo (2002), manifiestan que es posible encontrar frutos verdes durante casi todo el año debido a que su formación empieza poco después de finalizada la floración y el tiempo de madurez tarda cerca de 10 meses. Ellos sostienen que los frutos maduros pueden observarse en dos épocas del año, la primera, comprendida entre los meses de octubre, noviembre y diciembre (fin de la estación de lluvias

inicios de la estación seca) y la segunda, a finales de abril, mayo y junio (estación de lluvias).

González (2009), evaluó los patrones de producción de semillas de roble *Quercus humboldtii* en dos sitios (Cachalú y Patios Altos) de la cordillera oriental en el municipio de Encino, Santander, con condiciones ambientales contrastantes. Encontrando que el pico de producción de frutos se presentó entre los meses de abril y mayo, coincidiendo con el periodo de mayores lluvias.

1.1.6 Usos. Los bosques de roble han sido talados con el fin de utilizar la madera en la construcción de viviendas, para carrocerías, vagones, toneles, cabos de herramienta y ebanistería en general, y específicamente como medio de combustión para la elaboración de carbón de leña (específicamente en Cauca, Nariño y Boyacá), también se ha reportado como alimento para la fauna silvestre (roedores), aunque no se especifica que parte de la planta es consumida (Espinal, 1964; Pacheco y Pinzón, 1997; Calderón, 2001).

Por otra parte, la corteza de este árbol es rica en taninos, utilizados en el siglo XIX y comienzos del siglo XX, para la curtiembre de pieles, motivo por el cual se devastaron grandes áreas de robledal, hasta llegar a diezmar su población (Pacheco y Pinzón, 1997, citados por Palacio 2001).

En la medicina, se emplea un cocimiento acuoso de 100 gr de corteza en un litro de agua, para el tratamiento de hemorragias determinadas por la metritis y los fibromas uterinos, contra la leucorrea, blenorragia y las hemorroides (Pacheco y Pinzón, 1997, citados por Palacio, 2001).

El forraje y los frutos tiernos de *Quercus humboldtii* son empleados como alimento para cerdos (Pacheco y Pinzón, 1997, citados por Palacio, 2001).

1.1.7 Amenazas. Los bosques de roble han sufrido un indiscriminado aprovechamiento a través de la historia, ya que inclusive desde la época de la conquista una de las formas de someter a los indígenas de la zona era acabar con sus símbolos y ritos de adoración; el roble era un árbol sagrado lo que llevó a que su población fuera disminuida por orden de la Corona Española. (Pacheco y Pinzón, 1997).

Actualmente, los principales factores de amenaza para la especie *Quercus*

humboldtii, son la explotación desmedida, la deforestación y la ampliación de la frontera agrícola, trayendo como consecuencia la desaparición gradual de la especie por la acción del hombre (Fernández, 1977, citado por Palacio, 2001).

1.2 FENOLOGÍA

la fenología se define como el estudio de la periodicidad de fenómenos biológicos recurrentes y las causas de esta periodicidad que comprende factores bióticos y abióticos y la interrelación entre las fases de una o varias especies (Lieth, 1974).

Un aspecto interesante del dinamismo vegetal, puede apreciarse fácilmente de una temporada a otra durante el año, lo proporciona la fenología de las plantas al cumplirse en ellas los fenómenos visibles de su vida y particularmente los que se acomodan a cierta periodicidad relacionada con el clima del lugar en que ocurren. Estos fenómenos se repiten con regularidad de la misma manera para cada especie y están sujetos a un ritmo particular, llamado ritmo fenológico, que determina el tiempo de germinar las semillas, la duración y suspensión del crecimiento en tallo y ramificaciones, el brotar de las hojas y su caída, la floración, el desarrollo y maduración de los frutos y semillas y la liberación de estas últimas (Dugand 1978). El aspecto de una vegetación en un momento dado, relativamente al proceso fenológico, se llama su aspecto temporario (Dugand, 1978).

La fenología se estudia a diferentes escalas espaciales y temporales. En los ecosistemas forestales la unidad de trabajo puede variar desde una especie particular hasta la comunidad completa. El área comprendida puede ser pequeña, para estudios intensivos de todas las fenofases, o muy grande, para comparaciones interregionales de un evento fenológico particular. La unidad básica de tiempo es por lo general un año y se requieren varios años de medición para establecer con certeza los patrones fenológicos (Universidad Nacional de Colombia, sf.).

Los análisis que frecuentemente se realizan son sobre la relación entre la ocurrencia de las diferentes fenofases y la época del año. A nivel de especies, es posible analizar la época, sincronía (ocurrencia simultánea de una fenofase), duración (espacio de tiempo de cada ciclo o fenofase) y amplitud (intensidad o cantidad de la fenofase) de cada fenofase (Mostacedo *et al.*, 2000).

Según Agudelo y Gómez (2001), Los procesos a observar en los estudios fenológicos son la floración, donde las flores son órganos formados por el conjunto de antófilos (hojas florales) más o menos vistosos, de las angiospermas. Su

evolución implica el registro del estado en que se encuentra las flores día a día o dependiendo del tiempo necesario; esta etapa se divide en dos partes, botón floral y flor abierta o pico, máxima expresión de la flor. La fructificación comprende el desarrollo del ovario luego de la fecundación hasta la obtención de semillas maduras. Su registro se toma a partir de que el fruto se hace visible. Se divide ese fenómeno en dos fases, frutos verdes o inmaduros y frutos maduros. La semillación corresponde al proceso de liberación de semillas y se registra para las especies que posean frutos secos y dehiscentes. El estado de reposo es cuando en la planta no se identifican cambios aparentes en las plantas observadas. La caída de follaje se presenta cuando ocurre la defoliación o pérdida de follaje, su observación debe hacerse hasta la terminación completa del hecho, lo cual puede significar la pérdida total o en algunos casos puede ser la pérdida parcial. La brotación foliar consiste en el proceso de formación de hojas nuevas y se termina cuando las hojas en la totalidad del árbol hayan alcanzado su tamaño normal. La Brotación ocurre cuando ha terminado completamente la caída del follaje o en ocasiones puede darse en forma paralela a esta.

Los estudios fenológicos aportan información para detectar las interacciones planta- animal que afectan la polinización, la dispersión y la predación de semillas, para entender la distribución anual de los recursos disponibles del medio ambiente reflejados en la periodicidad de las plantas, así como para descubrir patrones de coexistencia entre especies de un mismo género (Frankie *et al.*, 1974). El conocimiento fenológico es también importante en el aprovechamiento de la fauna silvestre y permite una mejor comprensión de las cadenas alimenticias (Fournier, 1974). Además, hace posible localizar las mejores épocas para emprender programas de propagación tanto sexual como vegetativa por estacas e injertos y para evaluar la actividad de los polinizadores en programas de mejoramiento genético (Universidad Nacional de Colombia, sf.).

1.3 MÉTODOS PARA REALIZAR ESTUDIOS FENOLÓGICOS

1.3.1 Método de Fournier. El método de Fournier se aplicó inicialmente en estudios sobre la fenología de la especie *Tabebuia penthaphylla* en Costa Rica (Fournier, 1969) y posteriormente en otros estudios se mejoraron los sistemas de toma de datos en el campo (Fournier y Charpantier, 1975).

Las características fenológicas que se pueden considerar en este método son la floración, la floración en botón, los frutos verdes, los frutos maduros, la caída de follaje y el brote de hojas nuevas. Cada una de estas características se evalúa mediante el empleo de una escala que varía entre 0 y 4, en la que las cifras tienen el siguiente significado (Fournier, 1974):

- 0: ausencia del fenómeno observado.
- 1: presencia del fenómeno con una magnitud entre 1 y 25%.
- 2: presencia del fenómeno con una magnitud entre 26 y 50%.
- 3: presencia del fenómeno con una magnitud entre 51 y 75%.
- 4: presencia del fenómeno con una magnitud entre 76 y 100%.

1.4 BROMATOLOGÍA

Desde un punto de vista etimológico, la palabra Bromatología se deriva del griego y significa Ciencia de los alimentos. No obstante, definirla como concepto no es tarea fácil porque el sentido de esta ciencia ha ido variando con su desarrollo histórico y, según las épocas, se ha hecho mayor énfasis en los aspectos, o enfoques, que han estado más en consonancia con las preocupaciones de cada momento. En realidad, resulta más fácil describir el concepto de bromatología que definirlo (Bello Gutiérrez, 2000).

En el momento actual se debe entender la Bromatología como una ciencia que responde a un cuerpo coherente de conocimientos sistematizados acerca de la naturaleza de los alimentos, de su composición química y de sus comportamientos bajo diversas condiciones. Por tanto, se puede definir como la ciencia que se centra en el estudio de los alimentos desde todos los puntos de vista posibles, teniendo en cuenta todos los factores involucrados, tanto en la producción de las materias primas, como en su manipulación, elaboración, conservación, distribución, comercialización y consumo. La diversidad de sustancias químicas integradas en la composición de los alimentos resulta un factor de fundamental importancia para las distintas fases implicadas en los procesos de fabricación, comercialización y consumo de los mismos. La bromatología debe ser considerada como una ciencia aplicada, estrechamente relacionada con la industria alimentaria y las leyes de la alimentación, dentro de una perfecta compenetración entre la ciencia y la práctica (Bello Gutiérrez, 2000).

1.4.1 Caracterización por grupos

Frutas: este grupo presenta, en general, contenidos altos de fibra y carbohidratos (principalmente azúcares) y bajos de proteínas y grasa, salvo algunas excepciones. El grupo se destaca por su aporte de minerales y vitaminas a la dieta. Durante la etapa de maduración, que ocurre bien sea estando el fruto en la

planta madre o después de ser cosechado, en el almacenamiento, conocido como postcosecha, se presentan numerosos cambios. Entre los más importantes se cuentan la disminución del contenido de almidón, el cual se hidroliza y da lugar al aumento en el contenido de azúcares y por ende al desarrollo de la dulzura del fruto; la disminución de los ácidos, los cuales se transforman en los compuestos volátiles que constituyen el aroma – al aumentar los azúcares y disminuir los ácidos la relación azúcar / acidez se incrementa gradualmente; el cambio en las sustancias pécticas, que está asociado al cambio en la textura – la fruta se ablanda -; el cambio de color, la clorofila se degrada y da paso a la aparición de los colores característicos amarillos, rojizos, etc. (Kairuz de Civetta, 2002).

Todos estos cambios están comandados por la función respiratoria del fruto que, como se sabe, prosigue aun después de haber cosechado la fruta, durante la época de postcosecha, y por lo cual el oxígeno del aire se combina con el carbón presente en los tejidos – particularmente en los azúcares- para formar varios compuestos y liberar energía. Estos cambios en la actividad respiratoria, que anuncia el comienzo de la senescencia, se denomina climaterio y las frutas que lo presentan se denominan climatéricas, otras frutas mantienen su tasa respiratoria casi constante o muestran solamente un ligero descenso al progresar el envejecimiento, se denominan no climatéricas (Kairuz de Civetta, 2002).

El análisis bromatológico o proximal, estudia la composición química de los alimentos y su variabilidad. El grupo de frutas y vegetales comprende una vastísima cantidad de especies que muestran entre sí grandes diferencias de composición. Dentro de cada especie, además, se presentan diferencias de acuerdo con la variedad, condiciones del clima, del suelo y grado de madurez en que es cosechada (Kairuz de Civetta, 2002).

El análisis bromatológico, se realiza en laboratorio y comprende el estudio sobre la proporción de los distintos componentes que alberga el alimento a analizar, dándose a conocer por medio del experimento requerido, para ello se ha hecho una clasificación, que se divide en componentes mayores y componentes menores. Dentro de los componentes mayores se encuentran el agua, carbohidratos, proteínas, grasa y minerales. Los componentes menores comprenden las vitaminas, enzimas, pigmentos, ácidos y compuestos volátiles (Kairuz de Civetta, 2002).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

La vereda Clarete se encuentra ubicada en el municipio de Popayán, dentro del corregimiento las Piedras y se localiza en el kilómetro 15 al Nororiente de la ciudad de Popayán sobre las cuencas del río Cauca y Palacé, limita al Norte con el municipio de Totoró, al oriente con el corregimiento de Quintana, al Sur con el corregimiento de Santa Bárbara y por el Occidente con la ciudad de Popayán. La vereda tiene coordenadas $2^{\circ} 29'56.13''N$ - $76^{\circ} 31'39.72''O$, altura de 1986 m.s.n.m. y un área total de 103.17 hectáreas (Bravo *et al.*, 2008).

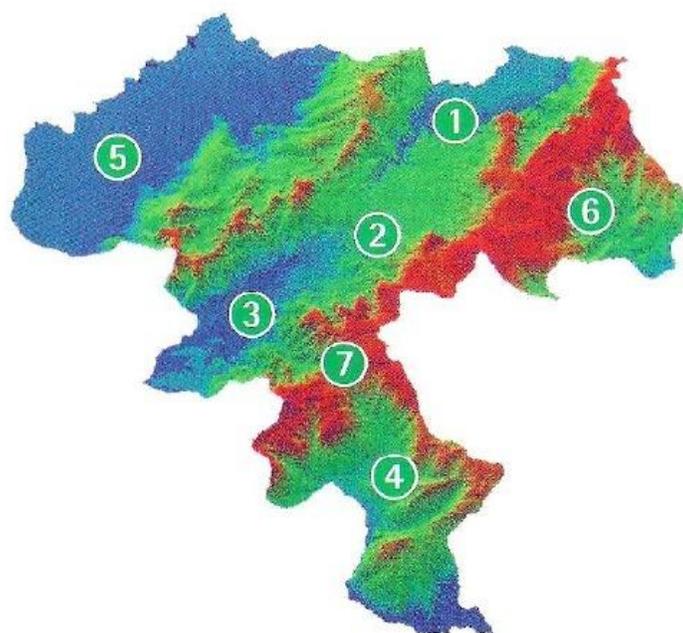
Figura 3. Localización del área de estudio.



Fuente. Bravo, Y. y López, A. 2008.

El lugar de estudio se encuentra inmerso en la ecoregión meseta de Popayán (2) (figura 4), según la Corporación Autónoma regional del Cauca (2007) indicando que tiene forma de mesa y se caracteriza por presentar pequeñas colinas redondeadas, moldeadas por la presencia de mantos de ceniza volcánica, originadas por las erupciones de los volcanes Puracé y Sotará, y entrecruzada por la acción del río Cauca. Se encuentra ubicada entre las cordilleras Occidental y Central. Limita al norte con el valle de río Cauca y al sur con el valle del río Patía. Su clima es templado, con temperaturas promedio entre 22 y 24°C, con dos periodos de lluvia durante el año, condiciones que favorecen la densidad pluvial más alta del departamento.

Figura 4. El Cauca y sus Ecoregiones.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Cauca (C.R.C.), 2007.

La vegetación natural de Clarete Alto, según Paz y Ospina (2006), ha sido destruida por la intervención antrópica; existen fragmentos de Roble (*Quercus humboldtii*), Yarumo (*Cecropia peltata*), Mortiño (*Escallonia paniculada*), Chilcos (*Baccharis* sp.), Zarza (*Rubus fruticosus*), Helechos (*Polypodium*) y Jiguas (*Ocotea* sp.).

El relieve es fuertemente quebrado, tiene cimas ligeramente redondeadas y pendientes rectas e irregulares de 25-50-75% y mayores. Son suelos de drenaje natural bueno; erosión ligera a severa evidenciada por escurrimiento difuso, pata de vaca y soliflucción (Paz y Ospina, 2006).

Figura 5. Robledal Clarete Alto, Popayán.



2.2 OBTENCIÓN DE DATOS

El trabajo de campo se ejecutó en términos de tiempo durante un (1) año, comprendido entre el 21 marzo del año 2010 y 3 marzo de 2011, dentro del cual se realizaron las observaciones fenológicas por medio de visitas quincenales.

Inicialmente, se seleccionaron y marcaron 27 individuos distribuidos en el robledal (figura 6), teniendo en cuenta para dicha selección, que los árboles presentaran buen estado sanitario, diámetros a la altura de pecho (DAP) mayores a 10 cm, buena posición de copa y forma de copa, también se midió la altura y el área de copa (anexos B,C,D,E).

Figura 6. Marcación de los individuos de Roble seleccionados para las observaciones fenológicas.

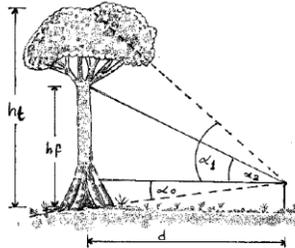


- **Diámetro a la altura de pecho (DAP):** esta variable se mensuró con una cinta métrica a 1.30 metros del suelo, obteniendo la circunferencia a la altura de pecho (CAP), la cual se transforma a DAP:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

- **Altura:** esta variable se obtuvo por medio de un Clinómetro marca Sunnto. El proceso consta de obtener dos ángulos, apuntando con la mira del clinómetro a la copa y a la base del árbol desde una distancia conocida.

Figura 7. Medición de árboles con clinómetro.



Fuente. Contreras, *et al.* 1999.

La altura se calcula por medio de la fórmula:

$$ht = d * (\alpha1 - \alpha0)$$

$$hf = d * (\alpha2 - \alpha0)$$

Donde:

ht = altura total en metros.

hf = altura de fuste en metros.

α0 = inclinación al pie del árbol en porcentaje.

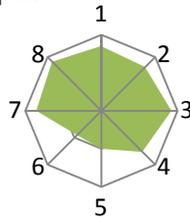
α1 = inclinación altura total del árbol en porcentaje.

α2 = inclinación principio de la copa en porcentaje en porcentaje.

d = distancia en metros.

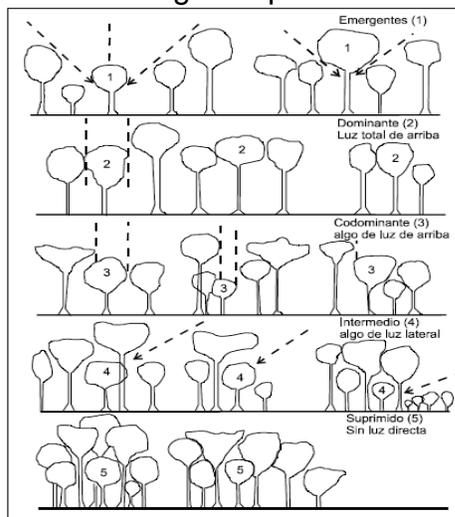
- **Área de copa:** El área de la copa se estimó usando ocho mediciones radiales, calculando el área de cada triángulo (Stevenson, *et al.* 2005).

Figura 8. Medición del área de copa.



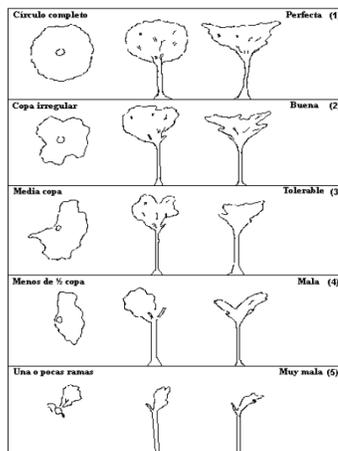
- **Posición de la copa y Forma de la copa:** estos datos se registraron con base en la metodología propuesta por Dawkins (1958,1963):

Figura 9. Clasificación de los árboles según la posición de copa.



Fuente. Mostacedo, B. y Fredericksen, T. 2000.

Figura 10. Forma de la copa.



Fuente. Mostacedo, B. y Fredericksen, T. 2000.

Para la obtención de los datos fenológicos se registró la presencia de las variables biológicas, hojas, flor y fruto. También se registraron sucesos de semillación, presencia de reposo y otras observaciones sobre los individuos.

Los datos se cuantificaron y se plasmaron en el formato de apuntes (Anexo A) de acuerdo a la metodología propuesta por Fournier (1974), observando directamente la copa de cada uno de los árboles, por medio de unos binoculares Bushnell 8x21, determinando la magnitud o presencia del fenómeno. A continuación se muestra la escala definida para el registro de cada fenofase (Fournier, 1974):

La escala se aplicó a las variables hojas, flor, fruto y caída de follaje. La semillación y presencia de reposo se registró con datos cualitativos en variables dicotómicas (si o no) igualmente para cada árbol, obteniendo de ello, el porcentaje de árboles con presencia de dichos fenómenos.

Cuadro 1. Variables observadas y su método de registro.

VARIABLES OBSERVADAS	MÉTODO DE REGISTRO
Hojas	Método de Fournier
Flor	
Fruto	
Caída de follaje	
Semillación	Registro dicotómico
Reposo	

Para la medición de la caída de follaje y semillación se utilizaron 9 trampas de 1m x 1m (figura 11) colocadas debajo de algunos de los árboles registrados y seleccionados al azar, las cuales cumplieron la función de atrapar frutos y mostrar la magnitud de la cantidad de hojas caídas en cada una de las observaciones.

Figura 11. Trampas para atrapar follaje y frutos.



Se realizó un seguimiento a las fenofases vegetativas y reproductivas del *Quercus humboldtii*, registrando fotográficamente la apariencia física de algunos estados de desarrollo. Estas se enumeraron de acuerdo al orden de ocurrencia.

Los frutos maduros requeridos para el análisis bromatológico fueron obtenidos directamente de un individuo de *Quercus humboldtii*, en la Vereda Clarete Alto, el 27 de noviembre de 2010. Este material fue entregado posteriormente para su análisis el día 12 de abril de 2011.

El análisis bromatológico proximal de los frutos maduros de Roble, se llevó a cabo en los laboratorios de Química de la Universidad del Cauca, realizado por el grupo de Unidad de Análisis industriales, por medio del cual se pudo conocer los elementos que los componen, como insumo inicial para posteriores estudios.

2.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Estadísticamente, Los datos se analizaron mediante la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson en el programa EXCEL 2007, para relacionar el comportamiento entre las variables biológicas y de estas con las variables ambientales, buscando determinar el grado de relación lineal que se presenta entre los comportamientos de estas.

Las variables ambientales utilizadas para este estudio son la precipitación (mm), humedad relativa (%), temperatura (°C) y radiación solar (Anexo F), estas fueron obtenidas en la estación meteorológica Las Guacas, la cual reposa en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca y los datos fueron proporcionados por el Grupo de Estudios Ambientales (G.E.A.) de la misma universidad.

Los resultados del análisis bromatológico proximal, es comparado con otros estudios, para examinar la importancia del fruto de acuerdo a la cantidad de los componentes que alberga, guiándonos a una posible alternativa para su uso.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 FENOFASES

Se registraron fotográficamente diferentes fases o estados visibles del Roble (*Quercus humboldtii*), a través de las observaciones del año, descubriéndose lo siguiente:

3.1.1 Formación de las hojas. Los estados 1, 2, 3, 4 y 5 (figura 12) se manifestaron durante los primeros 15 días de observaciones entre el 28 julio y 11 agosto del 2010. Los estados 1, 2 y 3, muestran ordenadamente como se produce la ruptura y el alargamiento de las yemas, para dar paso a la formación del tallo y las hojas nuevas, como se observa en el estado 4, mostrando un tallo alargado de color verde y apariencia succulenta. Las hojas exhiben un color rojizo en el haz y un fuerte amarillo en el envés, notándose claramente el nervio central y las nerviaciones secundarias de la hoja, considerándose hasta aquí como hojas nuevas. El estado 5, muestra un tallo de color verde oscuro y consistencia lignificada, las hojas están teñidas de color rojizo y los nervios muestran un claro color verde.

Los estados 6, 7 y 8 (figura 12) se presentaron durante mediados de agosto y el 3 septiembre de 2010. El estado 6, muestra especialmente el cambio de apariencia de las hojas, pues estas adquieren cierta lustrosidad y el color rojizo empieza a desaparecer, en la mayoría de los casos desde la base de la hoja, dando paso a un imponente verde. Los nervios se observan claramente con un color verde. El estado 7, se puede considerar como una de las últimas fases de la formación de la hoja, notándose claramente que el color verde se ha expandido por toda esta. Con el tiempo, la hoja toma un color como el que se muestra en el estado 8, un haz de color verde oscuro y el envés conserva un verde mucho más claro.

3.1.2 Hojas amarillas y hojas sobremaduras. Las hojas amarillas muestran una apariencia de color amarillo-café, son las últimas etapas de vida de la hoja y están próximas a caer. Finalmente, las hojas sobremaduras, son la fase final de la vida de la hoja, muestran una apariencia seca, son hojas muertas (figura 13).

3.1.3 Flor femenina. La flor femenina es de tamaño pequeño (inconspicua) y tiene protegida su estructura con una serie de escamas y vellosidades. Además, nótese los estigmas de color oscuro, receptivos para el polen (figura 14).

Figura 12. Formación y cambios Físicos de la hoja.



1



2



3



6



5



4



7



8

Figura 13. Hojas amarillas y hojas sobremaduras.



Figura 14. Flor femenina.



3.1.4 Flor masculina. La inflorescencia masculina es en forma de amento, y contiene una serie de flores a lo largo de ella con presencia de androceo, viéndose las anteras y los sacos polínicos o tecas.

Los estados 1, 2 y 3 (figura 15) se presentan entre 10 y 15 días (primeros 15 días de septiembre, 2010). El estado 1, muestra como las flores se encuentran comprimidas, y el androceo está aun en desarrollo. En el estado 2, se observa el alargamiento del eje, y el afloramiento de los estambres. El estado 3, muestra claramente en el amento de la derecha, como los estambres se han liberado totalmente y parecen estar listos para la liberación del polen, como se observa en el amento de la izquierda de la misma figura, donde los estambres se notan secos, señalándonos que el polen que contenían las tecas, ha sido liberado.

Figura 15. Formación y cambios físicos de la flor masculina.



1



2



3



4

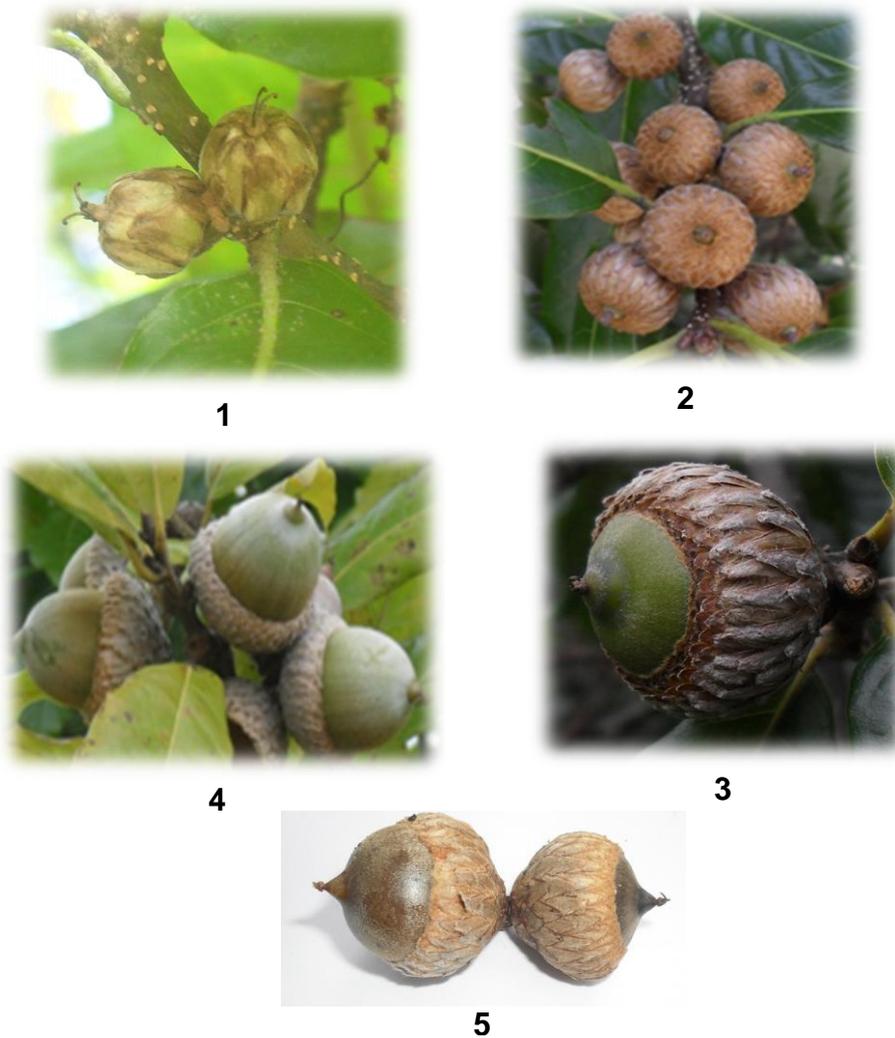


5

Una vez que la liberación de polen se ha concretado para todas las flores, se observa como el estado 4, el eje aun se encuentra verde y succulento, sin polen en sus estambres y de apariencia seca. Al pasar los días, los amentos se secan completamente como se muestra en el estado 5, y finalmente caen al suelo.

3.1.5 Fruto. Una vez que la flor femenina ha sido polinizada y fecundada, da paso a la formación del fruto. En los estados 1 y 2 (figura 16), el fruto se observa cubierto por escamas, y en la parte final de este, se notan restos del estigma de la flor femenina. Los estados 3 y 4, muestran claramente como el interior del fruto aflora por el crecimiento de las estructuras internas, recogiendo la cúpula que lo sostiene. Finalmente, el estado 5, muestra cómo ha cambiado la coloración del fruto a color café, considerándose en este estudio como fruto maduro.

Figura 16. Formación y cambios físicos del fruto.



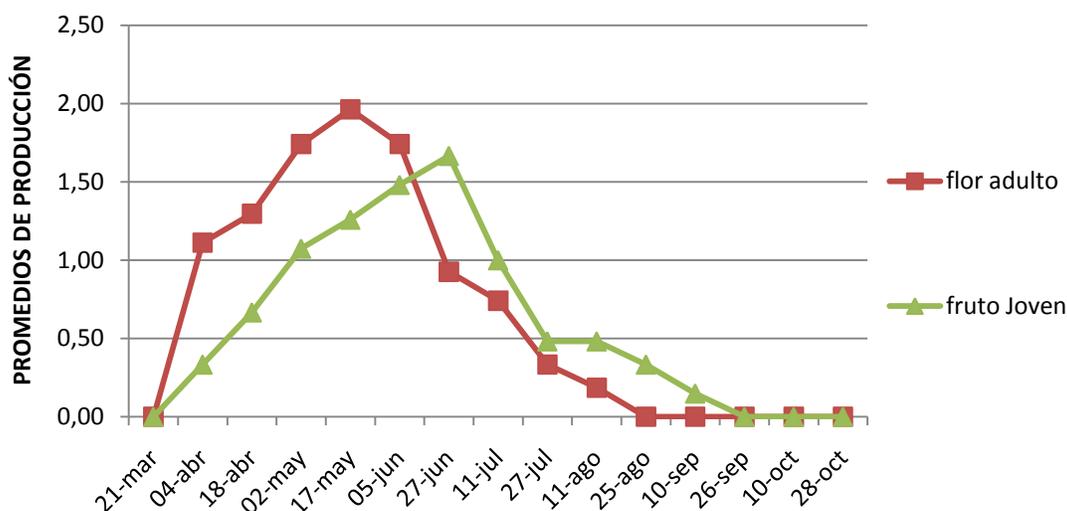
3.2 COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DEL ROBLE (*Quercus humboldtii* Bonpland)

El seguimiento fenológico se realizó con una muestra de 27 árboles de Roble (*Quercus humboldtii*), durante un año de registro comprendido entre el 21 de marzo del año 2010 y 3 de marzo del año 2011.

3.2.1 Variables biológicas. Se muestra a continuación, el comportamiento fenológico del Roble (*Quercus humboldtii*), únicamente, respecto a sus cambios y manifestaciones biológicas.

Fenología reproductiva. Iniciada la investigación, entre finales del mes de marzo y principios de abril del año 2010, aparece la floración y fructificación del roble, caracterizadas por la presencia de flores femeninas y bellotas en estado joven. Las dos variables se mantienen en aumento hasta presentarse el pico de producción de flor femenina a mediados del mes de mayo y el pico de producción de frutos jóvenes en el mes de junio. Posterior a ello, las dos variables disminuyen su producción y presencia, desapareciendo en primer lugar las flores femeninas a finales de agosto, seguido de los frutos jóvenes a finales de septiembre (Figura 17).

Figura 17. Comportamiento de la floración femenina y fruto joven durante el año.



Estadísticamente, la producción de flores femeninas y frutos jóvenes mostró una correlación positiva (cuadro 2), lo cual obedece a las tendencias similares en su

comportamiento, desde sus inicios hasta el final, como puede observarse en la figura 17. (Flor femenina, fruto joven ($r=0,85$; $r^2=0,72$)).

Cuadro 2. Correlación de Pearson entre variables biológicas.

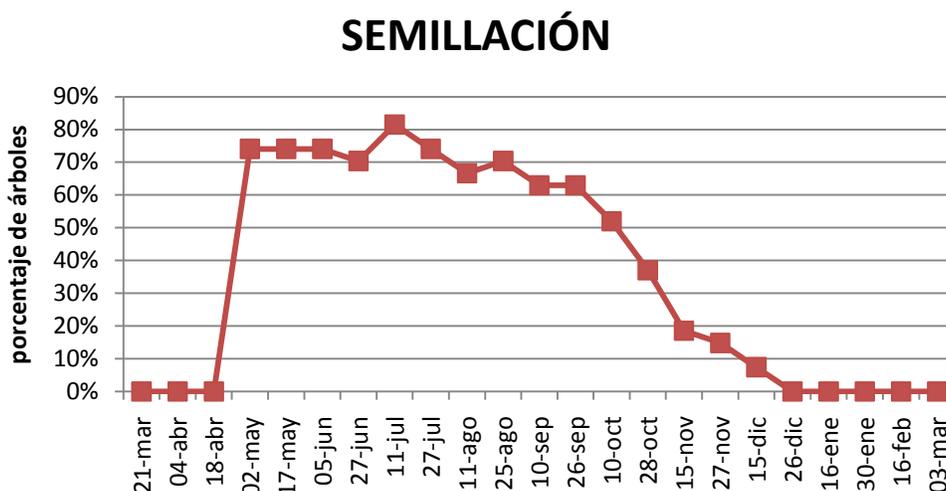
	<i>hojas nuevas</i>	<i>hojas maduras</i>	<i>hojas amarillas</i>	<i>hojas sobremaduras</i>	<i>flor femenina</i>	<i>fruto Joven</i>	<i>fruto adulto</i>	<i>caída hojas</i>
hojas nuevas	1,00							
hojas maduras	-0,79	1,00						
hojas amarillas	0,01	-0,06	1,00					
hojas sobremaduras	-0,08	0,02	0,26	1,00				
Flor femenina	-0,02	0,46	0,02	-0,21	1,00			
fruto Joven	0,02	0,42	-0,07	-0,17	0,85	1,00		
fruto adulto	0,54	-0,43	0,07	-0,10	-0,18	0,19	1,00	
caída hojas	0,16	-0,43	-0,09	-0,08	-0,22	-0,13	0,14	1,00

La disminución de las dos variables está representada por las transformaciones que sufren cada una de ellas para llegar a sus estados posteriores (cambios fisonómicos). Sin embargo, La cantidad de frutos en los árboles, estuvo gravemente afectada por el suceso de aborto que ocurrió entre los meses de mayo y junio, lo cual consistió en la caída masiva de frutos jóvenes (figura 18), presentándose para el 74% de la muestra (N=27) según los informes sobre semillación (figura 19).

Figura 18. Aborto de frutos jóvenes.



Figura 19. Semillación.



Este fenómeno también es encontrado por González (2009), en una investigación sobre producción de frutos del Roble (*Quercus humboldtii* Bonpland) en la Cordillera Oriental. En Popayán, Paz (2004), reporta en su trabajo sobre identificación de la problemática de defoliación en los bosques de Roble en el mismo sitio de estudio, caída de frutos en estado joven después del ataque de defoliación (figura 20).

Figura 20. Semillas de roble, después del ataque de defoliación por el lepidóptero.



Fuente: Paz, 2004.

Durante las observaciones se registró una fuerte defoliación que acogió al 48,15% de la muestra, presentándose desde los inicios del estudio hasta el mes de agosto, con mayor intensidad en el mes de julio (Figura 21). Este fenómeno es causado por la presencia de un lepidóptero de la familia Geometridae del género

Alsophyla, el cual en sus primeros estados de desarrollo se alimenta de las hojas de Roble (Paz, 2004).

Figura 21. Defoliación por el lepidóptero (hervivoría) en los árboles seleccionados.



Los fenómenos de aborto de frutos y defoliación, ocurrieron en el lapso de abril-agosto, y es probable que mantengan cierta relación. Stephenson (1981), expone que la reducción del área foliar en los árboles reduce los recursos disponibles para el desarrollo de los frutos y frecuentemente provocan altas tasas de aborto. Por otro lado, González (2009), sugiere que la pérdida de frutos por aborto en la especie, obedece a una característica idiosincrásica de la misma.

A finales del mes de junio, se notó abundante regeneración natural en el robledal, probablemente por las condiciones de humedad que ofrecía el suelo (figura 22).

Figura 22. Regeneración natural en el mes de junio.

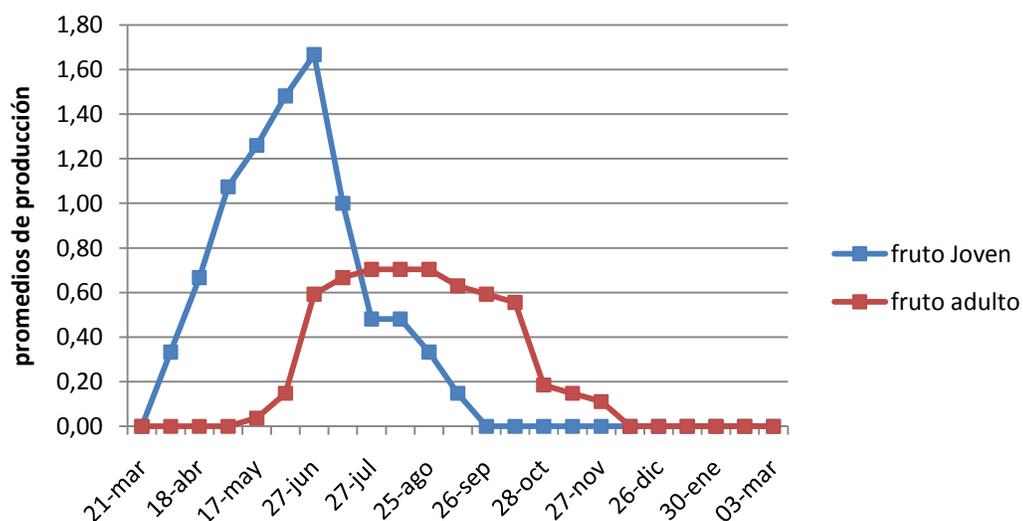


La fructificación también se observó afectada por la cantidad de flores que se convierten en fruto, pues no todas llegan a este estado y una fracción muere. Stephenson (1981), plantea que existe un límite para el número de frutos a establecerse en el árbol y suele estar determinado por los recursos disponibles, en lugar del número de flores femeninas, aunque también puede presentarse exceso en los niveles naturales de polinización, que superan el número límite de frutos que pueden establecerse, sin embargo, estas situaciones deben considerarse con cierto cuidado, debido a que las flores pueden ser afectadas si el polen recibido es de la misma planta, y podría considerarse como un mecanismo para evitar endogamia (incompatibilidad genética). Dentro del género *Quercus*, dos años de estudio sobre *Quercus alba* mostró que entre el 16% y 57% de las flores caídas habían recibido polen (Williamson 1966, citado por Stephenson 1981).

Sin embargo, otros autores manifiestan que la sobreproducción de flores es una forma de polinizador-mediada, para tener acceso a otras parejas (Sutherland and Delph 1984, Queller 1987, Andersson 1994, citados por Burd 1998).

Finalmente, los frutos remanentes en la copa de los árboles maduran de 2 a 3 meses después, a mediados del mes de mayo y se mantienen hasta mediados de diciembre. Sin embargo, debe observarse que la cantidad de frutos que llegan a la madurez no se compara con el pico de producción de frutos jóvenes (figura 23). El tiempo de maduración mostrado aquí, contrasta con lo reportado por Pardo y Chiquillo (2002), argumentando que la maduración de los frutos de Roble tarda aproximadamente 10 meses.

Figura 23. Comportamiento fruto joven y fruto adulto.



De acuerdo a las observaciones, la caída de frutos de roble al suelo, se registró desde comienzos de mayo hasta mediados de diciembre, como puede observarse en los registros de semillación en la figura 20. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que los frutos jóvenes se presentan hasta septiembre y los frutos maduros hasta diciembre.

En términos de duración, la producción y presencia de flores femeninas permaneció durante 5 meses, desde finales de marzo hasta finales de agosto, con pico de producción a mediados de mayo, según la frecuencia, la floración femenina se presentó una vez en el año. Sin embargo, el comportamiento fenológico de esta especie varía de un lugar a otro, hasta el punto que hay sitios en los cuales los eventos reproductivos se dan en intervalos de dos y tres años (Gómez, 2010). Debe tenerse en cuenta que durante los meses de floración femenina, no se presenciaron flores masculinas en los árboles, pero si en el suelo del bosque y caídas en las plantas de sotobosque, indicando que la floración masculina había ocurrido previamente, lo que puede obedecer a un mecanismo desarrollado por la especie para evitar endogamia, denominado protandria, separando la floración masculina y femenina en escala de tiempo.

La producción y presencia de frutos tuvo una duración de 10 meses, desde finales de marzo hasta comienzos de diciembre, los frutos jóvenes se encuentran desde finales de marzo hasta mediados de septiembre, con picos de producción a finales de junio, los frutos adultos se encuentran desde mediados de mayo hasta mediados del mes de diciembre, con mayor presencia entre los meses de junio y octubre. Estos periodos de fructificación son reportados en comunidades tropicales, en los cuales la fructificación en especies individuales tienden a tener largos periodos, definidos en más de 4 meses (Jordano, 1992).

Las observaciones permitieron descubrir que dentro de la muestra, los individuos no tienen un patrón regular en la producción de flores y frutos, incluso dentro del mismo individuo se observó la presencia de flores femeninas y frutos jóvenes, advirtiendo que dentro de la población y los mismos individuos existen fenómenos de asincronía. Elzinga *et al.* (2007), manifiesta que debido a las variaciones ambientales y genotípicas, las plantas de una población raras veces florecen en exacta sincronía. En las figuras 25, 26, 27 se muestra la sincronía de la floración femenina y la fructificación joven y adulta. La forma de los gráficos expresa la asincronía para estas fenofases, observándose que inicialmente se presenta en unos individuos y aumenta progresivamente hasta su pico, sumiéndose posteriormente en una disminución de la presencia de estas, concentrándose igualmente en unos pocos. Fenner (1998), manifiesta que los patrones de floración en especies individuales varían ampliamente, en algunas esta escalonado por un

largo periodo, y en otras hay un pico más pronunciado, con relativamente pocos individuos en la temprana y tardía parte de la floración.

Figura 24. Sincronía flor femenina.

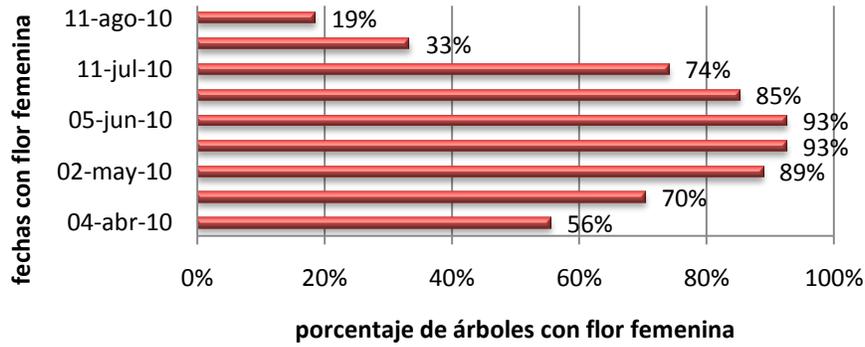


Figura 25. Sincronía fruto joven.

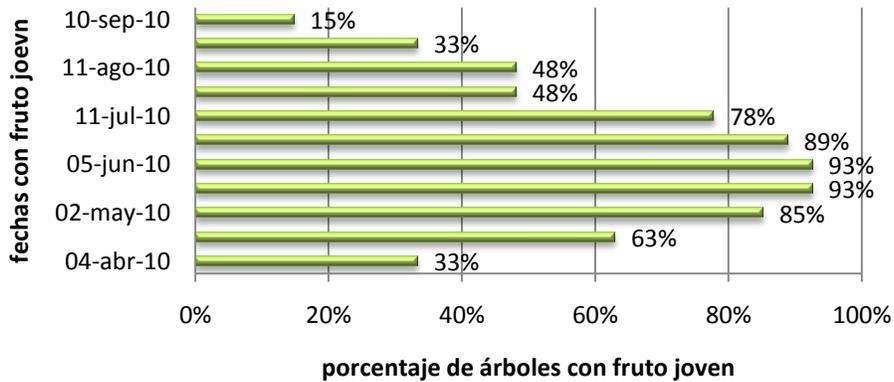
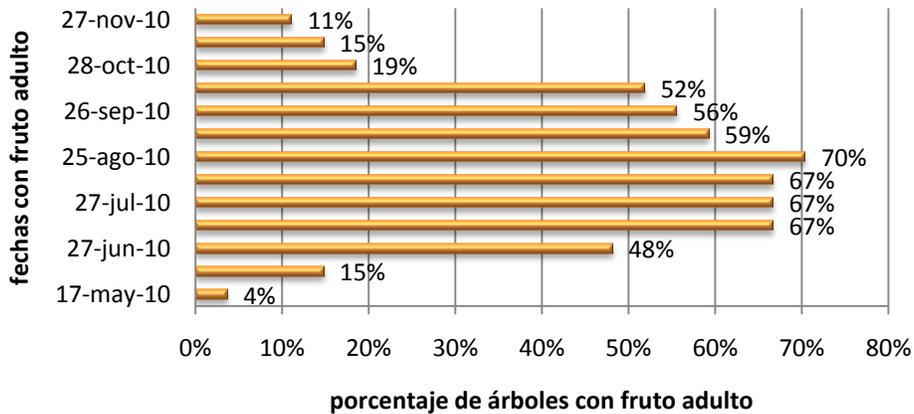


Figura 26. Sincronía fruto adulto.



Fenología vegetativa. Según los registros sobre actividad vegetativa, entre finales del mes de marzo y mediados de abril, se nota la presencia de brotes foliares y gran cantidad de hojas maduras con tendencia al aumento, indicando posiblemente un evento de producción foliar previo al inicio de la investigación. En la figura 28, puede visualizarse que la producción de hojas es continua y la presencia de hojas maduras predomina durante el año de registro superando el 50%, lo cual es reportado para bosques siempre verdes (Villasana y Suárez, 1997). Sin embargo, con apariencia de bosque abierto, a finales de julio y durante el mes de agosto del año 2010, se presentó una considerable caída de follaje (figura 29), provocando disminución de hojas maduras, además, se registra una producción masiva de hojas (figura 30). Alrededor de la mitad de septiembre, se encuentra la menor cantidad de hojas maduras conocida en el año, pero también se ubica en el mismo tiempo el pico de producción de hojas nuevas. Posteriormente, desde mitad de septiembre hasta mediados de octubre, disminuye la producción y presencia de hojas nuevas, ya que estas se desarrollan llegando a sus estados posteriores, lo cual se refleja en el aumento de hojas maduras en el mismo lapso, notándose gradualmente el cierre del bosque. Este patrón de caída de follaje es encontrado en Medellín en un estudio fenológico de Roble, en el cual manifiestan que los brotes foliares se presentan casi simultáneamente con la caída (Gómez, 2010). Sin embargo, para este estudio debe tenerse en cuenta que durante los meses donde se intensificó la caída de follaje, los árboles no quedaron totalmente descubiertos.

Figura 27. Comportamiento de las hojas nuevas, hojas maduras y caída de follaje durante el año.

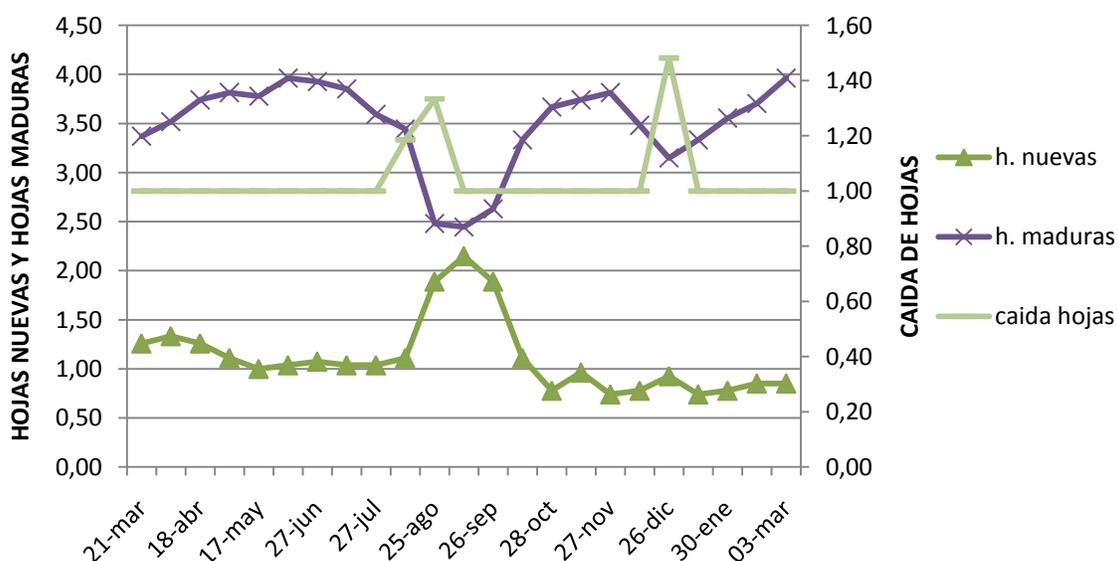


Figura 28. Caída de follaje en el mes de agosto de 2010.



Figura 29. Contraste entre las apariencias de bosque abierto en el mes de agosto producto de la caída de follaje y formaciones iniciales de las hojas (izquierda), y el bosque cerrado cuando se desarrollan las hojas (derecha).



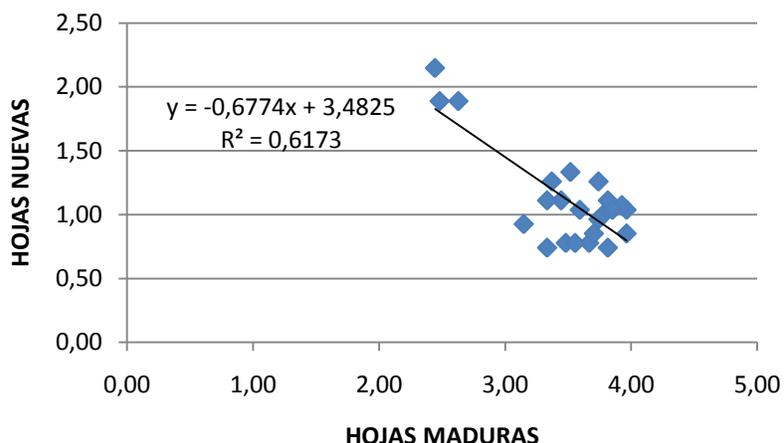
El cese de la defoliación, estuvo influenciado por la caída y producción de follaje en el mes de agosto, posterior a la maduración de las hojas, el denso bosque, ofrece condiciones para la llegada de avifauna principalmente, según Paz (2004), las aves migratorias y locales controlan las poblaciones de la polilla, puesto que utilizan los rodales como lugares de paso y anidamiento.

Debe considerarse si la defoliación por el lepidóptero es cíclica, posiblemente la especie ha desarrollado algún mecanismo para sobrellevar la pérdida de hojas por herbivoría. Fenner (1998), expone a la herbivoría como una de las fuerzas determinantes en el comportamiento de la foliación.

La relación que presentan las hojas nuevas y maduras puede verse reflejada en el cuadro 1 y en la figura 31, la cual muestra estadísticamente que entre las dos

variables existió durante todo el año una relación inversa ($r=-0,79;r^2=0,62$), igualmente para la caída de follaje y hojas maduras ($r=-0,43;r^2=0,18$).

Figura 30. Relación lineal entre las hojas nuevas y hojas maduras.

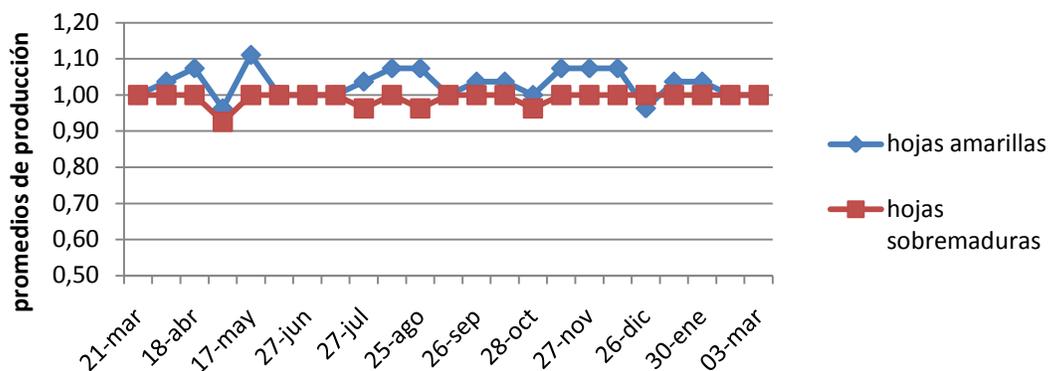


Desde agosto hasta finales de noviembre las hojas maduras aumentan, volviendo a disminuir su cantidad en el mes de diciembre, suscitado igualmente por una caída de follaje. La producción de hojas es continua y las hojas maduras se mantienen en aumento desde finales de diciembre hasta inicios de marzo del año 2011.

La presencia de hojas amarillas y hojas sobremaduras es continua durante el año de registro, destacando que su cantidad no es abundante en el periodo de medición (figura 32), Por otro lado, esto demuestra que los individuos de la especie albergan en sus copas follaje de diferentes generaciones, reflejándose también en la continua renovación foliar y caída de follaje.

Aunque hubo picos de producción de hojas nuevas y disminuciones considerables de hojas maduras, la presencia de hojas nuevas, amarillas, sobremaduras y caída de follaje es continua, independientemente de la época del año. Cuando el patrón de cambio foliar es más o menos constante, y no tiene relación con los factores ambientales, sugiere que está determinado por factores genéticos y opera mediante los diferentes periodos de duración de las hojas, Borchert (1980), expone que la senectud foliar es el reloj biológico de la periodicidad de la defoliación y su longitud está determinada por la longevidad promedio de las hojas que operan mediante mecanismos del sistema hormonal.

Figura 31. Comportamiento de las hojas amarillas y sobremaduras.



La caída de hojas presentó dos picos en el año, uno en el mes de agosto y el otro en diciembre, sin embargo, esta variable se presentó durante todo el año de registro, coincidiendo con lo reportado por Pacheco y Pinzón (1997), exponiendo que la continua defoliación del roble, contribuye a la formación de materia orgánica indispensable para el autosostenimiento del bosque.

Relacionando la producción de hojas y la floración, durante el año de observaciones pudo notarse una conexión entre la floración para los dos sexos y la producción de hojas nuevas, a través de unos registros fotográficos. La figura 33, muestra como las flores femeninas y masculinas, brotan de los renuevos foliares. Dugand (1978), manifiesta que el ritmo fenológico entre las plantas caducifolias coincide a veces, para la floración y el salir de las hojas nuevas del año, viéndose plantas cuyas flores brotan simultáneamente con los renuevos foliares.

Figura 32. Flores femeninas y masculinas presentes en brotes foliares.

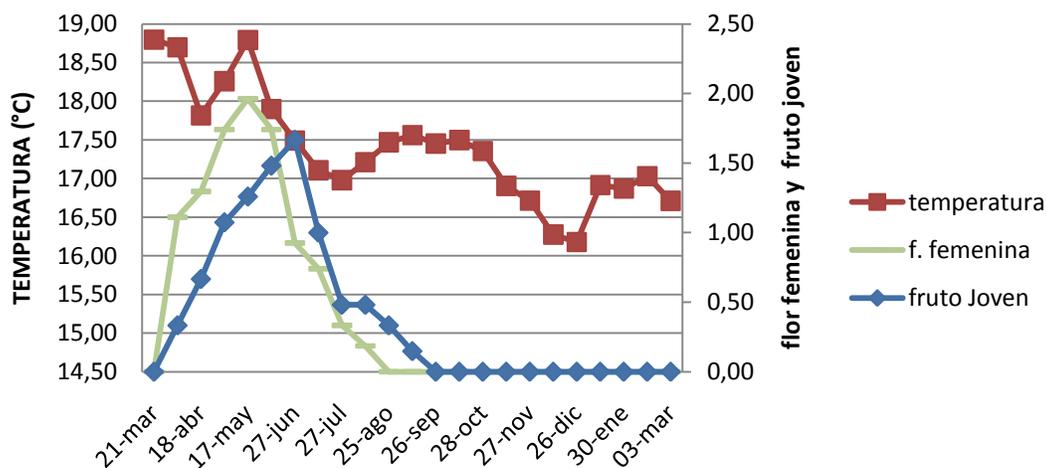


3.2.2 Correlaciones entre las variables biológicas y variables climáticas. Al realizar las correlaciones estadísticas con los datos del año, puede observarse en el cuadro 3, que la floración femenina y la producción de frutos jóvenes esta positivamente correlacionada con la temperatura (figura 34).

Cuadro 3. Correlación de Pearson entre las variables biológicas y climáticas.

	<i>radiación</i>	<i>temperatura</i>	<i>humedad</i>	<i>precipitación</i>
hojas nuevas	0,36	0,37	-0,63	-0,44
hojas maduras	-0,21	0,03	0,49	0,51
hojas amarillas	0,16	0,04	-0,17	-0,06
hojas sobremaduras	0,17	-0,16	0,19	0,11
flor femenina	-0,09	0,64	-0,09	0,08
fruto Joven	-0,15	0,44	-0,17	-0,01
fruto adulto	0,23	-0,07	-0,51	-0,32
caída hojas	-0,32	-0,30	-0,16	-0,28

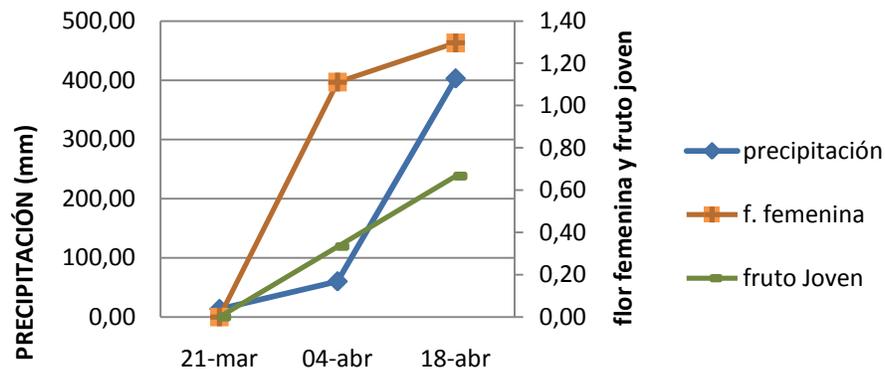
Figura 33. Comportamiento de la temperatura, flor femenina y fruto joven.



Sin embargo, Según las observaciones realizadas, la producción de flores femeninas y frutos jóvenes coincidió puntualmente con un aumento en los niveles de precipitación, en el transcurso de marzo a abril, lo cual afectó el déficit hídrico que se venía presentando en el sitio, consecuencia de las altas temperaturas atribuidas al fenómeno del niño durante los meses anteriores al estudio (enero, febrero y marzo). En la figura 35, puede notarse que durante los tres primeros registros, la producción de flores femeninas y frutos jóvenes, coinciden con aumentos en la precipitación, presentándose correlaciones positivas de las dos

variables biológicas con la precipitación (flor femenina y precipitación $r=0,69$; $r^2=0,47$, fruto joven y precipitación ($r=0,92$; $r^2=0,85$).

Figura 34. Comportamiento de la floración femenina y fruto joven en sus inicios con la precipitación.



Este resultado difiere de un estudio fenológico realizado en Medellín a la especie *Quercus humboldtii*, donde exponen que la floración no tiene relación directa con las épocas de menor o mayor precipitación (Gómez, 2010). Sin embargo, Pacheco y Pinzón (1997), encontraron en Bogotá que la fructificación del Roble se presenta entre los meses de enero y marzo, a mediados de la estación seca y principios de la estación de lluvias, además, González (2009), reporta que la mayor producción de frutos en dos bosques andinos de la cordillera oriental, estuvo concentrada en los meses de abril y mayo que corresponden al periodo de mayores precipitaciones en la zona. Debe tenerse en cuenta para este estudio, que las condiciones climáticas previas al inicio de la floración y fructificación, eran condiciones de sequía intensas, entendiéndose a la precipitación como un factor que influye en la producción de flores y frutos.

Frankie *et al.* (1974) argumentan que la sincronización de la floración de muchas especies con una estación particular parece estar bajo el control de las condiciones climáticas prevalecientes. Sin embargo, los factores relacionados con la disponibilidad de agua pueden tener el mayor rol en controlar la floración de árboles tropicales (Vílchez, *et al.* 2004).

La variable hojas nuevas se presenta positivamente correlacionada con la temperatura y negativamente correlacionada con la precipitación y la humedad a través de todo el año. Caso contrario con la variable hojas maduras, la cual se correlaciona positivamente con la precipitación y la humedad (cuadro 3),

Indicándonos que las hojas maduras se encuentran preferiblemente en épocas con mayor disponibilidad de agua.

Si nos centramos en los meses críticos entre agosto y octubre, puede observarse la relación de las hojas nuevas y maduras con las variables climáticas temperatura y precipitación (figura 36 y 37), apoyado por las correlaciones resultantes con los datos de este periodo (cuadro 4), viéndose como la producción de hojas es favorecida por aumentos en la temperatura y descensos en la precipitación, y desfavorecida la presencia de hojas maduras bajo el mismo comportamiento climático. Se puede decir según lo anterior, que el factor hídrico en el robledal afectó significativamente la actividad vegetativa entre estos meses. Debe tenerse en cuenta que las hojas maduras son afectadas a su vez, por la caída de hojas, la cual se presentó durante todo el año, sin embargo, este fenómeno se intensificó con aumentos en la temperatura y descensos en la precipitación, indicando posiblemente que la estacionalidad de la lluvia, promueve senectud foliar, sin descartarse que la caída de hojas sea operada endógenamente.

Figura 35. Comportamiento de las hojas nuevas, hojas maduras y temperatura en los meses críticos.

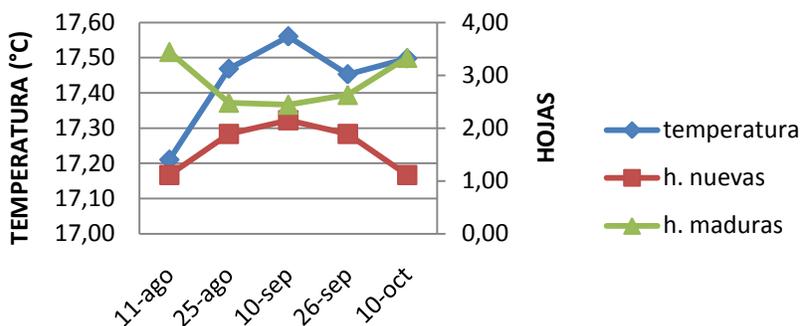
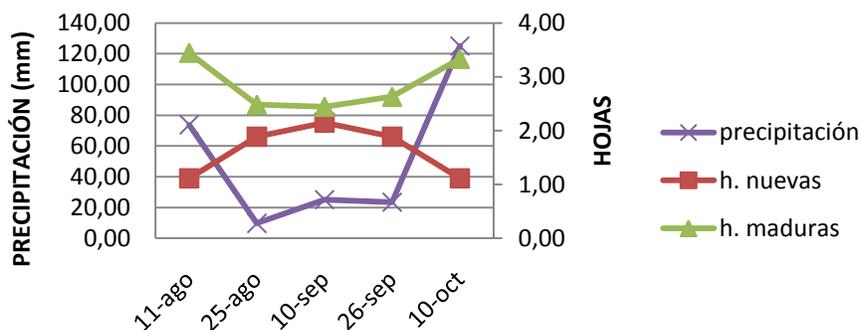


Figura 36. Comportamiento de las hojas nuevas, hojas maduras y precipitación en los meses críticos.



Cuadro 4. Correlación de hojas nuevas y maduras con la temperatura y precipitación durante los meses críticos.

	<i>temperatura</i>	<i>precipitación</i>
hojas nuevas	0,63	-0,88
hojas maduras	-0,66	0,88

Con base en lo anterior, un patrón similar es mencionado por Reich y Borchert (1984), señalando especies que se defolian en la mitad o al final de la estación seca y las yemas se rompen bajo condiciones de sequia o en respuesta a la lluvia. Para este estudio, se nota gráficamente que el aumento de las hojas maduras, coincide con aumentos en la precipitación, además la caída de follaje coincide con aumentos en la temperatura y disminuciones en los niveles de precipitación, específicamente en el mes de agosto, como se observa en las figuras 38 y 39.

Figura 37. Caída de hojas y temperatura en el mes de agosto.

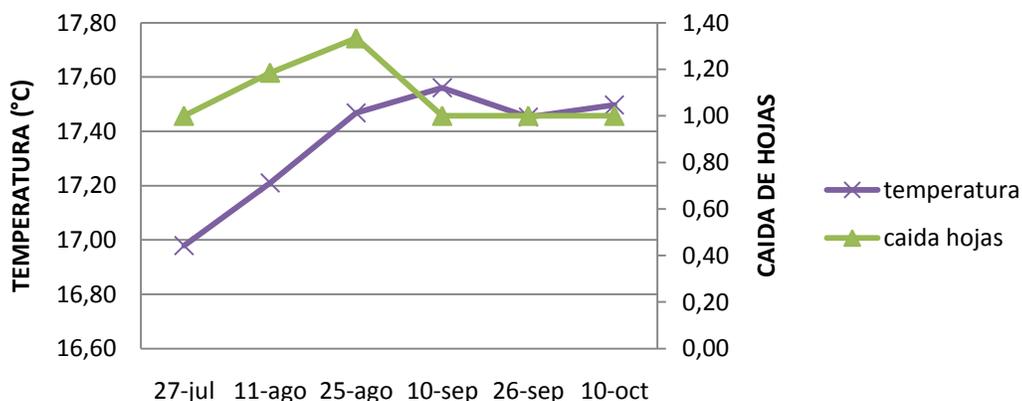
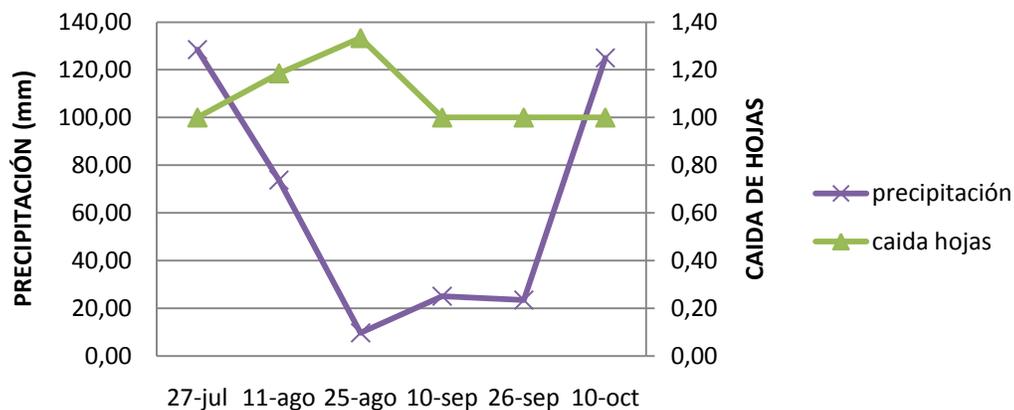


Figura 38. Caída de hojas y precipitación en el mes de agosto.



Relacionando la producción de hojas en épocas de altas temperaturas y la herbivoría, Fenner (1998), expone que la producción de hojas nuevas en períodos de sequía es ventajosa, pues en estas épocas los insectos defoliadores son menos abundantes.

Por otro lado, las variables biológicas no presentaron relaciones significativas con la radiación, sin embargo, no se descarta la importancia que puede jugar este factor en la fenología del roble.

De acuerdo a lo encontrado en esta investigación, se considera relevante resumir el comportamiento fenológico de la especie, que permita informarse de manera rápida sobre dicho comportamiento y tomar decisiones de acuerdo a los objetivos en mente, para lo cual, se realiza un calendario fenológico, el cual contiene la presencia de las fenofases observadas, durante todo el año (cuadro 5) y otros aspectos sobre interacciones biológicas del roble y la comunidad biótica, entre ellas, el periodo de defoliación y las épocas con abundancia de avifauna (cuadro 6).

Cuadro 5. Calendario fenológico del Roble.

<i>fenofases/meses</i>	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Hojas nuevas												
Hojas maduras												
Hojas amarillas												
Hojas sobremaduras												
Caída de follaje												
Flor femenina												
Fruto joven												
Fruto maduro												
Caída de frutos												

Cuadro 6. Eventos biológicos presenciados durante la investigación fenológica.

<i>Eventos/meses</i>	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Defoliación (herbivoría)												
Abundancia de avifauna												
Regeneración natural roble												

3.3 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LOS FRUTOS MADUROS DE ROBLE

A continuación se muestran los resultados presentados en porcentaje en peso del análisis bromatológico proximal de los frutos maduros de Roble (*Quercus humboldtii*).

Cuadro 7. Resultados del análisis bromatológico proximal de los frutos maduros de Roble.

Muestra 1: Semillas de roble Fecha de recepción: 11 de abril de 2011 Fecha de análisis: 25 de abril – 3 de mayo de 2011 Análisis Realizado:		
ANÁLISIS	Base Seca	Base Húmeda
Humedad	7.12 ± 0,20	7.72 ± 0.20
Materia Seca	100	92.28 ± 0.20
Minerales (cenizas)	2.17 ± 0,099	2.00 ± 0.099
Proteína (F=6.25)	0.15 ± 0,003	0.15 ± 0,003
Grasa	9.98 ± 0.70	9.82 ± 0.70
Fibra	1.93 ± 0.14	1.93 ± 0.14
Carbohidratos Totales	78.04 ± 0.50	78.02 ± 0.50
Almendra	-----	66.8 ± 0.70

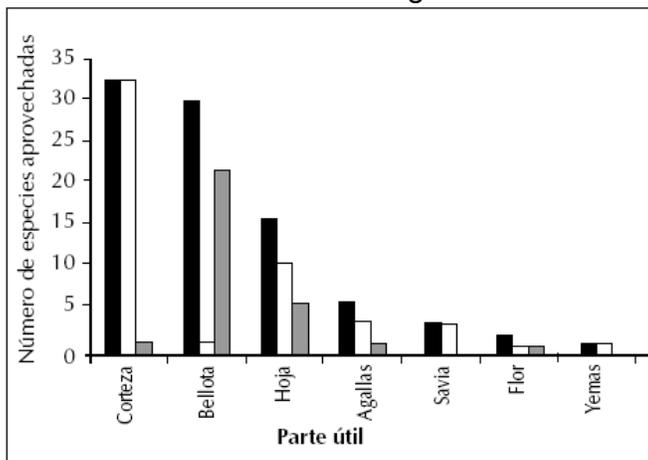
Fuente. Unidad de Análisis Industriales (U.A.I.) 2011, Universidad del Cauca.

De acuerdo a los resultados, los componentes con mayor abundancia en el fruto corresponden a los carbohidratos y grasas, indicando que este es el mayor aporte que brindan los frutos maduros de roble, a los seres vivos que se alimentan de ellos.

En México, hábitat de aproximadamente 140 especies del género *Quercus* de las 450 reportadas a nivel mundial, una investigación sobre usos no maderables de estas, arrojó interesantes resultados sobre la utilización que se la ha dado a la especie, usos provenientes principalmente de grupos indígenas y comunidades rurales que han estado vinculados con estos árboles a través de su historia, reflejando el conocimiento tradicional adquirido y conservado por ellos como mecanismo de subsistencia (Luna, A. *et al.* 2003). La investigación muestra, que diferentes partes del árbol, han sido utilizados por estos grupos, para diferentes fines, como se muestra en la figura 38, la cual expresa la relación entre las partes utilizadas de los encinos y el número total de especies aprovechadas (barras

negras), medicinales (barras blancas) y alimenticias (barras grises). Los frutos (bellotas), yemas y las hojas de la especie se reportan como una fuente enriquecedora de proteínas, lípidos y carbohidratos para grupos indígenas de México (Luna, A. *et al.* 2003).

Figura 39. Partes utilizadas de los árboles del genero *Quercus* en México.



Fuente: Luna, A. *et al.* 2003.

Existen usos compartidos para la especie entre el estado de México y Colombia según los reportes bibliográficos, como uso para curtiembre de pieles y medicinales, lo cual es posible por los altos contenidos de taninos.

En España, los frutos de *Quercus* son utilizados en las dehesas donde se crían los cerdos ibéricos, manifestando según los análisis bromatológicos, que los frutos son ricos en carbohidratos (glúcidos) y lípidos (grasas) (Rodríguez-Estévez, 2008). La concentración de taninos, principalmente en la cáscara, irrita las mucosas gastrointestinales y reduce la absorción de nutrientes, sin embargo, el animal ha desarrollado la capacidad de quitar la cascara y comerlo (Ramírez *et al.* 1983, citado por Rodríguez-Estévez, 2008). Un producto muy conocido es el famoso jamón serrano, con la característica de provenir de cerdos alimentados con frutos de *Quercus*.

En Colombia, existen usos del roble que no han sido reportados y reposan en el conocimiento de comunidades rurales e indígenas, considerándose que a través del tiempo, se ha presentado como consecuencia, una pérdida de los saberes y conocimientos tradicionales. Finalmente, se está demostrando la importancia de emprender acciones de conservación para evitar la desaparición del roble, puesto que juega un papel importante en los ecosistemas, y puede considerarse como

especie promisorio para la alimentación (humana y animal) y en la medicina, requiriendo para ello, el rescate de los conocimientos tradicionales y la promoción de investigaciones sobre esta especie.

4. CONCLUSIONES

El comportamiento de producción de flores femeninas y frutos jóvenes, presentó una tendencia similar durante el año de registro. Las flores femeninas se encontraron desde finales de marzo hasta mediados de agosto, con pico máximo de producción a mitad de mayo. Los frutos jóvenes se encuentran desde finales de marzo, hasta mediados de septiembre, con mayores cantidades a finales de junio. Las dos variables presentaron correlaciones positivas con la temperatura a través de todo el año, sin embargo, sus inicios coinciden con aumentos significativos en la precipitación.

La cantidad de frutos que llegan al estado adulto no se compara con el pico de producción de fruto jóvenes, viéndose afectada principalmente por el aborto de frutos. Los frutos adultos se observan desde mitad de mayo hasta mediados de diciembre, presentando mayor abundancia entre finales de junio y principios de octubre.

Para la recolección de semilla, los frutos caen desde principios de mayo hasta finales de diciembre, presentándose aborto de frutos jóvenes desde mayo, Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que los frutos jóvenes se presentan desde abril hasta septiembre y los frutos maduros desde mayo hasta diciembre. Se recomienda recolectar la semilla entre los meses de mayo y junio, pues posterior a este tiempo se registra abundante regeneración natural, por lo cual deben establecerse límites en dicha recolección para no afectar la regeneración de la especie.

Se presentó para todo el año una relación inversa entre las variables vegetativas hojas nuevas y hojas maduras, especialmente entre los meses de agosto y octubre, notándose inicialmente una abundante caída de hojas que provoca disminución de hojas maduras, seguido de una producción de hojas nuevas, favorecidos por aumentos en la temperatura y disminuciones en la precipitación y la humedad. La cantidad de hojas maduras, previo a su pico de disminución en el mes de septiembre, se observó gravemente afectada por la defoliación del lepidóptero, y se le atribuye a este fenómeno, una conexión con el aborto de frutos y muerte de flores femeninas.

La presencia continua de hojas nuevas, amarillas y sobremaduras, indica posiblemente que el patrón vegetativo de la especie es operado por factores genéticos, como indica Borchert (1980), exponiendo que la defoliación está

determinada por la longevidad promedio de las hojas que operan mediante mecanismos del sistema hormonal.

La caída de hojas se presentó durante todo el año, indicando que continuamente hay retorno de biomasa al suelo del ecosistema, contribuyendo a la formación de materia orgánica indispensable para el autosostenimiento del bosque (Pacheco y Pinzón, 1997).

Cuando el bosque se abre o se cierra, por la cantidad y estado de las hojas en los árboles, se establecen condiciones que permiten actuar a otras formas de vida por los cambios y estímulos que se generan, por ejemplo, posterior al pico de producción de hojas nuevas en agosto, éstas maduran hacia octubre, generando el cierre del bosque, ofreciendo condiciones para la llegada de avifauna, viéndose la importancia de relacionar como interactúa la fenología del Roble, con los patrones animales y vegetales del ecosistema.

Durante el año de observaciones, no se presentó reposo para ninguno de los árboles, es decir, que no se presentó inactividad fenológica en los individuos.

No se presentó producción de flores masculinas durante el año de observaciones, indicando que la floración masculina y femenina, están separadas en escala de tiempo (protandria).

No se presentaron correlaciones significativas entre las variables biológicas y la variable climática radiación.

Según los resultados del análisis bromatológico de los frutos maduros de Roble, los componentes que presentan mayor cantidad son los carbohidratos, las grasas y la humedad, lo cual coincide con los componentes mayoritariamente típicos en los frutos (Kairuz de Civetta, 2002). Por otro lado, los componentes de menor cantidad en el fruto están representados por los minerales, la fibra y la proteína.

5. RECOMENDACIONES

Deben realizarse investigaciones que profundicen sobre las posibles relaciones de la fenología del roble con aspectos bióticos, como los presentados con el lepidóptero en el suceso de defoliación, los cambios que genera al microclima con la apertura y cierre del dosel y la llegada de aves en épocas con notable predominancia de hojas maduras.

Es importante profundizar en la relación de la producción de hojas nuevas y flores, pues al parecer se encuentran ligadas en su aparición, lo que puede considerarse posiblemente alguna clase de adaptación o mecanismo.

Es preciso profundizar en el suceso de aborto de frutos, tratando de definir si es idiosincrásico de la especie o es promovido por algún factor exógeno. Además tratar de conocer las implicaciones que trae consigo el aborto de frutos a la regeneración de la especie.

Es importante estudiar con mayor profundidad la fenofase de floración, especialmente la floración femenina, pues las flores son muy pequeñas y requieren un alto nivel de detalle para hacer un riguroso seguimiento.

Es necesario realizar estudios fisiológicos sobre el comportamiento de las hojas, para comprender bajo que factor o factores son operados los patrones vegetativos de la especie.

Es necesario estudiar la floración masculina del Roble ya que no se presentó durante el año de observaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis bromatológico, se sugiere utilizar estos resultados para programas y estudio de índole alimenticio, que genere posibilidades de uso para el fruto de Roble.

Las características biológicas y propiedades del roble, hacen posible su utilización en sistemas agroforestales, posee un amplio rango de distribución, continua defoliación que retorna los nutrientes, hábitat para animales, genera aperturas y cierres de dosel y posiblemente fruto aprovechable para la nutrición animal.

BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO, C. A. y GÓMEZ, G. D. Fenología de especies forestales del Ocaso. Universidad de Quindío. Informe proyecto de investigación. 2001.

ALZATE, F. y CARDONA, F. Patrones de distribución de epifitas vasculares en "Robledales", revista de la facultad nacional de agronomía, Medellín. 2000. 53 (1): 969-983.

ANDERSSON, M. Sexual selection. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA, 1994.

BELLO GUTIÉRREZ, José. Ciencia bromatológica - principios generales. Ediciones diaz de santos, S. A. Madrid España, 2000.

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

BRAVO JOJOA, Y. y LÓPEZ VÁSQUEZ, A. Estructura y composición florística de dos bosques de Roble (*Quercus humboldtii*) en el municipio de Popayán. Trabajo de grado para obtener el título de ingeniero forestal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia, 2008. Pág. 41, 128-131.

BURD, Martin. "Excess" flower production and selective fruit abortion: a model of potential benefits. Department of Biological Sciences. Monash University. Victoria, Australia, 1998. Ecology, 79(6), pp. 2123-2132.

CABALLERO, L. M. y SÁNCHEZ O. A. Descomposición de la materia orgánica como criterio en el manejo de sitio. Cuenca del río san Cristóbal. Santa fe de Bogotá: acta biológica colombiana, 1996. 3 (1): 17- 40.

CALDERÓN, E. Plantas colombianas en peligro, extintas o en duda. Instituto Alexander Von Humboldt. Colombia, 2001.

CÁRDENAS, D. y SALINAS, N. Sistemas de información sobre biodiversidad. Instituto Alexander Von Humboldt, Bogotá D.C. 2007. [artículo de internet.] <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do;jsessionid=5835F8190EC CBBA2CE016B89ADABA59A?idBuscar=253&method=displayAAT>

CONTRERAS, F., LEAÑO, C., LICONA, J., DAUBER, E., GUNNAR, L. HAGER, N. y CABA, C. Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs). BOLFOR. PROMABOSQUE. Santa Cruz, Bolivia, 1999.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA. El Cauca Biosostenible. Cartilla ambiental de la CRC. Dirección general oficina asesora de dirección. Programa de: educación ambiental, participación comunitaria y comunicaciones Popayán. 2007.

CRONQUISTS, A. The evolution and classification of flowering plants. New York Botanical Garden, Bronx. 1988.

DAWKINS, H. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Imperial Forestry Institute (G.B.). 1958. Paper No. 34.

DAWKINS, H. Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees. 1963. Commonwealth Forestry Review 42(2):318-333.

DEL VILLAR, Emilio. La fenología. Cespedesia. Boletín científico del departamento del Valle del Cauca. Colombia, 1978. 7 (25). Pág. 7-8.

DUGAND, Armando. El paisaje vegetal y sus mudanzas en el tiempo. Boletín científico del departamento del Valle del Cauca. Colombia, 1978. 7 (25). Pág. 9-11.

ELZINGA, J., ATLAN, A., BIERE, A., GIGORD, L., WEIS, A. y BERNASCONI, G. Time after time: flowering phenology and biotic interactions. 2007. Trends in Ecology and Evolution. 22 (8). Pág. 432-433.

ESPINAL, L. S. Algunos aspectos de la vegetación del oriente antioqueño. Instituto geográfico "Agustín Codazzi". Bogotá, 1964.

ESPINAL, L. S. Geografía ecológica de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 1992.

ESPINAL, L. S. Regiones de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 1993.

FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. Biodiversity & Ecology Division, School of Biological Sciences, University of Southampton. Gustav Fischer Verlag, 1998. 1 (1). Pág. 78–91.

FERNÁNDEZ, A. The preparation of the endangered species list of Colombia. extinction is forever. G. T. Prance and T. S. Elias. New York, 1977. New York Botanical Garden.

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

FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. 1974. Turrialba. 24(4):422-423.

FOURNIER, L. y CHARPANTIER C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. 1975. Turrialba 25: 45-48.

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

GÓMEZ RESTREPO, M. L. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación. Volumen I. Medellín, Colombia, 2010.

GONZÁLEZ M., A. Producción de frutos del roble *Quercus humboldtii* (bonpl.) en dos bosques andinos de la Cordillera oriental. Trabajo de grado para obtener el título de ingeniero forestal. Facultad de medio ambiente y recursos naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia, 2009.

JORDANO, P. Fruits and frugivory. *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities* (ed. M. Fenner), pp. 105–156. CAB International, Oxford, 1992.

KAIRUZ DE CIVETTA, L. Introducción al estudio de la composición de los alimentos. Editora Guadalupe Ltda. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Bogotá D.C., Colombia, 2002.

LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. EN: phenology and seasonality modeling. Springer Verlag. New York, 1974.

LUNA, A., MONTALVO, L. y RENDÓN, B. Los usos no leñosos de los encinos en México. Boletín de la sociedad botánica de México. Sociedad botánica de México, A. C. México D.F. 2003. Pág. 107-117.

MOSTACEDO, B. y FREDERICKSEN, T. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis de ecología vegetal. Santa Cruz Bolivia, 2000. Pág. 59 – 60.

OTÁLORA ARDILA, A. Mamíferos de los bosques de Roble. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 2003. Acta Biológica Colombiana. 8 (2). Pág. 57-58.

PACHECO, R. A., y PINZÓN C.A. Notas divulgativas. El Roble (*Quercus humboldtii* Bonpland). Jardín botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá D. C., Colombia, 1997.

PALACIO M., Juan Diego. Monografía sobre el roble negro (*Colombobalanus excelsa*) y el roble común (*Quercus humboldtii*). Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca, 2001.

PARDO, Y. y CHIQUILLO, D. Biología reproductiva del roble *Quercus humboldtii*. Tesis de pregrado, Ingeniería Forestal. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, 2002.

PAZ, J. P. La identificación de la problemática por defoliación en los bosques de Roble (*Quercus humboldtii*), en la meseta de Popayán, departamento del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia, 2004.

PAZ, J. y OSPINA, R. Estudio de las variables biológicas, ecológicas, sociales, culturales y económicas asociadas a la especie roble (*Quercus humboldtii*). Junta de acción comunal Vereda Clarete Alto. Popayán: Universidad del Cauca, C.R.C. 2006.

QUELLER, D. C. Sexual selection in flowering plants. Pages 165-179 in J. W. Bradbury and M. P. Andersson, editors. Sexual selection: testing the alternatives. Wiley, Chichester, UK, 1987.

REICH, P. y BORCHERT R. Water stress and tree phenology in a Tropical Dry Forest in the Lowlands of Costa Rica. 1984. *Journal of Ecology* 72: 61-74.

RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V., GARCÍA M., A., MATA M., C., PEREA M., J.M. y GÓMEZ C., A.G. Dimensiones y características nutritivas de las Bellotas de los *Quercus* de la dehesa. Departamento de producción animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. España. 2008.

SARMIENTO, Fausto O. *Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*. Ediciones Abya-Yala, Quito: CLACUS-UGA, CEPEIGE, AMA [Primera edición digital de *Diccionario de ecología*, a cargo de José Luis Gómez-Martínez y autorizada para Proyecto Ensayo Hispánico, Octubre 2001].

STEPHENSON, A. G. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. 1981. *Ann Rev Ecol Syst*, 12: 253–279.

STEVENSON, P., LINK, A & HERRERA, B. Frugivory and Seed Fate in *Bursera inversa* (Burseraceae) at Tinigua Park, Colombia: Implications for Primate Conservation. 2005. *Biotropica* 37(3): 431–438 2005.

SUTHERLAND, S., and L. F DELPH. On the importance of male fitness in plants. 1984. *Ecology* 65:1093-1104.

UNIDAD DE ANÁLISIS INDUSTRIALES (U.A.I.). Universidad del Cauca. Popayán, Colombia, 2011.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Fenología. Compilación temas ecología forestal. s. f.

VÍLCHEZ, B., CHAZDON, R. & REDONDO, A. Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical. Costa Rica, 2004. Revista Forestal Kurú, 1(2): 1 – 10.

VILLASANA, A. y SUÁREZ de GIMÉNEZ, A. Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la Reserva forestal Imataca estado Bolívar – Venezuela, 1992. Revista Forestal Venezolana 41(1): 13-21.

WILLIAMSON, M. J. Premature ab- scissions and white oak acorn crops. 1966. Forest Sci. 12:19-21.

Anexo B. Datos registrados de los árboles seleccionados.

N° Árbol	CAP (cm)	DAP (cm)	Altura total (m)	pendiente de suelo	
				%	Azimut
R1	108,4	34,5	17,9	15,8	300
R2	97,6	31,1	14,8	46,6	310
R3	47,1	15,0	13,4	70	310
R4	139	44,2	24,3	5,2	285
R5	108,4	34,5	19,4	26,8	235
R6	75,6	24,1	16	15,8	305
R7	35,6	11,3	10,1	23,1	190
R8	82	26,1	21,7	30,6	180
R9	53	16,9	17	12,3	245
R10	95	30,2	18,8	28,7	210
R11	123,1	39,2	19,2	28,7	225
R12	118,2	37,6	21,9	55,2	185
R13	94	29,9	19,3	46,6	193
R14	102	32,5	21,7	38,4	240
R15	88,6	28,2	14,6	75,4	197
R16	55,6	17,7	17,4	57,7	140
R17	75	23,9	21	36,4	125
R18	56,8	18,1	19,3	46,6	137
R20	70,4	22,4	21	62,5	240
R21	81	25,8	12,2	12,3	345
R22	79,6	25,3	21,3	14,1	170
R23	63	20,1	17,7	30,6	45
R24	149,4	47,6	27,8	3,5	165
R25	60	19,1	19,7	26,8	50
R26	39,6	12,6	13,7	17,6	280
R27	54,8	17,4	21,2	34,4	205
R28	38,6	12,3	10,5	5,2	210

Anexo C. Forma de la copa.

N° Árbol	Forma de copa				
	perfecta	buena	tolerable	pobre	muy pobre
R1		X			
R2		X			
R3		X			
R4	X				
R5	X				
R6	X				
R7	X				
R8		X			
R9		X			
R10			X		
R11		X			
R12		X			
R13		X			
R14		X			
R15		X			
R16		X			
R17		X			
R18			X		
R20		X			
R21	X				
R22		X			
R23		X			
R24		X			
R25		X			
R26			X		
R27		X			
R28		X			

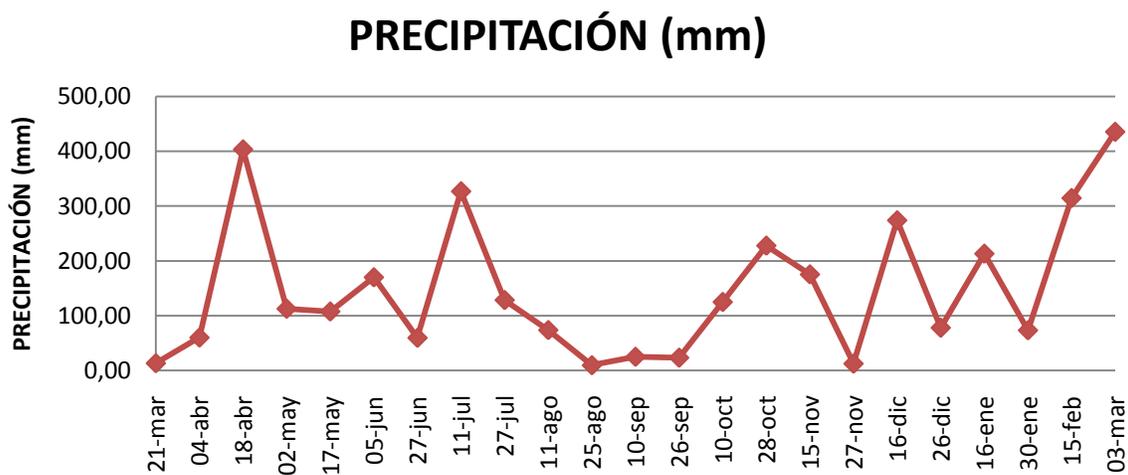
Anexo D. Clasificación de los árboles en función de las copas.

Clasificación de los árboles en función de las copas					
N° Árbol	emergentes	dominantes	codominantes	intermedios	suprimidos
R1	X				
R2		X			
R3		X			
R4	X				
R5	X				
R6	X				
R7	X				
R8		X			
R9		X			
R10		X			
R11		X			
R12		X			
R13		X			
R14		X			
R15				X	
R16			X		
R17	X				
R18			X		
R20		X			
R21	X				
R22	X				
R23		X			
R24	X				
R25		X			
R26		X			
R27		X			
R28		X			

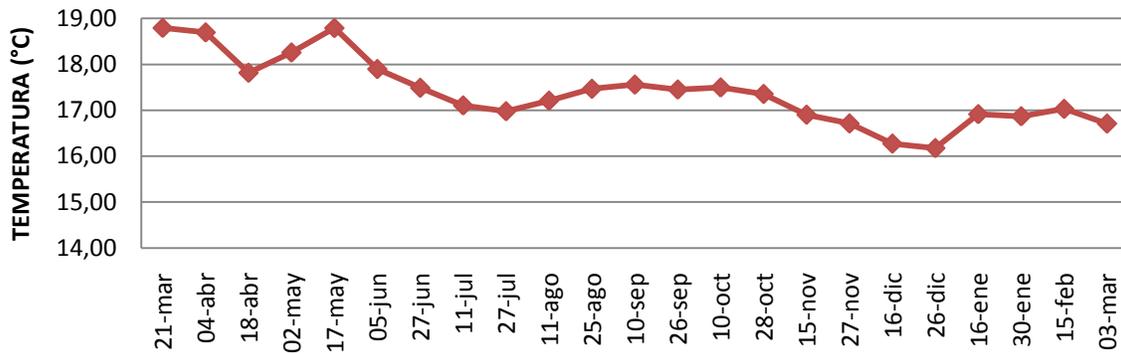
Anexo E. Área de copa.

N° ÁRBOL	ÁREA TOTAL (m ²)	N° ÁRBOL	ÁREA TOTAL (m ²)
R1	42,94	R15	46,30
R2	30,08	R16	5,93
R3	13,33	R17	16,72
R4	56,20	R18	18,34
R5	45,03	R20	10,89
R6	20,62	R21	23,63
R7	16,75	R22	32,41
R8	10,54	R23	13,20
R9	5,10	R24	60,44
R10	28,07	R25	13,11
R11	27,67	R26	4,67
R12	45,68	R27	18,88
R13	19,87	R28	4,43
R14	45,52		

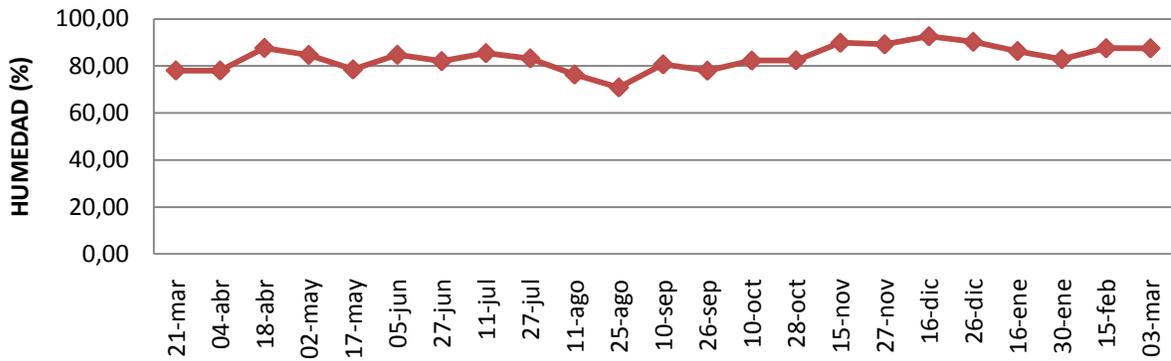
Anexo F. Datos climáticos.



TEMPERATURA (°C)



HUMEDAD RELATIVA (%)



RADIACIÓN

