

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA FORESTAL

PROYECTO FIN DE CARRERA

FENOLOGÍA DE *Quercus ilex* L. Y *Quercus suber* L. EN UNA DEHESA DEL CENTRO PENINSULAR



CELIA ISABEL RODRÍGUEZ- BARBERO MUÑOZ DE MORALES

TUTORES DEL PROYECTO:
SONIA ROIG GÓMEZ
SVEN MUTKE REGNERI

Junio 2009

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a Sonia Roig, tutora del proyecto, el habernos brindado a Soraya y a mí la oportunidad de realizar dos estudios en una dehesa tan bonita como el Dehesón del Encinar. Por habernos animado a lo largo de este tiempo y por haber mostrado un trato tan cercano y agradable. También por atenderme en muchas tutorías aconsejándome y dándome ideas acerca de cómo enfocar el proyecto. Por habernos avisado de la beca de inicio a la investigación del departamento de Silvopascicultura (UPM), por pagarnos los gastos de gasolina en nuestros viajes al Dehesón y por haberme encontrado trabajo de monitora de tiempo libre. También agradecerle al CIFOR-INIA y a la UPM la ayuda de una beca para desarrollar este trabajo dentro del proyecto SUM 2006-00034-C02: *El sistema dehesa como sumidero de carbono: hacia un modelo conjunto de la vegetación y el suelo* y del que Soraya y yo hemos disfrutado.

Me gustaría agradecerse también a Sven, cotutor del proyecto, porque le metimos en el ajo y me ha ayudado siempre con sus intensas lecturas y correcciones de todo tipo.

También a Celia López-Carrasco, por su dedicación al Dehesón del Encinar y por todos los artículos y datos que nos ha proporcionado de la parcela (producción de bellota, ganado doméstico...) y a la gente que ha hecho alguna visita con nosotras y nos ha ayudado en las tareas de campo: Sonia, Sven, Patricia Adame, Alfonso y Pedro. Ah! y a Ramón Perea por contestar a mis preguntas sin ni siquiera conocerme!

Me gustaría hacer un agradecimiento especial a Soraya, amiga desde el primer día de carrera y con la que he ido avanzando a la par durante toda ella compartiendo alegrías y penas de todo tipo! Ah! y también porque todas las visitas de campo las hemos hecho juntas!

Esta carrera me ha hecho conocer a gente muy especial con los que he compartido risas y muy buenos momentos: a Marta, Delia, Rocio (Hola, me llamo Celia y soy nueva), Pantxi, Jaime, Marina, Isa y Silvia, entre otros, también va dedicado.

A mis padres y a mis hermanos, para mí la mejor familia en la que se podía haber caído! a mis padres, en especial, por su comprensión con todos nosotros! por su apoyo en todo lo que hacemos, y conmigo en particular, por su paciencia durante toda la carrera y también porque me han mantenido a lo largo de este tiempo. A mi abuela, que cuando le decía: "me ha quedado una", me decía "una no es ninguna"; lo malo era cuando le decía: "sólo he aprobado una" y me decía lo mismo...!

En especial a mi hermano Miguel porque hace mucho tiempo que no te veo, ¡prometo ir a verte mucho más a partir de ahora!

A mis amigos de "Santugenia" ¡Por su apoyo y por todos los años que llevamos juntos!

Y el agradecimiento más especial para Pedro, por todo lo que me ha ayudado a lo largo de la carrera y durante el proyecto. Por sus revisiones, ideas, consejos y ayuda de todo tipo! Por animarme, escucharme y también por quererme y aguantarme cuando se tienen días malos! Muchísimas gracias por todo!

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. <i>Descripción de Quercus ilex subsp. ballota y distribución geográfica</i>	11
1.1.1. <i>Descripción de la especie</i>	11
1.1.2. <i>El área de distribución</i>	12
1.2. <i>Descripción de Quercus suber y distribución geográfica</i>	13
1.2.1. <i>Descripción de la especie</i>	13
1.2.2. <i>El área de distribución</i>	14
1.3. <i>Diferencias entre encina y alcornoque</i>	14
1.4. <i>El ciclo vegetativo de Quercus suber y Quercus ilex subsp. ballota</i>	16
1.4.1. <i>Desarrollo de las yemas y de los brotes vegetativos</i>	16
1.4.2. <i>El ciclo reproductivo de la encina y del alcornoque</i>	16
1.5. <i>Condicionantes climáticos del medio en Quercus ilex subsp. ballota y Quercus suber</i>	18
1.6. <i>El estudio de la fenología en árboles forestales y frutales. Objetivos y aplicaciones</i>	19
1.6.1. <i>Definición de fenología y seguimiento fenológico mediante la notación de estados tipo</i>	19
1.6.2. <i>Estudios anteriores</i>	21
1.6.3. <i>Objetivos comunes de los estudios de fenología</i>	21
1.6.4. <i>Aplicaciones prácticas de los estudios de fenología forestal</i>	22
1.6.5. <i>Proyecto en el que está encuadrado el estudio</i>	22
2. OBJETIVOS	25
3. MATERIAL Y MÉTODOS	27
3.1. <i>Descripción de la zona de estudio</i>	27
3.1.1. <i>Situación geográfica y fisiográfica de la finca</i>	27
3.1.2. <i>La finca experimental El Dehesón del Encinar</i>	28
3.1.3. <i>Sitio de ensayo</i>	28
3.1.4. <i>Hidrografía</i>	29
3.1.5. <i>Clima</i>	29
3.1.6. <i>Geología y edafología</i>	31
3.1.7. <i>Flora</i>	32
3.1.8. <i>Fauna silvestre y ganado doméstico</i>	35
3.2. <i>Toma de datos fenológicos</i>	37
3.2.1. <i>Toma de datos fenológicos generales</i>	39
a. <i>Árboles seleccionados</i>	39
b. <i>VARIABLES MEDIDAS</i>	39
c. <i>VARIABLES DESCRIPTIVAS DEL CRECIMIENTO</i>	41

3.2.2.	<i>Toma de datos fenológicos para el muestreo detallado</i>	41
a.	<i>Árboles seleccionados</i>	41
b.	<i>VARIABLES MEDIDAS</i>	42
3.3.	<i>Control de factores ecológicos</i>	43
a.	<i>Caracterización del arbolado</i>	43
b.	<i>Medio físico</i>	45
3.4.	<i>Relación con los factores ecológicos</i>	48
3.4.1.	<i>Relación con variables meteorológicas</i>	49
a.	<i>Relación con la temperatura mediante la integral térmica</i>	49
b.	<i>Relación con la precipitación</i>	51
3.4.2.	<i>Relación de la fenología con variables características del arbolado y con la posición en la parcela</i>	51
a.	<i>Inicio de foliación</i>	52
b.	<i>Liberación de polen</i>	52
c.	<i>Flores receptivas</i>	53
d.	<i>Liberación de polen y flores receptivas</i>	53
e.	<i>Producción de bellota</i>	53
f.	<i>°d flores receptivas- producción de bellota</i>	53
4.	RESULTADOS	55
4.1.	<i>Caracterización de los estados fenológicos de Quercus ilex subsp. ballota</i>	55
4.2.	<i>Fenología general de las encinas en la dehesa del sitio de ensayo</i>	57
4.2.1.	<i>Foliación</i>	59
4.2.2.	<i>Floración masculina</i>	63
4.2.3.	<i>Floración femenina</i>	65
4.2.4.	<i>Calendario conjunto para los procesos observados</i>	70
4.3.	<i>Estudio detallado de la fenología en encinas y alcornoques</i>	70
4.3.1.	<i>VARIABLES DESCRIPTIVAS DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO: Elongación de brotes, nº de hojas y nº de yemas</i>	71
4.3.2.	<i>Foliación del estudio de fenología detallado</i>	73
4.3.3.	<i>Floración masculina y femenina del estudio de fenología detallado</i>	74
4.4.	<i>Relación con los factores ecológicos</i>	76
4.4.1.	<i>Relación con variables meteorológicas</i>	76
a.	<i>Relación con la temperatura mediante la integral térmica</i>	76
b.	<i>Relación con la precipitación</i>	79
4.4.2.	<i>Relación de la fenología con variables características del arbolado y con la posición en la parcela</i>	80
a.	<i>Relación entre el inicio de foliación y los factores ecológicos</i>	80
b.	<i>Relación entre la liberación de polen y los factores ecológicos</i>	81
c.	<i>Relación entre las flores receptivas y los factores ecológicos</i>	82

d. Diferencia espacial y temporal entre la liberación de polen y las flores receptivas	83
e. Relación entre la producción de bellota y la posición en la parcela	84
f. Relación entre °d flores receptivas y la producción de bellota	84
5. DISCUSIÓN	87
5.1. Fenología general	87
5.1.1. Fenología de la foliación	87
5.1.2. Fenología de la floración masculina	88
5.1.3. Fenología de la floración femenina y fructificación	89
5.1.4. Fenología conjunta de la floración masculina y femenina	90
5.2. Estudio de fenología detallado	91
5.2.1. Fenología del brote vegetativo	91
5.2.2. Fenología de la floración masculina: estudio de fenología detallado.....	91
5.2.3. Fenología de floración femenina: estudio de fenología detallado ...	92
5.3. Otras observaciones	93
6. CONCLUSIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	97

1. INTRODUCCIÓN

La dehesa es el sistema agroforestal más conocido de la Península Ibérica. En el ámbito mediterráneo, la dehesa ha sido considerada un sistema de aprovechamiento de la naturaleza con gran valor ecológico, económico y social, en el que de forma tradicional se ha compatibilizado la producción de múltiples bienes y servicios. Su valor ecológico está motivado por la alta biodiversidad que alberga y su importancia ambiental se refleja en la conservación de especies y hábitats. Los valores sociales residen en las prácticas tradicionales que se han llevado a cabo a lo largo de los siglos. Además, generan un importante número de puestos de trabajo y son un lugar de recreo para mucha gente. La importancia económica se debe al múltiple aprovechamiento que se puede obtener de la dehesa: madera, leñas, pastos herbáceos, pastos de montanera, corcho, caza, ganado, cultivo agrícola, recolección de trufas y setas y otros.

Actualmente, su importancia es todavía mayor porque es un ejemplo de aprovechamiento sostenible. Se conoce su existencia y forma de explotación desde hace cientos de años, y desde entonces ha mantenido el equilibrio entre sus tres valores, ecológico, económico y social, de forma más o menos estable. Además, las dehesas prestan a la sociedad un servicio que se está empezando a valorar a partir de esta última década; se trata del papel de la encina como fijador de CO₂. Se ha demostrado que las encinas retienen en su biomasa (tronco, hojas, ramas y raíces) y con su crecimiento millones de toneladas de CO₂; contribuyendo así a la reducción del calentamiento global y a la mitigación del cambio climático (Montero, 2009).

Aunque la palabra dehesa tiene múltiples acepciones, en el presente estudio se utiliza la definición de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (2001), que considera la dehesa como: "superficie con árboles más o menos dispersos y un estrato herbáceo bien desarrollado, en la que ha sido eliminado, en gran parte, el arbustivo. Es de origen agrícola (tierras labradas en rotaciones largas) y ganadero. Su producción principal es la ganadería extensiva o semiextensiva, que suele aprovechar no sólo los pastos herbáceos, sino también el ramón y los frutos del arbolado" (Figura 1.1). Aunque hay dehesas formadas por distintas especies arbóreas, las que ocupan mayor superficie en España son las de encina y alcornoque (San Miguel, 1994).

Las dehesas son uno de los paisajes más representativos de la Península Ibérica y se estima que ocupan una superficie entre 3,3- 3,5 millones de hectáreas (2º IFN, 1998). Pero son varios los problemas socioeconómicos y selvícolas que pueden comprometer la persistencia de este paradigmático sistema agroforestal.



Figura 1.1. Dehesa de encinas con vacas de raza Avileña-Negra Ibérica. (Dehesón del Encinar 2008).

Algunas prácticas agroforestales, como el sobrepastoreo, están contribuyendo a eliminar la regeneración natural del arbolado. Así, la densidad de pies arbóreos es insuficiente para la perpetuación del sistema a largo plazo. Además, las dehesas más envejecidas suelen tener un peor estado fitosanitario. Otra práctica inadecuada es el uso de maquinaria para la realización de desbroces no selectivos con objeto de eliminar el matorral y proceder a la siembra de cereales o pratenses (IFAPA, 2006).

Por otra parte, el encarecimiento de la mano de obra y la desaparición de la trashumancia, han dado lugar al cercado de las dehesas y a la sustitución del ganado mixto por aprovechamientos monoespecíficos, variando el tipo de manejo tradicional. A su vez, el creciente despoblamiento rural unido al ya comentado abandono del aprovechamiento tradicional ganadero, está originando la matorralización de la dehesa y su transformación en otro tipo de ecosistema mediterráneo menos productivo económica y ambientalmente.

Sobre la dehesa se ciernen también otros riesgos como la comercialización deficiente de sus productos, las infraestructuras y servicios inadecuados, la falta de formación de las nuevas generaciones en prácticas y técnicas de gestión, el llamado síndrome de la "seca" y el cambio climático, entre otros (IFAPA, 2006).

Como ya se ha dicho, y a pesar de que algunas dehesas se están viendo amenazadas por la progresiva pérdida de ganaderos que abandonan el sector por falta de rentabilidad, actualmente nos encontramos en una situación en la que el sector del porcino ibérico vuelve a tener un interés cada vez mayor (López- Carrasco *et al.*, 2005). La bellota constituye el pasto de montanera, que hoy en día es uno de los productos de mayor calidad y precio de las dehesas ibéricas. De ahí el interés en analizar los factores que influyen en la formación y crecimiento de la bellota, por ejemplo su dependencia del clima. Estos análisis también son de interés ecológico y selvícola por su importancia en la regeneración del arbolado.

La fenología es una herramienta útil para determinar épocas de cosecha y elaborar modelos de producción de bellota (Heuvelop *et al.*, 1986).

En este estudio se comprueba cómo afectan las variaciones del medio físico y las del propio árbol, a la formación y crecimiento de los órganos de *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp. y *Quercus suber* L. Para ello, se determina la fenofase en la que se encuentran las flores y las hojas durante el período de floración de *Quercus*, y su correlación con los factores anteriores. El estudio se llevó a cabo en una parcela del Centro de Investigaciones Agropecuarias "El Dehesón del Encinar" a lo largo del año 2008.

Podemos encontrar no pocos proyectos de investigación y trabajos científicos con el objetivo de cuantificar la producción de bellota en diversas especies de *Quercus*, analizando la influencia de múltiples variables ecológicas o técnicas selvícolas sobre esta producción. Actualmente se cuenta con resultados parciales pero es necesario contar con series de datos más largas (Gea-Izquierdo *et al.*, 2006) o estudios que relacionen todas las etapas del proceso de formación de la bellota. Alguna de las series más largas de producción de bellota se han recogido y analizado en el CIA Dehesón del Encinar (Toledo), donde además, se han desarrollado varios proyectos que ligan esta producción con la alimentación del ganado porcino.

1.1. Descripción de *Quercus ilex* subsp. *ballota* y distribución geográfica

1.1.1. Descripción de la especie

Quercus ilex taxonómicamente pertenece al Subgénero *Sclerophylloids*, del género *Quercus*, familia *Fagaceae*, caracterizado por su bellota de endocarpo tomentoso, estambres de anteras mucronadas, lampiñas, y hojas coriáceas, persistentes y en general pequeñas. Caracteriza la Sección *Ilex*, con bellotas de maduración anual, amparadas por cúpulas de escamas blandas, aplicadas, y hojas plurianuales, flexibles, tomentosas, con nervios destacados en el envés y estípulas caducas.

La encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) es, basándonos en la descripción de Ruiz de la Torre (2006), un árbol corpulento, siempreverde, hasta 25 m de talla; arbusto cerca de su límite altitudinal superior. El ramaje es frecuentemente espinoso, sobre todo en los brotes bajos y de cepa o raíz. La raíz principal es potente, axonomorfa, penetrante; luego se ramifica desarrollando secundarias de gran vitalidad y fuerza, capaces de dar renuevos en cualquier momento de la vida de la planta. El porte específico comprende una copa amplia, recogida, ovoideo-globosa; aunque luego se ensancha modificada por la acción directa o indirecta del hombre (Figura 1.2). Su fuste es recto, y tiene la corteza grisácea, resquebrajada en grietas poco profundas. Tiene una ramificación fuerte y profusa; sus ramas principales son erecto-patentes y las ramillas son delgadas, éstas están cubiertas por un denso tomento grisáceo.



Figura 1.2. Ejemplar de encina, en el que se puede observar el porte específico. Dehesón del Encinar 2008.

Las hojas de la encina son simples, alternas y persistentes, con 3-4 años de vida. Las hojas jóvenes son glaucas (verde claro) y más o menos tomentosas en ambas caras; el haz se depila pronto, manteniéndose el envés grisáceo-tomentoso. A medida que la

hoja crece, el limbo se va haciendo grueso y coriáceo, pero flexible. Su forma es aovado-redondeada, orbicular o elíptica y las hay de bordes enteros a dentado-espinosos. Su longitud es menor del doble de la anchura y a veces casi igual a ésta (Ruiz de la Torre, 2006).

Las flores de la encina son monoicas. Las flores masculinas se agrupan en amentos amarillentos. Éstos se concentran densamente en los ramillos de un año. La flor masculina tiene periantio con 3-5 divisiones subagudas, pubescentes, verdosas; los estambres tienen filamentos lampiños y sus anteras son ovoideas y pelosas (Ruiz de la Torre, 2006).

Las flores femeninas salen sobre los brotes del año, solitarias o en corto número sobre pedúnculo tomentoso.

Las bellotas son dulces, su forma es oblongo-cilíndrica, apuntada. Generalmente son grandes, miden de 2-3 cm de largo por 1-1,5 cm de diámetro. La cúpula, al igual que la bellota, tiene gran variabilidad de formas y tamaños; es grisácea y tomentosa exteriormente y tiene escamas planas y muy apretadas (Ruiz de la Torre, 2006).

La encina comienza a dar bellota pronto; los brinzales dan fruto a las 8-10 años y cosecha desde los 15-20 años; dan cosecha regular y abundante en climas templados, con el máximo entre 50 y 100 años; los pies de monte alto adehesado, suelen producir fructificación anual abundante cada 2-3 años, a partir de los 10. En climas fríos o muy secos la vecería se acentúa en brinzales o chirpiales, pudiéndose retrasar el intervalo entre cosechas hasta 7-8 años. Suele haber pies oligocárpicos (muchas flor masculina y poca femenina) o de larga vecería ("encina descastadas"). Los agentes diseminadores son las aves, principalmente los arrendajos, las urracas y los rabilargos. Existe un alto interés ecológico y económico en la producción de fruto en las dehesas ibéricas. Los frutos (bellotas) de *Quercus* sp. resultan esenciales para la fauna salvaje y el engorde de ganado porcino en las dehesas (Ruiz de la Torre, 2006).

1.1.2. El área de distribución

Se extiende por la Península Ibérica, sureste de Francia, Marruecos y Argelia (Ruiz de la Torre, 2006).

Los encinares son los bosques más característicos de la Iberia seca. Cuando se encuentran bien conservados constituyen uno de los ecosistemas naturales más complejos y maduros del territorio.

Probablemente la península Ibérica ostente la mejor representación mundial de bosques planoesclerófilos mediterráneos. La mayor extensión de encinar corresponde al territorio español (Costa *et al.*, 1997): según el 2º IFN (1998) ocupa 3.391.511 ha.

La encina aparece en el Sur, Centro y Oeste de la Península Ibérica, casi sin excepción. En España, se extiende por el Valle del Duero, Levante y Bajo Aragón, hasta el valle del Ebro. Es rara en las vertientes al mar de las sierras y cordilleras, siendo propia de regiones de clima continental o subcontinental. En el Norte se sitúa en localidades con más de 800 mm/año de precipitación, en el Pirineo y Prepirineo tolera hasta 400 mm/año, en el bajo Duero hasta 300 mm, igual que en el surco interibérico; en Levante su límite está en 350 mm, al igual que en toda la mitad Sur.

Las precipitaciones de verano van de 50 a 250 mm; las temperaturas medias de enero oscilan entre -3º y 11º y las de agosto entre 14º y 28º, resistiendo temperaturas más elevadas (Serrada *et al.*, 2008).

1.2. Descripción de *Quercus suber* y distribución geográfica

1.2.1. Descripción de la especie

Quercus suber pertenece al subgénero *Cerris* y define la sección *Suber*, que se caracteriza por sus hojas persistentes o subpersistentes, aovadas, enteras o dentadas, a veces con dientes mucronados y sus bellotas de maduración normalmente anual.

El alcornoque es un árbol inerme, robusto y fuerte; de mediana talla, mide hasta 20 m por lo común. Posee un sistema radical vigoroso y profundo que se desarrolla en todas direcciones; el sistema secundario es parecido al de la encina. En estado natural y acompañado de más ejemplares, su tronco es derecho y esbelto; sin embargo, cuando la copa se abre por el tratamiento o cuando se encuentra aislado, el tronco es corto y grueso. Su corteza al principio es lisa, pardo-oscura; pero pronto comienzan a surgir prominencias lineales que se abren y se agrietan, apareciendo la cubierta de corcho asalmonado; a este primer corcho se le denomina bornizo. Bajo el corcho aparece la casca, de color amarillo claro, que luego pasa a canela y, más tarde, después del primer descorche, a negro rojizo. Con posterioridad se forma el corcho segundo, su capa externa es oscura y se denomina raspa; posteriores descorches dan lugar a la formación de segundo semejante (Ruiz de la Torre, 2006).

En pies aislados intervenidos su copa se inicia a poca altura (4 ó 5 metros), a 8-10 metros en los rodales poco tratados. Los pies intervenidos presentan una copa amplia y semiesférica. Su ramificación es fuerte y abundante. En los pies intervenidos las ramas son tortuosas y extendidas; pero en masas respetadas son erectas, a lo que alude el dicho extremeño: "la encina al suelo y el alcornoque al cielo", que también alude a la forma de formar los árboles al podarlos, según prime la producción de bellota o corcho.

Tiene hojas simples y alternas; y son subpersistentes (su vida oscila entre los 13 y 23 meses). El limbo es coriáceo, delgado, de oblongo-lanceolado a aovado-oblongo; pequeño o mediano, con medidas comprendidas entre los 3 y los 8 cm de largo, por 1,5 a 3 cm de ancho. Sus bordes son enteros o festoneados y espaciadamente denticulado-espinosos. El haz es verde oscuro, luego lampiño y algo lustroso.

Los amentos floríferos masculinos son muy numerosos, se encuentran en manojillos de 5-6 en los extremos de los braquiblastos de un año, primero erectos y rojizos, luego colgantes y amarillos. Las flores femeninas están cortamente pedunculadas, las podemos encontrar aisladas o en pequeños grupos en los brotes del año, a veces aparecen también en los ramillos del año anterior, dando entonces frutos tardíos.

La bellota generalmente tiene forma alargada, con punta vellosa y endocarpo lampiño. Su cúpula es cónico-acampanada con escamas grisáceo-tomentosas y alargadas.

La floración es difusa, casi continua en climas benignos; comienza en abril y se prolonga durante toda la primavera y a veces el verano, pudiendo haber incluso flores de otoño que dan frutos maduros en el siguiente verano. La maduración es anual, en

tres etapas: a principios de septiembre caen las bellotas primerizas, brevaes o sanmiguelañas, las más gruesas; en octubre-noviembre se presenta la cosecha fuerte de segunderas o medianas; a finales de enero maduran las tardías o palomeras; este escalonamiento en la fructificación da lugar a una notable prolongación de la montanera. En estaciones buenas comienza a fructificar a los 10-12 años; suele ser vecero, fructificando todos los años, pero dando cosecha abundante cada 2-3. Es tanto o más fructífero que la encina, con la ventaja de facilitar un largo periodo de engorde (Ruiz de la Torre, 2006).

1.2.2. El área de distribución

Especie endémica de la región mediterránea occidental, aparece silvestre en Portugal, España, Sur de Francia, Marruecos, Argelia, Túnez, Córcega y Cerdeña, Italia, Eslovenia, Croacia y Bosnia- Herzegovina. Se conservan actualmente en el mundo algo más de dos millones de hectáreas de alcornoques, aportando el máximo Portugal, seguido de Argelia y España, que cuenta con unas 311.000 Ha de monte alto, de ellas 231.000 sobre suelo forestal y 80.000 sobre suelo de dedicación mixta con cultivo agrícola (Ruiz de la Torre, 2006).

En España predominan sus manifestaciones en el cuadrante suroccidental. En las cordilleras centro-occidentales: Sierra Morena, Extremadura y Montes de Toledo, se extiende sobre granitos, neises, cuarcitas y pizarras.

Entre nuestros robles micrófilos o esclerófilos el alcornoque es poco xerófilo, requiriendo cierta humedad en el ambiente y más bien termófilo. Prefiere terreno suelto y fresco y algo húmedo en profundidad, pero no encharcado. Necesita una precipitación media anual superior a 400 mm. Los climas de Gausson que corresponden a sus localidades son submediterráneo y mesomediterráneo. Su periodo vegetativo es largo, con interrupción estival. Vive bien de 0- 1000 metros.

El principal producto de este árbol es el corcho. La producción de un monte normal es de 350- 450 Kg/ha a turno de 10 años. El turno medio más extendido en España es el de 9 años.

España obtiene el 22% de la producción mundial de corcho, a la que Portugal contribuye con un 50% (Ruiz de la Torre, 2006).

Se hibrida con *Q.ilex* subsp. *ballota* dando lugar a lo que localmente se conoce como mestos o mistos.

1.3. Diferencias entre encina y alcornoque

Encinas y alcornoques presentan diferencias morfológicas y ecológicas (Figura 1.3). En el caso de las encinas (*Quercus ilex* L.) existe una especial variabilidad en nuestro país. Por el contrario, el alcornoque (*Quercus suber*) parece ser un taxón más antiguo y evolutivamente más estable (Costa *et al.*, 1997).

Respecto a la encina, actualmente se considera la existencia de una sola especie con dos subespecies claras, *Quercus ilex* L. subsp. *ilex* y *Quercus ilex* subsp. *ballota* (= *Quercus rotundifolia* Lam.). Las dos subespecies de encinas, junto con el alcornoque y la coscoja integran el grupo de los *Quercus* perennifolios ibéricos.



Figura 1.3. Ejemplares de encina y alcornoque del Dehesón del Encinar (2008).

El aspecto que habitualmente presentan encinas y alcornoques es diferente del que podríamos considerar su porte "natural". Las podas para aumentar la producción de fruto en las dehesas y el espaciamiento de la masa y talla de los alcornoques hace difícil encontrar ejemplares o formaciones no alteradas.

La morfología foliar presenta bastante complejidad en este grupo de *Quercus*. Como mejor carácter distintivo de la hoja en el alcornoque podemos señalar su forma abarquillada y los nervios secundarios, paralelos y rectilíneos que alcanzan el margen foliar conectando con los característicos dientecillos perimetrales. En las encinas (ambas subespecies) pueden verse desde hojas enteras con borde liso hasta otras espinescentes; pero en casi todos los casos, y a diferencia del alcornoque, los nervios secundarios se ramifican y desdibujan poco antes de alcanzar el borde foliar.

Debido al carácter persistente de la hoja, el aspecto de estas formaciones varía poco a lo largo del año. En los encinares esta monotonía sólo queda rota en primavera, cuando aparece un reflejo amarillento debido a la proliferación de flores masculinas organizadas en amentos, dando tonalidad pajiza a las copas.

El diferente grado de presencia en el territorio peninsular, tanto del alcornoque como de la encina, se encuentra estrechamente relacionado con sus distintos requerimientos ambientales.

Quercus ilex subsp. *ballota* es menos exigente en humedad que *Quercus ilex* subsp. *ilex*, y se adapta bien a los ambientes subcontinentales que caracterizan el clima mediterráneo del centro de la Península. Bajo estas condiciones manifiesta un temperamento ecológico de una gran plasticidad, vitalidad y rusticidad, por lo que muestra una buena capacidad de adaptación a las condiciones cambiantes y adversas del medio. Esta encina es, además, muy resistente a las acciones humanas: podas, talas, fuego, etc. Este taxón vive relativamente bien en la mayor parte de las grandes cuencas interiores (Costa *et al.*, 1997).

El alcornoque, en cambio, se caracteriza por presentar una menor resistencia al frío y por su carácter calcífugo. Puede encontrarse, no obstante, sobre sustratos básicos (en general lavados). Prefiere asimismo una textura del suelo algo arenosa o suelta. En resumen, se puede decir que el alcornoque presenta una amplia dispersión peninsular y aunque es más esporádico o falta en las áreas centrales, de clima más contrastado, y en los sustratos calcáreos en general, es muy común su concurrencia espacial con las encinas.

Puede decirse que el alcornoque es un fiel compañero de la encina en todo el occidente ibérico, sobre todo en el Sur. En términos generales el alcornoque dominará en vaguadas y umbrías algo más húmedas (siempre que no haya heladas frecuentes), mientras que la encina abundará más en laderas secas y solanas, en las zonas más expuestas.

La menor resistencia al frío y a los contrastes térmicos del alcornoque hace que deje de acompañar a la encina por encima de los 800-900 metros y que por debajo de esa altitud su presencia en los encinares vaya decreciendo progresivamente a medida que se avanza hacia el interior peninsular (Costa *et al.*, 1997).

1.4. El ciclo vegetativo de *Quercus suber* y *Quercus ilex* subsp. *ballota*

En este apartado se describe el ciclo de desarrollo de los órganos vegetativos de la encina y del alcornoque.

El despertar vegetativo de las yemas y la floración tienen lugar entre abril y mayo cuando todavía las reservas hídricas del suelo son abundantes. Las sucesivas fenofases se desarrollan desde junio hasta el final de noviembre (Macchia *et al.*, 1993).

1.4.1. Desarrollo de las yemas y de los brotes vegetativos

En las encinas de zonas templadas los brotes de crecimiento anual se emiten entre febrero y abril (Pulido, 2002), aunque se puede ver retrasada un mes, de marzo a mayo (Domínguez *et al.*, 1999).

Algunos estudios realizados en alcornoque muestran que la brotación del alcornoque es algo más tardía que la de la encina. Las yemas inician su hinchamiento de mediados de Abril a primeros de Mayo (Molinas *et al.*, 1989).

A continuación, en ambas especies, se produce la apertura de los catáfilos, la extensión de las hojas y el acelerado desarrollo longitudinal de los brotes. Desde que se detecta el hinchamiento, los catáfilos se doblan apareciendo las hojas que todavía no han iniciado su expansión. La elongación de los entrenudos y la maduración de las hojas se sucede rápidamente (Molinas *et al.*, 1989).

La mayor parte de los esclerófilos perennes mediterráneos, efectúan en otoño una segunda actividad vegetativa cuando las temperaturas son favorables para el crecimiento y las lluvias llegan al final del verano. Este segundo crecimiento no se produce (o se reduce), si las temperaturas disminuyen por debajo de la temperatura umbral o si las precipitaciones llegan al final del otoño (Macchia *et al.*, 1993).

1.4.2. El ciclo reproductivo de la encina y del alcornoque

La encina y el alcornoque son especies monoicas (un mismo árbol produce flores masculinas y femeninas independientes). En la parcela de estudio hay árboles que son proterandros, es decir, el desarrollo de los dos sexos es sucesivo, actuando primero

como macho y luego como hembra. Ambas son especies alogámicas, la flor femenina puede ser fecundada por polen del mismo pie o de otro árbol próximo.

El desarrollo de la flor masculina de la encina se produce a partir del mes de marzo y se prolonga hasta el mes de abril (Domínguez *et al.*, 1999). En los alcornoques la floración masculina es algo más tardía, comienza en abril y continúa hasta mayo (Costa *et al.*, 1997).

Los amentos masculinos ya desarrollados se sitúan en la base de las ramas jóvenes, en los brotes de crecimiento anual. Cuando la inflorescencia finaliza su desarrollo, las tecas de las anteras comienzan a abrirse dejando libre el polen y comenzando los procesos de polinización (Vázquez, 1997).

Las flores femeninas comienzan su desarrollo posteriormente a las masculinas; hacia el mes de abril (Vázquez, 1997). Las inflorescencias femeninas se sitúan en la zona media o terminal de las ramas jóvenes (Vázquez, 1997) y son fertilizadas entre uno y tres meses después de la formación del brote anual (Wolgast & Stout 1997, Pulido 1999; cit. en Pulido, 2002). En las encinas, las flores femeninas se encuentran receptivas a partir del mes de abril. El óvulo se encuentra maduro y se produce la antesis¹ de las flores femeninas. Entonces ya es posible la polinización anemófila. Posteriormente, si el óvulo ha sido fertilizado, se produce el desarrollo del embrión y el comienzo de la formación de la bellota que finalizará en el mes de noviembre (Vázquez, 1997).

Los frutos cuajados se desarrollan a lo largo del verano y principios del otoño, sufriendo considerables pérdidas antes de la dispersión, debidas a distintas causas de aborto y a la acción de insectos perforadores de los frutos, como por ejemplo, larvas de gorgojos y polillas (Pulido, 2002) (Figura 1.4).

Algunas especies de roedores y aves de pequeño tamaño (por ejemplo, arrendajos), actúan como diseminadores al almacenar las bellotas a una distancia considerable del árbol productor (Pulido, 2002).

En relación al género *Quercus* se presentan dos tipos de ciclos de maduración del fruto: el anual, que requiere únicamente una temporada para completar el ciclo reproductivo; y el bianual que requiere dos años completos (Gómez- Casero *et al.*, 2007). En el ciclo anual, tras la polinización primaveral, se produce la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico hasta la base del estilo, en donde se detiene su crecimiento. Uno o dos meses más tarde la flor femenina queda fecundada y en otoño se produce la maduración del fruto.

En el ciclo bianual el tubo polínico interrumpe su crecimiento durante un año; la flor femenina queda en letargo, y la fecundación se produce en la primavera siguiente a la polinización. La maduración del fruto concluye en otoño de ese segundo año (Díaz, 2000).

En la encina el ciclo reproductivo es anual, mientras que en el alcornoque la presencia de los ciclos bianuales es discutida desde el siglo pasado (Díaz, 2000). Hay numerosos estudios acerca de la biología reproductiva del alcornoque, pero no se ha llegado a un

¹ Antesis: tiempo de expansión de una flor hasta que está completamente desarrollada y en estado funcional, durante el cual ocurre el proceso de polinización.

acuerdo generalizado que explique la fructificación de *Quercus suber* en la Península Ibérica. Como se ha comentado en el apartado 1.2, en el alcornoque se plantea una hipótesis del ciclo reproductor basada en tres ciclos de maduración en el periodo comprendido entre septiembre y enero: la cosecha temprana que procede del ciclo anual, la cosecha mediana del ciclo anual acelerado y la cosecha tardía del ciclo anual lento (Corti, 1955; cit. Díaz, 2000).



Figura 1.4. Diferencias morfológicas de hoja y bellota de las dos especies estudiadas: encina (derecha) y alcornoque (izquierda). 8 octubre 2008. Dehesón del Encinar.

La fructificación de la encina se produce entre los meses de septiembre y octubre (Domínguez *et al.*, 1999); y al igual que se comentó con la floración, la fructificación del alcornoque se retrasa un mes; produciéndose en octubre y noviembre (bellotas primerizas o brevaes).

La germinación de las bellotas y la emergencia de plántulas ocurren en la primavera siguiente a la dispersión, existiendo una amplia variabilidad fenológica en función del clima (Fox 1982, Germaine & McPherson 1998, Pulido 1999, cit. en Pulido, 2002).

1.5. *Condicionantes climáticos del medio en Quercus ilex subsp. ballota y Quercus suber*

Las encinas y los alcornoques están adaptados a un estrés climático que se concreta en frío invernal, en una irregularidad en la distribución de las precipitaciones, y en la coincidencia del periodo de máxima sequía con el de las temperaturas más altas, durante el periodo estival (Costa *et al.*, 1997). Además no existe un periodo realmente favorable: cuando hace calor no hay agua y cuando llueve puede hacer demasiado frío. Asimismo, los intensos fríos invernales pueden llegar a alcanzar una intensidad y una duración considerables en las mesetas del interior peninsular, como en la que se encuentra el Dehesón del Encinar.

Los procesos fisiológicos de estas especies pretenden optimizar los recursos hídricos y los nutrientes. Uno de estos procesos es la estrategia adaptativa de la esclerofilia, que permite ajustar el periodo vegetativo a los momentos más favorables del ciclo climático anual. Durante estos periodos se almacenan nutrientes en las hojas que luego la planta va consumiendo durante las estaciones más desfavorables.

Otra característica de la esclerofilia de las encinas y alcornoques es que sus hojas presentan cutículas gruesas para reducir las pérdidas de agua durante los periodos secos y calurosos. Los estomas se concentran en el envés de las hojas, en ocasiones en cavidades. Generalmente suelen presentarse capas de pelos, escamas o ceras que reflejan la luz solar reduciendo el calentamiento. Además ayudan a mantener una capa de aire saturado de humedad en las proximidades de la superficie foliar que dificulta las pérdidas de agua. Todas estas estrategias hacen que las hojas tengan una baja eficacia fotosintética, a pesar de tener altos niveles de clorofila. Las gruesas hojas esclerófilas de las encinas y de los alcornoques son relativamente opacas, contienen aproximadamente el doble de clorofila de la necesaria y la absorción clorofílica se realiza por ambas caras, siendo la disposición espacial de las hojas aleatoria y no dística, como ocurre en muchas especies caducifolias.

Las hojas de una encina pueden tener diferencias debido a la distinta radiación que reciban, dependiendo de su posición en el exterior o en el interior de la copa. Las hojas externas de las encinas se calientan mucho en verano y entonces los estomas se mantienen cerrados para reducir la transpiración. Generalmente se aprecia en estas hojas de la copa una marcada lobulación que ayuda a su refrigeración y facilita el intercambio de calor. También suelen tener menor tamaño que las hojas internas, que son más redondeadas, de bordes enteros, y con menor recubrimiento aislante (Costa *et al.*, 1997).

Otra adaptación es que la eficacia fotosintética fluctúa a lo largo del día. En las primeras horas, cuando el calor todavía no es excesivo, la actividad fotosintética en la dehesa es intensa y se registran máximos en la absorción de CO₂. Al mediodía, la mayoría de los estomas se cierran para reducir al máximo las pérdidas de agua durante las horas más calurosas; con lo que la fotosíntesis disminuye mucho. Por la tarde, aunque el calor siga siendo intenso, se produce una cierta recuperación en los niveles de actividad metabólica.

La rentabilidad fotosintética de estos sistemas es aproximadamente la mitad que la de un bosque caducifolio, aunque son capaces de soportar dilatados periodos de sequía, una extraordinaria luminosidad, temperaturas estivales elevadas y fuertes fríos invernales e incluso heladas tardías (Costa *et al.*, 1997).

La actividad metabólica de las encinas y alcornoques se reduce de modo significativo por debajo de los 10 °C. La encina es especialmente resistente, llegando a soportar fríos superiores a -25 °C sin presentar lesiones. En cambio, el alcornoque se resiente con temperaturas por debajo de los -15 °C (Costa *et al.*, 1997).

1.6. El estudio de fenología en árboles forestales y frutales. Objetivos y aplicaciones

1.6.1. Definición de fenología y seguimiento fenológico mediante la notación de estados tipo

La definición básica de la fenología vegetal se debe a *Carlos Linneo*, que en 1751 presentó una metodología para el desarrollo de un calendario vegetal anual, como guía para las observaciones de las fases biológicas de las plantas en relación con las constelaciones meteorológicas a las que estaban sometidas. Su propósito original fue la confección de un calendario de los ciclos de vida, como un complemento al calendario

astronómico, que no presenta informaciones biológicas. En las últimas décadas del siglo XX, la fenología, al disponer de una red internacional de estaciones de observación, se ha desarrollado hasta convertirse en una ciencia aplicada a escala mundial. A consecuencia de esto, se ha podido precisar más la definición: La *fenología* es la ciencia que se dedica al estudio del ritmo de los eventos biológicos periódicos en relación con las fuerzas bióticas y abióticas que los condicionan (Heuvel dop *et al.*, 1986).

También existen otras definiciones de fenología, como la del Diccionario Forestal que define la *fenología* como la *disciplina que trata del tiempo de aparición de fenómenos periódicos característicos en el ciclo vital de los organismos (por ej., las migraciones en las aves, la floración y la caída de hojas en las plantas), y su relación con los factores ambientales* (S.E.C.F., 2005).

Los estudios de fenología son de suma importancia no sólo en la comprensión de la dinámica de las comunidades vegetales, si no también para entender la respuesta de estos organismos a las condiciones climáticas y edáficas de una zona en particular (Fournier, 1969).

La metodología utilizada por la fenología se basa en definir, para una especie, los estados fenológicos sucesivos por los que pasa el árbol, sus órganos o sus elementos. La definición de los estados fenológicos permite hacer un seguimiento descriptivo del desarrollo de dicha especie con una metodología estandarizada. A su vez, la observación cronológica y sistemática de las distintas fases fenológicas, permite conocer la respuesta del vegetal al medio ecológico en el que se encuentra (Arena *et al.*, 1997). Los estados fenológicos de una especie pueden definirse según diversos factores, como los sucesos reproductivos individuales de la planta, las interacciones con otros organismos (polinizadores, dispersores, plagas, etc.), las dinámicas poblacionales vegetales o el funcionamiento del ecosistema (Novoa *et al.*, 2005).

La metodología para definir los estados fenológicos de una especie se basa en describir el aspecto que toma cada órgano durante las fases por las que pasa en su desarrollo (Figura 1.5). Se puede acompañar de figuras o fotografías (Vázquez-Prada, 1978, cit. en Mutke, 2000).



Figura 1.5. Bellotas de una encina en proceso de crecimiento. Mediante observación y medición en campo, se les asignó el estado fenológico o fenofase: E.

En general, más que el estado de un órgano por separado, por ejemplo de una hoja o de una flor concreta, interesa evaluar el conjunto de los órganos de una unidad de muestreo, que suele ser una rama o un árbol. Su evolución no suele estar del todo sincronizada en todos los árboles de una parcela, y ni siquiera en la copa de un mismo árbol. Por ello, para determinar el estado de un árbol, se asigna el estado más frecuente que se observa en sus yemas (concepto de valor

moda), y por extensión, al conjunto de una plantación el estado más abundante entre sus árboles (Mutke, 2000).

Otro criterio es asignar a la unidad de muestreo el estado fenológico que han alcanzado o superado la mitad de sus flores, y a la parcela el estado alcanzado por el 50% de sus plantas (concepto de valor mediano) (Vozmediana, 1982, cit. en Mutke, 2000).

1.6.2. Estudios anteriores

Se han realizado muchos estudios de fenología en el mundo, pero la mayoría de ellos se localizan en la región neotropical donde los científicos han tratado de descubrir alguna relación entre los eventos fenológicos y la diversidad de los ecosistemas (Cornejo y Janovec, 2009). En Costa Rica se ha estudiado el comportamiento fenológico de doce especies arbóreas de los bosques montanos entre las cuales destacan tres especies del género *Quercus*: *Q. copeyensis* C.H. Mull., *Q. seemannii* Lieb., *Q. costaricensis* Liebm. (Camacho *et al.*, 1998); también, en Costa Rica, se llevó a cabo un estudio de fenología de *Quercus seemannii* Lieb. (Céspedes- Porras, 1991) y se han investigado aspectos sobre la morfología, fenología y ecofisiología de *Quercus oocarpa* Liebm. (Madrigal, 1997).

En el sudoeste asiático, más concretamente en Israel, se observó durante tres años consecutivos, la fenología de *Quercus ithaburensis* Decne. para mejorar el conocimiento acerca de sus preferencias de hábitats y su respuesta al fuego (Kaplan *et al.*, 1998).

En la Península Ibérica también se han llevado a cabo muestreos fenológicos de diferentes especies, con un interés tanto medioambiental (encinas, quejigos, alcornoques y coscojas) como agronómico (olivo) o alergógeno (olivo y gramíneas).

En el género *Quercus*, en 1997 se realizó en la Sierra Morena cordobesa un seguimiento de la fenología floral de 4 especies: *Quercus ilex* subsp. *ballota* (encina), *Quercus faginea* Lam. (quejigo), *Quercus suber* (alcornoque) y *Quercus coccifera* L. (coscoja) de forma conjunta (Gómez-Casero *et al.*, 2007). El alcornoque también fue objeto de una tesis doctoral (Díaz, 2000) en la que estudió la variabilidad de la fenología y el ciclo reproductor de *Quercus suber*. Elena- Rosello *et al.*, (1993) también hace un intento por conocer la dinámica productiva de *Quercus suber*, relacionando las diferentes épocas de floración y los tipos de semilla; y Oliveira *et al.*, (1994) se ocupó de relacionar la producción floral del alcornoque con el clima.

1.6.3. Objetivos comunes de los estudios de fenología

Como la fenología se ocupa del proceso de desarrollo de los organismos en el que se distinguen una serie de estados o fases, uno de los primeros objetivos de los estudios de fenología sería reunir información sobre el inicio, la culminación, el fin y duración de cada etapa; para luego correlacionar la información anterior y estudiar el grado de asociación de esos factores fenológicos con los factores y elementos ambientales (precipitación y temperatura) y con factores ecológicos.

Otro de los objetivos de esta ciencia es desarrollar bases de datos regionales que sirvan para futuras comparaciones y estudios particulares (Heuvel dop *et al.*, 1986).

1.6.4. Aplicaciones prácticas de los estudios de fenología forestal

Basándose en los estudios fenológicos, se elaboran modelos de producción, se determinan épocas de cosecha y se identifican épocas críticas de desarrollo de las diversas especies. (Heuvel dop *et al.*, 1986).

El reconocimiento e identificación de estados o fases del desarrollo de la planta se considera de importancia para aplicar el control de plagas y enfermedades (Valor *et al.*, 2001).

El registro de las diferentes fases fenológicas en distintos sitios de muestreo permitirá evaluar las diferencias en el ciclo vegetativo de dichos lugares (Arena *et al.*, 1998).

Permite comparar el desarrollo simultáneo o sucesivo de los diferentes órganos de la planta y estimar la competencia entre estos sumideros de nutrientes (Mutke, 2000).

El estudio fenológico posibilita detectar posibles anomalías de tipo fisiológico (Mutke, 2000).

Por lo tanto, la fenología puede contribuir a la mejora de las técnicas de cultivo: momentos clave de desarrollo, épocas adecuadas para la realización de tratamientos, nutrición, control de la vegetación herbácea competidora, etc. (Mutke, 2000).

1.6.5. Proyecto en el que está encuadrado el estudio

Este estudio se enmarca dentro del proyecto de investigación "El sistema dehesa como sumidero de carbono: hacia un conjunto de la vegetación y el suelo" (SUM2006-00034-C02), desarrollado en el Centro de Investigaciones Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Agroalimentarias (CIFOR-INIA) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Los objetivos del proyecto son, entre otros: a) analizar el papel de fuente-sumidero de gases de efecto invernadero en los suelos de la dehesa; y b) modelizar las distintas producciones de la dehesa en función de factores geoclimáticos y de la naturaleza, el estado de desarrollo y la espesura del arbolado.

El presente trabajo fin de carrera abarca una parte de dicho proyecto de investigación, que es la caracterización fenológica de *Quercus ilex* subsp. *ballota* y *Quercus suber*. El estudio se llevó a cabo en una parcela del Centro de Investigaciones Agropecuarias Dehesón del Encinar, que se encuentra localizada en el término municipal de Oropesa, provincia de Toledo. Además, en el marco del mismo proyecto de investigación en el que se ha trabajado, se está desarrollando otro trabajo fin de carrera en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal, complementario a éste, en el que se comparan las producciones de bellota, pasto y crecimiento de arbolado en distintos años y en la misma parcela en la que se ha llevado a cabo este estudio (Figura 1.6).



Figura 1.6. Parcela en la que se llevó a cabo el estudio fenológico, Dehesón del Encinar 2008. Esta parcela también está siendo objeto de otros estudios dentro del proyecto de investigación "El sistema dehesa como sumidero de carbono: hacia un conjunto de la vegetación y el suelo".

2. OBJETIVOS

Una vez expuesta, en el apartado de introducción, la necesidad e importancia de profundizar en el conocimiento del funcionamiento de las dehesas de encina y alcornoque, dada su importancia en la producción agroforestal y de conservación, delimitaremos en este apartado los objetivos concretos del trabajo. Este trabajo se dirige hacia el estudio de la fenología de las principales especies arbóreas en la dehesa del suroeste peninsular: la encina y el alcornoque. Los objetivos fijados en el presente trabajo son los siguientes:

1. Describir la fenología de *Quercus ilex* subsp. *ballota* y *Quercus suber* en una dehesa del centro de la Península Ibérica durante el año 2008.
2. Analizar la relación existente entre los distintos estados fenológicos de la encina y del alcornoque con las variables del medio físico y características del arbolado estudiados en la dehesa. Analizar con mayor atención las etapas fenológicas más importantes: inicio de foliación, dispersión de polen y flores receptivas.
3. Comparar los resultados entre las dos especies estudiadas.
4. Comparar los resultados del análisis fenológico obtenidos en este estudio con otros trabajos de fenología que se hayan realizado en zonas con clima mediterráneo.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

3.1.1. Situación geográfica y fisiográfica de la finca

La finca Dehesón del Encinar está situada en el término municipal de Oropesa de Toledo, en la parte occidental de la provincia de Toledo (Figura 3.1 y 3.2). Se ubica en la comarca de la Campana de Oropesa y las cuatro Villas. Localizada entre las faldas de la sierra de Gredos y el valle del Tajo, es buena tierra ganadera y se complementa con agricultura intensiva en los cruces de los ríos que la atraviesan.

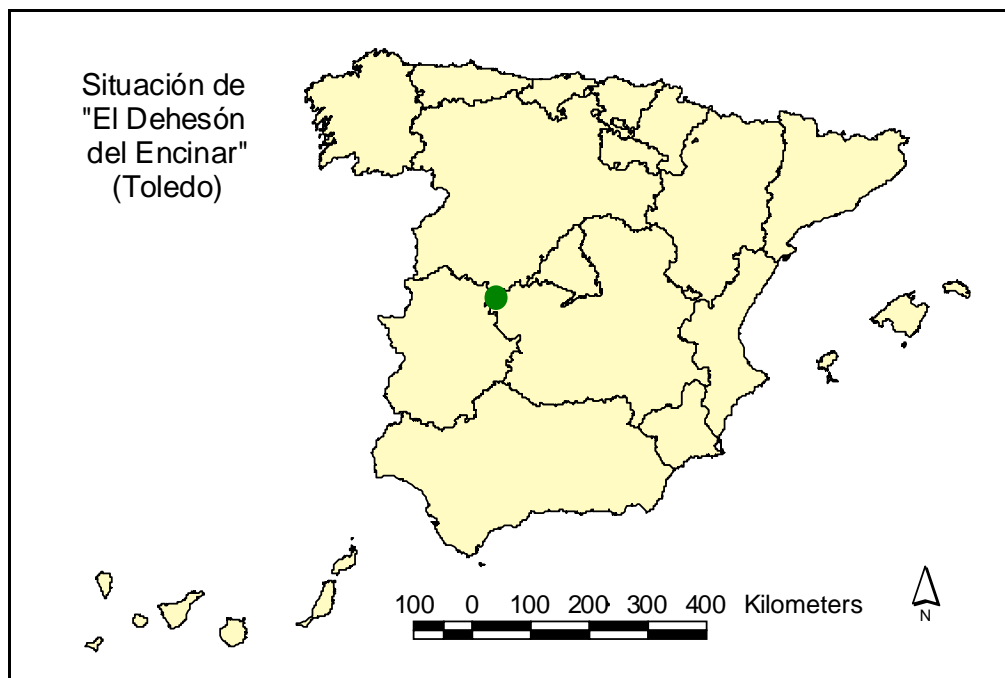


Figura 3.1. Situación de El Dehesón del Encinar (Toledo) en la Península Ibérica.

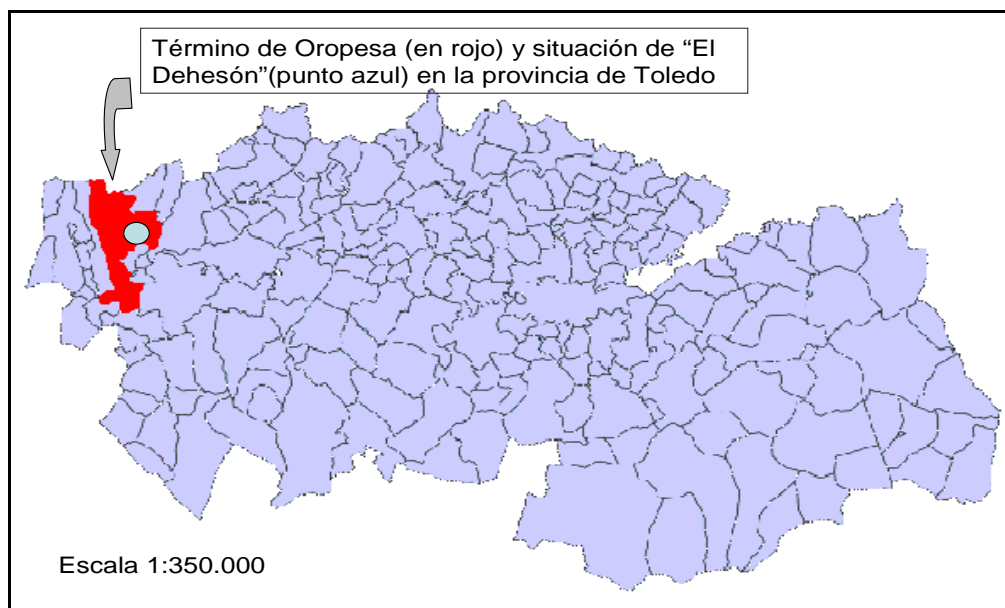


Figura 3.2. Localización de la finca el Dehesón del Encinar en la provincia de Toledo. (Perea, 2006).

El rango altitudinal de la finca varía entre 300 y 600 metros sobre el nivel del mar; y su altitud media son 350 metros. Tiene una superficie de 715 ha de terrenos con pendientes suaves. La pendiente máxima es 5,8% y la pendiente media 2,1%. Su orientación es sur-suroeste.

Situación biogeográfica:

- Reino: Holártico
- Región: Mediterránea (Rivas- Martínez, 1971)
- Subregión: Mediterráneo Occidental
- Provincia: Mediterr. Ibérica Occidental
- Subprovincia: Luso-extremadurensis
- Sector: Toledano-Tagano (Peinado y Martínez- Parras, 1985)
- Subsector: Talaverano
- Distrito: Talaverano-Placentino (32d)

3.1.2. *La finca experimental El Dehesón del Encinar*

La finca el Dehesón del Encinar se creó durante la crisis agraria de los siglos XIV y XV. Los campesinos eran incapaces de afrontar las tasas impuestas por los nobles propietarios y surge así el adehesamiento como método de explotación agraria (Perea, 2006).

La finca, que ya pertenecía al Estado antes de la Guerra Civil, pasó a ser gestionada por el Instituto Nacional de Colonización. Éste, fue un organismo creado en España en 1939, dependiente del Ministerio de Agricultura. Su creación estuvo motivada por la necesidad de efectuar una reforma tanto social como económica de la tierra, después de la devastación de la Guerra Civil. El objetivo principal del mismo era reorganizar y reactivar el sector agrícola e incrementar su producción. En 1945, el Instituto Nacional de Colonización creó las Escuelas de Orientación Agrícola, y la finca El Dehesón del Encinar era una de ellas de tipo mixto.

Posteriormente, en 1984, la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha asume las competencias en materia de investigación agraria. La finca pasa de pertenecer del antiguo CRIDA 07 (Centro Regional de Investigación y desarrollo Agrario) del INIA, al actual Centro de Investigaciones Agropecuarias del Servicio de Investigación y Tecnología Agraria (SITA).

Actualmente, el centro tiene muchas líneas de investigación: conservación, mejora y selección de estirpes de cerdo ibérico (Torbiscal y Negro Lampiño), manejo y mejora de pastos, sistemas de producción y calidad de la canal en el ovino Talaverano, sistemas de producción y manejo en régimen extensivo del ganado vacuno Avileño Negro Ibérico, y alimentación de porcino Ibérico.

3.1.3. *Sitio de ensayo*

La parcela en la que se ha llevado a cabo el estudio está localizada al sureste de la finca El Dehesón del Encinar. Es colindante con otras parcelas de la finca (Figura 3.3).

La latitud de la parcela es: $39^{\circ} 59' 6''-22''$ N y la longitud: $5^{\circ} 6' 24''-35''$ O. Tiene 5 ha de superficie y es de forma rectangular (100 x 500 m), con una pendiente prácticamente nula, variando la altitud de 349 m en la parte norte a 353 m en la parte central.

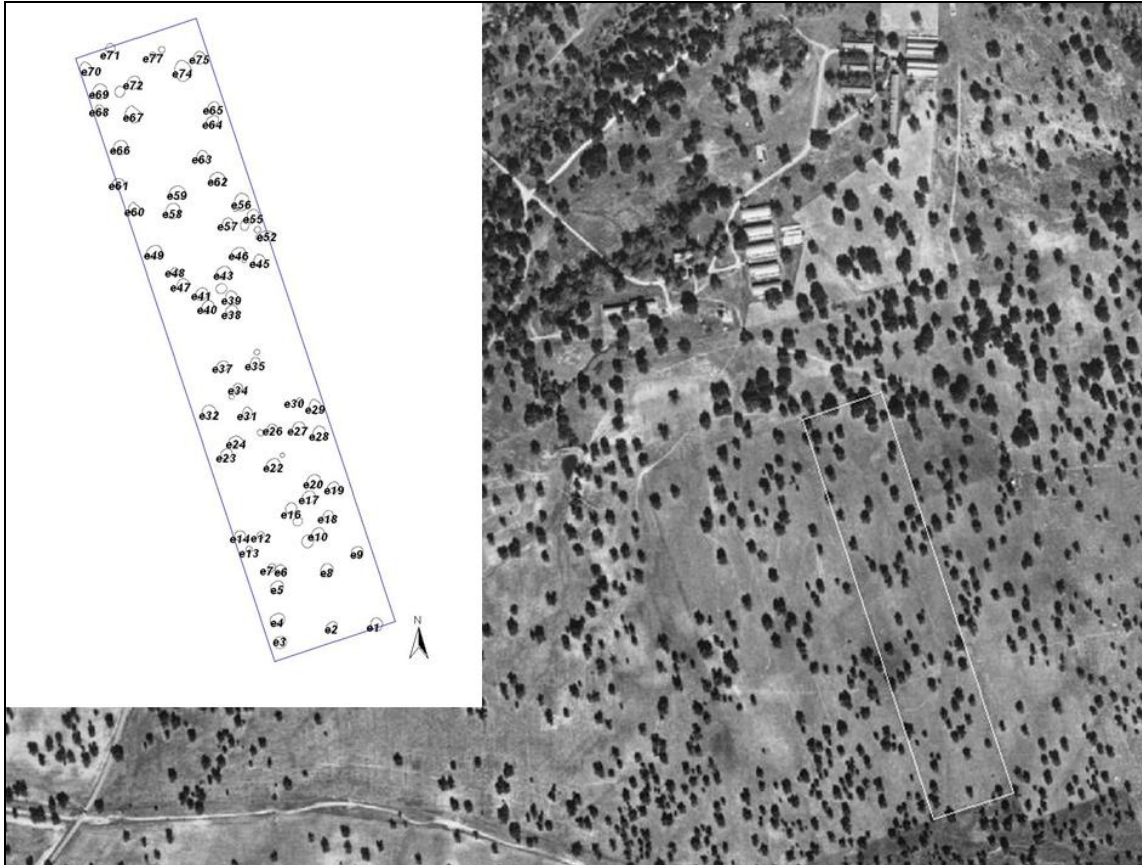


Figura 3.3. Localización del sitio de ensayo y de los árboles estudiados en la finca de Dehesón del Encinar.

3.1.4. Hidrografía

Se sitúa entre los ríos Tiétar (afluente del río Tajo) al Norte, y Tajo al Sur, y desde los contornos de Naval Moral de la Mata (Oeste) hasta las proximidades de Gamonal y Velada (Este). La finca se encuentra, pues, en el margen derecho del río Tajo, donde se forma una de las vegas más amplias y llanas de Castilla-La Mancha. Los arroyos y regueros de la finca fluyen en términos generales hacia el oeste, vertiendo sus aguas al Arroyo de San Julián, afluente del Tiétar a unos 30 km de la finca.

3.1.5. Clima

El área de estudio está situado dentro de la comarca de la "Campana de Oropesa", Toledo. El clima es continental mediterráneo.

Según la clasificación realizada por Allué Andrade (1990) la caracterización fitoclimática que corresponde al Dehesón del Encinar es el subtipo *Mediterráneo genuino IV₄*, con

transición a Nemoromediterráneo genuino VI (IV)₂ en algunas cotas que alcanzan mayor altitud.

Siguiendo a Rivas-Martínez (1987) en su clasificación de los pisos bioclimáticos de la Península Ibérica, el territorio estudiado se encuadra en el piso *mesomediterráneo*, dado que cumple todos los parámetros termoclimáticos y el índice de termicidad que definen dicho piso:

T: temperatura media anual entre 13 °C y 17 °C.

m: media de las mínimas del mes más frío entre -1 °C y 5 °C.

M: media de las máximas del mes más frío entre 8 °C y 14 °C.

tm': temperatura media del mes más frío entre 8 °C y 14 °C.

m': media de las mínimas absolutas del mes más frío superior a 9 °C.

H: meses donde estadísticamente son posibles las heladas nunca superando la primera decena de Mayo.

at = it = (T + M + m)10. Índice de termicidad comprendido entre 200 y 360.

Con respecto al ombroclima, estaría encuadrado dentro del tipo *subhúmedo* y subtipo seco: precipitación anual entre 350- 650 mm.

Actualmente existe una estación meteorológica en la misma finca, aunque con una serie de registros aún corta (veinte años) (Tabla 3.1.).

Tabla 3.1. Datos meteorológicos del CIA. Dehesón del Encinar para el periodo 1988/ 2007 y en el año de estudio (2007/2008).

	1988 - 2007	2007-2008
Precipitación anual	607 mm	549 mm
Precipitación primavera	155 mm	279 mm
Precipitación otoño	205 mm	160 mm
Tª media (°C)	15,1° C	14,9° C

Sin embargo, para disponer de una realidad climática más fiable, se detallan a continuación las principales características hídricas y térmicas pertenecientes a la estación de Talavera de la Reina (situada 25 km hacia el Este de la zona de estudio), que presenta una serie prolongada de registros desde el año 1935 hasta el 2006, coincidiendo prácticamente la temperatura media y la precipitación media anual con los valores de la serie local (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Datos de la estación meteorológica "La Granja" (Talavera de la Reina) (Perea, 2006).

	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
Tª media	6,2	7,4	10,6	13,6	17,2	22,3	26	25,2	21,2	16,2	9,6	6,4
Precipitación	73,1	65,3	68,1	49,1	50,3	22,5	6	7,8	33,7	54,5	67,6	75,4
Días lluvia	8	7	9	7	7	4	1	1	4	6	7	7
ETP	10,1	14,9	30,9	53,3	81,8	123,8	167,6	145,1	96,7	57,6	22,4	9,7
P- ETP	63	50,4	37,2	-4,2	-31,5	-101,3	-161,6	-137,3	-63	-3,1	45,2	65,7

Finalmente a partir de estos y otros datos se construyó el siguiente climodiagrama de Walter-Lieth donde quedan ilustradas las características ombrotérmicas y donde se reseñan otros datos complementarios como sequía fisiológica, altitud s.n.m. y período de heladas seguras y probables (Figura 3.4).

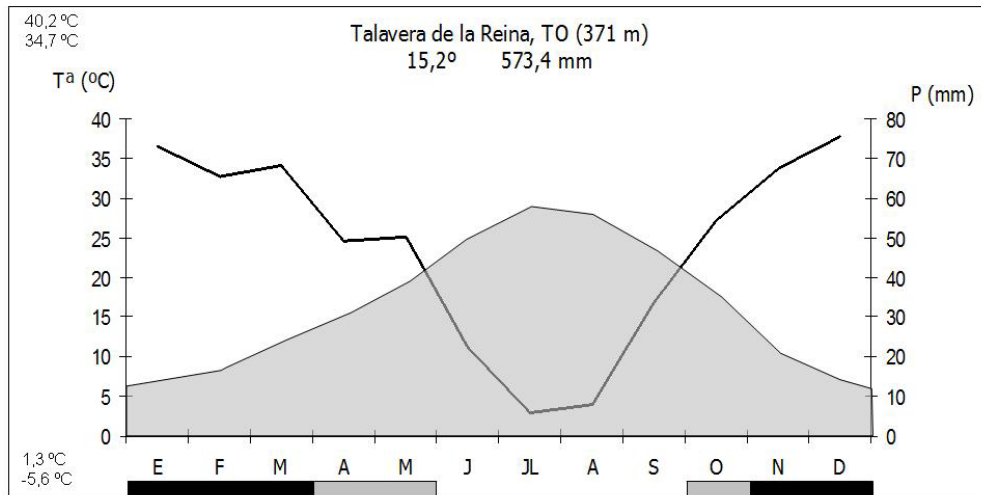


Figura 3.4. Climodiagrama de Walter-Lieth a partir de los datos registrados en Talavera de la Reina.

3.1.6. Geología y edafología

Geología: La finca se ubica en la fosa tectónica de la cuenca del Río Tajo.

A finales de la orogenia alpina la vega del río Tajo se deprimió como consecuencia de los movimientos tectónicos. La vega se formó por el desplazamiento escalonado de una serie de fallas dirigidas al este-noreste. Durante el Mioceno (era terciaria), en esta depresión se acumularon materiales detríticos procedentes del Sistema Central y del extremo occidental de los Montes de Toledo. Posteriormente la red fluvial se ha ido encajando sobre esos sedimentos. (Mapa geológico, IGME, 1971). Los sedimentos del Mioceno, eminentemente detríticos (Ramírez, 1995), alcanzan profundidades superiores a varios centenares de metros.

El Dehesón del Encinar está dominado por un horizonte arenoso superficial. Esta formación sabulosa se encuentra recortada por la erosión de algunos arroyos. Dentro de los límites de la finca existe una amplia zona de estas características en los márgenes del arroyo del Soto. Por debajo de este horizonte sedimentario se encuentra una formación de masas graníticas que provienen del plegamiento herciano (Paleozoico superior).

Los depósitos aluviales de los ríos de la zona de estudio están formados por materiales también del Mioceno y por ello son terrenos mediocres agronómicamente hablando. En cuanto a la hidrología subterránea, la porosidad y la homogeneidad del aluvial del Tajo no dan lugar a importantes manantiales, siendo escasos en la zona de estudio (Perea, 2006).

Edafología: el suelo tiene textura franco-arenosa (más del 80% de arena) y es de origen granítico. Su contenido en materia orgánica es menor del 1% y su pH ácido está

en torno al 5,5. Los suelos de la finca son poco fértiles, tienen bajo contenido en nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio.

Dependiendo del aprovechamiento que se haga actualmente, estas características edafológicas varían sensiblemente (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Características edáficas de la finca Dehesón del Encinar (López-Carrasco et al., 1999).

	Pasto natural bajo dehesa	Cultivo abandonado bajo dehesa	Cultivo abandonado y fertilizado con P durante 3 años
pH	5,5	5,5	6,3
Mat. Orgánica (%)	0,8	0,7	1,2
C/N	11	11	13
N _{total} (%)	0,04	0,04	0,06
P(p.p.m.)	18	18	47
K (p.p.m.)	104	36	201

El suelo de la parcela de estudio no se somete a roturaciones ni laboreo desde hace tiempo, por lo que sus características edafológicas se podrían corresponder con las de la 1ª columna de la tabla 3.3.

3.1.7. Flora

Especies arbóreas:

En la finca el Dehesón del Encinar predominan las especies mediterráneas. Fitosociológicamente este lugar pertenece a la serie mesomediterránea luso extremadurensis seco-subhúmeda silicícola de la encina (*Pyro bourgaeneae-Querceto rotundifoliae* S.), faciación típica y termófila toledano tagana, que representa la comunidad más evolucionada como consecuencia de la sucesión ecológica.

El estrato arbóreo está compuesto por una dehesa de encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) y alcornoques (*Quercus suber*).

Es una dehesa de transición entre las dehesas del Noreste de Extremadura y las dehesas más continentales de Castilla- La Mancha, con mínimas invernales inferiores.

En el Dehesón del Encinar también se encuentran al menos cinco individuos de un híbrido de encina y alcornoque, éstos reciben el nombre científico de *Quercus * morisii* Borzi. y tienen caracteres morfológicos y fenológicos intermedios entre ambas especies. Ellos son objeto de estudio en el proyecto fin de carrera de Perea (2006).

En la finca, aunque no en la parcela de estudio, es importante destacar la presencia del monte bajo de quercíneas, sobre todo, en relación a la difícil regeneración de las dehesas. Este monte bajo y su fácil capacidad de rebrote hacen que las encinas chirpiales, o carrascas, sean trascendentes para la persistencia de la masa, impidiendo que el ganado llegue a ramonear sobre casi toda la totalidad de los brinzales.

A partir de inventarios florísticos realizados por Perea (2006) también se conoce otra formación de repetida aparición en la finca, asociada a orillas de ríos y arroyos y puntos de freatismo, son las dehesas de fresnos (*Fraxinus angustifolia* Vahl.).

El resto de especies suelen aparecer como acompañantes sin llegar a formar masas principales; entre ellas destacan los madroños (*Arbutus unedo* L.), sauces (*Salix atrocinerea* Brot.), alisos (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), álamos blancos (*Populus alba* L.), cornicabras (*Pistacia terebinthus* L.) y piruétanos (*Pyrus bourgaeana* Decne.).

Especies arbustivas:

Existen representantes arbustivos típicos del sustrato mediterráneo, aunque su grado de aparición se ve condicionado al pastoreo continuado por parte del ganado y la fauna silvestre, y también, a las zonas que sirven de refugio a la fauna cinegética. Las especies que aparecen con mayor frecuencia son las siguientes:

Cistus ladanifer L., *Cistus salviifolius* L., *Cistus albidus* L., *Daphne gnidium* L., *Thymus masticina* L., *Lavandula stoechas* ssp. *pedunculata* Samp. Ex Rozeira., *Crataegus monogyna* Jacq., *Genista hirsuta* Vahl, *Cytisus multiflorus* L. (Hér. Sweet), *Phillyrea angustifolia* L., *Retama sphaerocarpa* L. (Boiss.), *Erica australis* L., *Rubus* sp., *Rosa* sp., *Ruscus aculeatus* L., *Adenocarpus complicatus* (L.) J. Gay.

La importancia de estas especies arbustivas reside en la capacidad para facilitarle sombra y protección al desarrollo de los brinzales de quercíneas, muy relevante para el regenerado de estas masas.

Especies pascícolas:

Los pastos herbáceos son muy importantes para la estabilidad de la dehesa; su función principal es proporcionar alimento al ganado en primavera y otoño, y servir de complemento durante el resto del año.

Según San Miguel (2001), se podrían diferenciar los pastos herbáceos naturales en tres grandes grupos: los encuadrables en la clase fitosociológica *Tuberarietea*, que corresponden a las etapas más degradadas de la vegetación climatófila; los pertenecientes a la clase *Poetea bulbosae* o majadales, creados por el pastoreo intenso y continuado; y los encuadrables en la clase *Molinio-Arrhenatheretea* o bonales y vallicares, que son los asentados sobre vaguadas y depresiones donde aparecen comunidades vegetales edafohigrófilas.

Además de estos tres tipos de pastos, en las dehesas también es común encontrar otros pastos de considerable importancia, tanto por la superficie que ocupan como por su producción e interés estratégico para la ganadería, son los barbechos y posíos. Los pastos de *Sisymbretalia officinalis*, correspondientes a estos pastos anuales, y sus especies características son los que predominan en la parcela de estudio.

La primera clase fitosociológica se puede dividir en dos: el orden *Tuberarietalia*, que son pastizales xerofíticos oligotróficos que se asientan sobre suelos no evolucionados y con textura arenosa-limosa. Éstos pertenecen al orden *Tuberietalia guttatae* y son pastizales bastante comunes en el Dehesón del Encinar y han sido estabilizados por pastoreo. Tienen escasa presencia de leguminosas, y entre las especies más

características se encuentran: *Xolantha guttata* (L.) Raf., *Briza maxima* L., *Ornithopus compressus* L., etc.

Cuando el estrato es arenoso, es frecuente la existencia de pastizales xerofíticos pioneros de arenales, son los pertenecientes al orden *Malcomietalia*; su cobertura es aún más baja y predominan las gramíneas. Las especies más características en la finca son: *Malcomia lacera* (L.) DC. y *Arenaria emarginata* Brot.

El segundo tipo de pastos, los majadales, son pastizales xero-mesofíticos, de especies anuales y vivaces densas, de pequeña talla, pero de gran palatabilidad. Su creación se debe además del pastoreo intenso y continuado, a la mejora edáfica que se produce en las zonas de querencia del ganado. Fitosociológicamente están encuadrados en el orden *Poetalia bulbosae* y las especies más habituales de estos pastos son: *Poa bulbosa* L., *Trifolium subterraneum* L., y otras leguminosas correspondientes a los géneros *Medicago* y *Astragalus*. En la finca el Dehesón del Encinar dedicada a la investigación agropecuaria y con ganado extensivo estos pastos son frecuentes y de relevante interés científico.

El tercer grupo de pastos herbáceos lo componen los bonales y vallicares. Los vallicares se asientan sobre sustratos en los que existe freatismo estacional, no muy prolongado y que cesa en verano. La mayoría de las especies son vivaces, gramíneas altas, con escasez de leguminosas y fenología tardía. Pertenecen al orden *Agrostietalia castellanae*, nombre atribuido por contener como especie característica la gramínea *Agrostis castellana* Bss. et Reut.

Los bonales se caracterizan por estar compuestos casi exclusivamente de terófitos fugaces, esto sucede cuando el encharcamiento es prolongado. Suelen ser frecuentes pero de extensión reducida. Se encuentran clasificados dentro del orden *Isoetetalia* y una especie característica de esta vegetación herbácea es *Agrostis salmantica* (Lag.) Kunth.

Como ya se ha dicho, la vegetación herbácea de la parcela de estudio se corresponde con pastos anuales subnitrófilos (posíos), de la clase fitosociológica *Stellarietea mediae* y el orden *Sisymbrietalia officinalis* (Figura 3.5).

Este orden incluye a toda la vegetación terofítica ruderal y viaria con necesidades moderadas de nitrógeno y fósforo y floración primaveral o de inicios de verano. Su presencia normalmente tiene relación con la concentración de ganado, y puede llegar a constituir un paso intermedio entre los pastos terofíticos de *Tuberarietea* o *Thero-Brometalia* y los majadales de *Poetalia bulbosae* (San Miguel, 2001).



Figura 3.5. Pastos primaverales de la parcela de estudio. Dehesón del Encinar 2008.

El orden *Sisymbrietalia* está constituido por dos alianzas: *Hordeion leporini*, y *Sisymbriion officinalis*. *Hordeion leporini* es la alianza que posee mayor interés como pasto. En ella aparecen muchas especies de escasa o nula calidad bromatológica, pero también otras de cierto interés en ese sentido, como *Bromus scoparius* L., *Hordeum murinum* L., *Plantago lagopus* L.

Los pastos de *Sisymbrietalia officinalis* tienen características pastorales similares a las de *Thero-Brometalia*, aunque éstas últimas ocupan mayor superficie y poseen una calidad superior como pastos, porque presentan mayor abundancia de gramíneas y leguminosas y menos especies nitrófilas de nula calidad pastoral. Los pastos de *Sisymbrietalia* pueden ser aprovechados por cualquier tipo de ganado (San Miguel, 2001).

3.1.8. Fauna silvestre y ganado doméstico

Fauna silvestre

La finca El Dehesón del Encinar se encuentra ubicada en el valle del Tiétar, manteniendo la fauna representativa del conjunto del valle.

La valoración faunística del Dehesón del Encinar queda realizada por su situación próxima al embalse de Navalcán, área que ha sido declarada de especial importancia para las aves de acuerdo con la Directiva 79/409 CEE, relativa a la conservación de aves silvestres.

Entre las aves que se pueden destacar en la finca hay algunas que están en peligro de extinción: la Cigüeña Negra (*Ciconia nigra* L.) y el Águila Imperial Ibérica (*Aquila Adalberti* C.L. Brehm) que nidifican o han nidificado en el interior del Dehesón del Encinar. También hay muchas especies rapaces nocturnas y diurnas; cabe destacar las poblaciones de águila culebrera (*Circaetus gallicus* Gmelin), águila calzada (*Hieraetus pennatus* Vieillot.), cárabo (*Strix aluco* L.), azor (*Accipiter gentiles* L.), milano real (*Milvus milvus* L.) y búho real (*Bubo bubo* L.).

Hacia el otoño vienen a invernar poblaciones muy numerosas de grulla común (*Grus grus* L.), procedentes del Norte de Europa y Rusia a alimentarse de la bellota.

Las dehesas de encina y alcornoque proporcionan refugio y alimento a muchas especies de caza mayor y menor. Así, la fauna de ungulados, el resto de los mamíferos y las aves hacen que la dehesa tenga también un aprovechamiento cinegético que constituye otra de las aportaciones prioritarias de la dehesa.

La finca está considerada Refugio de Fauna pero el ejercicio de la actividad cinegética queda preservado. El ciervo (*Cervus elaphus* L.) y el jabalí (*Sus scrofa* L.) son las dos especies existentes en lo referente a la caza mayor, y conejos (*Oryctolagus cuniculus* L.), liebres (*Lepus granatensis* Miller.), perdices (*Alectoris rufa* L.), palomas torcaces (*Columba palumbus*) y tórtolas (*Streptopelia turtur*) hacen lo propio en la caza menor (Perea, 2006).

El exceso de individuos de ciervo que se hallan en la finca unido a las épocas de escasez de herbáceas, hace que la vegetación pueda llegar a sufrir situaciones de estrés o disminución de su densidad específica y que el regenerado se vea dificultado por estos herbívoros ramoneadores. Asimismo, el descontrol de las poblaciones de jabalí provoca que muy pocas bellotas puedan llegar a germinar al ser dicho fruto el predilecto por estos animales durante la época de montanera.

En cuanto a reptiles y anfibios se pueden encontrar los propios del ecosistema mediterráneo destacando la presencia del Galápago europeo (*Emys orbicularis* L.) por ser un bioindicador de la calidad del agua. Las depresiones donde el encharcamiento es relativamente prolongado, conforman importantes núcleos de reproducción para especies como la ranita de San Antonio (*Hyla arborea* L.), la ranita meridional (*Hyla meridionalis* Boettger.) o el sapo corredor (*Bufo calamita* Laurenti.) (Perea, 2006).

Ganado doméstico

La ganadería extensiva, uno de los primeros productos directos de las dehesas, es actualmente una de las bases más consistentes del desarrollo económico y social en el medio rural, donde no hay muchas más posibilidades productivas. (San Miguel, 2001).

La dehesa sin el ganado doméstico no tendría sentido. El ganado actúa como una herramienta para la mejora de pastos herbáceos y control de la vegetación leñosa; además actúa como dispersador de especies (zoocoria) y como acelerador de los ciclos de nutrientes.

El bovino ha pasado a ser la especie más importante en nuestra ganadería extensiva, sustituyendo al ovino porque no necesita pastor y porque la mayoría de las subvenciones afectan a este tipo de ganado. Sin embargo, está menos adaptado a las características de nuestros pastos forestales: depende más de la suplementación, ramonea más intensamente afectando a árboles de hasta 15 cm de diámetro normal, y provoca mayores impactos por pisoteo. Las razas autóctonas son Retinta y Avileña negra.

La oveja es la especie más adecuada para la dehesa porque aprovecha hierbas pequeñas y además ramonea poco.

El cerdo ibérico siempre ha estado ligado al aprovechamiento de la dehesa; ya que estos animales son los que más dependen de la bellota (Plieninger, 2006). Durante la última parte de su vida se alimentan de este fruto y de hierba; y al producir una carne de alta calidad y precio, deben tener prioridad frente al resto de las especies en el consumo de las bellotas (San Miguel, 2001).

En concreto, en la parcela objeto del muestreo de fenología, sólo ha habido ganado de manera ocasional, para no interferir con las mallas que están puestas para la recogida de la bellota (que se colocaron para otro estudio de producción de bellota, Fernández, 2009). Hasta el inicio del proyecto era una zona pastoreada con ovino de raza talaverana, con pastoreo no continuo. A partir del comienzo del proyecto, la zona se ha aprovechado durante el verano con un rebaño de ovino y se ha segado cuando ha sido necesario.

En cuanto al número de cabezas de la finca, actualmente hay aproximadamente 400 ovejas de raza Talaverana y unas 40 vacas de Avileña-Negra Ibérica. La carga ganadera del vacuno, según el programa del centro, está en 4ha/vaca. Actualmente no hay ciervos y las ovejas se manejan en dos rebaños de 200, uno en ecológico (tanto en praderas de secano como en pastos), y el otro en sistema convencional.

Además, en la finca existen muchas líneas de investigación con poblaciones de ovino Talaverano, ganado vacuno Avileño Negro Ibérico y estirpes de porcino Ibérico (Torbiscal y Negro Lampiño).

Los animales que se mantienen en el Dehesón del Encinar pertenecen a razas autóctonas españolas, perfectamente adaptadas a las condiciones del medio en el que viven, lo que permite investigar sobre ganadería extensiva en condiciones reales de explotación.

3.2. Toma de datos fenológicos

Uno de los objetivos de este trabajo es establecer un calendario de los procesos de crecimiento de foliación y floración masculina y femenina, para disponer de referencias en el tiempo. Para alcanzar dicho objetivo fue necesario hacer un seguimiento de la fenología.

La toma de datos se realizó en la parcela descrita, una dehesa de encinas (77 encinas) con presencia de alcornoque (2 alcornocues) y con una densidad de 17 pies/ha (Figura 3.6). En la parcela, de 5 ha, se marcaron 61 encinas y los dos alcornocues. Se escogieron sólo 61 de las 77 encinas porque se eligieron pies no deformados, sanos y con buena vitalidad.

Desde abril a diciembre de 2008 se visitó la parcela cada 10-15 días y se anotó el estado fenológico general de cada árbol según las fases definidas en la tabla 3.6. Adicionalmente, se marcaron en tres encinas (identificadas como árboles nº 43, 45 y 46) y en los dos alcornocues (A1 y A) 3 ramillos en orientación sur y 3 en orientación norte, para hacer un seguimiento intensivo de su desarrollo, midiendo en cada fecha de control la longitud de brotes del año y el número de sus hojas y yemas.

El seguimiento fenológico se inició en abril de 2008, centrándose el presente Trabajo de Fin de Carrera en los resultados del primer período vegetativo (Tabla 3.4).

En primavera se asistió con más frecuencia porque fue cuando se produjo la foliación y la floración. Asimismo, para controlar las fases de la fructificación, en el otoño se hicieron visitas de campo con más frecuencia.

Tabla 3.4. Calendario de visitas al campo. Año 2008.

	ABRIL		MAYO		JUNIO			JULIO		AGOSTO	
	1ªQuincena	2ªQuincena	1ªQuinc.	2ªQuinc.	1ªQuinc.	2ªQuinc.	1ªQuinc.	2ªQuinc.	1ªQuinc.	2ªQuinc.	
VISITAS AL CAMPO		X	X X	X	X	X	X		X		X

	SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	1ªQuinc.	2ªQuinc.	1ªQuinc.	2ªQuinc.	1ªQuinc.	2ªQuinc.	1ªQuinc.	2ªQuinc.
VISITAS AL CAMPO		X		X	X	X	X	



Figura 3.6. Aspecto general de la parcela objeto del estudio de fenología en mayo de 2008 (CIA El Dehesón del Encinar, Toledo).

3.2.1. Toma de datos fenológicos generales

a. Árboles seleccionados

Como se explicó anteriormente, en el sitio de ensayo se descartaron 16 encinas por su mal estado (heridas graves, decrepitud, forma irregular del tronco), por lo que se hizo el seguimiento fenológico general de 61 encinas. Cada árbol está identificado con un número del 1 al 77, pintado sobre la corteza (Figura 3.3).

b. Variables medidas

Los datos que se fueron completando en los estadillos para el estudio fenológico (Tabla 3.5) son: fecha de la visita de campo, número del árbol, circunferencia a la altura del pecho, fenofase vegetativa de la foliación, de la floración masculina y de la floración femenina, más un campo para observaciones. De tal forma que el estadillo tuvo el formato mostrado en la tabla 3.5; y fue completado según los estados definidos en la tabla 3.6.

Tabla 3.5. Estadillo tipo que se ha utilizado en las salidas al campo.

Fecha	Nº árbol	CBH (cm)	Fenofase foliar	m	f	Observaciones
17/04/2008	1	165	D	D		
17/04/2008	2	160	D	D		
...
...

CBH: circunferencia a la altura del pecho en cm.

Fenofase foliar: estado de foliación correspondiente a esa fecha.

m: estado de flores masculinas.

f: estado de flores femeninas o estado de la bellota.

Los estados fenológicos de una especie (llamados también fenoestados, fenoestadios, estados tipo o fenofases) son las etapas o fases del desarrollo o transformación que experimenta un órgano u organismo. Para determinar el estado tipo en el que se encontraba cada árbol se le asignó el estado fenológico que habían alcanzado o superado la mitad de sus hojas o flores (Varela *et al.*, 1996, cit. en Gómez- Casero *et al.*, 2007). La asignación del estado fenológico se hizo mediante la visualización directa de las características de cada órgano y mediante la medición de las longitudes de las hojas y bellotas.

Cada estado de foliación, floración y fructificación se designa con una letra sucesiva del alfabeto, desde la A para la yema cerrada, B para la yema en desborre, y así hasta el estado final de la variable fenológica. Para la realización de los análisis y las gráficas que se incluyen en el capítulo de Resultados, a cada estado se le ha asignado un número en una escala ordinal. Por tanto, a cada letra (A, B, C, etc.) le corresponde un número entero en orden ascendente (1, 2, 3, etc.) (Tabla 3.6).

En el caso de la foliación el estado D se subdividió (en vez de seguir con las letras E, F y G) y se tomaron los siguientes estados correspondientes con D0, D1 y D2; a los que les pertenecen los números: 5, 6 y 7.

En la clave inicial para la toma de datos de las fenofases de floración masculina se habían hecho dos estados distintos correspondientes a los estados B (amentos masculinos con una longitud mayor de 2 cm; se distinguen las anteras) y C (apertura anteras, liberación del polen). Posteriormente se consideró que se podían unir dichos estados y hacer sólo uno (B), que unificase las características de los dos, puesto que en las visitas que se realizaron a la parcela entre el 22 y el 29 de abril se encontró que la mayoría de las flores observadas en la primera fecha se hallaban en el estado B; sin embargo, en la segunda fecha las flores ya se encontraban vacías. Es por ello que la clave salte del estado B al D.

Tabla 3.6. Estados fenológicos de la foliación y desarrollo de flores masculinas y femeninas

A. Foliación

Fenofase	Transformación variable ordinal	Descripción
A	1	- yemas cerradas
B	2	- desborre (primer verde de hoja visible)
C	3	- yemas abiertas (doblan la longitud antes del desborre)
D	4	- hojas desplegándose
D0	5	- con longitud inferior a 1,5-2 cm, de coloración verde clara
D1	6	- de longitud definitiva (1,5 - 5 cm) y de coloración verde clara
D2	7	- de longitud definitiva, de coloración verde oscura y textura coriácea y dura.

B. Floración masculina

Fenofase	Transformación variable ordinal	Descripción
Am	1	Amentos masculinos visibles, $L < 2$ cm
Bm	2	Se distinguen las anteras, $L > 2$ cm. Apertura anteras, liberación del polen
Dm	3	Amentos secos, vacíos

C. Floración femenina

Fenofase	Transformación a variable ordinal	Descripción
Af	1	Flores femeninas distinguibles
Bf	2	Pistilos y estilos distinguibles, coloración
Cf	3	Pequeña cúpula escamosa visible
Df	4	Longitud bellota (con cúpula incluida) está entre 1-1,5 cm; se empieza a ver la bellota verde
Ef	5	Longitud cúpula > longitud bellota (bellota con cúpula incluida es > a 1,5 cm; aspecto redondo)
Ff	6	Longitud bellota = longitud cúpula
Gf	7	Longitud bellota > longitud cúpula
Hf	8	Bellota madura por ataque de hongo
If	9	Bellota madura

c. *Variables descriptivas del crecimiento*

Como variables que caracterizan la curva de crecimiento de un órgano, y por la dificultad de hallar el momento exacto de inicio y fin del crecimiento de hojas, brotes y flores masculinas y femeninas (por no tomar datos diarios, sino periódicos), se definieron como variables características los momentos $T_{0,1}$: fecha en la que se alcanzó el 10 % del crecimiento total de cada órgano, $T_{0,5}$: fecha en la que se alcanzó el 50 % del crecimiento total de cada órgano y $T_{0,9}$: fecha en la que se alcanzó el 90 % del valor final de cada órgano (Notivol, 2000; Auñón & Tadesse, 2000, cit. en Mutke., 2000); la tasa de crecimiento diario medio (CDM) entre $T_{0,1}$ y $T_{0,9}$ y el máximo observado de crecimiento diario.

El crecimiento diario medio se calculó considerando el tamaño longitudinal final que alcanzó cada órgano y dividiéndolo entre el número de días que duró su crecimiento.

Para obtener el crecimiento diario máximo del órgano considerado, se calculó el crecimiento diario medio entre cada fecha de muestreo, eligiendo la cifra más alta.

3.2.2. *Toma de datos fenológicos para el muestreo detallado*a. *Árboles seleccionados*

Para la realización del estudio fenológico detallado se marcaron 3 pies de las 61 encinas, siendo el criterio de producción el que marcó su selección. Usando datos recogidos en anteriores campañas se eligieron: una buena productora y constante, otra buena productora pero irregular en producción, y la restante, de poca producción de bellota y constante en su mala producción. Para buscar diferencias en el desarrollo fenológico de las dos especies se incluyeron dos alcornoques situados dentro de la parcela.

En el estudio fenológico detallado se estudiaron tres ramillos en orientación norte y otros tres ramillos en orientación sur. En uno de los alcornoques se midieron las dos orientaciones (N y S), en el otro únicamente la orientación este.

Estudio fenológico detallado:

- 4 encinas. Criterio: producción de bellota
 - 3 encinas (43, 45 y 46): de cada una 3 ramillos orientación norte.; 3 ramillos orientación sur.
- 2 alcornoques
 - 1 alcornoque (A). 3 ramillos orientación este
 - 1 alcornoque (a1). 3 ramillos orientación norte; 3 ramillos orientación sur.

b. Variables medidas

Las variables fenológicas medidas en las distintas orientaciones de estos cinco árboles son:

- Longitud del brote del año anterior (2007).
- Elongación del brote correspondiente a la guía principal de cada uno de los ramillos en 2008. Las mediciones de longitud del brote se efectuaron con cinta métrica de lectura milimétrica o calibre digital, tomando como punto de referencia una etiqueta de plástico colocada a la altura del ramillo de crecimiento anterior (año 2007), y siempre hasta la punta vegetativa del brote central, incluso en las fechas en las que ésta fue superada por yemas u hojas laterales (Tabla 3.7 y Figura 3.7).
- Nº de hojas de cada ramillo. Se contaron todas las hojas pertenecientes al ramillo marcado con la etiqueta, incluyendo las hojas pertenecientes a ramillas laterales.
- Nº de yemas. Se efectuó el conteo de yemas pertenecientes a la ramilla central y a las laterales del ramillo etiquetado.
- Fenoestado de foliación: Se anotó la fenofase media de foliación del conjunto del ramillo.
- Fenoestado de flores femeninas y masculinas. Se observó si en el ramillo etiquetado se producía floración masculina o femenina y se anotó su estado.
- Observaciones (estado sanitario, vigor, daños, etc.)

Tabla 3.7. Encabezado del estadillo usado para el muestreo intensivo de fenología.

	Especie	Árbol	Orientación	Rama	Brote	Lbrote '07 (cm)	Lbrote '08 (cm)	Nº unidades (hojas)	Nº yemas	Feno fase	m	f	Observaciones
17/04/2008	<i>Q. ilex</i>	43	S	1	1	203	210	16	5	D	B		
22/04/2008	<i>Q. ilex</i>	43	S	1	1	203	212	17	1	D	D		
...
...

Fenofase: estado de foliación correspondiente a esa fecha.
 m: estado de flores masculinas.
 f: estado de flores femeninas o estado de la bellota.



Figura 3.7. Trabajo de campo. Control de seguimiento de las distintas fenofases (izquierda) y medición de las longitudes de ramillos etiquetados para el estudio fenológico detallado (derecha). Dehesón del Encinar 2008.

3.3. Control de factores ecológicos

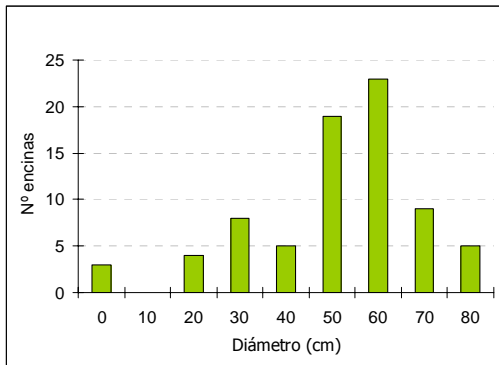
Para establecer relaciones entre la evolución de las variables fenológicas, las características del arbolado y las del medio físico, se midieron algunas características individuales de cada encina y se recogieron datos del medio físico, tal y como se explica a continuación.

a. Caracterización del arbolado

Para el análisis de cada variable, éstas se han agrupado en diferentes clases mediante histogramas:

- Diámetro (cm): para realizar la división del tamaño del arbolado se hicieron cuatro categorías (Figura 3.8):

Pequeños (P): 0- 35 cm
 Medianos (M): > 35- 45 cm
 Gruesos (G): > 45- 55 cm
 Muy gruesos (MG): > 55 cm



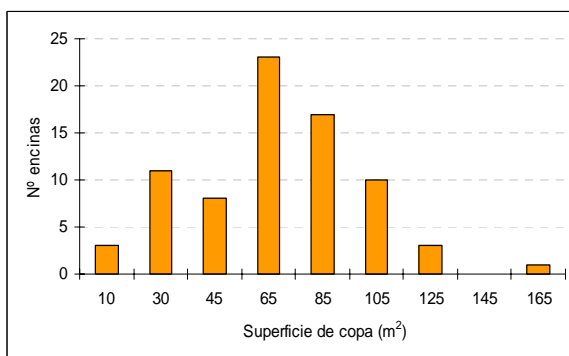
Clase diamétrica (cm)	Categoría	Frecuencia (nº de encinas)	% de encinas
0- 35	P	17	22%
>35-45	M	23	30%
>45-55	G	18	23 %
>55	MG	19	25 %

Figura 3.8. Histograma de diámetros de las encinas y división en grupos.

- Superficie de copa (m^2): se obtuvo mediante planimetrado sobre fotografía aérea y estimación a partir de medida de radios de copa (Norte, Sur, Este y Oeste).

Se establecieron cinco niveles en función del área de copa (Figura 3.9):

Muy pequeños (MP): 0-30 m^2
 Pequeños (P): > 30- 55 m^2
 Medianos (M): > 55- 65 m^2
 Grandes (G): > 65- 85 m^2
 Muy grandes (MG): > 85 m^2



Clase (m^2)	Categoría	Frecuencia (nº de encinas)	% de encinas
0-30	MP	14	18 %
> 30- 55	P	16	21 %
> 55- 65	M	15	20 %
> 65- 85	G	18	23 %
> 85	MG	14	18%

Figura 3.9. Histograma de las superficies de copa de las encinas y división en las cinco clases.

- Producción de bellota: Se midió durante la época de fructificación, mediante apreciación visual, estableciendo un índice de 0- 5: 0 para las encinas que menos producen y 5 para las de mayor producción (Figura 3.10).

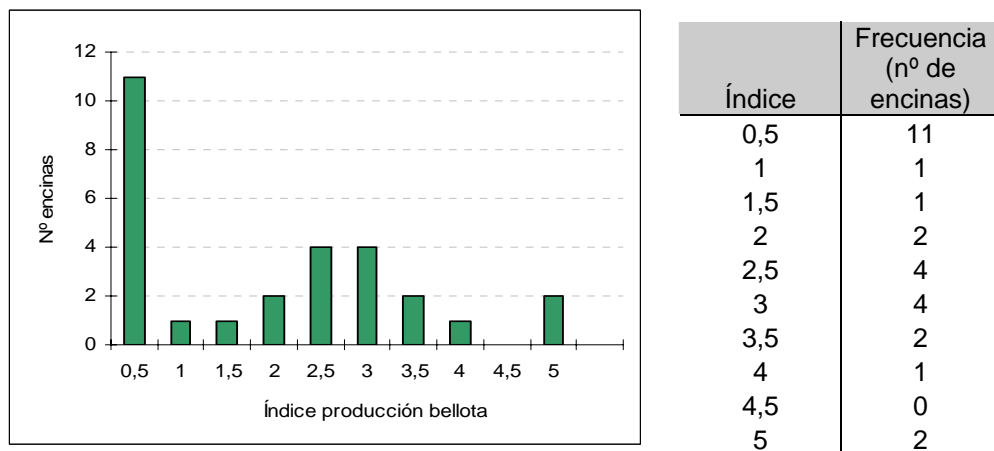


Figura 3.10. Histograma del índice de producción de bellota de las encinas.

b. Medio físico

- Posición en la parcela

El sitio de ensayo, con una escasa pendiente, presenta cuatro zonas diferenciadas (Figura 3.11). Diferencias pequeñas de cota han mostrado tener influencia significativa en la producción de bellota (López- Carrasco y Roig., 2009 b).

En la parcela de estudio, la zona A corresponde a la parte más baja de la parcela. En estas partes hay mayor profundidad de suelo y mayor humedad.

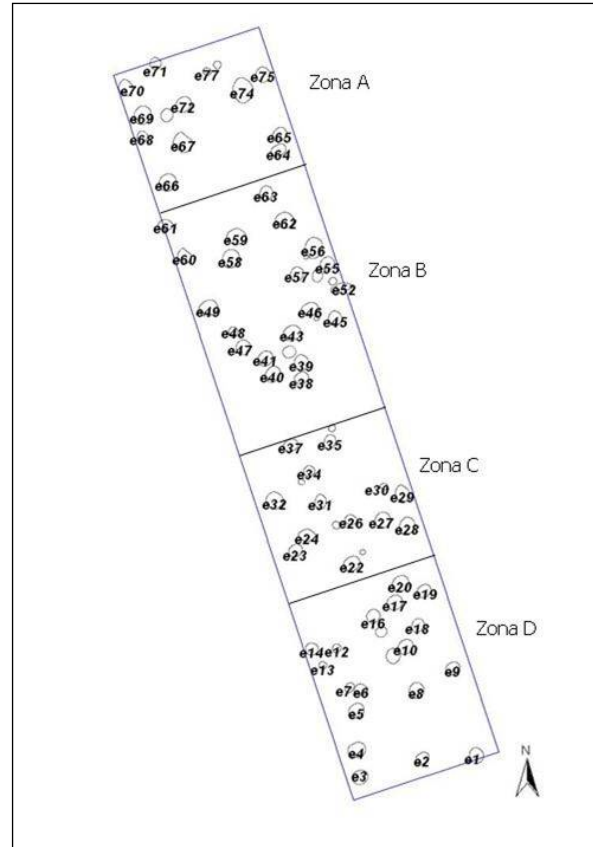


Figura 3.11. Localización de las encinas en la parcela de ensayo: la zona A es la parte más baja de la parcela; la zona C es la loma (la zona más alta de la parcela); y las zonas B y D tienen orientación norte y sur, respectivamente y son zonas medias de la parcela.

En correspondencia con las distintas zonas de la parcela (Figura 3.11), se hicieron cuatro grupos (Figura 3.12):

- Zona A (1): Parte baja
- Zona B (2): Parte media norte
- Zona C (3): Parte alta
- Zona D (4): Parte media sur

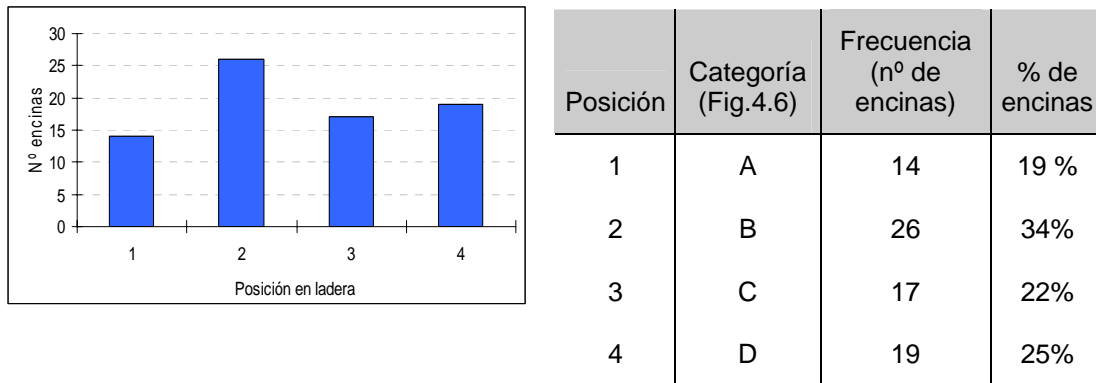


Figura 3.12. Histograma de posición en la parcela, y número y porcentaje de encinas en cada posición.

- Variables meteorológicas

En la parcela estudiada existe una estación meteorológica automática (figura 3.13); de ella se han recogido los datos de precipitación, temperaturas máximas y mínimas y promedio de las temperaturas de manera muy detallada (cada 15 minutos) del año 2008. Su dispositivo experimental se recoge en Vázquez Piqué *et al.* (2009) y López-Carrasco y Roig (2009). Con sus promedios mensuales se ha construido el climatograma anual (figura 3.14).



Figura 3.13. Estación meteorológica situada dentro de la parcela de estudio. Dehesón del Encinar 2008.

En la figura 3.14 se refleja el climatograma del año 2008. Se aprecia la irregularidad de las precipitaciones, que se concentran en prácticamente dos episodios lluviosos, coincidentes con la primavera y el otoño, interrumpidos por periodos prácticamente secos en verano. Es un año con una primavera especialmente húmeda para la zona (271 mm de marzo a junio, frente a 190 mm de promedio plurianual). Las precipitaciones que suceden durante el período primaveral son atípicas y aunque en las

estaciones de primavera y otoño siempre se den más lluvias, no suelen ser tan abundantes.

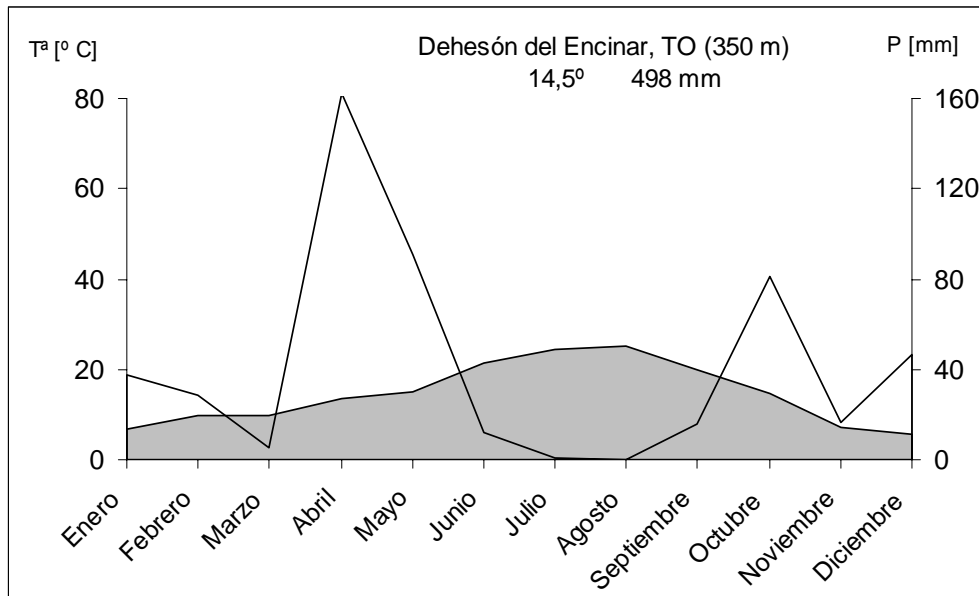


Figura 3. 14. Climatograma año 2008.

Las fechas de inicio y fin de la foliación, de la floración y del desarrollo de la bellota son muy variables y están notablemente determinadas por el clima. La tabla 3.8 muestra los valores medios mensuales recogidos en la estación meteorológica de la parcela durante el año de estudio (2008): temperaturas medias, media de las mínimas, precipitación y temperaturas máximas y mínimas absolutas.

Tabla 3.8. Parámetros climáticos mensuales, estacionales y anuales de 2008 registrados en la estación meteorológica situada dentro de la parcela de estudio (Dehesón del Encinar). t_m - temperatura media de las mínimas; T_m - temperatura media; P - precipitación; t_a - temperatura mínima absoluta; T_a - temperatura máxima absoluta.

	t_m (°C)	T_m (°C)	P (mm)	t_a (°C)	T_a (°C)
Enero	0,9	6,9	37,8	-4,6	18,6
Febrero	3,9	9,6	28,8	-2,1	20,0
Marzo	0,9	9,8	5,4	-4,5	23,6
Invierno	1,9	8,8	72,0	-4,6	23,6
Abril	6,1	13,5	162,2	0,2	28,8
Mayo	8,6	15,1	91,0	1,5	28,5
Junio	12,1	21,6	12,2	7,3	38,3
Primavera	8,9	16,7	265,4	0,2	38,3
Julio	13,5	24,6	0,4	7,3	39,9
Agosto	25,0	25,0	0,0	6,2	40,5
Septiembre	11,8	20,1	15,4	6,0	34,3
Verano	16,8	23,2	15,8	6,0	40,5
Octubre	8,5	14,8	81,4	0,6	27,8
Noviembre	0,4	7,0	16,8	-7,9	19,3
Diciembre	0,0	5,6	46,4	-5,5	18,1
Otoño	3,0	9,1	144,6	-7,9	27,8
ANUAL	7,64	14,45	497,8	-7,9	40,5

La figura 3.15 muestra las temperaturas medias mensuales, las temperaturas medias de las mínimas y de las máximas mensuales registradas durante el periodo de estudio.

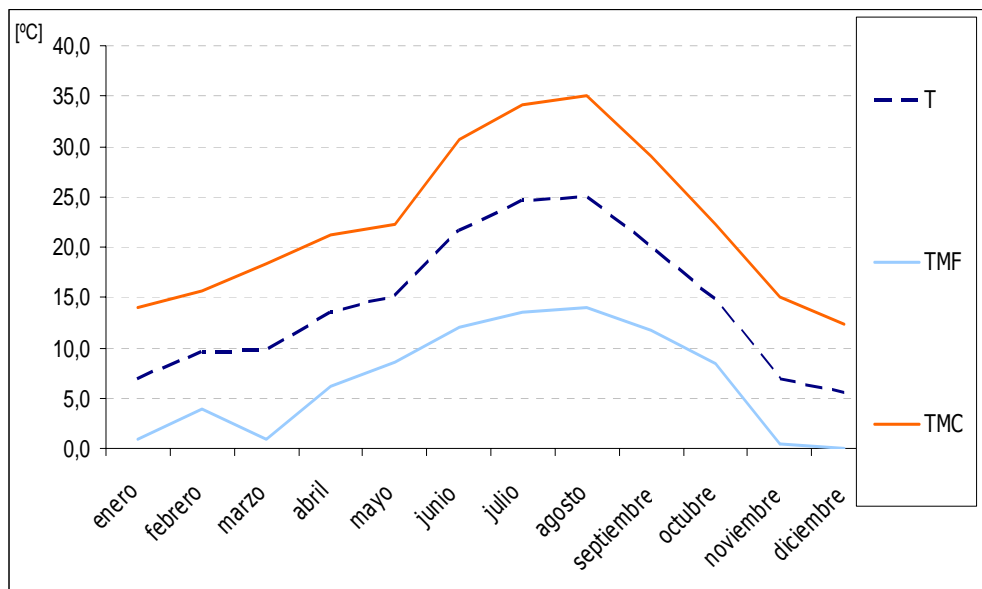


Figura 3. 15. Variación mensual de las temperaturas en el Dehesón del Encinar (2008). T- temperatura media; TMF- media de las mínimas, TMC- media de las máximas.

3.4. Relación con los factores ecológicos

Las reacciones de los organismos vivos a los cambios en el ambiente físico dependen de la acción conjunta de los elementos meteorológicos y de los factores edáficos.

Las variables del medio físico que más influyen sobre el desarrollo de las encinas y alcornoques son la temperatura y, en menor medida, el potencial hídrico, aunque también interviene, en menor grado, el fotoperiodo (Cara *et al.*, 1998, cit. Mutke, 2000). Además, el ritmo de crecimiento también está influenciado por los factores ecológicos (orientación, fisiografía, microtopografía: posición en la parcela) y por las características individuales de los árboles (diámetro, superficie de copa, producción de bellota).

Uno de los objetivos de este trabajo es establecer una relación entre la fenología y las variables del medio físico (meteorología y posición en la parcela) y las características individuales del arbolado (diámetro de encinas, superficie de copa y producción de bellota).

Los períodos más importantes que interesa analizar son: inicio, apogeo, desarrollo y fin de los procesos más importantes que se producen en las hojas y en las flores de la encina; es decir, el inicio de la foliación, la liberación de polen de las flores masculinas, la recepción de polen de las femeninas y la maduración de la bellota.

Para ello se han relacionado las variables fenológicas con la integral térmica y se han realizado análisis de varianza y correlaciones entre las variables fenológicas y las variables ecológicas, mediante la metodología que se explica a continuación.

3.4.1. *Relación con variables meteorológicas*

a. Relación con la temperatura mediante la integral térmica

Para evaluar el desarrollo vegetativo de los órganos se han representado las curvas de crecimientos acumulados en función de la fecha y también en función de la integral térmica. Para ello, se ha trabajado con hojas de cálculo de Excel.

Definición de la integral térmica: suma de grados día

La temperatura puede tener consecuencias directas sobre las plantas, por ejemplo necrosis producida por heladas o daños físicos por golpes de calor a principios del estío; o consecuencias indirectas, de tipo fisiológico. Muchos de estos efectos indirectos tienen relación con los principales procesos del metabolismo de la planta, como la fotosíntesis o la respiración. Los efectos indirectos que provoca la temperatura pueden acelerar o ralentizar los procesos vitales por una mayor o menor actividad enzimática entre ellos. Por ejemplo pueden influir en la división y distensión celular y en la diferenciación y el desarrollo de los diferentes órganos (Mutke, 2000).

En términos generales, por debajo de una temperatura umbral mínima, el desarrollo no ocurre o es insignificante. Sobre dicha temperatura, el desarrollo se incrementa hasta llegar a un pico o intervalo, donde la velocidad del desarrollo es máxima. A partir de ahí, el desarrollo decrece nuevamente hasta llegar a ser nulo en una temperatura umbral máxima. Tras la parada fisiológica invernal, cuando la temperatura supera un umbral, las encinas y los alcornoques comienzan a tener mayor actividad. El paso de un estado a otro en el ciclo de vida de encinas y alcornoques requiere que, durante un cierto tiempo, la temperatura sea mayor a dicho umbral. La medida del calor acumulado (tiempo en el que la temperatura es mayor a un determinado umbral) se conoce como Tiempo Fisiológico.

El crecimiento y desarrollo de las plantas puede ser caracterizado por el número de días entre eventos observables, tales como floración y madurez de frutos, etc. El número de días entre eventos, sin embargo, puede constituir una mala herramienta porque las tasas de crecimiento varían con las temperaturas, y éstas cambian de unos años a otros. La medición de eventos puede ser mejorada si se expresan las unidades de desarrollo en términos de tiempo fisiológico en lugar de tiempo cronológico, por ejemplo en términos de acumulación de temperatura (WMO, 1993; cit. Azkue, M, 2006). Es así como surge el concepto de la integral térmica o suma de calor, definida por la cantidad de calor sumada por encima de cierto umbral de actividad fisiológica t_0 (De Candolle, 1855, cit. en Cara *et al.*, 1998). Su unidad es el producto grado día ($^{\circ}d$) que se calcula restando de la temperatura media diaria t , la temperatura umbral t_0 , y sumando estos valores diarios durante el ciclo de desarrollo de la planta:

$$^{\circ}d = \sum (t - t_0) \quad \forall \quad t > t_0 \quad (1)$$

De manera que para completarse una etapa fenológica es necesario la acumulación del Requerimiento Térmico, RT. Éste se mide en grados-días sobre la temperatura base (Azkue, 2006).

Si el registro de una estación meteorológica manual con termómetro de mínimas m y máximas M sólo conserva el valor de la temperatura media diaria, calculado como $t = (m+M)/2$, haría falta hacer una aproximación rectangular para cada 24 horas a la integral de la curva termométrica que describiría un termógrafo a lo largo del tiempo, tomando como eje de referencia la temperatura umbral t_0 ² (Mutke, 2000). La integral térmica, expresada en grados día, en este caso, se ha calculado mediante una aproximación a la integral de una función triangular diaria.

Para el caso de que se disponga de registros termométricos de cada hora, Baldini (1992), cita un cálculo más detallado de grados hora (*growing degree hours*, GDH) por encima del umbral t_0 . ($1^\circ\text{d} = 24 \text{ GDH}$).

La mayor diferencia entre los dos métodos de cálculo se da en los días primaverales en los que la temperatura media t todavía no supera el umbral t_0 , pero sí lo hace la temperatura máxima M a mediodía (Mutke, 2000).

En el caso de tener registros horarios, según el método de De Candolle se suman cero grados día. Si partimos de una duración de día $d = 24 \text{ horas}$, el tiempo d' por encima de t_0 se puede interpolar llegando a:

$$GDH = [(M-t_0)^2 / 2(M-m)] * d \quad (2)$$

Como expone Mutke (2000), la variable "integral térmica" sirve para modelizar y predecir los procesos vitales que tienen lugar en cada árbol concreto u órgano del mismo. Aún así, habrá que tener en cuenta otras consideraciones como las ya habladas acerca de las fluctuaciones en la eficacia fotosintética a lo largo del día, las diferencias entre las hojas en relación con el gradiente de radiación que se establece del exterior al interior de la copa, los diferentes registros termométricos que se pueden dar entre la localización de la estación meteorológica y la medición de los procesos biológicos observados en un árbol concreto, etc.

La integral térmica se ha determinado para cada fecha como la suma de grados día acumulada hasta el día anterior, ya que las mediciones se realizaron siempre a primera hora de la mañana y no sería correcto computar las unidades de calor acumuladas más tarde en esa misma jornada (Mutke, 2000).

Para el estudio de la relación entre el desarrollo vegetal y la integral térmica existe la duda a la hora de elegir la fecha del inicio del cómputo y la temperatura umbral adecuada. Respecto a la fecha de inicio del cómputo, en el presente estudio se ha usado el 1 de Febrero (del año 2008), fecha utilizada convencionalmente para los cultivos frutícolas en el interior de la Península (Celada, 1999, cit. en Mutke, 2000). La elección de la fecha inicial del cálculo parece secundaria, ya que apenas se suman grados entre el 1 de enero y el 1 de marzo.

Como demuestra Mutke (2000), la elección de la temperatura umbral también es una decisión de menor relevancia para el estudio de un solo año. Si se tuviesen datos de varios años, se podría estimar el umbral más acertado mediante la comparación de la suma de grados días correspondientes a cuantiles de elongación o crecimiento y

² Para más información acerca de la integral térmica véase el PFC de Mutke (2000), dónde profundiza más acerca de las cuestiones geométricas de su cálculo.

obteniendo los coeficientes de variación. Como temperatura umbral mínima de actividad t_0 se ha elegido 5°C por ser la que muchos autores utilizan como limitante para la actividad fisiológica de los árboles.

En la figura 3.16, se refleja la evolución de la curva de grados día partiendo del 1 de febrero y para la temperatura umbral $t_0= 5^{\circ}\text{C}$.

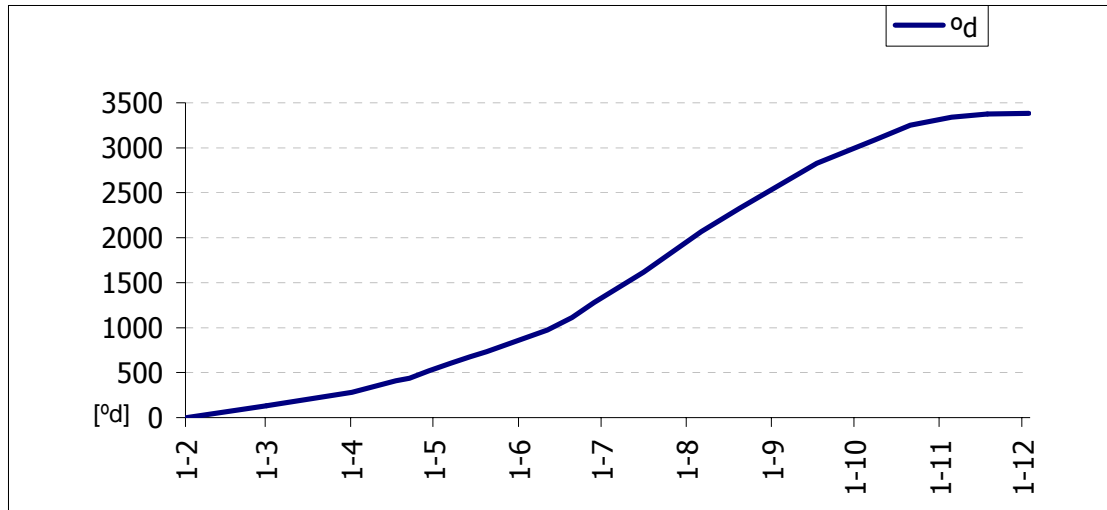


Figura 3.16. Suma de grados día por encima de $t= 5^{\circ}\text{C}$ del 1 de febrero a 1 de diciembre de 2008 en la parcela de estudio.

b. Relación con la precipitación

Para identificar la posible relación entre la fenología y la precipitación, se ha representado el porcentaje de árboles que iniciaron la foliación, liberaron polen y tuvieron flores receptivas en cada fecha junto con la precipitación correspondiente a dichas fechas.

3.4.2. Relación de la fenología con variables características del arbolado y con la posición en la parcela

Para saber si existe relación significativa entre las variables fenológicas y los factores influyentes (características individuales del arbolado y medio físico), se ha creado una matriz de dispersión con los mismos. A partir de esta matriz se han establecido análisis de varianza (ANOVA) entre las variables de desarrollo fenológico y los distintos factores ecológicos contemplados. Posteriormente se han realizado análisis de varianza de dos factores, mediante el programa estadístico "Statistica". Este programa realiza varios tests y gráficos para comparar los valores medios de una variable independiente para los diferentes niveles de la variable dependiente.

Los gráficos de medias y 95,0 porcentajes intervalos LSD, es el método actualmente utilizado para discernir entre las medias, es decir, es el procedimiento de las menores diferencias de Fisher. Con este método hay un 5% de riesgo de considerar cada par de medias como significativamente diferentes cuando la diferencia real es igual a 0.

Las relaciones establecidas entre los factores ecológicos, tanto los del medio físico como las características del arbolado, con los estados fenológicos de las variables vegetativas, se han establecido mediante la relación entre grados día. Para ello se tomaron los grados día correspondientes al comienzo de las distintas etapas fenológicas relevantes (inicio de foliación y antesis de floración masculina y femenina) para cada encina. Posteriormente se han establecido anovas que tienen como variables dependientes:

- a. °d correspondientes al inicio de foliación
- b. °d correspondientes a la liberación de polen
- c. °d correspondientes a la recepción por parte de las flores femeninas

y como variables independientes los distintos factores ecológicos:

- medio físico:
 - posición en la parcela
- características del arbolado:
 - diámetro de encina
 - superficie de copa
 - producción de bellota

De tal forma, se han realizado las siguientes ANOVAS factoriales:

a. Inicio de foliación

Variable dependiente		Factores
°d inicio de foliación	se relaciona con	posición en la parcela diámetro de la encina

Variable dependiente		Factores
°d inicio de foliación	se relaciona con	posición en la parcela superficie de copa

b. Liberación de polen

Variable dependiente		Factores
°d liberación de polen	se relaciona con	posición en la parcela diámetro de la encina

Variable dependiente		Factores
°d liberación de polen	se relaciona con	posición en la parcela superficie de copa

c. Flores receptivas

Variable dependiente		Factores
ºd flores receptivas	se relaciona con	posición en la parcela diámetro de la encina

Variable dependiente		Factores
ºd flores receptivas	se relaciona con	posición en la parcela superficie de copa

d. Liberación de polen y flores receptivas

Se ha realizado un gráfico de medias en el que se han representado conjuntamente los grados día en los que las flores masculinas dispersaron su polen y los grados día en los que las flores femeninas se mostraron receptivas, en función de la posición en la ladera.

e. Producción de bellota

El índice de producción de bellota se ha relacionado con la posición en la parcela mediante un gráfico de cajas y bigotes. Para ello se estimó el índice de producción de bellota de las 77 encinas y se vio de forma gráfica, si tenía relación con la variable ecológica posición en la parcela. El gráfico de cajas o bigotes, basado en el test de Kruskal-Wallis, determina cuales son las medianas significativamente diferentes entre sí.

f. ºd flores receptivas- producción de bellota

La relación se ha establecido mediante un análisis de regresión que ha relacionado los grados día en los que las flores se encontraban abiertas y receptivas al polen con la producción final de bellota estimada mediante el índice de 0 a 5 (0 para las bellotas con menor producción y 5 para las de mayor producción).

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de los estados fenológicos de *Quercus ilex* subsp. *ballota*.





Como primer resultado del trabajo, se aporta la caracterización de los estados fenológicos de la foliación, de la floración y de la fructificación de la encina (Tabla 4.1).

Como se ha explicado anteriormente, el seguimiento fenológico comenzó en abril de 2008, cuando la foliación ya había pasado los fenoestados A, B y C, por lo que la tabla 4.1 no incluye fotografías de estos estados. Por la misma razón, el seguimiento fenológico de la hoja parte del estado D.



Se diferencian los fenoestados de las flores masculinas de los de las femeninas con un subíndice "m" para la floración masculina, y "f" para la floración y fructificación femenina.

Tabla 4. 1. Tabla de los estados tipo de *Quercus ilex* subsp. *ballota*.





A. Foliación.





	Fenoestados	Definición
	A	Yemas cerradas
	B	Desborre (primer verde de hoja visible)
	C	Yemas abiertas (doblan la longitud antes del desborre)
	D	Hojas desplegándose. La longitud de la hoja es menor de 1 cm.
	D0	Hojas ya desplegadas, espinoso-dentadas y con longitud comprendida entre 1-1,5 (2) cm. De coloración verde clara.
	D1	Hojas desplegadas con longitud entre 1,5 - 4(5) cm y de coloración verde clara por haz y envés; con textura coriácea.
	D2	Hojas desplegadas con longitud entre 1,5 - 4 (5) cm y de color verde oscuro por el haz y más claro por el envés; con textura coriácea y dura. Contorno de las hojas menos espinoso (más liso).

B. Floración masculina.

	A _m	Amentos masculinos visibles. Su longitud es menor de 2 cm. Aparecen erectos en los extremos de las ramillas. Las flores se encuentran comprimidas unas a otras. Su color es amarillento.
	B _m	Amentos masculinos con una longitud mayor de 2 cm, colgantes. La inflorescencia ya no se desarrolla y las flores se encuentran en antesis. El filamento de las anteras está en desarrollo, y éstas comienzan a abrirse dejando libre el polen, comenzando así el proceso de polinización. El color de los amentos es amarillento o anaranjado.
	C _m	Amentos secos. Se produce el marchitamiento de los amentos, que presentan las anteras vacías. Son de color pardo.

C. Floración y fructificación femenina.

	A _f	Flores femeninas distinguibles. De tamaño menor que 0,5 cm. Las flores femeninas se encuentran envueltas por brácteas; aún no se ha producido la antesis.
	B _f	Flores de tamaño aproximadamente 0,5 cm. Pistilos y estilos distinguibles, cambiando a un color más oscuro. En esta fase las flores femeninas se encuentran receptivas. Durante esta fase se producen los procesos de polinización, fertilización y desarrollo de los estados iniciales del embrión (Vázquez, 1997).
	C _f	Pequeña cúpula escamosa visible; grisácea y tomentosa exteriormente, formada por brácteas muy apretadas y densas. La cúpula mide entre 0,5 y 1 cm, y envuelve casi por completo a la bellota.
	D _f	La longitud de la bellota con cúpula incluida está entre 1- 1,5 cm. En el interior de la cúpula, ya sobresaliendo, se empieza a ver la bellota verde.
	E _f	Bellota con aspecto cilíndrico. La longitud de la cúpula es mayor que la longitud de la bellota. El tamaño de la bellota con cúpula está entre 1,5- 2 cm. La coloración de la bellota es verde.

	F _f	La longitud de la bellota es igual a la longitud de la cúpula. La coloración de la bellota es verde.
	G _f	La longitud de la bellota es mayor que la longitud de la cúpula. La bellota con cúpula incluida es mayor que 2 cm. La coloración de la bellota es verde.
	H _f	La bellota deja de crecer en longitud por ataque de hongo que acelera su maduración.
	I _f	Bellota oblongo-cilíndrica, apuntada, de 2-3 cm de largo por 1- 1.5 cm de diámetro. Su color es casi totalmente marrón oscuro y brillante.

4.2. Fenología general de las encinas en la dehesa del sitio de ensayo

En este apartado se resume la fenología registrada durante el periodo de seguimiento de las 61 encinas. En los siguientes apartados (4.3, 4.4 y 4.5) se hace una descripción más detallada de cada variable fenológica estudiada.

La figura 4.1 es uno de los resultados principales del trabajo. Las tres fases que se manifiestan en el gráfico son quizá las más importantes: el inicio de la foliación, la liberación de polen que realizan las flores masculinas y la recepción y antesis de las femeninas. Una de las aplicaciones de la fenología es que, basándonos en esos estudios se pueden elaborar modelos de producción y determinar las épocas de cosecha. De igual forma, conociendo los momentos en los que se produce la liberación del polen y la posterior recepción de las flores femeninas, se podrá determinar o investigar el período de acoplamiento de las flores y las relaciones entre los procesos reproductivos y la producción final de bellotas.

Aunque a mediados de abril más del 70% de los pies ya habían iniciado el despliegue de las hojas, algunos árboles no llegaron a la siguiente fase (D1) hasta julio, cuando sus hojas alcanzaron su tamaño final. Las flores masculinas de las encinas liberaron polen desde la primera quincena de abril; el 50% de los pies alcanzan esta fase de antesis en la tercera semana de abril y más de la mitad de los pies muestran amentos secos a principios de junio. La formación de flores femeninas tiene un desarrollo más tardío y extendido; hubo un máximo de árboles con flores receptivas entre principios de mayo y la segunda semana de julio (Figura 4.1). En todos los casos, la variación dentro del mismo árbol puede ser muy acusada, según la orientación y la altura de cada rama, como se explica en el apartado 4.3.

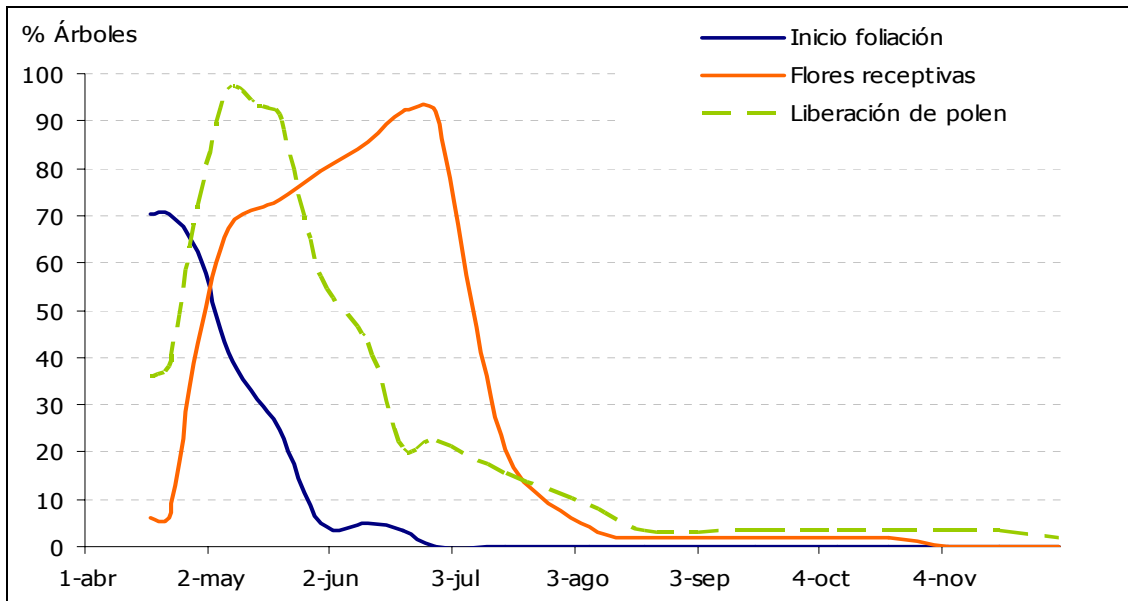


Figura 4. 1. Evolución de los fenostados "Inicio de foliación" (D0), "Liberación de polen en flores masculinas" (Cm:) y "Flores femeninas receptoras" (Bf) en las encinas estudiadas.

En la figura 4.2 se muestra la evolución de las fenofases de las encinas de la parcela de estudio. Para ello se ha establecido la mediana de los estados de las 61 encinas en cada fecha.

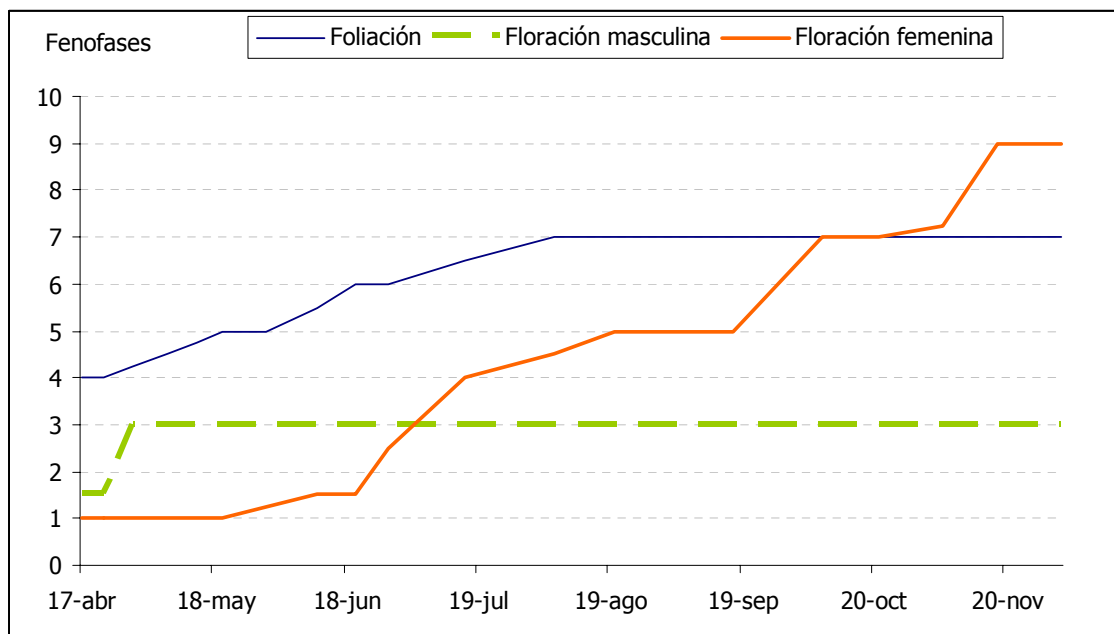


Figura 4. 2. Mediana de la evolución de las fenofases de las 61 encinas de la parcela: foliación, floración masculina y floración femenina. Fenofases foliación: 4=D (desplegándose), 5=D0 (desplegadas, longitud: 1-1,5 (2) cm y coloración verde clara), 6=D1 (longitud: 1,5 - 4 (5) cm, verde clara y textura coriácea) y 7=D2 (hojas con longitud: 1,5 - 4 (5) cm, verde oscuro por el haz y más claro por envés y con textura coriácea). Fenofases floración masculina: 1=A (amentos masculinos visibles con longitud menor de 2 cm), 2=B (amentos con anteras distinguibles cuya longitud es mayor de 2 cm), 3=D (amentos secos). Fenofases floración femenina: 1=A (flores femeninas distinguibles), 2=B (flores receptoras), 3=C (flores con pequeña cúpula escamosa), 4=D (bellota con cúpula entre 1- 1,5 cm), 5=E (longitud de cúpula mayor que longitud de la bellota), 6=F (longitud de bellota igual a longitud de la cúpula), 7=G

(longitud de la bellota mayor a la longitud de la cúpula, 8=H (bellota con tonalidad marrón), 9=I (maduración completa de la bellota).

En cuanto a la evolución de la foliación, a mediados de abril, cuando comenzó el estudio fenológico, las hojas se hallaban en el estado D (desplegándose), y a mediados de agosto se llegó al estado D2 (hoja definitiva). El cambio del estado D a D0 (desplegadas, longitud entre 1-1,5 (2) cm y coloración verde clara) tardó en producirse aproximadamente un mes, desde finales de abril a mediados- finales de mayo. El paso del estado D0 a D1 (longitud definitiva entre 1,5 – 5 cm, coloración verde clara) se produjo de finales de mayo al 20 de junio. El cambio final a hoja adulta, de D1 a D2 (color verde oscuro y textura coriácea) se produjo de finales de junio y se prolongó hasta la segunda quincena de agosto (figura 4.2).

Las flores masculinas ya estaban presentes en la primera visita que se realizó a la parcela, en la que ya se encontraban árboles con amentos. A finales de abril se observó cómo la gran mayoría de amentos que colgaban de los árboles se hallaban secos y vacíos (figura 4.2). Hasta el 22 de abril se encontraron flores masculinas entre los estados A (amentos masculinos visibles con longitud menor de 2 cm) y B (longitud mayor de 2 cm, colgantes). En la última semana de abril, los amentos comenzaron a pasar del estado B, que fue cuando se produjo la liberación de polen, al D (amentos secos, vacíos). El 7 de mayo prácticamente todas las encinas presentaban amentos secos; la temperatura media en esa fecha era aproximadamente de 15 °C (Tabla 3.8).

La floración femenina empezó a mediados de abril y el desarrollo de la bellota finalizó en los meses de noviembre y diciembre, en los cuales se produjo su caída. El 17 de abril las encinas se encontraban en el primero de los estados definidos A (flores femeninas distinguibles, menor que 0,5 cm). A partir de mediados de mayo las flores femeninas fueron creciendo y pasaron al estado B (flores de tamaño aproximadamente 0.5 cm); se hallaron en este estado de desarrollo inicial del embrión hasta finales de junio. Esta fase es importante puesto que las flores femeninas se encontraban receptivas a la polinización. La evolución de la flor femenina se produjo lentamente hasta mediados de junio, fecha en la que la temperatura media mensual era 21,6 °C (capítulo de Material y Metodos, tabla 3.8). Desde principios del mes de julio la temperatura ascendió a 24,6 °C; la línea de evolución de la floración femenina experimenta un cambio de pendiente que correspondió al paso de flor a bellota. La bellota, fue aumentando de tamaño hasta mediados de agosto que permaneció casi un mes con la cúpula mayor que la bellota y sin experimentar apenas crecimiento. Aproximadamente el 20 de septiembre y a lo largo de un mes la bellota experimentó otro crecimiento, alcanzando el estado G a mediados de octubre (longitud de la bellota es mayor que la longitud de la cúpula; la bellota, incluida la cúpula es mayor que 2 cm). Permaneció en este estado todo el mes de octubre, hasta que finalizó su desarrollo en longitud. A lo largo de noviembre y diciembre la bellota terminó su desarrollo en grosor y maduró hasta alcanzar la tonalidad marrón. Entre el 15 de noviembre y el mes de diciembre se produjo la caída de la bellota (figura 4.2).

4.2.1. Foliación

Como se ha expuesto en el apartado anterior, la foliación de la encina se produjo desde abril hasta principios de agosto.

En la tabla 4.2 se recoge la media del crecimiento diario (máximo y medio) de las hojas de la encina. En la misma tabla también se indican las fechas y el número de días en los que las hojas alcanzan el 10%, el 50% y el 90% de su longitud final.

Tabla 4. 2. Crecimiento de las hojas (mm).

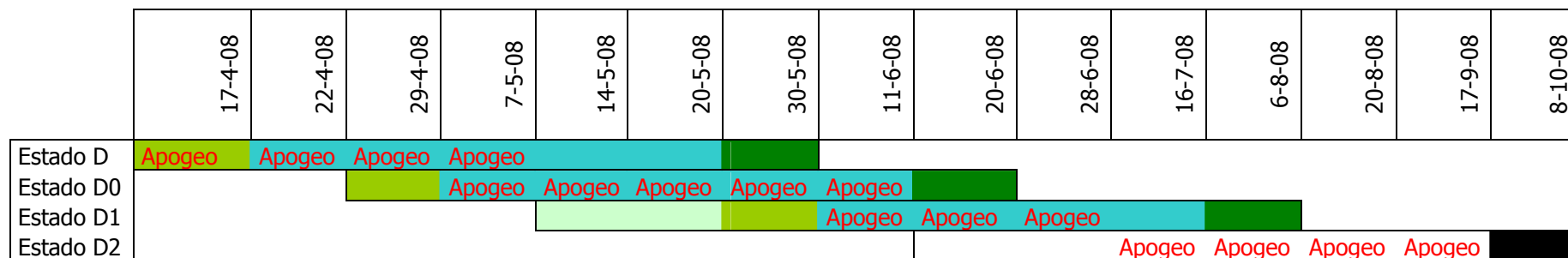
Indicadores de crecimiento	Valores en el año 2008
Crecimiento diario medio (mm/día)	0,66 mm/día
Crecimiento diario máximo (mm/día)	1,36 mm/día
Longitud final de las hojas del primer ciclo (primavera)	40-45 mm
Aparición de las hojas	Sin datos
T0,1- fecha en la que se alcanza el 10% de la longitud final (estado D)	17 Abril
T0,5- fecha en la que se alcanza el 50% de la longitud final (estado D0)	20 Mayo
T0,9- fecha en la que se alcanza el 90% de la longitud final (Estado D1)	20 Junio
Duración T0,1 a T0,5	33 días
Duración T0,5 a T0,9	31 días

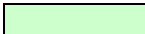
En el cronograma de la foliación de *Quercus ilex* subsp. *ballota* se puede ver que aunque el crecimiento en longitud termina a finales de junio, el desarrollo de la hoja continúa hasta que adquiere la tonalidad verde oscura final a finales de octubre. Para la realización del cronograma se calculó el porcentaje de árboles que había en cada fecha en un estado determinado de foliación. Además, para definir el inicio, fin, apogeo y desarrollo de la hoja, se han seguido los criterios definidos en la leyenda que acompaña al cronograma (Tabla 4.3).


En la figura 4.3 se representa gráficamente el estado de los árboles según su disposición en la parcela de estudio respecto a la foliación en cuatro fechas distintas. Para su elaboración se han tomado las cuatro fechas en las que se encuentran la mayoría de sus árboles para cada estado de foliación: D, D0, D1 y D2 (es decir, el máximo número de encinas que están en estado D se producía el 17 de abril, el máximo número de árboles que se encontraron en D0 se produce el 30 de mayo; y así hasta llegar al último estado).


De esta forma, se puede observar la variación que tienen los distintos árboles en función de su posición en la parcela.

El 17 de abril, fecha en la que se realiza la primera visita de campo, la mayoría de los árboles se encuentran desplegando sus hojas. Sin embargo, a finales de mayo, se observó que la mayoría de las encinas tenían sus hojas en estado D0; es decir, ya se encontraban desplegadas y medían entre 1 y 1,5 cm. En la imagen de la foliación del 30 de mayo (figura 4.3) se ven dos núcleos de encinas cuya foliación fue más rápida que en el resto de las encinas muestreadas; son el grupo en el que están las siguientes encinas: 45, 52, 51, 54 y 55; y el grupo situado al noroeste de la parcela (68 a 76). El 28 de junio hay un máximo de encinas cuya foliación se encontraba en D1 aunque también se encontraron encinas en estados más tempranos y otras con la foliación terminada correspondientes en su mayoría a los dos núcleos anteriores. El 17 de septiembre la mayoría de las encinas ha terminado el desarrollo de sus hojas.


Tabla 4. 3. Cronograma de foliación de *Quercus ilex* subsp. *ballota*

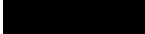
 Más del 20 % de encinas en ese estado

 Inicio (Más del 40% de encinas en ese estado)

 Desarrollo (Periodo en el que la hoja se encuentra entre el inicio y el fin de cada estado fenológico)

 Fin del desarrollo (Menos del 40% de encinas en ese estado)

 Apogeo Más del 50% de encinas en ese estado

 Fin del desarrollo de las hojas (Más del 90% de las encinas en ese estado)

Estado D: hoja desplegándose

Estado D0: hojas ya desplegadas, longitud entre 1-1,5 (2) cm y coloración verde clara

Estado D1: hojas con longitud entre 1,5 – 4 (5) cm, de coloración verde clara y textura coriácea

Estado D2: hojas con longitud entre 1,5 - 4 (5) cm, de color verde oscuro por el haz y más claro por el envés y con textura coriácea y dura

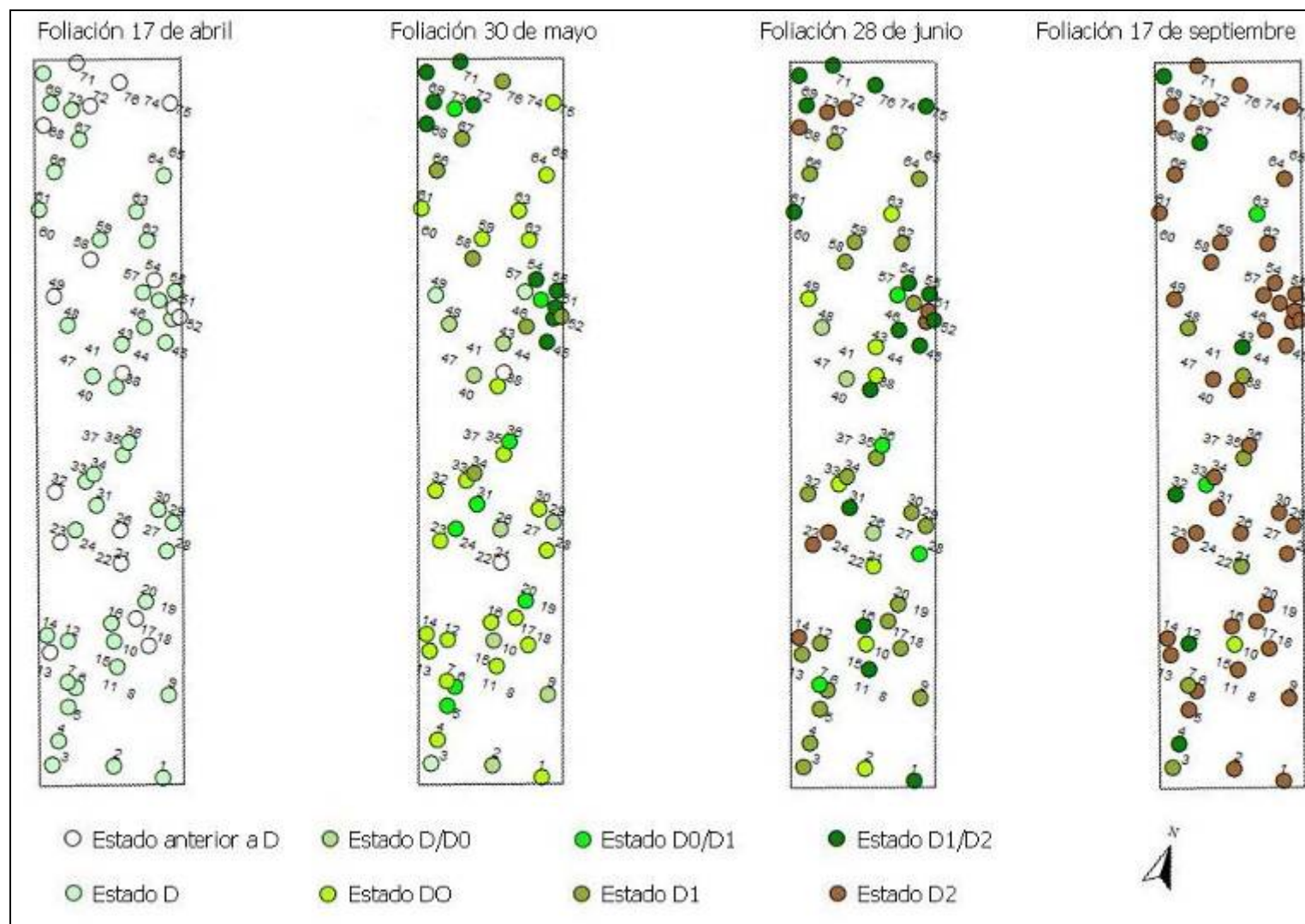


Figura 4.3. Evolución gráfica de la floración masculina desde el estado D al D2. Dehesón del Encinar, 2008.

En la figura 4.4 se puede ver la evolución de los distintos estados de foliación, es decir, el porcentaje de encinas que se encuentran en cada fecha en cada estado.

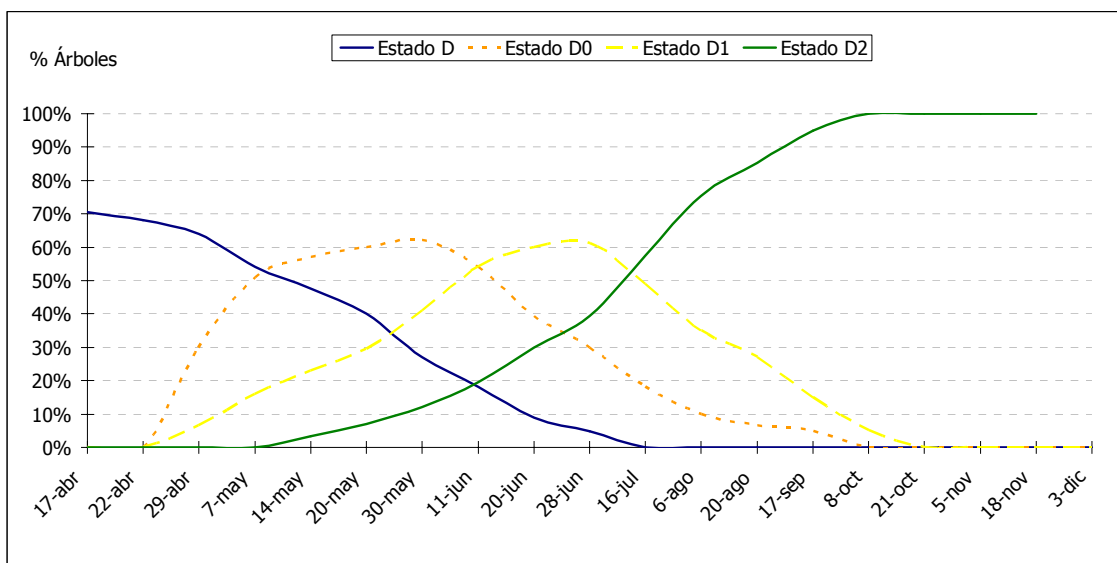


Figura 4. 4. Evolución de las fenofases de foliación: hojas desplegándose (D), hojas de tamaño pequeño y coloración verde clara (D0), hojas de tamaño normal y coloración verde clara (D1), y hojas adultas con coloración verde oscura (D2).

4.2.2. Floración masculina

Como se ha explicado en apartados anteriores, la floración masculina de la encina se produjo en abril. En la tabla 4.4 se indican las fechas entre las que se observó la presencia de cada estado de la floración masculina en las 61 encinas. No se registraron datos de la aparición de los amentos masculinos, puesto que cuando se realizó la primera visita de campo, la mayoría de los pies ya tenían amentos masculinos visibles. Las flores masculinas se secaron en pocas semanas. De ahí que el periodo en el que se produce el crecimiento de los amentos y la liberación de polen haya durado apenas un mes.

Tabla 4. 4. Presencia de los estados de la floración masculina. Primera y última observación

Estado	Fechas	Duración media (días)
Am= Amentos masculinos visibles, L<2 cm	<17/4- 7/5	20
Bm= Se distinguen las anteras, L>2 cm, liberación del polen	17/4- 29/4	12
Dm= Amentos secos, vacíos	17/4- 16/7	90

La figura 4.5 muestra la evolución de las fases de la floración masculina. Entre el 22 y el 30 de abril un 80% de las encinas se hallaron en estado A y B; es decir, hay una sincronización grande para estas etapas de la floración masculina, en un espacio tan corto de tiempo se produjo la mayor parte del desarrollo de estas flores. Un 90% de los pies llegaron a estar, a principios de mayo, con sus amentos secos. Se mantuvieron

secos hasta principios del mes de junio y luego perduraron bastante tiempo en algunos árboles (Figura 4.5).

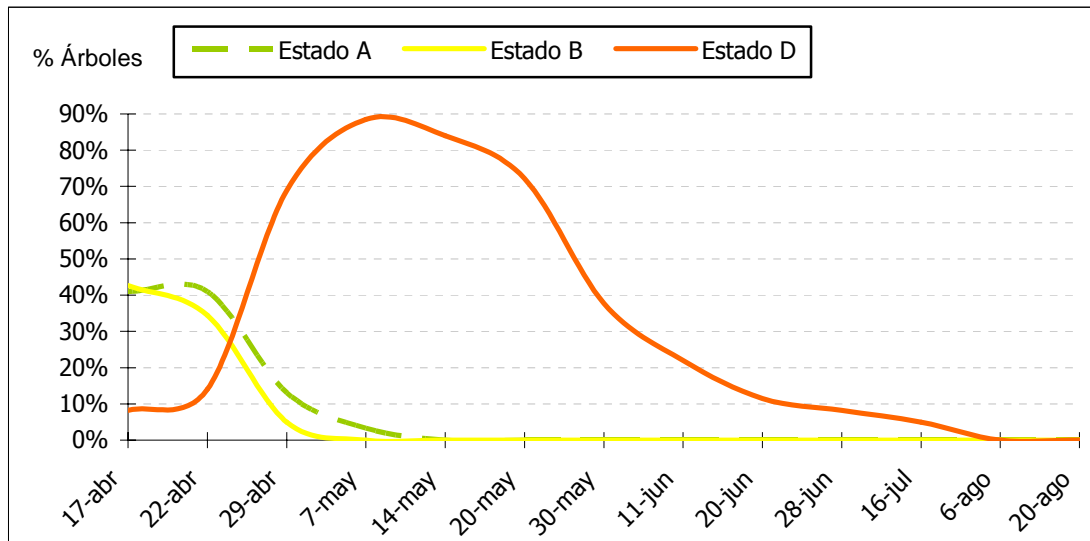


Figura 4. 5. Evolución de las fases de floración masculina: amentos masculinos visibles con longitud menor de 2 cm (A), amentos con anteras distinguibles cuya longitud es mayor de 2 cm (B) y amentos secos (D).

El cronograma de la floración masculina se ha realizado usando la misma metodología que el de foliación (tabla 4.5).

Tabla 4.5. Cronograma de los estados de floración masculina.

	17-04-08	22-4-08	29-4-08	7-5-08	14-5-08	20-5-08	30-5-08	11-6-08
Estado A	Apogeo	Apogeo						
Estado B	Apogeo							
Estado D			Apogeo	Apogeo	Apogeo	Apogeo		

Inicio (Más del 30% de encinas con flores masculinas en ese estado)

Fin (Menos del 30% de encinas con flores masculinas en ese estado)

Desarrollo (Periodo en el que las flores se encuentran entre el inicio y el fin de cada estado fenológico)

Apogeo Más del 40% de encinas con flores masculinas en ese estado.

Estado A_m: amentos masculinos visibles con longitud menor de 2 cm

Estado B_m: amentos masculinos con una longitud mayor de 2 cm, colgantes; flores en antesis

Estado C_m: amentos secos, vacíos

En la figura 4.6 se representa el estado de las encinas de la parcela en dos fechas distintas separadas únicamente por 20 días. La primera imagen corresponde a la primera visita realizada al Dehesón del Encinar, en ella se ve que la floración masculina ya ha comenzado y que hay árboles en estado A y B; las encinas ya tienen amentos

con longitud mayor y menor de 2 centímetros, y algunas ya están en proceso de liberación de polen (estado B). El siete de mayo, veinte días más tarde, se observa que casi todos los árboles tienen los amentos de sus flores secos.

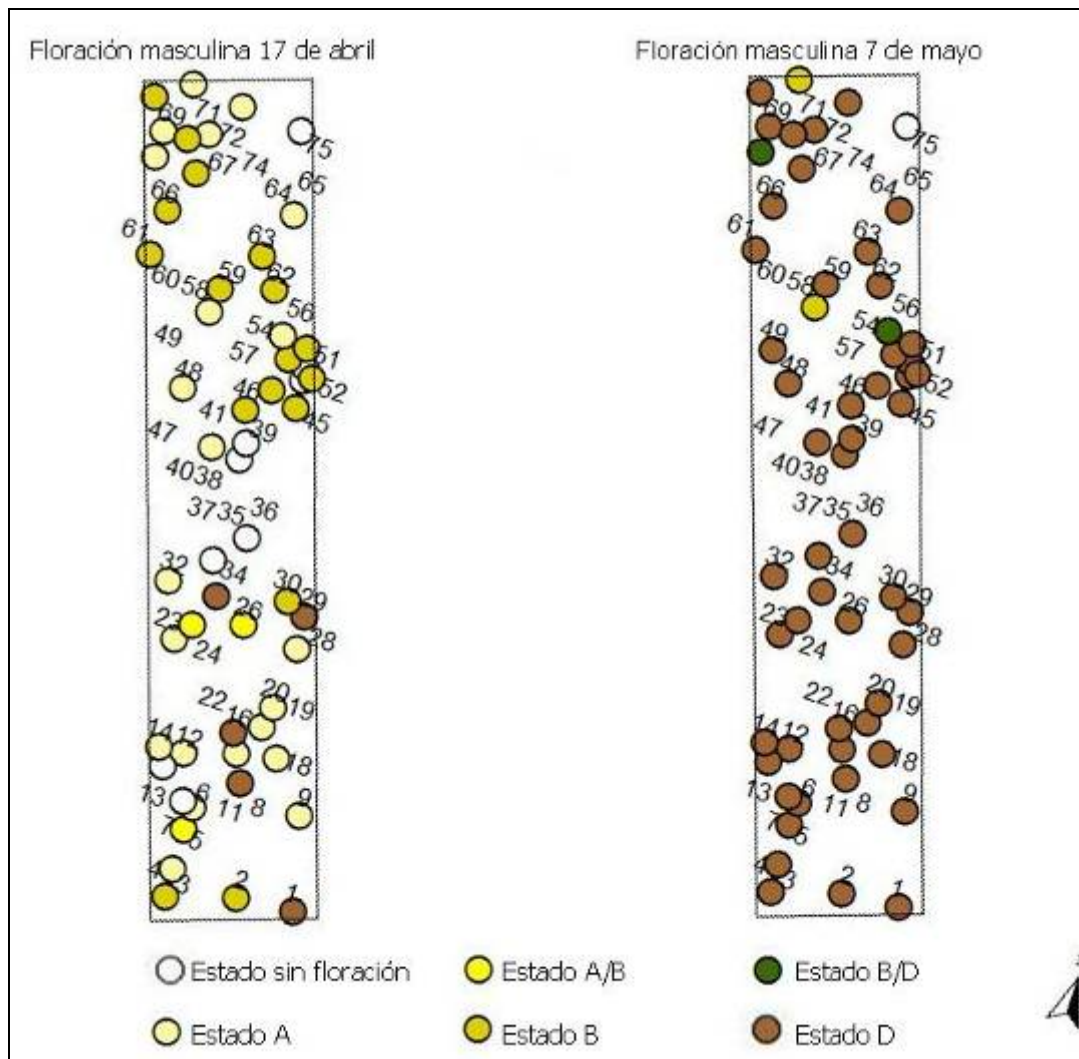


Figura 4.6. Evolución gráfica de la floración masculina desde el estado A al D. Dehesón del Encinar, 2008.

4.2.3. Floración femenina

Como se ha explicado en apartados anteriores, la floración femenina se produce desde principios de mayo hasta principios de julio. Posteriormente se produce la formación de la bellota que acaba madurando en octubre y noviembre.

En la tabla 4.6 se indican las fechas entre las que se observó la presencia de cada estado fenológico y la duración de cada fase en las 61 encinas. Se recogen las fechas de la primera encina (de las 61) que presenta flores en un determinado estado y la fecha de la última encina que finaliza dicho estado.

En abril, cuando empezaron los muestreos, ya había flores femeninas en el estado A. La encina 55, presenta un comportamiento anómalo al resto de las encinas: el desarrollo de su cúpula sufrió un parón en el estado C hasta el 21 de Octubre; con lo

que su duración total en ese estado se alargó a 144 días. Sí se quita ese pie, la última fecha en la que se vieron bellotas en ese estado fue el 6 de agosto; por tanto la duración en el estado C sería de 68 días, que es más parecida a la de los demás estados.

Tabla 4. 6. Primera y última presencia observada de los estados A-I en las 61 encinas (fechas de inicio y fin de cada estado floral de la flor femenina y bellota).

Estado	Fechas	Duración (días)
Af= Flores femeninas distinguibles	<17/4 -28/6	72
Bf= Receptividad: pistilos y estilos distinguibles	29/4 -16/7	78
Cf= Pequeña cúpula escamosa visible	30/5 -21/10	68
Df= Longitud bellota, con cúpula incluida, entre 1-1,5 cm	28/6 -17/9	81
Ef= Longitud cúpula>longitud bellota	6/8 - 17/9	42
Ff= Longitud bellota =longitud cúpula	20/8 – 21/10	62
Gf= Longitud bellota>longitud cúpula	8/10 – 18/11	41
Hf= Bellota con tonalidad marrón por ataque de hongo	8/10 – 18/11	41
If= Bellota madura.	18/11 – s.d.	s.d.

Nota: La bellota permaneció en el estado I hasta que cayó del árbol. Como las salidas de campo finalizaron antes de que terminase la caída de la bellota (a finales del año 2008), no se pudo determinar el fin de este estado. s.d. = sin datos

En la tabla 4.7 se presentan los crecimientos diarios medios y máximos de la flor/bellota, las fechas en las que se alcanza el 10%, 50% y 90% de la longitud total de la bellota y la duración del intervalo entre los dichos valores.

Tabla 4. 7. Crecimiento de las flores femeninas y de las bellotas (mm).

Indicadores de crecimiento	2008
Crecimiento diario medio (mm/día)	0,16
Crecimiento diario máximo (mm/día)	0,22
Incremento total	30
T _{0,1} - fecha de alcanzar 0,1 de la longitud total	22 Abril
T _{0,5} - fecha de alcanzar 0,5 de la longitud total	20 Agosto
T _{0,9} - fecha de alcanzar 0,9 de la longitud total	21 Octubre
Duración T _{0,1} a T _{0,5} (días)	120
Duración T _{0,5} a T _{0,9} (días)	62

En la figura 4.7 se indica la evolución en el tiempo de los estados fenológicos de la floración femenina y de la maduración de la bellota, representando el porcentaje de árboles que está en cada fase. Las fases que más se dilatan en el tiempo son las de la floración (A y B: flores femeninas distinguibles y receptivas); siendo más cortas o rápidas las etapas de fructificación o formación de la bellota.

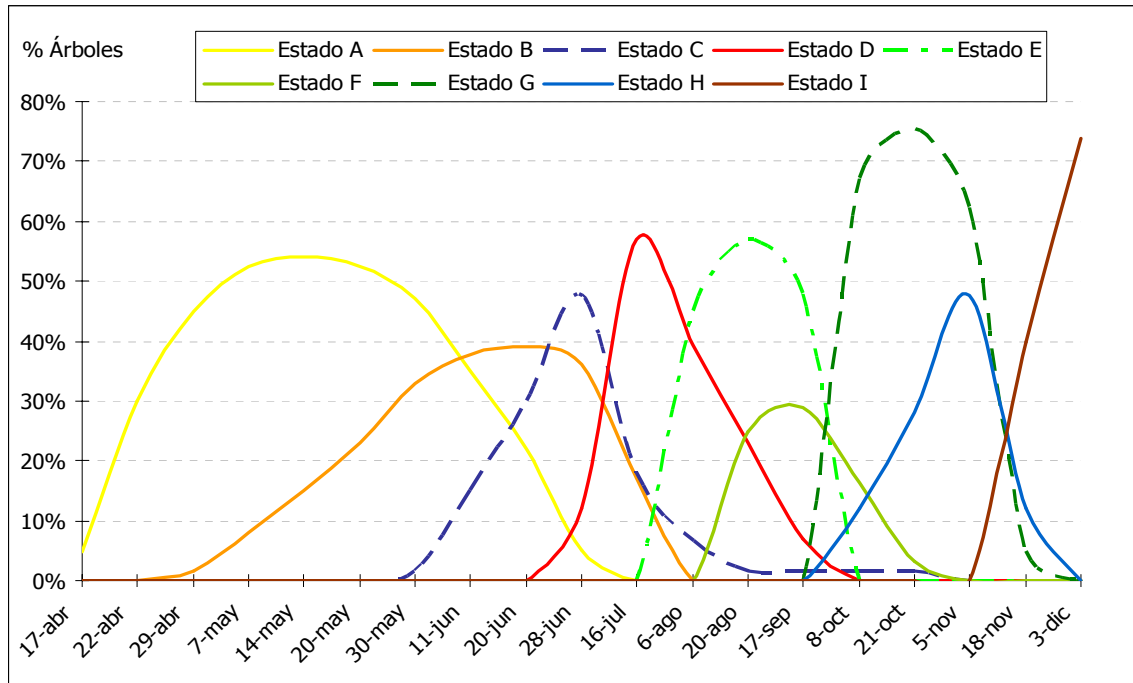


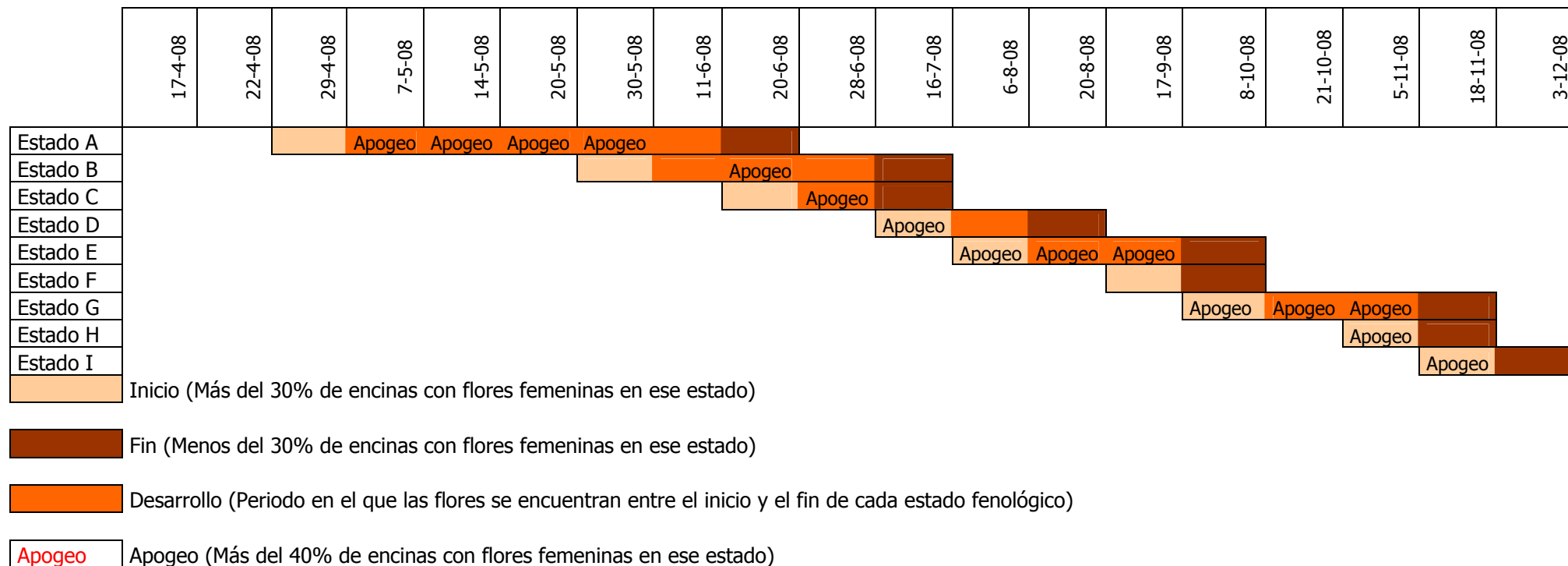
Figura 4. 7. Evolución de las fases de floración femenina: flores femeninas distinguibles (A), flores receptivas (B), flores con pequeña cúpula escamosa (C), bellota con cúpula entre 1- 1,5 cm (D), longitud de cúpula mayor que longitud de la bellota (E), longitud de bellota igual a longitud de la cúpula (F), longitud de la bellota mayor a la longitud de la cúpula (G), bellota con tonalidad marrón por ataque de hongo (H) y bellota madura (I).

El cronograma para la floración femenina se realizó de igual forma que los de foliación y foliación masculina (tabla 4.8).

La figura 4.8 relaciona la posición en la parcela con los valores de los estados fenológicos de la floración femenina para cuatro fechas distintas. Para su realización se han considerado importantes las fechas que abarcan desde que la flor se hace distinguible (estado A), hasta que empieza el desarrollo del embrión (estado D), en el que ya se distingue una pequeña bellota. En las últimas fechas otoñales en las que se hace el seguimiento de la bellota, el crecimiento aumenta rápidamente, y el cambio de un estado a otro en casi todos los árboles se produjo de forma muy pareja.

El 14 de mayo la mayoría de las encinas tenían flores femeninas distinguibles aunque todavía muy pequeñas. Casi un mes más tarde (11 de junio) salvo tres encinas que se encontraron con la floración más avanzada (estado B/C), la mayoría se encontraban en los estados A y B; y algunas se mostraban receptivas. A finales de junio, la mayoría de las flores habían sido polinizadas y el embrión se estaba desarrollando. En la parte noroeste de la parcela; hay un grupo de encinas que todavía se encontraban con sus flores en estado B; paradójicamente el mismo grupo que presentó una foliación avanzada. El 17 de julio prácticamente todas las encinas se hallan con pequeñas bellotas, de las cuales empieza a sobresalir la bellota verde.

Tabla 4. 8. Cronograma de los estados de floración femenina.



Estado A_f: Flores femeninas distinguibles, menor que 0,5 cm

Estado B_f: Flores de tamaño aproximadamente 0.5 cm

Estado C_f: Pequeña cúpula escamosa visible; la cúpula envuelve casi por completo a la bellota y mide entre 0,5 y 1 cm,

Estado D_f: longitud de la bellota con cúpula mide entre 1- 1,5 cm

Estado E_f: longitud de la cúpula es mayor que la de la bellota; tamaño de la bellota con cúpula entre 1,5- 2 cm

Estado F_f: longitud de la bellota es igual a la longitud de la cúpula

Estado G_f: La longitud de la bellota es mayor que la longitud de la cúpula; la bellota, incluida la cúpula es mayor que 2 cm

Estado H_f: La bellota deja de crecer en longitud por ataque de insectos; adquiere tonalidad marrón

Estado I_f: Bellota madura

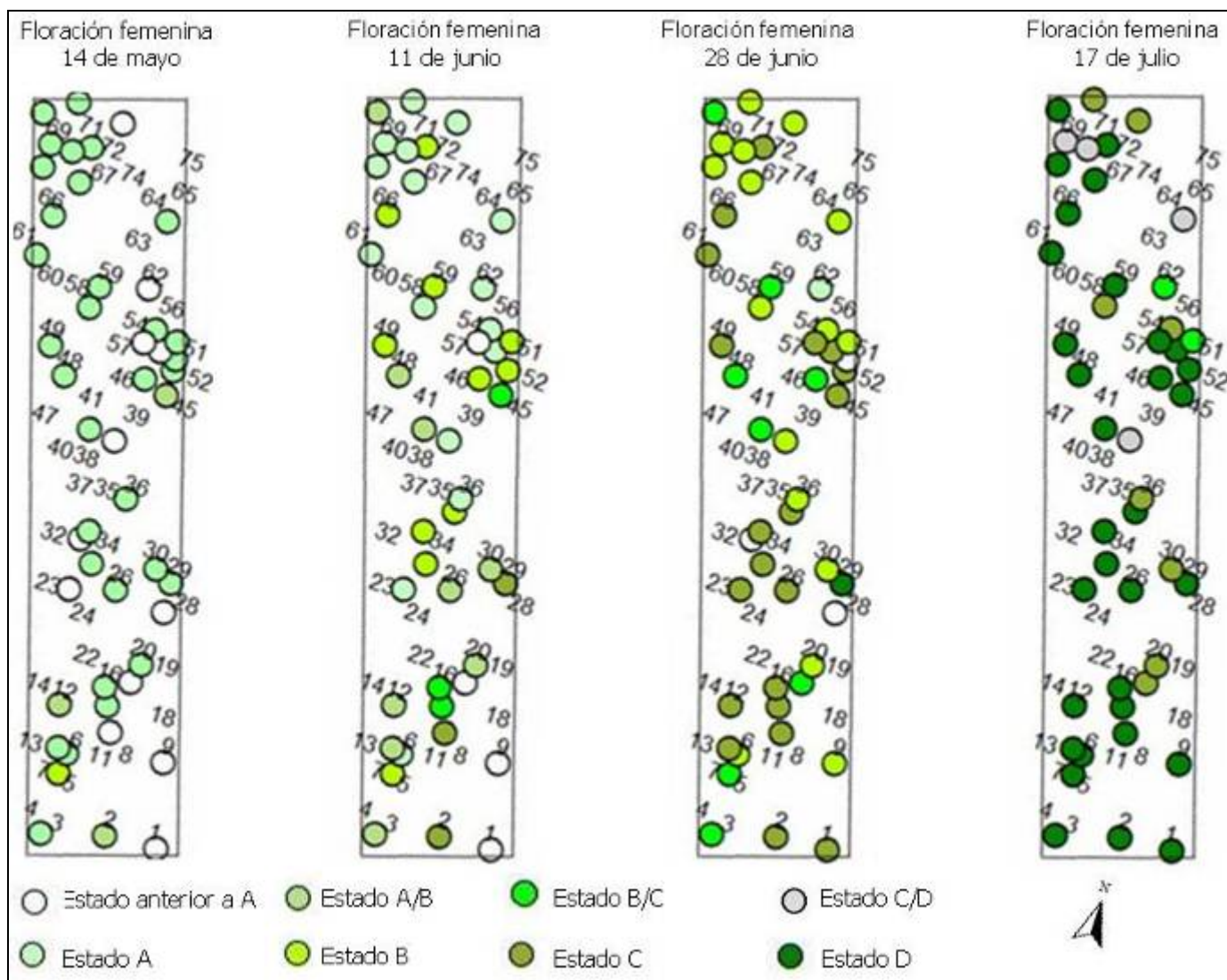
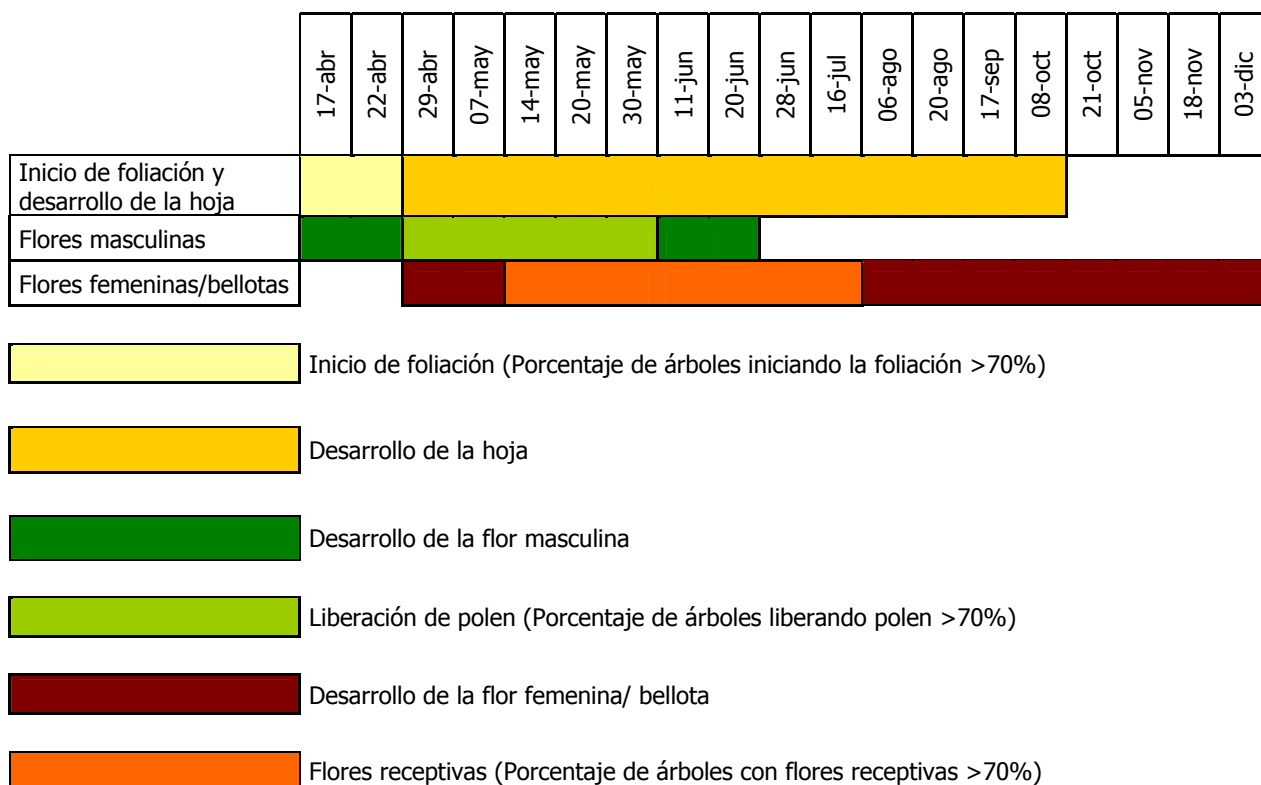


Figura 4.8. Evolución gráfica de la floración femenina desde el estado A al D. Dehesón del Encinar, 2008.

4.2.4. Calendario conjunto para los procesos observados

La tabla 4.9 muestra un cronograma de los procesos de fenología: foliación, floración masculina y floración femenina; y también los periodos determinantes para el desarrollo de ellos: inicio de la foliación, liberación de polen de flores masculinas y recepción de polen por las femeninas.

Tabla 4. 9. Calendario de la fenología de *Quercus ilex* subsp. *ballota* en la parcela de El Dehesón del Encinar, 2008.



4.3. Estudio detallado de la fenología en encinas y alcornoques

El estudio detallado de la fenología, se ha realizado en 3 encinas (Encinas nº: 43, 45 y 46) y en dos alcornoques (A y A1). En ellos, se ha hecho un seguimiento pormenorizado de las fenofases de foliación y floración masculina y femenina; longitud del brote del 2008, número de hojas y número de yemas en 3 ramillos con orientación norte y en 3 ramillos con orientación sur en cada árbol. En el alcornoque A únicamente se hace el seguimiento de los ramillos orientados al este, los únicos alcanzables desde el suelo.

De esta manera, se han intentado establecer diferencias entre los ramillos situados en las diferentes orientaciones y también entre las distintas especies.

4.3.1. Variables descriptivas del crecimiento vegetativo: *Elongación de brotes, nº de hojas y nº de yemas*

En este apartado se exponen los resultados de los datos relativos al alargamiento de los brotes: longitud de brote de 2008, número de hojas y número de yemas de los 27 ramillos muestreados en las encinas y los alcornoques.

Los promedios de las variables características del crecimiento de los brotes de las encinas y de los alcornoques se reflejan en la tabla 4.10: crecimientos medios y máximos, longitudes finales y tiempos cuantiles.

Tabla 4. 10. Medias de las variables características del crecimiento de los 27 brotes: 9 brotes encina S, 9 brotes encina N y 9 brotes alcornoque (todas orientaciones) (mm).

	Brotes encina Sur	Brotes encina Norte	Brotes alcornoque
Longitud inicial brote 2007	109,8	97,8	85,1
Crecimiento diario medio (mm/día)	0,4	0,6	0,9
Crecimiento diario máximo (mm/día)	0,5	0,9	1,4
Incremento total	55	42, 2	147,3
Longitud primer ciclo (brote de primavera)	31,2	35,4	80,3
Longitud segundo ciclo (brote de verano)	16,9	Dato perdido	50,7
Longitud final del brote	164,8	140	232,4
T0,1- fecha de alcanzar 0,1 de la longitud total	27 Abril	28 Abril	4 Mayo
T0,5- fecha de alcanzar 0,5 de la longitud total	8 Junio	17 Mayo	16 Junio
T0,9- fecha de alcanzar 0,9 de la longitud total	10 Septiembre	9 Julio	11 Octubre
Duración T0,1 a T0,5 (días)	42 días	19 días	42 días
Duración T0,5 a T0,9 (días)	94 días	53 días	118 días

La figura 4.9 ilustra la diferencia que hay entre el crecimiento de los ramillos de especies distintas y entre los ramillos que tienen distinta orientación. Se ha agrupado toda la información referente a los ramillos de alcornoque ya que la boca del ganado acabó con parte de la muestra, ya por si escasa, reduciéndose el número de ramillos estudiados a nueve en tres orientaciones. El crecimiento en longitud de los ramillos fue máximo en la segunda mitad de abril aunque duró toda la primavera, se detuvo en julio ya en pleno estío; en el caso del alcornoque se prolongó suavemente a partir de esa fecha. Este patrón de crecimiento hasta julio fue común en el caso del número de hojas formadas en estos ramillos. En el caso de la encina, donde contamos con un número suficiente de ramillos identificados, se detectan diferencias claras entre orientaciones de la copa, con crecimiento y número de hojas superiores en las ramas orientadas al sur.

El número de yemas anotadas en los árboles no sigue el mismo patrón que la longitud de brote y el número de hojas. El mayor número de yemas registrado no corresponde con los ramillos de alcornoque, sino con los ramillos de encina de orientación sur. A partir de principios de julio el número de yemas registradas en los ramillos de las

encinas con orientación sur aumenta notablemente. Los ramillos de encina con orientación norte son los que menos crecen en las tres variables medidas.

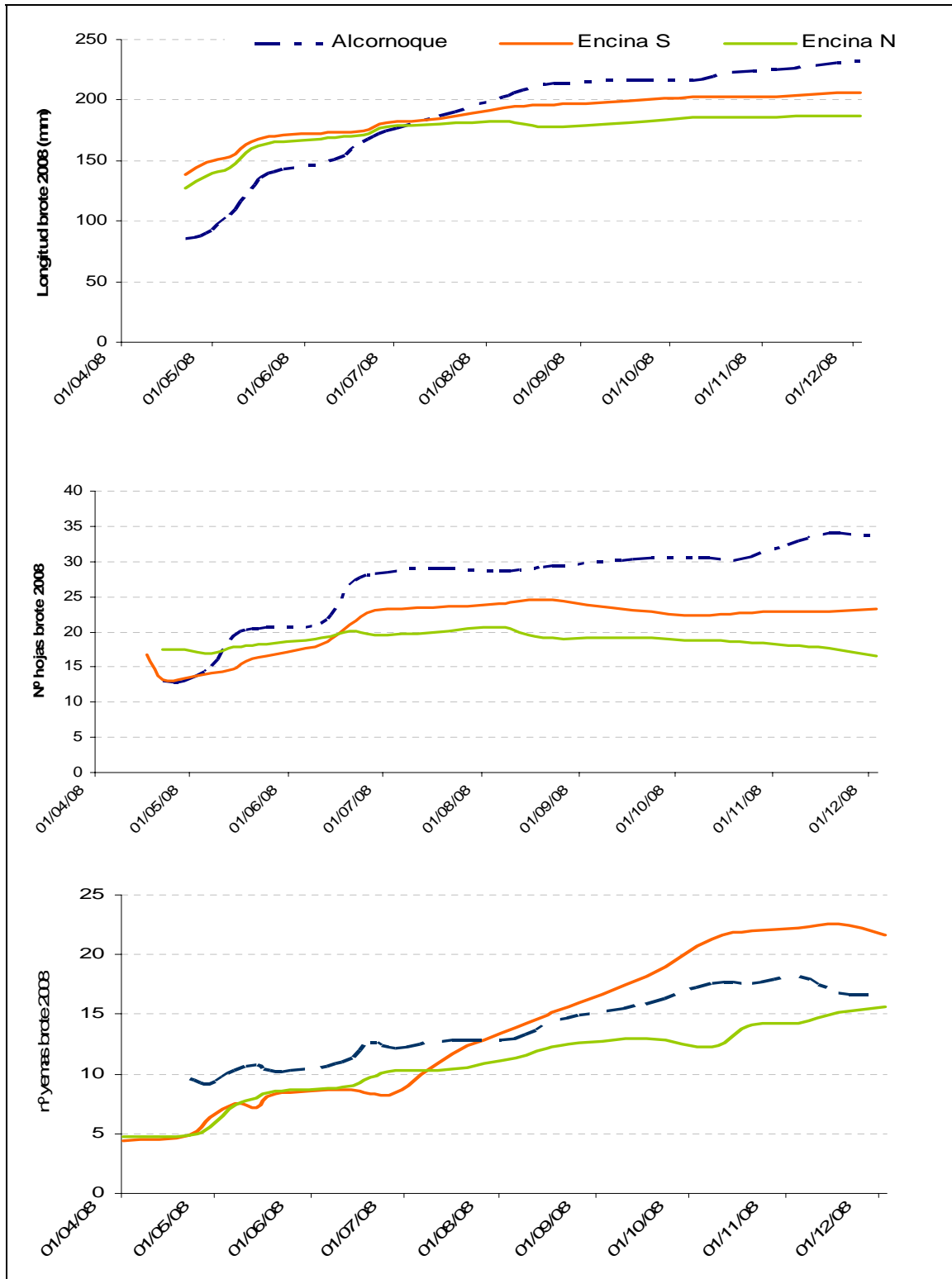


Figura 4. 9. Crecimiento en longitud, número de hojas y número de yemas en brotes de 2008 en alcornokes y encinas (ramillos con orientación sur o norte y de forma conjunta en alcornoque).

En la figura 4.10 se refleja el crecimiento medio diario para los ramillos del 2008 con orientación norte y sur de la encina y para los del alcornoque, en función de la integral térmica. El primer eje "y" representa la media diaria de grados día entre dos visitas consecutivas a la parcela. El segundo eje "y" muestra el crecimiento medio diario de los ramillos (mm).

Las dos escalas elegidas para representar el crecimiento medio diario de los brotes de encina y alcornoque $(L_i - L_{i-1}) / (t_i - t_{i-1})$ y la media diaria de los grados día sumados en el mismo intervalo $(\sum d_i - \sum d_{i-1}) / (t_i - t_{i-1})$ no deja ver una relación muy clara entre ambas variables con lo que respecta a los ramillos de encina. Sin embargo, entre el crecimiento entre los ramillos del alcornoque y los $\sum d$ diarios, sobre todo a partir del 20 de junio y hasta principios de noviembre; sí se puede ver una evolución afín.

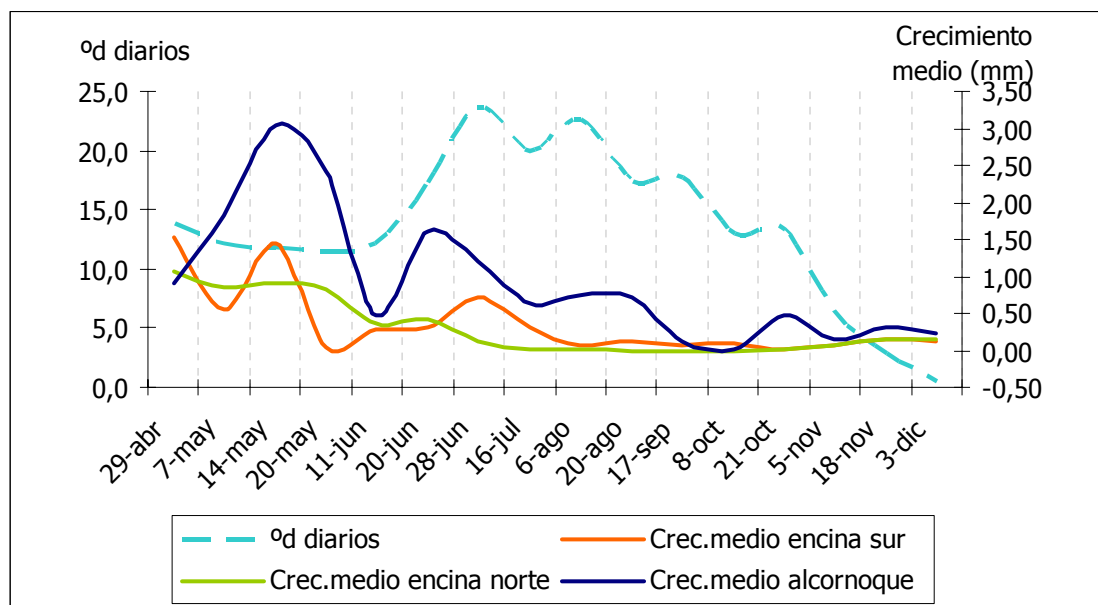


Figura 4.10. Crecimiento medio diario de los brotes de encina (con orientación sur y norte) y alcornoque (todas las orientaciones) y media diaria de grados día con $t_0 > 5^\circ\text{C}$.

4.3.2. Foliación del estudio de fenología detallado

En este apartado se presentan los resultados pertenecientes a la evolución de las fenofases de foliación de los 27 ramillos. Se muestra la evolución de las fases en las distintas especies y en las orientaciones norte y sur (en algún caso el este) de cada ramillo marcado (Figura 4.11).

Los ramillos que presentan una evolución más temprana son los de la encina nº 46 con orientación sur; sin embargo en los ramillos de esa misma encina situados al norte no se produce una nueva foliación (no nacieron hojas nuevas). Posteriormente se desarrollan las hojas de alcornoque por este orden: primero los ramillos situados al este, luego los situados al sur y más tarde los del norte. Finalmente, se produce la foliación de las encinas nº 43 y nº 45, en las que la evolución fue anterior en los ramillos del lado norte (exceptuando el ramillo 43 N-A) que en los del sur (Figura 4.11).

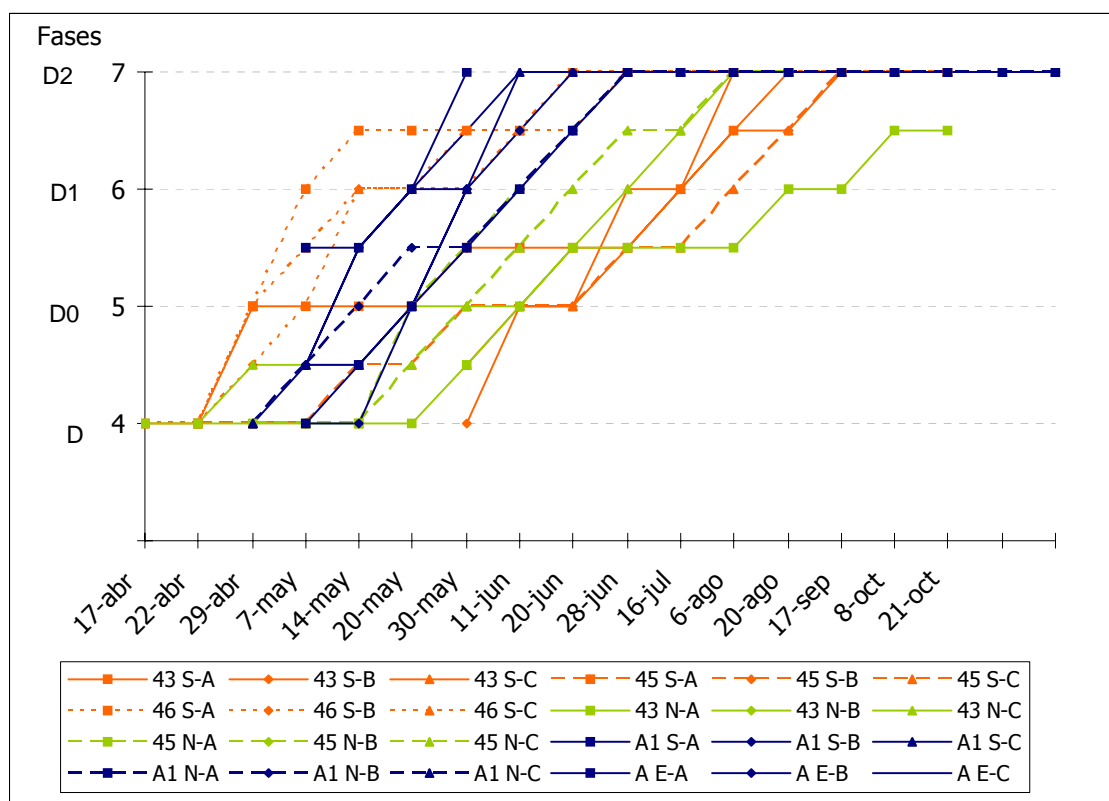


Figura 4.11. Evolución de las fases de la foliación en los ramillos (A, B y C) de las encinas: 43, 45, 46, en las orientaciones norte y sur (verde y naranja), y en los alcornoques: A y A1 (azul). Fenofases foliación: 4= D, desplegándose; 5= D0, desplegadas, longitud: 1-1,5 (2) cm y coloración verde clara; 6= D1, longitud: 1,5 - 4 (5) cm, verde clara y textura coriácea y 7 = D2, hojas con longitud: 1,5 - 4 (5) cm, verde oscuro por el haz y más claro por envés y con textura coriácea.

4.3.3. Floración masculina y femenina del estudio de fenología detallado

En la figura 4.12 se presenta la evolución de las flores masculinas de los ramillos que tuvieron floración, que se limitan a 12 de los 27 estudiados. La única encina que tuvo flores en sus ramillos de orientación norte es la nº 45; aunque la muestra es limitada, se podría aventurar que en sus ramillos la floración es algo más tardía que en los de orientación sur, puesto que cuando se realiza la primera visita de campo los amentos son menores de 2 cm.

En ese momento, la mayoría de los ramillos con orientación sur ya se encontraban en la fase 2, es decir, con amentos mayores de 2 cm y liberando polen.

En los dos alcornoques muestreados la floración masculina comienza con posterioridad a la floración de las encinas, entre uno y dos meses después. En el alcornoque A1, las flores masculinas se cayeron antes de llegar al estado 3, por eso su fenofase finaliza en 2. La flor masculina del alcornoque A lleva una diferencia en su floración respecto a los ramillos de encina de dos meses.

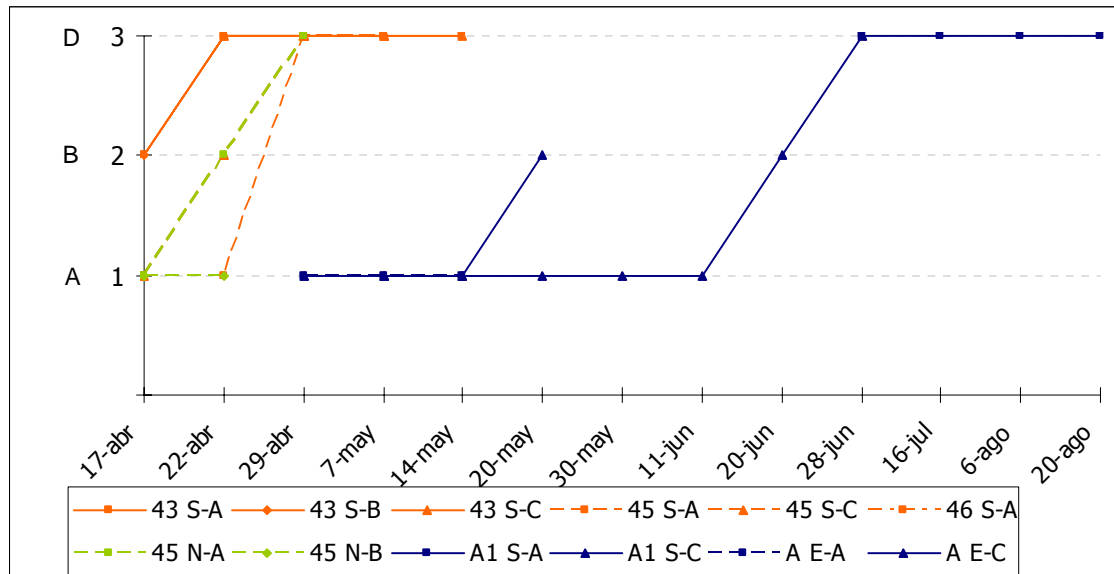


Figura 4.12. Evolución de las fases de la floración masculina en los ramillos (A, B y C) de las encinas: 43, 45, 46, en las orientaciones norte y sur (verde y naranja), y en los alcornoques: A y A1 (azul). Fenofases floración masculina: 1= A, amentos masculinos visibles con longitud menor de 2 cm; 2= B, amentos con anteras distinguibles cuya longitud es mayor de 2 cm; 3= D, amentos secos.

En los ramillos seleccionados de encina no hubo floración femenina. Las flores femeninas de alcornoque se desarrollaron lentamente durante la primavera y el verano. A mediados de noviembre el crecimiento de las flores femeninas se interrumpió en los estados 1, 2 y 3 (figura 4.13). Esto viene a coincidir con el ciclo bianual del alcornoque en el que la flor femenina permanece en letargo durante el primer año para iniciar su fecundación en la primavera siguiente.

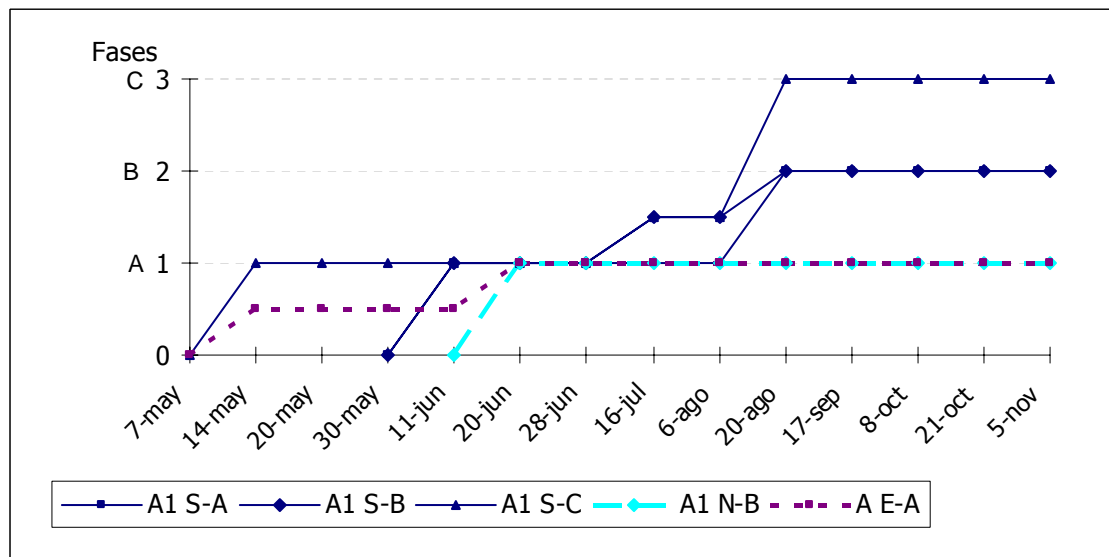


Figura 4.13. Evolución de las fases de la floración femenina en los ramillos de los alcornoques: A y A1. Fenofases floración femenina: 1=A, flores femeninas distinguibles; 2=B, flores receptivas; 3=C, flores con pequeña cúpula escamosa.

4.4. Relación con los factores ecológicos

En este apartado se muestran los resultados de los análisis que se han realizado para establecer la relación entre las variables del medio físico y del arbolado con las variables fenológicas medidas.

Para ello es importante recordar cuáles han sido las variables medidas. Respecto a las características del arbolado se midió el diámetro, la superficie de copa y la producción de bellota de cada árbol; como variables del medio físico se han considerado las variables meteorológicas y la posición de los árboles en la parcela.

En el punto 4.4.1 se expone la relación que se ha detectado entre las variables meteorológicas y las fases determinantes de la fenología. Para hacerlo, primero se relaciona la temperatura con las variables fenológicas, mediante la integral térmica. Luego se establece una relación entre la precipitación y las fases más importantes de la fenología.

En el segundo apartado (4.4.2) se analiza la relación entre las características del arbolado y la posición en la parcela, con los grados día de los períodos más importantes de la fenología (inicio de foliación, liberación de polen y flores receptivas).

4.4.1. Relación con variables meteorológicas

a. Relación con la temperatura mediante la integral térmica

En las siguientes figuras (4.14, 4.15 y 4.16) se estudian las tres fases más importantes de la fenología de la encina tomando como base la integral térmica. En el eje "y" se representa el porcentaje de encinas que iniciaron la foliación (figura 4.14); el porcentaje de flores masculinas que liberaron polen (figura 4.15) y el porcentaje de flores femeninas que se encontraron receptivas (figura 4.16); y en el eje "x", los grados día que fueron necesarios para alcanzar dichos estados. Como se explica en el capítulo 3 (Material y métodos), los grados día corresponden a la cantidad de calor por encima de cierto umbral de actividad fisiológica, que se ha producido entre dos fechas.

Los grados día ($^{\circ}\text{d}$) se separan en intervalos. En la figura 4.14 los intervalos van de 100 en 100, desde el valor de 400 $^{\circ}\text{d}$ al de 700 $^{\circ}\text{d}$ (pertenecen al lapso de tiempo que va del 17 de abril al 20 de mayo). Entre este intervalo se produce el inicio de la foliación. Entre los 400 y los 500 $^{\circ}\text{d}$ el 80% de las encinas iniciaron la foliación; estos grados día se corresponden a la segunda quincena del mes de abril.

Los intervalos de la figura 4.15 mantienen una separación de 25 $^{\circ}\text{d}$. La pequeña diferencia entre los 400 y los 450 $^{\circ}\text{d}$ explica el corto intervalo de tiempo en el que las flores masculinas liberaron su polen. Estos grados día corresponden con la semana del 17 al 22 de abril. El 60% de las encinas liberaron polen en los días más cercanos al 17 de abril, mientras que el 40% restante lo hicieron cinco días más tarde.

La figura 4.16 expone el amplio periodo en el que las flores femeninas se encontraron receptivas. En este caso la suma de grados día queda dividida en intervalos de 200 $^{\circ}\text{d}$. El 35% de las encinas tuvieron sus flores femeninas receptivas cuando la suma de

grados día llegó a 800-1000 °d (primeras semanas de junio). Más del 25% de las flores recibieron el polen entre los 1200 y los 1400 °d (primera semana de julio).

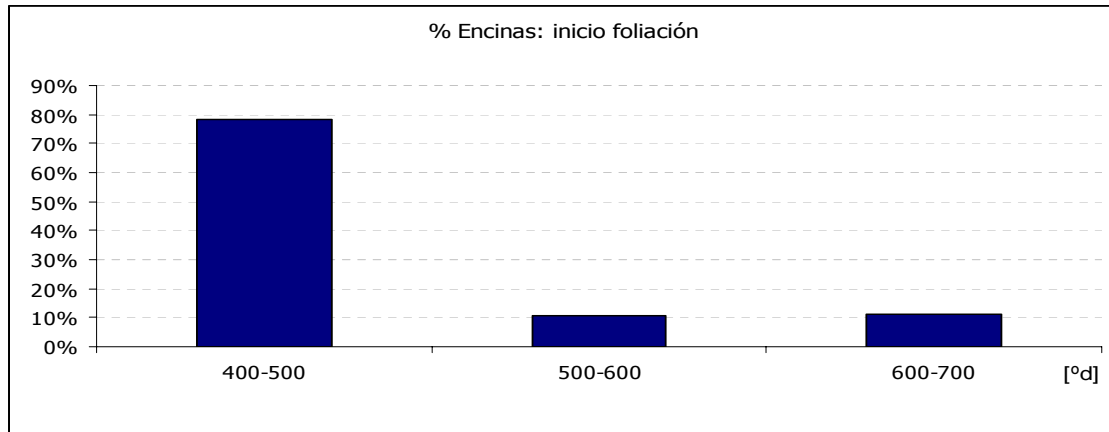


Figura 4. 14. Porcentaje de encinas que iniciaron la foliación en función de la suma de grados día.

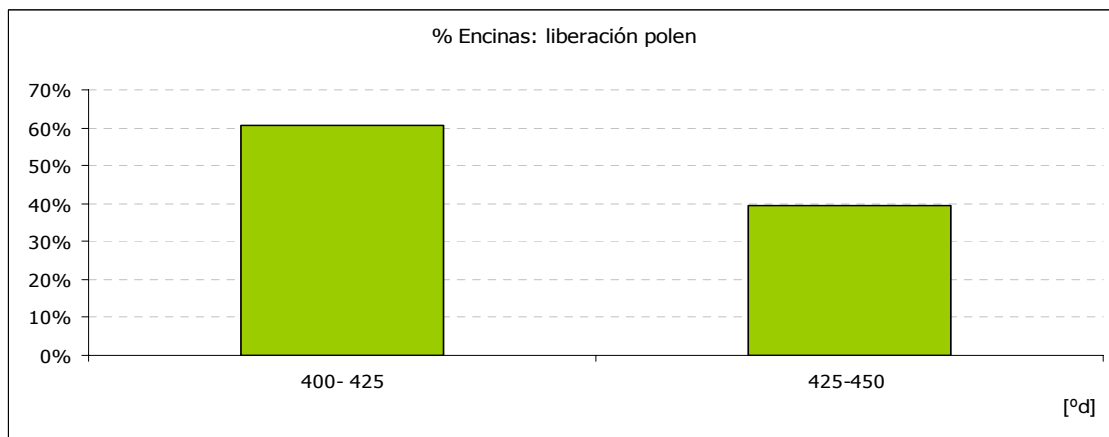


Figura 4. 15. Porcentaje de encinas que liberaron polen en función de la suma de grados día.

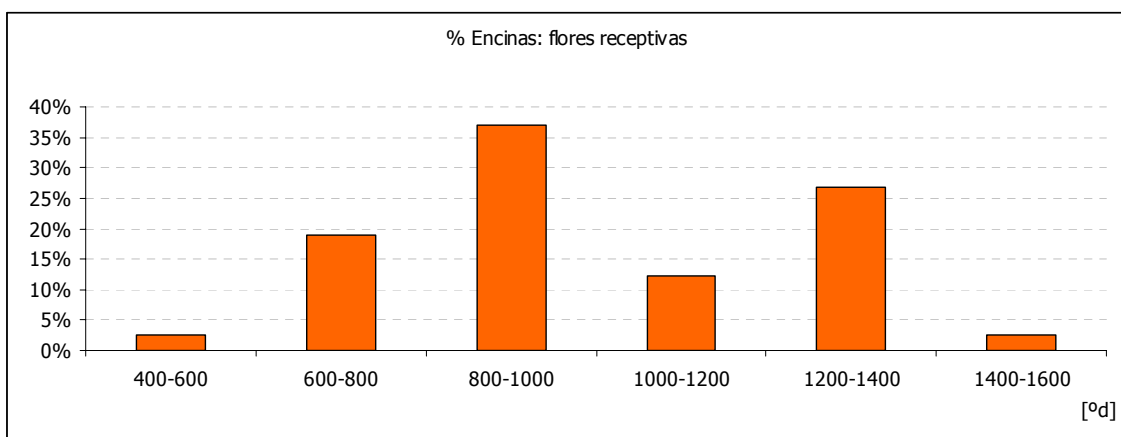


Figura 4. 16. Porcentaje de encinas que mostraron flores receptivas en función de la suma de grados día.

En la figura 4.17 se muestra el crecimiento medio de las hojas de las encinas en función de la suma de grados día. El eje "y" representa el porcentaje de la longitud final que van alcanzando las hojas. El 25% representa el momento en el que las hojas

alcanzaron la cuarta parte de su longitud final; el 50% representaría el momento en el que las hojas midieron la mitad de su longitud final (2 cm); hasta alcanzar el 100% que corresponde al tamaño final que tomaron las hojas (4 cm).

Como se puede observar, el desarrollo de las hojas sigue una función logarítmica, en la que a partir de los 1000 °d se ralentizó el crecimiento (las hojas habían llegado al 70% de su crecimiento) y a partir de los 2000 °d (principios de agosto) apenas crecieron.

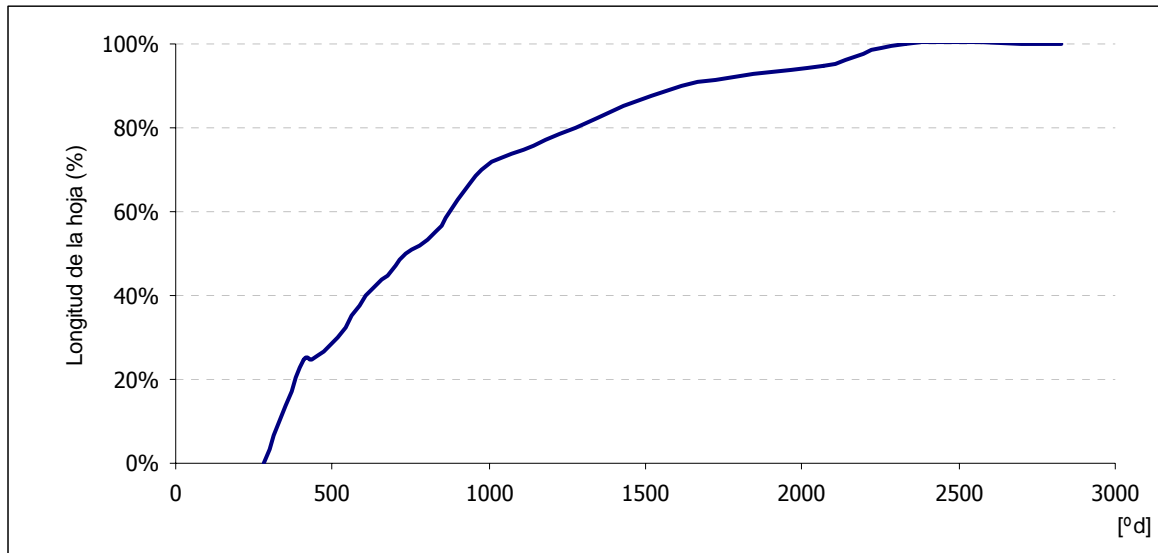


Figura 4.17. Desarrollo de la longitud de la hoja (%) en función de la suma de grados día (Temperatura umbral > 5° C)

La figura 4.18 representa el desarrollo de las bellotas en función de la suma de grados día. En este caso, el 100% correspondería al momento en el que las bellotas terminan su maduración; el 50% al momento en que las bellotas está en la mitad de su desarrollo, etc.

Se muestra el rápido crecimiento de la flor femenina entre los 1000 °d y los 2000 °d; estos grados día corresponden a los meses de junio y julio que fue cuando la temperatura media comenzó a subir hasta valores aproximados de 25° C (figuras 3.14 y 3.15), que es cuando se pasó de flor femenina a bellota. Cuando la suma de grados día ascendió a los 2000 °d y, hasta los 2500 °d se detiene el crecimiento de la bellota, correspondiendo con los meses de agosto y septiembre. Y es a partir de los 3000 °d y hasta los 3400 °d (octubre y noviembre), cuando la bellota termina de desarrollarse aumentando su velocidad de crecimiento; esta última parte del desarrollo corresponde más a un aumento en grosor que al incremento en longitud (Figura 4.18).

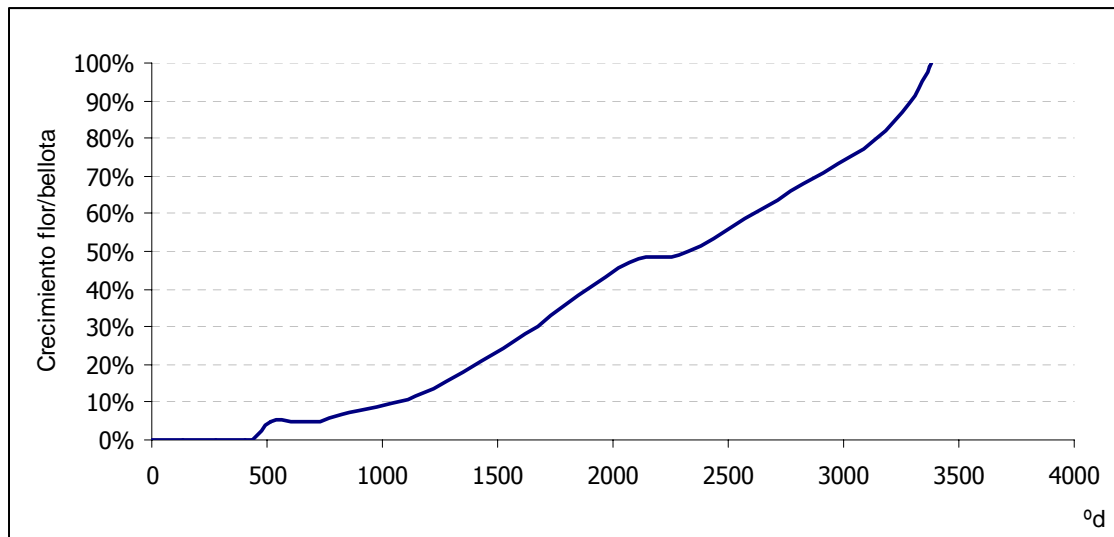


Figura 4. 18. Desarrollo de la flor femenina y posteriormente de la bellota (%) en función de la suma de grados día (Temperatura umbral > 5° C).

b. Relación con la precipitación

Durante el periodo estudiado, tanto el inicio de la foliación como la liberación de polen no parece que se vean afectados por la precipitación, aunque en el caso de la foliación serían necesarios datos de su desarrollo de fechas anteriores. Sí parece que exista relación entre esta variable meteorológica y el desarrollo de las flores femeninas (Figura 4.19).

Las precipitaciones que se produjeron en la primera quincena de abril, favorecieron que las flores femeninas se mostraran receptivas, porque consecutivamente al pico de lluvia registrado entre el 20 y el 30 de mayo, el porcentaje de árboles que se mostraron con flores receptivas creció. Así, en la línea que refleja su evolución se denota un cambio creciente en su pendiente. También pudo tener influencia un segundo pico de lluvia (finales de junio- principios de julio) en el paso de flor a bellota (Figura 4.19).

Una hipótesis razonable sería que el crecimiento (es decir, la tasa/velocidad de crecimiento) dependa del estado/estrés hídrico del árbol, y éste de la lluvia (con cierto desfase entre cuando caiga el agua y cuando el árbol la haya absorbido, transportado a las yemas. etc.) pero se tendría que comprobar con datos de varios años.

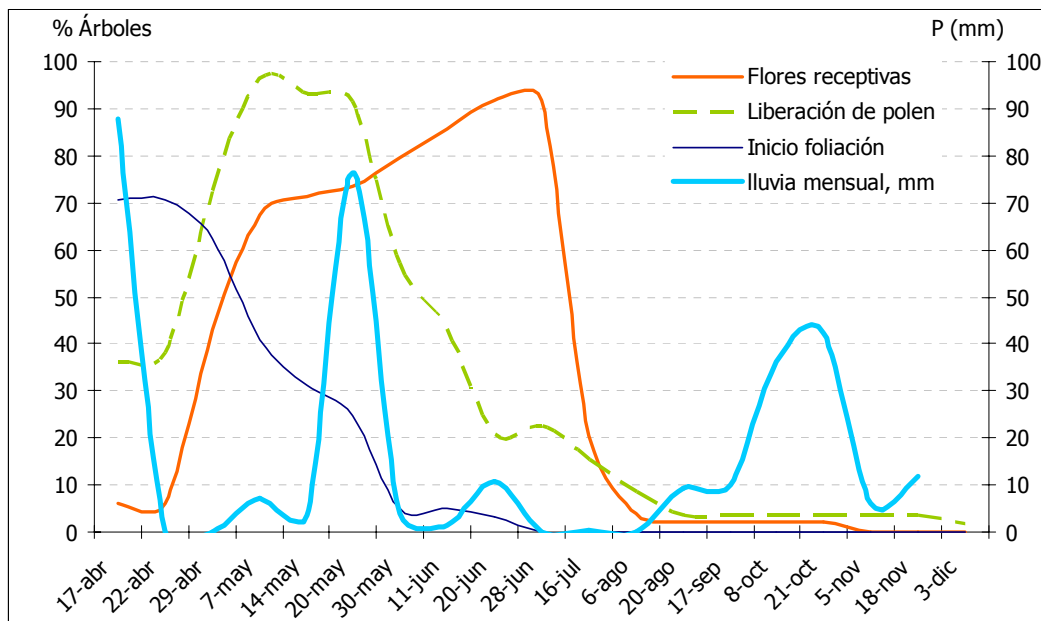


Figura 4.19. Superposición de las fases más importantes del desarrollo de las tres variables fenológicas con la precipitación caída durante el periodo de estudio.

4.4.2. Relación de la fenología con variables características del arbolado y con la posición en la parcela

A continuación se muestran los resultados obtenidos en los análisis de comparación de medias realizado para analizar la relación de la fenología con variables características del arbolado y con la posición en la parcela.

No se han encontrado diferencias significativas según el diámetro, la superficie de copa y la posición en la parcela de las encinas respecto a los grados día de inicio de foliación. No ocurre igual con los procesos de fenología floral: los grados día en que se produce la liberación de polen y en los que las flores femeninas se encuentran receptivas presentan diferencias significativas según la posición en la parcela.

a. Relación entre el inicio de foliación y los factores ecológicos

Al relacionar la variable "grados día" acumulados hasta que cada encina alcanzó el inicio de su foliación, con su diámetro, su superficie de copa y su posición en la parcela, no se han encontrado diferencias significativas (Tabla 4.11).

Tabla 4.11. Resultados ANOVAS entre °d inicio de foliación y distintos factores ecológicos

Variable dependiente: °d inicio de foliación	Variables independientes	F	p
	Diámetro	0,5470	0,653028
	Posición en la parcela	0,0845	0,968134
	Diámetro * Posición en la parcela	0,4708	0,885457

Variable dependiente: °d inicio de foliación	Variables independientes	F	p
	Superficie de copa	0,2634	0,899477
	Posición en la parcela	0,1302	0,941519
	Superficie de copa *	0,8202	0,629084
	Posición en la parcela		

b. Relación entre la liberación de polen y los factores ecológicos

En la realización de la anova factorial para ver las diferencias entre los grados día de liberación de polen en función de la superficie de copa y de la posición en la parcela conjuntamente, no se hallaron diferencias significativas (Tabla 4.12). Lo mismo ocurrió al establecer el análisis de varianza entre los grados día de liberación de polen en función del diámetro del arbolado y de la posición en la parcela analizados conjuntamente.

Sin embargo, sí se hallan diferencias significativas para una probabilidad fiducial del 5% (p -valor < 0,05) entre los grados día en los que las encinas liberan polen y la posición en la parcela (independientemente del tamaño del arbolado e independientemente de la superficie de copa). Es decir, la posición en la parcela influyó más que el diámetro de la encina y que la superficie de copa, en el tiempo que tarda una encina en emitir polen.

Tabla 4.12. Resultados ANOVAS entre °d de liberación de polen y distintos factores ecológicos

Variable dependiente: °d liberación de polen	Variables independientes	F	p
	Diámetro	1,21	0,324369
	Posición en la parcela	6,13	0,002551
	Diámetro* Posición en la parcela	1,84	0,107335

Variable dependiente: °d liberación de polen	Variables independientes	F	p
	Superficie de copa	1,18	0,344821
	Posición en la parcela	5,45	0,005565
	Superficie de copa *	1,47	0,206737
	Posición en la parcela		

En las posiciones A y B, que son las zonas más bajas respecto a la microtopografía de la parcela, la liberación de polen es más temprana (Figura 4.23). En las partes más altas (zonas C y D), la liberación de polen es algo más tardía. Estas últimas zonas son precisamente las más secas.

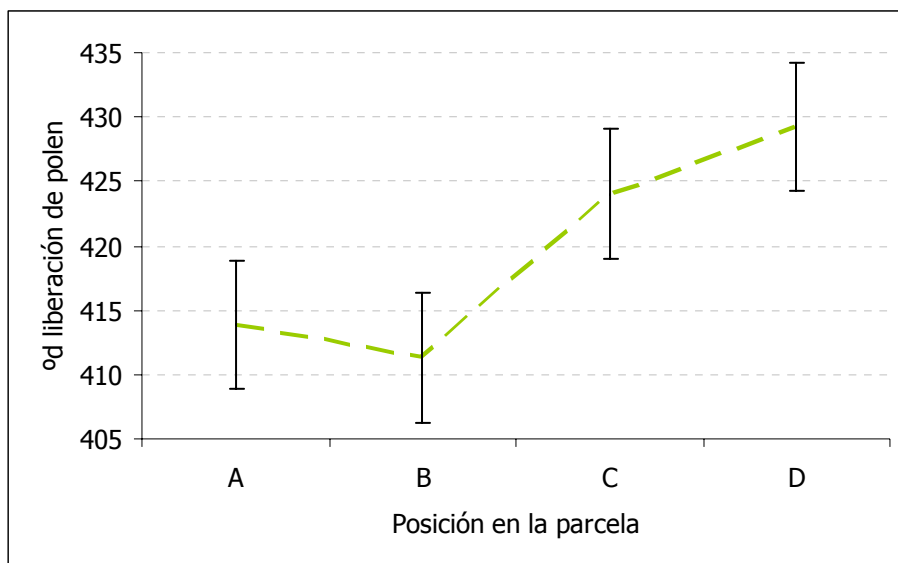


Figura 4. 23. Gráfico de medias de grados día de liberación de polen respecto a la posición en la parcela: A (zona baja), C (zona alta), B (zona media-norte), D (zona media-sur).

c. Relación entre las flores receptoras y los factores ecológicos

Analizando los grados día con los que las flores femeninas de las encinas se muestran receptoras, se ha visto que hay diferencias significativas para una probabilidad fiducial del 10% (p -valor < 0.1) respecto a la posición en la parcela (Tabla 4.13).

Tabla 4.13. Resultados ANOVAS entre ºd flores receptoras y distintos factores ecológicos

Variable dependiente: ºd flores receptoras	Variabes independientes	F	p
	Diámetro	1,5775	0,216931
	Posición en la parcela	2,3964	0,089295
	Diámetro*Posición en la parcela	0,4675	0,883913

Variable dependiente: ºd flores receptoras	Variabes independientes	F	p
	Superficie de copa	0,536741	0,661425
	Posición en la parcela	2,882221	0,074754
	Superficie de copa*Posición en la parcela	1,097598	0,402360

Las encinas situadas al sur empezaron antes a tener flores receptoras que las situadas al norte (Figura 4.24).

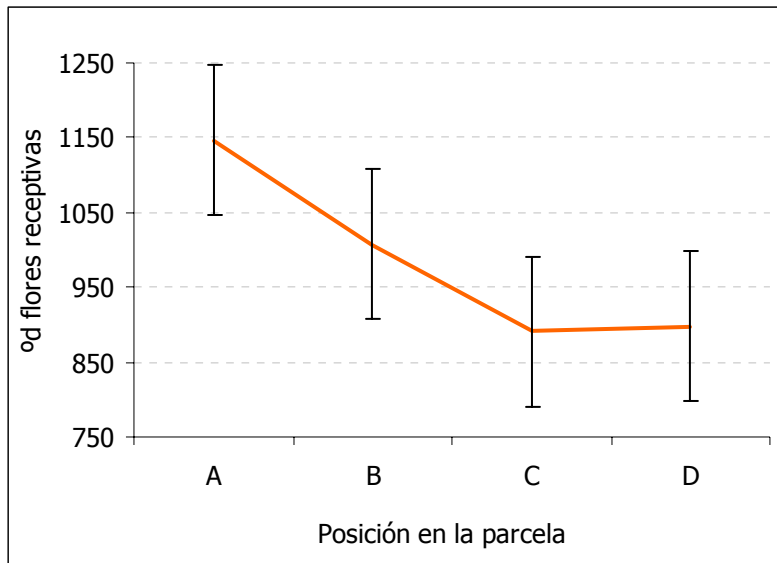


Figura 4. 24. Gráfico de medias de los grados día en los que las flores femeninas se encuentran receptivas respecto a la posición en la parcela: A (zona baja), C (zona alta), B (zona media-norte), D (zona media-sur).

d. Diferencia espacial y temporal entre la liberación de polen y las flores receptivas

En la figura 4.25 se ha representado conjuntamente una gráfica en la que se ven los momentos de anátesis tanto de la floración masculina como de la femenina en función de la posición de la parcela. En las partes bajas de la parcela hay más diferencia de grados día entre la liberación de polen y la receptividad de las flores femeninas.

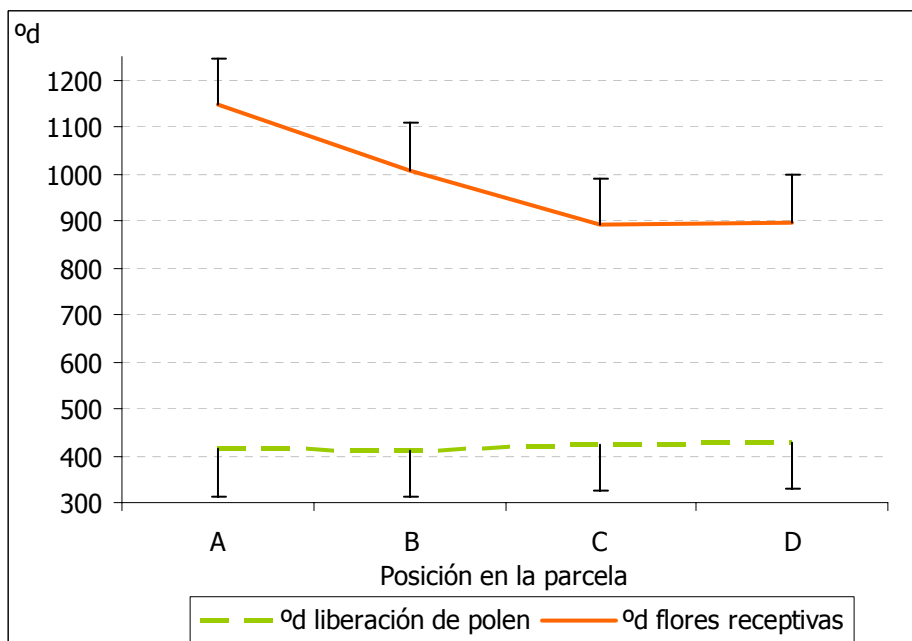


Figura 4. 25. Gráfico de medias de los grados día en los que se produce la liberación de polen y los grados día en los que las flores femeninas se encuentran receptivas respecto a la posición en la parcela: A (zona baja), C (zona alta), B (zona media-norte), D (zona media-sur).

e. Relación entre la producción de bellota y la posición en la parcela

La producción de la bellota medida a través del índice, fue distinta según la posición de cada encina en la parcela. Las zonas más bajas (A) de la parcela presentan producciones de bellota muy superiores a las zonas altas y medias (B, C y D) (Figura 4.26). En cambio, la producción de las encinas situadas en las zonas C, B y D, no fue significativamente diferente.

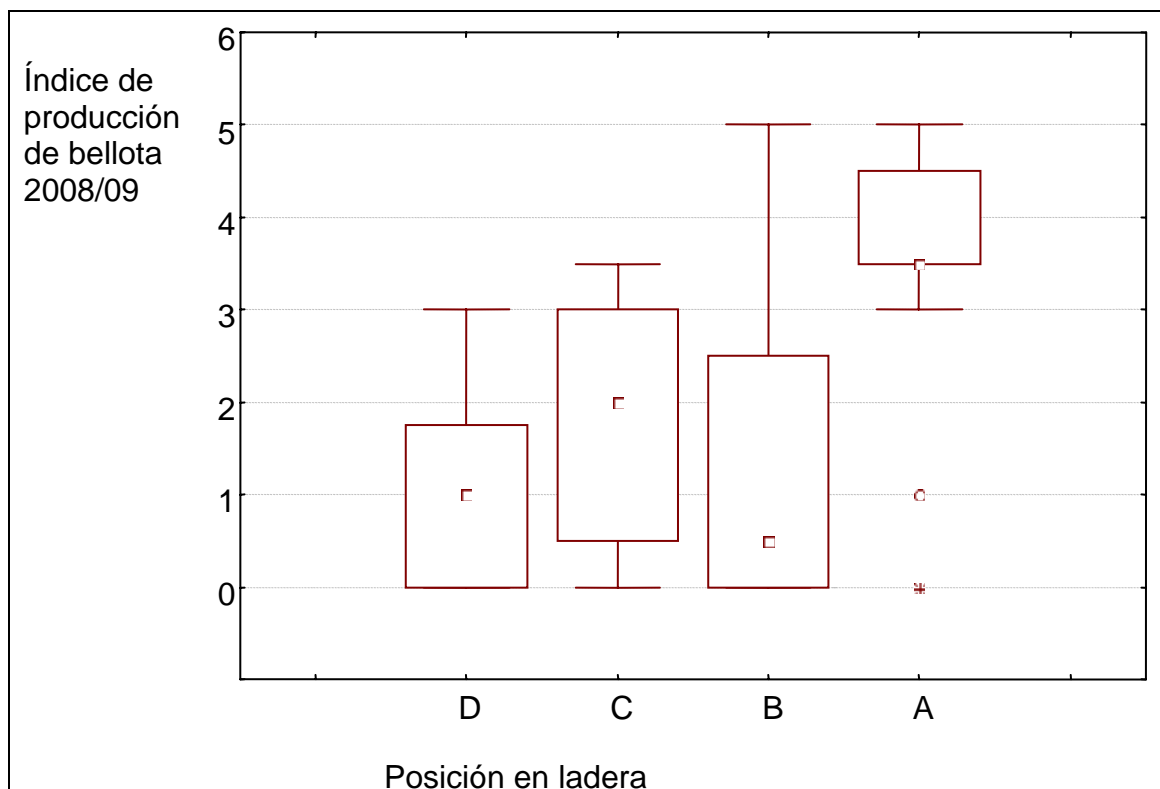


Figura 4.26. Gráfico de caja y bigotes del índice de producción de bellota en 2008/09 según posición en la parcela. Valor central: mediana, extremos de caja percentiles 25 y 75. Posición en la parcela: A (zona baja), B (zona media-norte), C (zona alta), D (zona media-sur).

f. Relación entre °d flores receptivas y producción de bellota

Se ha estudiado la relación entre los grados día que tardaron las flores femeninas en mostrarse receptivas y el índice de producción de bellota de cada encina, mediante análisis de regresión. El coeficiente de correlación no es significativo, por lo que se deduce que no existió una relación clara entre la producción de bellota (medida a través del índice de producción) y el momento en el que las flores femeninas se encuentran abiertas y receptivas (Figura 4.27).

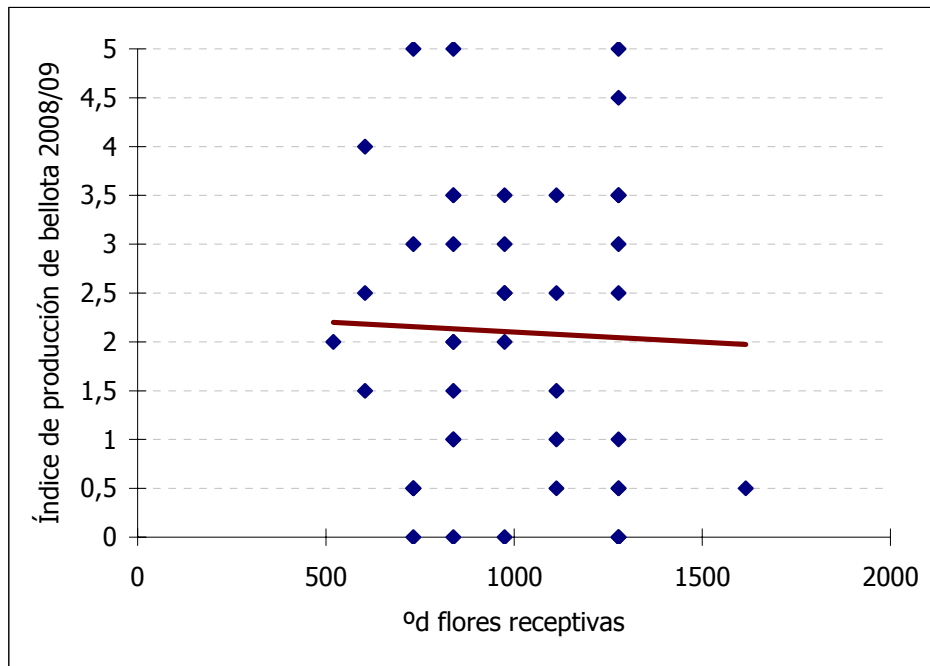


Figura 4.27. Relación entre el índice de producción de bellota (0-5; 0 para las encinas de menor producción y 5 para las de mayor producción) y grados día en los que las flores femeninas se mostraron receptivas.

5. DISCUSIÓN

En relación al seguimiento de la fenología foliar y floral de las encinas y alcornoques de la dehesa estudiada durante el año 2008, se ha detectado una gran variabilidad entre individuos; el comienzo de la brotación y de la floración es distinto según la posición de cada árbol en la parcela y según la especie estudiada.

A continuación se discuten y se comparan los resultados descritos en el apartado anterior con otros estudios de fenología.

5.1. Fenología general

5.1.1. Fenología de la foliación

Aunque no se tienen datos de cuando comenzó el despertar vegetativo, en la primera visita de campo (17 de Abril) la mayoría de las hojas ya estaban desplegándose, es decir, con la foliación ya iniciada. La influencia de las condiciones meteorológicas anuales sobre las fechas de inicio de brotación se ha comprobado en otras especies del género, como *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. y *Quercus suber* (McGee, 1974; Kriebel *et al.*, 1976; Schlarbaum y Baley, 1981; Stephan *et al.*, 1996 y Díaz, 2000, cit. en Díaz, 2000). Más concretamente, en un estudio sobre la relación entre el clima, el ciclo ontogenético y la distribución de *Quercus ilex* L. (Macchia *et al.*, 1993), se comprobó que el desborre y la apertura de yemas de las hojas se inició en correspondencia con la disponibilidad hídrica. Además, en dicho estudio, el despertar vegetativo se produjo en coincidencia con valores de temperatura alrededor de 15°C. En este caso, a principios de abril es cuando las precipitaciones caídas sobre el Dehesón del Encinar fueron más abundantes, y los valores de temperatura que se daban entre la época de mayor disponibilidad hídrica y mediados de abril rondaron los 12- 14 °C. Por tanto, es probable que el inicio de la foliación se produjese a principios de abril.

Para futuros trabajos se recomienda iniciar el estudio de la fenología de forma más temprana, aunque las fechas de inicio variarán en función de la especie estudiada y de la meteorología anual (Montserrat- Martí *et al.*, 2004).

En el año de estudio las lluvias primaverales fueron abundantes, lo que según Díaz (2000) podría haber influido en que el crecimiento primaveral de las hojas haya sido prolongado (desde el 17 de abril hasta el 6 de agosto).

En otros estudios también se ha detectado otro ciclo de foliación otoñal (Curras *et al.*, 1987; Vázquez, 1998). En este caso, en las últimas visitas de campo se apreció que algunas encinas tenían yemas en un porcentaje pequeño; pero no hojas nuevas. De esta forma los resultados apoyan la hipótesis de Díaz (2000) para *Quercus suber*, que afirma que un segundo crecimiento en verano u otoño se produce sólo en algunos individuos y de forma ocasional.

Se han detectado diferencias en el periodo de foliación de unas encinas a otras. Esto se ha observado también en otros estudios del género *Quercus* (Jensen, 1993; Liepe 1993; Deans & Harvey, 1995; Ducouso *et al.*, 1996; Stephan *et al.*, 1996; cit en Díaz,

2000) y Díaz (2000) expone que puede deberse a diferencias genéticas entre individuos.

En esta investigación se ha partido de la hipótesis de que hay otras variables además de las genéticas que pueden influir en las diferencias de la fenología entre individuos. Por ello, en este trabajo se han estudiado variables del medio físico y características individuales del arbolado para saber si también influyen en las diferencias en el periodo de foliación entre encinas. Según los resultados obtenidos, las características del arbolado, es decir, el diámetro y la superficie de copa no fueron significativas. La posición que ocupa cada encina en la parcela tampoco resultó significativa al relacionarla con la fecha de inicio de foliación. Es probable que si se hubieran tomado los datos antes del inicio del despliegue de las hojas la posición en la parcela hubiese influido. De hecho, como se explicó en el capítulo de Resultados (4.2.1), hay dos grupos de encinas en los que el desarrollo de la foliación iba más avanzado que en el resto. En el grupo de encinas situado en el extremo noroeste de la parcela (encinas nº 68 a 76), la foliación se pudo ver acelerada por tener mejores condiciones edáficas, ya que al ser la zona más baja de la parcela es la que más humedad posee. En las encinas del segundo grupo no se han encontrado características que puedan explicar su precocidad; una posible explicación podría ser la diferenciación genética explicada en Díaz (2000).

5.1.2. Fenología de la floración masculina

La duración de la floración masculina no se ha podido establecer con claridad porque cuando se realizó la primera visita de campo las flores masculinas ya habían comenzado su desarrollo y porque la mayoría de las flores se secaron antes de completar su desarrollo (en párrafos posteriores se comenta este hecho). Asumiendo este hecho, el periodo en el que se produce el crecimiento de los amentos y la liberación de polen ha durado apenas quince días, desde mediados de abril hasta finales del mismo mes. En trabajos realizados anteriormente en la misma finca, se había determinado el periodo de dispersión del polen desde mitad de abril hasta mitad de mayo en el caso de las encinas (Lorenzo, 2006). Díaz (2000), en un estudio plurianual de la fenología de alcornoque en el monte de El Pardo (Madrid), remarca que tanto el período del crecimiento como la antesis varían ampliamente no sólo entre individuos, sino, sobre todo, entre años.

Esta duración es corta comparada con la registrada en otros estudios, como en Vázquez, (1997) en el que la duración de la floración masculina osciló entre los 30 y los 45 días. Las etapas del estudio de Vázquez (1997) correspondientes al estado A del presente trabajo, dura de 11 a 19 días; y en este trabajo dura 12 días. La duración del estado B fue para el mismo autor de 5 a 10 días, mientras que en la parcela de estudio se manifestó durante 12 días; coincidentes con los del desarrollo de la fenofase A. Vázquez (1997) no consideró una última fase en la que se hallen secos los amentos, pero después de este estudio y debido a su larga duración se ha considerado conveniente para futuras claves de fenofases. Esta etapa se alargó durante 32-43 días en el Dehesón del Encinar. Así, en el mismo árbol, se pueden encontrar flores masculinas durante 40-90 días.

Cuando la temperatura media alcanzó aproximadamente 15° C (7 de Mayo) los amentos se secaron. No se sabe con certeza si esto se debió a que los amentos ya habían completado su desarrollo o si su desarrollo se pudo ver interrumpido por

diferentes circunstancias que se explican a continuación. La corta duración de la floración masculina apoya la hipótesis de ésta se haya visto interrumpida. Por su apariencia, parece probable que dicha interrupción fuese debida a una plaga de *Lymantria dispar* (Crawley, 1985). Sharp and Chisman (1961) afirman que la fase en la que se produce el desarrollo de los amentos masculinos es muy sensible a los cambios bruscos de humedad. Por tanto, otra explicación podría ser que las grandes precipitaciones que coincidieron con la liberación de polen, arrojasen el polen al suelo, secando los amentos que colgaban de los árboles. Por último, un aumento de las temperaturas en el año, como predicen los escenarios de cambio climático, ha podido influir en el poco éxito de las flores masculinas, porque las temperaturas hayan sido altas en fechas tempranas y eso haya adelantado el cierre de las anteras de las flores masculinas o por haber favorecido el desarrollo de la plaga de *Lymantria*.

Según expone Díaz (2000), la floración masculina en *Quercus suber* está muy influenciada por las condiciones meteorológicas de los meses anteriores. Aplicando sus conclusiones a *Quercus ilex*, se puede aventurar que debido a la primavera húmeda y templada del año 2008 en el Dehesón del Encinar, las flores masculinas pudieron comenzar su desarrollo en fechas tempranas.

Otros estudios sobre poblaciones de encinas han detectado que algunos años se produce una segunda floración masculina. Ésta suele ocurrir cuando hay lluvias otoñales precoces (Pardos Mínguez *et al.*, 1995; Prada, 1999; cit. en Díaz, 2000). En el año 2008 en el Dehesón del Encinar no se detectó una segunda floración masculina. Las primeras lluvias importantes ocurrieron a mediados de Octubre, lo que apoyaría las conclusiones de los estudios comentados anteriormente.

5.1.3. Fenología de la floración femenina y fructificación

En el Dehesón del Encinar, el mayor porcentaje de encinas con flores receptivas se dio entre los meses de mayo y junio. A partir de principios de julio las flores femeninas dejaron de estar receptivas, probablemente por el déficit hídrico y por las temperaturas más elevadas. En cambio, en un estudio realizado en Italia meridional, la fase reproductiva femenina coincidió con el período veraniego (Macchia, 1993).

En el caso de la floración femenina en el estudio de Vázquez (1997) la primera fase tuvo una duración de 8-14 días; mientras que en la dehesa estudiada, más del 40% de las encinas se encuentran en estado A durante 23 días. La duración del estado B es de 7 a 13 días, en Vázquez (1997), mientras en el Dehesón la duración de dicha fenofase es aproximadamente 17 días. Las diferencias entre ambos estudios, con duraciones en cada fase más largas en el Dehesón, pueden deberse a las distintas localizaciones de los mismos: el de Vázquez se realizó en Badajoz, donde hay temperaturas más altas que en el sitio de ensayo, lo que podría haber acelerado las distintas etapas de floración (Myking y Heide, 1995; Kramer, 1997; Sparks *et al.*, 2000, cit. en Gómez-Casero *et al.*, 2007).

Una de las dificultades encontradas durante el trabajo de campo fue diferenciar el paso del estado H al I. En el estado H la bellota maduró tempranamente por ataque de hongo (no es un estado regular de la maduración de la bellota; si no ocasional porque se produjo el ataque de este hongo) y en el estado I se produjo la maduración natural; el resultado de ambas fases es que la bellota acabó de color marrón. Para tener un criterio uniforme en las mediciones se consideró que las encinas se encontraban en el

estado H cuando tenían bellotas marrones en fechas anteriores al 15 de Noviembre, y en el estado I a las encinas con bellotas marrones durante el periodo 15 de Noviembre -15 de Diciembre.

La producción de bellota en función de la situación en la copa que presentaban las 61 encinas no se estudió; pero se pudo apreciar en las distintas visitas a la parcela que la mayoría de las copas de las encinas presentaban un número mucho mayor de bellotas en su orientación sur que en la orientación norte.

5.1.4. Fenología conjunta de la floración masculina y femenina

Durante el mes de mayo en el estudio del Dehesón coincidieron la maduración del óvulo (fase Bf) y la antesis de las flores masculinas (Bm). Sin embargo, desde finales de mayo el porcentaje de árboles con flores masculinas liberando polen se redujo considerablemente, mientras que un gran porcentaje de encinas mantuvieron sus flores femeninas receptivas durante un mes más. En otros estudios (Vázquez, 1998, cit en Gómez- Casero, 2007) la duración de las fenofases de las flores femeninas suele ser mas corta que la de las masculinas; sin embargo en el presente estudio las etapas de floración femenina se alargan en el tiempo más que las de la floración masculina (la antesis de las flores femeninas se alargaron hasta principios del mes de agosto). Estas diferencias se pueden deber al marchitamiento temprano de las flores masculinas comentado anteriormente.

El desacoplamiento entre la liberación de polen y la antesis de las flores femeninas pudo afectar a la producción final de bellota. Continuando este trabajo con futuros estudios a lo largo de varios años, se podría modelizar la producción de bellota en función de las características climáticas y de las fechas de la antesis de ambas flores.

En los resultados se muestra que la posición en la parcela es una característica que ha tenido influencia en los periodos de floración, es decir, que el inicio de las etapas determinantes en la floración masculina y femenina sean más tempranas o más tardías. La forma de la parcela está asociada a la calidad de estación. Las distintas posiciones que tengan las encinas en la parcela se ven influenciadas por factores edáficos. Estos factores se manifiestan a través de la capacidad de retención de agua y se traducen en una mayor o menor disponibilidad hídrica (Serrada, 2005).

Las flores masculinas de las encinas situadas en la parte norte de la parcela liberaron su polen antes que en la parte sur. Las encinas situadas en la parte norte disponen de más agua, esa puede ser una de las razones por la que los amentos de las flores masculinas se hayan desarrollado primero, liberando su polen mas temprano que las flores masculinas de las encinas situadas en las zonas del sur. De forma inversa, las flores femeninas se mostraron receptivas más temprano en la zona sur que en la zona norte. No se sabe con certeza a qué fue debido esta discordancia porque no se han encontrado estudios que hayan tenido en cuenta este factor. Una posible explicación podría ser que en la parte sur, al existir peores condiciones edáficas, las encinas optimizasen su periodo de floración, haciéndolo más corto, y por tanto existiese mayor coincidencia entre la floración masculina y femenina en dichas encinas.

5.2. Estudio de fenología detallado

5.2.1. Fenología del brote vegetativo

Para estimar la producción de madera que produce esta dehesa, en la misma parcela de estudio se ha desarrollado otro Proyecto Fin de Carrera (Fernández, en redacción). En él se ha obtenido el crecimiento diametral de los mismos pies que han sido objeto del estudio fenológico detallado del presente trabajo (Rodríguez-Barbero *et al.*, 2009).

Al comparar el crecimiento en longitud de los ramillos y el número de hojas, con el crecimiento del diámetro del tronco de las tres encinas (nº 43, nº 45 y nº 46), se pone de manifiesto que ambos evolucionaron paralelamente y que mostraron una sensibilidad clara ante los episodios lluviosos que se produjeron en la primavera.

En los brotes vegetativos estudiados en los alcornoques, la longitud también manifiesta su máximo crecimiento en primavera, mostrando una clara dependencia de las condiciones climáticas del mes precedente.

La brotación de primavera, tanto de las encinas como de los alcornoques, continuó su crecimiento a lo largo del verano y hasta finales de septiembre. La bibliografía menciona a menudo la existencia de un segundo ciclo de crecimiento, que es considerado como una brotación otoñal (Barros Gomes, 1876; Pereira Coutinho, 1888; Natividade, 1950; Molinas *et al.*, 1989; Vázquez, 1997). Ese segundo brote otoñal no se observó en el Dehesón del Encinar.

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que en la encina y en el alcornoque el brote se desarrolló a lo largo de la primavera y, en menor medida, en el verano. En primavera elongó casi el doble de lo que elongó en verano (capítulo de Resultados, Tabla 4.10), apoyando así la idea de Mutke (2000) para un estudio de fenología realizado en *Pinus pinea* L., en el que defiende la menor importancia de este segundo ciclo de crecimiento respecto al crecimiento total del brote.

Por tanto, en este estudio se ha considerado una única brotación, es decir un único ciclo de crecimiento que se prolonga desde abril hasta agosto- septiembre. Díaz (2000), en lo que respecta al alcornoque, tampoco se muestra de acuerdo con la presencia de una segunda brotación otoñal, argumentando que sólo en determinados casos aparece una segunda brotación.

Respecto a los datos obtenidos en el Dehesón del Encinar, las longitudes de los distintos brotes de alcornoque muestreados terminaron de desarrollarse más tardíamente que los ápices de la encina.

5.2.2. Fenología de la floración masculina: estudio de fenología detallado

Habitualmente, el inicio de la floración masculina en el alcornoque se ha fijado en el mes de abril (Cabezudo *et al.*, 1993; cit. en Díaz, 2000). En el presente caso, en los alcornoques marcados, la floración masculina se produjo a finales de abril, lo que concuerda con los estudios anteriores.

En el alcornoque con flores masculinas en antesis (en el otro se cayó antes de llegar a ese estado), la dispersión de polen se produjo de forma muy tardía (mediados de junio). En la misma parcela, en un estudio sobre la reproducción de *Quercus ilex* L. y *Quercus suber* L. mediante marcadores moleculares, Lorenzo (2006) habla de la dispersión de polen del alcornoque durante el mes de mayo. En este caso, en el año 2008 la liberación de polen fue más tardía que en el estudio de Lorenzo (2006), por lo que sería interesante comparar las condiciones climáticas de ambos estudios para evaluar su influencia.

Muchos autores afirman que la duración de la floración masculina de *Quercus suber* es aproximadamente un mes, y se produce entre los meses de abril y mayo (Cabezudo *et al.*, 1993; Baselga *et al.*, 1994; Boavida *et al.*, 1999; Feijó *et al.*, 1999, cit. en Díaz, 2000). Otros, registran periodos de floración más prolongados en el tiempo, entre marzo y julio (Elena- Roselló *et al.*, 1993). En este trabajo la floración de los alcornoques tuvo lugar entre finales de abril y finales de junio, por lo que se encuentra dentro de los márgenes descritos por Elena- Roselló.

La floración masculina de las encinas marcadas se produjo entre mediados de abril y mediados de mayo. En un estudio de floración realizado en Córdoba en cuatro especies distintas del género *Quercus*, *Quercus ilex* subsp. *ballota* floreció antes que el resto de las especies, y *Quercus suber* fue la especie que presentó un periodo de floración más tardío (Gómez-Casero *et al.*, 2007). La floración más tardía del alcornoque frente a la encina también fue constatado por Molinas *et al.* (1989) y por Costa *et al.* (1997). Como se puede ver en el apartado de resultados, en el presente estudio las encinas también florecieron antes que los alcornoques.

Aunque la muestra estudiada es escasa, la influencia entre las distintas orientaciones se hace patente en la floración masculina de los pies de encina; apoyando la idea de Vázquez, (1998), de que la parte de la copa que está expuesta a la orientación sur florece más pronto.

Como la muestra de floración masculina fue muy escasa, para siguientes estudios se propone marcar un número más amplio de ramillos de ambas especies.

5.2.3. Fenología de floración femenina: estudio de fenología detallado

En el estudio fenológico detallado, ninguno de los ramillos marcados en las encinas presentan flores femeninas, en cambio sí se encontraron en los ramillos de alcornoque. Así, se ha podido establecer una comparación entre ambas especies considerando el estudio de fenología general para la encina y el de fenología detallado para el alcornoque.

En algunos pies de encina se comenzaron a ver flores femeninas a finales de abril; sin embargo en los alcornoques no se vio ninguna hasta mediados de mayo. Como argumenta Díaz (2000), el inicio del desarrollo de la floración femenina va unido al proceso de elongación y desarrollo de los brotes vegetativos. Así, un retraso o adelanto en la brotación conllevaría una anterior o posterior floración. En la tabla 4.10 (capítulo de Resultados), se puede ver que el desarrollo en longitud del alcornoque se produjo de forma más tardía y difusa en el tiempo, y de igual forma, la floración femenina observada en los alcornoques también se desarrolló posteriormente a las de las encinas.

En los ejemplares de alcornoque se observó un periodo muy amplio desde que aparecieron las flores femeninas hasta que se produjo la antesis (desde mediados de mayo hasta principios del mes de agosto). Este periodo, según Feijó *et al.* (1996) oscila entre árboles y puede durar entre uno y dos meses; aunque el periodo en el que la flor del alcornoque se encontró receptiva es de apenas una semana. Por tanto, la duración observada en este caso ha sido algo mayor que la indicada por Feijó *et al.* (1996). Algunos autores (Elena-Roselló *et al.*, 1993 y Corti, 1955 cit. en Díaz, 2000) señalan que de forma ocasional la floración femenina se puede alargar hasta el mes de agosto, como ocurre en la parcela de estudio.

5.3. Otras observaciones

Para relacionar las diferencias interanuales con covariables climáticas derivadas es necesario contar con varios años de observaciones (Mutke *et al.*, 2003; Gómez-Casero *et al.*, 2007). El presente trabajo se ha centrado en la fenología del año 2008, por lo que será muy interesante hacer un seguimiento similar en sucesivos años. En este sentido, el INIA está procediendo a realizar el segundo año de control de seguimiento de fenología en la parcela de estudio; así los datos que se generarán a lo largo del año 2009 y en años posteriores contribuirán a definir la variabilidad interanual de la fenología de estas especies y su comparación geográfica respecto a otros estudios realizados en la península Ibérica, como el de Díaz (2000) en relación con la fenología del alcornoque. Además, con los datos obtenidos en los siguientes años se podrán establecer resultados acerca de la vecería que presentan la encina y el alcornoque.

En general dentro del género *Quercus* se ha demostrado que el tamaño del árbol está relacionado con su capacidad de fructificación (Ducouso *et al.*, 1993, cit en Díaz, 2000). Sin embargo, en los análisis de varianza realizados durante la investigación, no se establecieron diferencias significativas entre los diámetros de las encinas y la producción de bellota.

En la parcela de estudio los resultados obtenidos junto con los de otros autores (Perea, 2006) confirman que la fenología de la encina es más temprana que la del alcornoque. El precoz inicio de la floración de la encina, unido al retraso en la floración y posteriormente en la fructificación de las bellotas del alcornoque podría ser muy interesante en aspectos productivos. El solapamiento entre la floración y fructificación de ambas especies supondría un periodo más amplio de la montanera con los consiguientes beneficios productivos y económicos. Además, a una dehesa mixta de encinas y alcornoces, habría que sumarle la oportunidad que supone la complementariedad de recursos de dehesas de este tipo.

Además, éstas dehesas mixtas también podrían tener interés para conocer mejor los híbridos de encina y alcornoque, los "mestos". Perea (2006) constató un solape amplio entre la dispersión del polen del alcornoque con la receptividad de las flores femeninas de la encina. Según diferentes estudios, la hibridación entre la encina y el alcornoque se produce, casi siempre, actuando el alcornoque como polinizador (Boavida *et al.*, 2003, cit. en Perea 2000). Esta dirección de hibridación es la más común debido a la fenología estudiada entre ambas especies en este estudio, al poder ser fecundadas las tardías flores de la encina por el polen precoz del alcornoque.

6. CONCLUSIONES

1. En los resultados mostrados en el primer año de seguimiento de la fenología de encinas y alcornoques en la dehesa del Centro Peninsular, el 70% de las encinas ya habían desarrollado las hojas a finales de abril; una vez que se habían alcanzado entre 400 y 500 °d. La lluvia de polen tuvo un máximo marcado en la primera quincena de abril (entre 400-450 °d), mientras que la presencia de flores femeninas receptivas mostró un máximo más extendido y retrasado, desde principios de mayo a mediados de julio que fue cuando la suma de grados día ascendió a los 800-1000 °d.
2. Se ha descrito la duración de los periodos de formación de los principales órganos vegetativos y reproductivos de la encina en el año 2008: desde el mes de abril hasta principios de agosto para la foliación; la floración masculina se produjo entre mediados de abril y principios de junio; la floración femenina se produjo desde principios de mayo hasta principios de julio y la formación y maduración de la bellota correspondió a los meses desde julio hasta noviembre.
3. En el seguimiento de la fenología foliar y floral de las encinas y alcornoques en 2008 en el Dehesón del Encinar, se detectó una gran variabilidad entre individuos y especies. El comienzo de la brotación, de la floración y de la fructificación, y los periodos en los que se mostraron en cada fase fenológica fueron distintos en cada árbol de la parcela y según la especie estudiada.
4. Los periodos y amplitudes de los procesos fenológicos descritos para la encina y el alcornoque entran dentro de los límites marcados por los antecedentes encontrados en la bibliografía de fenología, y mostraron la tendencia esperable en relación con el clima observado.
5. En el estudio fenológico detallado, los ramillos orientados hacia el sur, se han desarrollado fenológicamente antes que los del norte.
6. La floración del alcornoque ha sido más tardía que la de la encina. La floración masculina del alcornoque comenzó con una diferencia de uno a dos meses después de la registrada en la de la encina.
7. Se han acotado las distintas fenofases en función de la integral térmica:
 - El desarrollo de la hoja vio ralentizado su crecimiento a partir de los 1000 °d, fecha correspondiente al 6 de junio; y apenas creció a partir de los 2000 °d, correspondientes a principios de agosto.
 - La flor femenina mostró un rápido crecimiento entre los 1000 y los 2000 °d. Estos grados día correspondieron a una subida de T^a hasta valores de 25 °C y determinaron el paso de flor a bellota. Cuando la bellota alcanzó una longitud mayor que la cúpula, ralentizó su crecimiento (meses de agosto y septiembre). Entre los 3000 °d y los 3400 °d (octubre y noviembre) la bellota terminó su crecimiento, desarrollándose más en grosor que en longitud.

8. Las dos fases que podrían ser más importantes para la determinación de la producción de bellota, es decir, la liberación de polen de las flores masculinas y la antesis de las femeninas, estuvieron más determinadas por las variables del medio físico (posición en la parcela y características meteorológicas) que por las características estudiadas del arbolado (diámetro y superficie de copa).
9. La posición en la parcela ha demostrado estar relacionada con la fenología. Las flores masculinas de las encinas situadas en la parte más baja de la parcela liberaron su polen antes que las situadas en las parte altas y medias. De forma inversa, las flores femeninas se mostraron receptivas más temprano en las zonas altas y medias.
10. La variable meteorológica "precipitación" probablemente influyó en la floración femenina, ya que dos picos de lluvia durante la primavera coincidieron con un aumento de flores receptivas y con el paso de flor a bellota. Son necesarios estudios de fenología que abarquen varios años para poder definir claramente dicha influencia.
11. Las flores femeninas del alcornoque no finalizaron su desarrollo, coincidiendo este resultado con la discutida hipótesis del ciclo bianual de esta especie.

BIBLIOGRAFÍA

- Allue Andrade, J.L. 1990. Atlas fitoclimático de España. M.A.P.A. Madrid.
- Arena, M.; Vater, G.; Peri, P. 1998. Propagación y producción de *Berberis* en la Patagonia Austral. Informe Técnico. EEA Santa Cruz. 73 pp.
- Azkue, M. 2006. La fenología como herramienta en la agroclimatología. CENIAP. [<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/monografias/fenologia/fenologia.htm>]
- Costa, M.; Morla, C.; Sainz, H (Eds). 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Editorial Planeta. Madrid. 597 pp.
- Currás, R.; Laguna, E. 1987. Primeros resultados sobre variaciones del ambiente lumínico en el seno de varias comunidades vegetales levantinas. *Lazaroa*, 10: 127-152.
- Díaz Fernández, P.M. 2000. Variabilidad de la fenología y del ciclo reproductor de *Quercus suber* L. en la península Ibérica. Tesis doctoral Departamento de Silvopascicultura, UPM. [<http://oa.upm.es/814>]
- Díaz, M.; Alonso, C.L.; Arroyo, L.; Bonal, R.; Muñoz, A.; Smit, C. 2003. Seguimiento a largo plazo de los organismos clave para el funcionamiento de los bosques mediterráneos. Proyectos de investigación en parques nacionales: 2003-2006 [http://www.mma.es/secciones/el_ministerio/organismos/oapn/pdf/oapn_inv_art_0202.pdf]
- Domínguez, S.; Martínez, E. 2002. Árboles de nuestros bosques: Guía didáctica. Editores: Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid. 214 pp.
- Fernández, S. En redacción. Multiproducción en la dehesa de encina y alcornoque: seguimiento de la campaña 2008 en una dehesa toledana. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal.
- Gea- Izquierdo, G.; Canellas, I.; Montero, G. (2006). Acorn production in Spanish holm oak woodlands. *Invest Agrar: Sist Recur For* 15(3): 339-354.
- Gómez- Casero, M. T., Gálan, C.; Domínguez-Vilches, E. 2007. Flowering phenology of Mediterranean *Quercus* species in different locations (Córdoba, SW Iberian Peninsula). *Acta Botanica Malacitana* 32: 127-146.
- González, J.A., Vázquez, A. 1991. Guía de los espacios naturales de Castilla- La Mancha. Publ. Junta de Comunidades de Castilla- La Mancha. Toledo. 750 pp.
- Heuveltop, J.; Tasis, J. P.; Quiros Conejo. S.; Espinoza Prieto, L. 1986. Agroclimatología Tropical. Ed. Univ. Est. A Distancia, San José, Costa Rica. 378 pp. [<http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DD05AfVeRs0C&oi=fnd&pg=PR7&ots=bASfTfkRgM&sig=iC9TTanRc-B2SfM5AD1yhEYxifo>]

Instituto Geológico y Minero de España, IGME. 1971. Mapa geológico de Talavera de la Reina. 1: 200.000. Hoja 52.

Kaplan, D.; Gutman, M. 1999. Phenology of *Quercus ithaburensis* with emphasis on the effect of fire. *Forest Ecology and Management*, 115: 61-70.

López-Carrasco, C.; Robledo, J.C.; Muñoz de Luna Moreno, T. 2007. Evaluación de la cosecha de bellotas de encina en el CIA "Dehesón del Encinar": influencia del estado sanitario de las bellotas. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 22: 71-77.

López-Carrasco, C.; Muñoz, T.; Daza, A.; Rey, A.; López -Bote, C. (2005). Variaciones inter e intraanuales de la calidad de bellotas de encina en una dehesa de Castilla-La Mancha. En: *Actas de la XLIV R.C de la SEEP*: 391-398.

López-Carrasco, C.; Roig, S. 2009 a. Efecto de la disposición espacial del arbolado sobre los pastos herbáceos en una dehesa toledana: producción de materia seca. *Actas de la XLVIII R.C. de la SEEP*. Huesca.

López-Carrasco, C.; Roig, S. 2009 b . Multiproduction at Spanish Mediterranean holm oak dehesas: temporal and spatial variation of acorn yield. *EFIMED Scientific Seminar*. Marrakech. Abril 2009. (Libro de resúmenes)

Lorenzo, Z. 2006. Estudio de las pautas de reproducción de *Quercus ilex* L. y *Q. suber* L. mediante marcadores moleculares. Tesis doctoral Departamento de Silvopascicultura, UPM. [<http://oa.upm.es/1145>]

Macchia, F.; Cavallaro, V.; Forte, L. 1993. La relación entre el clima, el ciclo ontogenético y la distribución de *Quercus ilex* L. *Congreso Forestal Español*. Lourizán. Tomo I: 271- 276.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1996. Segundo Inventario Forestal Nacional. Madrid.

Molinas, M.; Caritat, A. 1989. Aportaciones al crecimiento longitudinal del alcornoque. *Options Méditerranéennes - Série Séminaires*, nº 3: 69-72.

Montserrat Martí, G.; Palacio, S.; Milla, R. 2004. Fenología y características funcionales de las plantas leñosas mediterráneas. En: Valladares, F. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*: 129-162. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid.

Mutke, S. 2000. Fenología de *Pinus pinea* L. en un banco clonal (Valladolid). Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia. Universidad de Valladolid.

Mutke, S.; Gordo, J.; Climent, J.; Gil, L. 2003. Shoot Growth and Phenology Modelling of Grafted Stone Pine (*Pinus pinea* L.) in Inner Spain. *Ann. For. Sci.* 60 (6): 527-537.

- Novoa, S.; Ceroni, A. y Arellano, C. 2005. Contribución al conocimiento de la fenología del cactus *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Werdermann & Backeberg) Ostolaza (Cactaceae) en el Valle del Río Chillón. Lima-Perú. Ecol. apl. [online]: 1-2: 35-40. Disponible en la World Wide Web: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162005000100005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1726-2216]
- Oliveira, G.; Werner, C.; Mertens, C.; Correia, O. 1993. Influencia de la posición de la copa sobre la fenología y las relaciones hídricas del alcornoque (*Quercus suber* L.). Congreso Forestal Español. Lourizán. Tomo I: 277- 282.
- Peinado, M., Martínez- Parras, J.M. 1985. El paisaje vegetal de Castilla- La Mancha. Junta de Comunidades. Toledo. 230 pp.
- Plieninger, T. 2006. Las dehesas de la penillanura cacereña. Origen y evolución de un paisaje cultural. Universidad de Extremadura. Cáceres. 191 pp.
- Perea, R. 2006. Estudio de la estructura de masa de una dehesa de encina con alcornoque en "El Dehesón del Encinar". Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Documento no publicado.
- Pérez La Torre, A.V.; Cabezudo, B.; Nieto, J.M.; Navarro, T., 1996. Caracterización fenológica y ecomorfológica de alcornoques andaluces (Málaga, España). Anales Jardín Botánico de Madrid, 54: 554-560.
- Pulido, F. J. 2002. Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de los bosques templados y subtropicales de robles (*Quercus* spp.). Revista Chilena de Historia Natural, 75: 5-15.
- Rivas- Martínez, S. 1987. Mapa de series de vegetación de España y memoria. M.A.P.A. ICONA. Madrid.
- Rodríguez- Barbero, C., Fernández, S., López-Carrasco, C., Mutke, S., Roig, S. 2009. Crecimiento y fenología de encina y alcornoque en una dehesa toledana. Comunicación 5º Congreso Forestal Español.
- Ruiz de la Torre, J. 2006. Flora Mayor. Ministerio de Medio Ambiente. Parques Nacionales. Madrid.
- San Miguel, A. 1994. La dehesa española. Origen, tipología, características y gestión. Fundación Conde del Valle Salazar. Madrid. 96 pp.
- San Miguel, A. 2001. Pastos naturales españoles. Mundi- Prensa. Madrid.
- Serrada, R. 2008. Apuntes de selvicultura. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.
- Serrada, R., Montero, G., Reque, J.A. (Eds). 2008. Compendio de Selvicultura Aplicada en España. Ed. INIA-Fundación Conde del Valle de Salazar. 1178 pp.

Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2005. Diccionario forestal Publicado por Mundi-Prensa Libros, ISBN 84-8476-189-4. 1314 pp.

Vázquez, F. 1997. Fenofases florales en *Quercus rotundifolia* Lam. II Congreso Forestal Español. Pamplona, 23-27 de junio. Tomo 1: 139-144.

Valor, O.; Bautista, D. 2001. Estudio fenológico de cuatro variedades de vid bajo las condiciones de El Tocuyo Estado Lara. Bioagro 13 (2): 57-63.

Páginas web consultadas:

http://www.andesamazon.org/spanish/proyectos/botanica_fenologia.aspx

<http://www.uco.es/aerobiologia/fenologia/fenologia.html>

<http://e-torrallbadeoropesa.iespana.es/rutamapa.htm>

http://www.jccm.es/maydr/inap/archivos/deheson_rf_dec.pdf

<http://www.ceniap.gov.ve/pbd/Monografias/fenologia/fenologia.htm#FENOLOGÍA>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Oropesa_\(Toledo\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Oropesa_(Toledo)).

[http://es.wikipedia.org/wiki/Instituto_Nacional_de_Colonizaci%C3%B3n_\(Espa%C3%B1a](http://es.wikipedia.org/wiki/Instituto_Nacional_de_Colonizaci%C3%B3n_(Espa%C3%B1a))

http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri%5CAgri_1950_213S_completa.pdf

<http://www.uco.es/dptos/prodanimal/panimales/cerdoiberico/Bibliografia/CIBPrimor.PDF>

<http://www.racve.es/actividades/zootecnia/1998-12-02CarmeloGarciaRomero.htm>

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/Pub_revistama/revista_ma52/ma52_16.html