

# UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
AGRÓNOMOS Y DE MONTES

Departamento de Agronomía

## TESIS DOCTORAL

**VARIABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN EN OLIVO (*Olea europaea* L.).  
RELACIÓN ENTRE ALTERNANCIA, FLORACIÓN, VIGOR Y  
PRODUCTIVIDAD**



Doctoranda  
**M<sup>a</sup> MAGDALENA RAMÍREZ SANTA PAU**

Director  
**LUIS RALLO ROMERO**

CÓRDOBA, 2001

# UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
AGRÓNOMOS Y DE MONTES

Departamento de Agronomía

## TESIS DOCTORAL

VARIABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN EN OLIVO (*Olea  
europaea* L.). RELACIÓN ENTRE ALTERNANCIA,  
FLORACIÓN, VIGOR Y PRODUCTIVIDAD

Doctoranda

Director

M<sup>a</sup> MAGDALENA RAMÍREZ SANTA PAU

LUIS RALLO ROMERO

CÓRDOBA, 2001

***“Olivo verde, hermoso, de espléndido fruto,  
habíate denominado Yahvé.”***

(Jeremías 11, 16)

***“Desde hace milenios todo ha confluído hacia él  
[el Mediterráneo], alterando y enriqueciendo su  
historia: hombres, bestias de carga, carros,  
mercancías, ideas, religiones, artes de vivir. E  
incluso las plantas. Creéis que son mediterráneas.  
Pues bien, excepto el olivo, la vid y el trigo,  
autóctonos desde muy pronto, casi todas han  
nacido lejos del mar.”***

(Fernand Braudel. *El Mediterráneo y el mundo  
mediterráneo en la época de Felipe II*)

A mi padre, Federico, y mi tío Manolo

A mis MARGARITAS: Mamá y Matita

A Federico, Gonzalo y Rafael

Este trabajo no es algo concreto y estanco que ocupa "sólo" unos determinados años de mi vida, sino que es el resultado de una formación previa, una adquisición de conocimientos, y abre (espero) nuevos caminos de conocimiento. En este devenir, hay muchas personas e instituciones a las que debo ayuda, reconocimiento y gratitud. Y lo bueno de las Tesis es que te permiten dejar por escrito esos agradecimientos...

A mi Director, Luis, por el tiempo dedicado y las múltiples audiencias, por la beca con cargo a proyecto, por enseñarme lo que sé del olivo y la investigación. Por ensanchar mi visión del mundo.

Al S.I.D.T de la Junta de Extremadura, finca "La Orden", por las becas de Formación y Especialización que han hecho posible esta Tesis. A las personas que allí he tratado, y especialmente a Henar Prieto por su ayuda, apoyo y amistad.

A los C.I.F.A. de Cabra y de Córdoba "Alameda del Obispo", por dejarme sus campos para la parte experimental. A Carlos Navarro, por su ayuda y consejos; y a los Dres. Carmen del Río y Juan Caballero por los datos utilizados del Banco de Germoplasma del Olivo.

A D.A.P. por la ayuda para realizar el mapa de vecería. A Blanca, Pablo y, sobre todo, a Miguel Ángel.

Al Dpto. de Agronomía de la Universidad de Córdoba, por acogerme para hacer esta Tesis. A Diego Barranco, por su simpatía y deferencias conmigo; a Ricardo Fernández Escobar, por la ayuda estadística; y a Fernando Pérez Camacho, por el toque literario, taurino y gastronómico. A Maribel Trujillo, porque has tenido que soportar mi "desorden organizado" en el despacho y por la autenticación de las variedades. A Carmen Giménez, por tus perpetuas simpatía y amabilidad. A Josefina, Manolo, Victor, Ana Martín, Ana Vacas, Lucía, Germán y Mohamed por vuestra ayuda de todo tipo.

A Hava, por su disponibilidad y buen trato, su ayuda con la bibliografía, y, claro, las comunicaciones personales.

A Lorenzo, por todo y más (música, apreciaciones científicas, agosto sin aire acondicionado, risas de todo tipo...); a Angjelina (*¿qué hay, Belaj?*), por la *fila* y porque, aunque ha costado, creo que me cambiarás de párrafo en los agradecimientos de tu Tesis; y a Raúl, por tu compañerismo y ayuda en todo momento. A António y Fernando (menos mal que nos queda Portugal) por todo lo que he aprendido con vosotros. A Miguel, por ayudarme con las medidas de vigor y tu simpatía. A Álvaro Vidiella, por tus buenos consejos. Ha sido un estímulo y un placer teneros de compañeros.

A Catuxa, por ser mi "muestreadora" predilecta, ayudándome con un trabajo tedioso como pocos, por tu buen humor y simpatía a raudales.

A Alejandro, mi objetor "a conciencia", por tenerte "esclavizado y alienado" contando inflorescencias, frutos y ramas conmigo. Por todas las risas, por todo lo que no son risas, y, sobre todo, por tu amistad (incluso con Nietzsche por medio).

A Elena, porque ha sido un lujo conocerte: valiosa en el trabajo, buena persona, con un fino sentido del humor, con buen carácter y excelente compañera de viaje. Por ser mi amiga.

A mis amigos de Madrid: Marian, Beatriz, Mónica, María, Jaime, Begoña, Txoko, Teresa, Luis, Cristi, Juanjo, Belén, Paco, Puri, M<sup>a</sup> Jesús, Javier, Carmen, Mar, José, y las respectivas F<sub>1</sub>, por vuestra amistad a través de los años y la distancia. A Alicia y Rosa, por lo anterior y los casi tres últimos años, en que me habéis ayudado, divertido y soportado tanto.

A Isabel, Luis y Lupe, por lo bien que estuve con vosotros en Badajoz y por mantener la amistad. A Marisa Asensio y Rosa Espino, por las risas ampelográficas, el mejor anís del mundo y un sinfín de cosas.

A Maribel, por ser una amiga excepcional, empujarme a hacer esta Tesis y porque conocerte me ha hecho mejor persona. Otro lujo.

A mis amigos de Córdoba, y muy especialmente a Belén y Fernando, que llenan mi vida de sonidos y miran con curiosidad malsana mis libros; Pili (Rallito de Sol) y Juanillo, que me dejan su cocina además de darme su amistad; y Mar, Carmen y Naty, porque siempre nos quedará París. Gracias por haberme hecho fácil la adaptación al ecosistema cordobés.

A Pilar Dorado, mención especial (¡Ay! San Rafael, San Rafael... y el cometa Halley), porque aunque sólo me quieres por interés gastronómico-literario, considero que salgo ganando en el intercambio. No hay cuentos suficientes ni sé cocinar tantos platos como para "pagar" tu amistad ((...)) *Wem der grosse Wurf gelungen / Eines Freundes Freund zu sein* (...)).

Ai miei venerati Dei, quelli che riconosco come tali, Roberta, Matilde ed Armando, perchè la vostra amicizia è stata per me una sorte de esperienza mistica... laica, purtroppo!!!

A Cristina, que cuida de mi salud neuronal, y Paz y Rex que cuidan de mi salud dental. A la Dra. Cano (Kane), por librarme de pestes y epidemias.

Al resto de personas que he conocido durante este tiempo y con quienes he tenido una relación más estrecha: Antonio, Carlota, Cornelia, Enrique, Ismahane, Lina, Pilar Rojas, Vicky y Walina.

A mi familia: mis abuelas, a quienes debo nombre y carácter; mis tíos: Jaime y Elianne (por la horticultura y la gastronomía), Sita y Manolo (prácticas de fruticultura, idiomas, legislación y ayudas agrarias, sentido común, etc.), Nona (por la curiosidad por el conocimiento), Pilar Rosa, Juan y M<sup>a</sup> Amelia, M<sup>a</sup> Gracia, Fernando y M<sup>a</sup> Eli, Luis, y todos los demás... Y primos: Paloma (la segunda generación de ingenieras siempre supera a la primera), Fenakas (mi héroe artístico), Alex, Paco, Teresa, Arantxa, Edurne, Diana, Mar, Pau (los dos)... Estoy orgullosa de ser "uno de los vuestros".

A mis cuñadas: Anita, Aurelia y Miriam, por vuestra amabilidad al haceros cargo de mis hermanos. A las F<sub>1</sub>: Edu y Pau, por alegrarme la vida. A mis hermanos: Federico, Gonzalo y Rafael, por los años que hace que nos conocemos.

A Matita, *for this and that and the other*, la hipóstasis, y sobre todo, porque quiero ser como tú.

A mi madre, Margarita, por todo, absolutamente todo.

A mi padre, Federico, y mi tío Manolo. Por seguir conmigo.

A Vikram Seth, porque no se imagina ni remotamente cuánto me ha ayudado durante la redacción final de esta Tesis. A los artistas y las músicas, libros, pinturas, edificios, ciudades, vinos, comidas, viajes, etc. que he disfrutado, porque sin ellos mi vida sería, sin duda, un desierto intransitable.

*(...) y a la afición en general.*

*(J. Gil de Biedma. En el nombre de hoy)*

## FE DE ERRATAS

<i>página</i>	<i>línea</i>	<i>errata</i>	<i>corrección</i>
XIII	9,12	<b>negritas</b>	<b>negrita</b>
7	8	practicadas	prácticas
7	21	ovárico	ovular
87	15	(falta)	el valor de R <sup>2</sup> es muy bajo
93	Figura 16	fructificación	porte
93	Figura 17	fructificación	posición
127	19	hayán	hallan
136	2	<b>negritas</b>	<b>negrita</b>
138	2	<b>negritas</b>	<b>negrita</b>
139	12	hayán	hallan
145	11	usando	También se han usado como variables dependientes
180	6	BELLOCH	BENLLOCH
181	26	inthe	in the
184	21, 24	BELLOCH	BENLLOCH



## RESUMEN

El presente trabajo profundiza en el estudio de la fructificación del olivo, teniendo como factores determinantes de la misma la influencia del nivel de floración del árbol, su vigor y el hábito vecero.

La alternancia de producción es una característica destacada en el olivar. Es debida en parte a su ciclo reproductor, de carácter bienal, y puede verse incrementada por accidentes ambientales o de manejo del cultivo. Se ha elaborado un mapa de la incidencia de la intensidad de vecería en Andalucía, en ámbitos municipales, comarcales y provinciales, así como de la relación entre la intensidad de alternancia de producción y variedades predominantes. Se ha podido observar que la vecería es más acusada en las zonas de olivar de montaña o marginal.

El uso de una metodología sencilla mediante clasificaciones visuales con categorías de floración, fructificación y vigor en árboles, ha permitido establecer las relaciones entre la producción y los parámetros estudiados. Así, se ha apreciado que el nivel de floración y/o fructificación es el factor más determinante del desarrollo del ciclo reproductor, tanto en el año de cosecha como en el ciclo bienal completo.

Los mecanismos de compensación de la carga florífera, que regulan el número y tamaño de los frutos son eficaces dentro del ramo, pero no equilibran el nivel de floración del árbol entero, que también está determinado por el número de ramos floríferos presentes en la copa. Las medidas de floración y vigor integran la intensidad florífera y el número de ramos del árbol, obteniéndose una relación de la producción potencial con estas medidas.

El estudio de la variabilidad de la productividad del ramo, tanto dentro de un genotipo como en varios genotipos, ha permitido establecer una clasificación de variedades que puede ser de utilidad para la selección de genitores en programas de mejora por cruzamiento.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE CUADROS	XI
<b>I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>11</b>
1. <b>TAXONOMÍA</b>	11
2. <b>LA FRUCTIFICACIÓN DEL OLIVO</b>	11
2.1. <u>EL CICLO BIENAL</u>	11
2.2. <u>INDUCCIÓN E INICIACIÓN FLORAL</u>	12
2.2.1. <i>DEFINICIÓN, CAUSAS Y CARACTERÍSTICAS</i>	12
2.2.2. <i>ÉPOCA</i>	13
2.2.3. <i>FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INDUCCIÓN E INICIACIÓN FLORAL</i>	14
2.2.3.1. <u>Factores internos</u>	14
2.2.3.2. <u>Factores externos</u>	15
2.2.3.2.1. Temperatura	15
2.2.3.2.2. Luz	16
2.2.3.2.3. Necesidades hídricas	16
2.2.3.2.4. Nutrición	17
2.2.3.2.5. Uso de reguladores de crecimiento	18
2.3. <u>LATENCIA DE YEMAS</u>	18
2.4. <u>DESARROLLO FLORAL</u>	19
2.4.1. <i>FASES DEL DESARROLLO FLORAL</i>	19
2.4.1.1. <u>Diferenciación de yemas</u>	19
2.4.1.2. <u>Desarrollo de inflorescencias y flores</u>	20
2.4.1.2.1. Aborto pistilar	20
2.4.1.3. <u>Desarrollo del óvulo y el saco embrionario</u>	21
2.4.2. <i>FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO FLORAL</i>	21
2.4.2.1. <u>Variedad</u>	21
2.4.2.2. <u>Condiciones ambientales y de cultivo</u>	21
2.4.2.2.1. Temperatura	21
2.4.2.2.2. Luz	22
2.4.2.2.3. Necesidades hídricas y salinidad	22
2.4.2.2.4. Nutrición	23
2.4.2.2.5. Anillado	24
2.4.2.2.6. Uso de reguladores de crecimiento	24
2.5. <u>FLORACIÓN, POLINIZACIÓN Y FECUNDACIÓN</u>	24
2.6. <u>CUAJADO DEL FRUTO</u>	26
2.6.1. <i>DESARROLLO DE LA SEMILLA Y CRECIMIENTO DEL OVARIO</i>	26

2.6.2. <i>ABSCISIÓN DE FRUTOS</i>	27
2.6.3. <i>FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CUAJADO DEL FRUTO</i>	29
2.6.3.1. <u>Factores internos</u>	29
2.6.3.1.1. Variedad	29
2.6.3.1.2. Polinización	27
2.6.3.1.3. Nivel de floración	30
2.6.3.2. <u>Condiciones ambientales y de cultivo</u>	31
2.6.3.2.1. Temperatura	31
2.6.3.2.2. Viento y humedad	31
2.6.3.2.3. Nutrición y necesidades hídricas	31
2.6.3.2.4. Aclareo	32
2.7. <u>CRECIMIENTO DEL FRUTO</u>	33
2.7.1. <i>FASES DEL CRECIMIENTO</i>	33
2.7.2. <i>FACTORES QUE AFECTAN AL CRECIMIENTO DEL FRUTO</i>	35
2.7.2.1. <u>Factores internos</u>	35
2.7.2.1.1. Variedad	35
2.7.2.1.2. Carga del árbol	35
2.7.2.1.3. Superficie foliar	35
2.7.2.2. <u>Condiciones ambientales y de cultivo</u>	36
2.7.2.2.1. Temperatura	36
2.7.2.2.2. Necesidades hídricas	36
2.7.2.2.3. Nutrición	37
2.7.2.2.4. Poda y aclareo	37
<b>3. ALTERNANCIA DE LA PRODUCCIÓN EN OLIVO</b>	38
3.1. <u>CONCEPTO DE VECERÍA O HÁBITO ALTERNANTE DE PRODUCCIÓN</u>	38
3.1.1. <i>DEFINICIÓN</i>	38
3.1.2. <i>CICLOS BIENALES Y DE OTRA DURACIÓN</i>	38
3.1.3. <i>MEDIDAS DE ALTERNANCIA DE LA VECERÍA</i>	38
3.1.4. <i>VARIACIÓN ESPACIAL DE LA ALTERNANCIA DE PRODUCCIÓN. SINCRONÍA</i>	39
3.2. <u>CAUSAS DE LA ALTERNANCIA DE LA PRODUCCIÓN</u>	39
3.2.1. <i>EL CICLO BIENAL</i>	39
3.2.2. <i>COMPETENCIA POR ASIMILADOS</i>	40
3.2.2.1. <u>Competencia entre crecimiento vegetativo y reproductor</u>	40
3.2.2.2. <u>Competencia entre dos ciclos reproductores consecutivos</u>	41
3.2.2.3. <u>Mecanismos endógenos de control de la vecería</u>	41
3.2.2.3.1. Aborto pistilar	42
3.2.2.3.2. Competencia entre frutos	42
3.3. <u>FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VECERÍA</u>	43
3.3.1. <i>FACTORES INTERNOS</i>	43
3.3.1.1. <u>Estructura de las ramas</u>	43
3.3.1.2. <u>Evolución del crecimiento de ramos</u>	43
3.3.1.3. <u>Edad del árbol</u>	44

3.3.2. <i>CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CULTIVO</i>	44
3.3.2.1. <u>Temperatura</u>	44
3.3.2.2. <u>Humedad</u>	45
3.3.2.3. <u>Viento</u>	45
3.3.2.4. <u>Necesidades hídricas</u>	45
3.3.2.5. <u>Bióticos</u>	45
3.3.2.6. <u>Poda</u>	45
3.3.2.7. <u>Fertilización</u>	46
3.3.2.8. <u>Aclareo</u>	46
3.3.2.9. <u>Diseño de plantación</u>	47
3.3.2.10. <u>Época de recolección</u>	47
<b>III. VARIABILIDAD DE LA ALTERNANCIA DE PRODUCCIÓN EN OLIVO</b>	
<b>I. VARIABILIDAD DE LA ALTERNANCIA DE PRODUCCIÓN EN OLIVAR</b>	51
<b>I.1. INTRODUCCIÓN</b>	51
<b>I.2. VARIABILIDAD DE LA VECERÍA EN UNA REGIÓN. LA ALTERNANCIA DE PRODUCCIÓN DE OLIVO EN ANDALUCÍA</b>	52
I.2.1. <u>MATERIAL Y MÉTODOS</u>	52
I.2.2. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN: MAPA DE INCIDENCIA DE VECERÍA</u>	52
<b>I.3. VARIABILIDAD DE LA VECERÍA ENTRE ÁRBOLES DE UNA PLANTACIÓN</b>	68
I.3.1. <u>MATERIAL VEGETAL</u>	68
I.3.2. <u>TOMA DE DATOS</u>	68
I.3.3. <u>ANÁLISIS DE DATOS</u>	68
I.3.3.1. <u>CÁLCULO DE ÍNDICES DE VECERÍA</u>	68
I.3.4. <u>RESULTADOS</u>	68
I.3.5. <u>DISCUSIÓN</u>	70
<b>II. CARACTERIZACIÓN DE RAMAS Y FRUCTIFICACIÓN EN UN CICLO BIENAL</b>	71
<b>II.1. INTRODUCCIÓN</b>	71
<b>II.2. MATERIAL Y METODOS</b>	71
II.2.1. <u>TIPOLOGÍA DE RAMAS</u>	71
II.2.1.1. <u>CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES</u>	72
II.2.1.1.1. <u>Situación</u>	72
II.2.1.1.1.1. Ramas de situación interna	72
II.2.1.1.1.2. Ramas de situación externa	72
II.2.1.1.2. <u>Posición</u>	72
II.2.1.1.2.1. Ramas de posición alta	72
II.2.1.1.2.2. Ramas de posición baja	73
II.2.1.1.3. <u>Porte</u>	73
II.2.1.1.3.1. Ramas de porte erguido	73
II.2.1.1.3.2. Ramas de porte medio	73
II.2.1.1.3.3. Ramas de porte llorón	73
II.2.1.2. <u>CARACTERÍSTICAS REPRODUCTORAS</u>	74
II.2.1.2.1. <u>Fructificación</u>	74

II.2.1.1.2. <u>Floración</u>	74
II.2.2. <u>DISEÑO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS</u>	75
II.3. <b>RESULTADOS</b>	76
II.3.1. <u>RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y REPRODUCTORAS DE LAS RAMAS</u>	76
II.3.1.1. <i>RELACIONES ENTRE ÁRBOLES Y RAMAS SEGÚN LA CATEGORÍA DE FRUCTIFICACIÓN</i>	76
II.3.1.2. <i>RELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y REPRODUCTORAS</i>	77
II.3.1.2.1. <u>Relación porte – fructificación</u>	77
II.3.1.2.2. <u>Relación entre posición y fructificación</u>	79
II.3.1.2.3. <u>Relación entre posición y porte</u>	80
II.3.1.2.4. <u>Relación entre floración y fructificación en 1999</u>	81
II.3.1.3. <i>RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y REPRODUCTORAS EN AÑOS SUCESIVOS</i>	83
II.3.1.3.1. <u>Relación entre fructificación en 1998 y floración en 1999</u>	83
II.3.1.3.2. <u>Relación entre porte en 1998 y floración en 1999</u>	84
II.3.1.3.3. <u>Relación entre posición en 1998 y floración en 1999</u>	85
II.3.1.3.4. <u>Relación entre porte en 1998 y fructificación en 1999</u>	85
II.3.1.3.5. <u>Relación entre posición en 1998 y fructificación en 1999</u>	86
II.3.2. <u>RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE LAS RAMAS Y SUS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y REPRODUCTORAS</u>	87
II.3.2.1. <i>RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS RAMAS SEGÚN LAS CATEGORÍAS DE FRUCTIFICACIÓN DE LOS ÁRBOLES</i>	87
II.3.2.1.1. <u>Fructificación</u>	87
II.3.2.1.2. <u>Porte</u>	89
II.3.2.1.3. <u>Posición</u>	90
II.3.2.2. <i>RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS RAMAS PARA LA TOTALIDAD DE LAS RAMAS</i>	92
II.3.2.2.1. <u>Fructificación</u>	92
II.3.2.2.2. <u>Porte</u>	92
II.3.2.2.3. <u>Posición</u>	93
II.3.2.3. <i>REGRESIÓN PRODUCCIÓN-PERÍMETRO DE RAMA</i>	93
II.4. <b>DISCUSIÓN</b>	97
<b>IV. VARIABILIDAD DE LA FRUCTIFICACIÓN EN OLIVO</b>	
I. <b>PRODUCTIVIDAD DEL RAMO FRUCTÍFERO</b>	101
I.1. <b>INTRODUCCIÓN</b>	101
I.2. <b>VARIABILIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD DENTRO DE UN CULTIVAR: ‘MANZANILLA DE SEVILLA’</b>	103
I.2.1. <u>MATERIAL VEGETAL</u>	103
I.2.2. <u>DISEÑO EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS</u>	103
I.2.3. <u>ANÁLISIS DE DATOS</u>	106
I.2.3.1. <i>CÁLCULO DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN</i>	106
I.2.3.2. <i>ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD</i>	106
I.2.3.3. <i>ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES</i>	107

I.2.3.4. <i>REGRESIÓN LINEAL</i>	107
I.2.4. <u>RESULTADOS</u>	107
I.2.4.1. <i>VARIABILIDAD DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD</i>	107
I.2.4.2. <i>ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD</i>	119
I.2.4.3. <i>REGRESIÓN LINEAL</i>	126
I.2.5. <u>DISCUSIÓN</u>	127
<b>I.3. VARIABILIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD ENTRE CULTIVARES</b>	130
I.3.1. <u>MATERIAL VEGETAL</u>	130
I.3.2. <u>DISEÑO EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS</u>	131
I.3.3. <u>ANÁLISIS DE DATOS</u>	131
I.3.3.1. <i>CÁLCULO DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN</i>	131
I.3.3.2. <i>ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD</i>	131
I.3.4. <u>RESULTADOS</u>	132
I.3.4.1. <i>VARIABILIDAD DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD</i>	132
I.3.4.1.1. <u>Influencia del año</u>	133
I.3.4.1.2. <u>Influencia del sistema de riego</u>	134
I.3.4.1.3. <u>Variabilidad debida a variedades</u>	135
I.3.4.1.4. <u>Clasificación de variedades</u>	137
I.3.4.1.5. <u>Relación entre índices de fructificación y productividad</u>	138
I.3.5. <u>DISCUSIÓN</u>	139
<b>II. RELACIÓN ENTRE FLORACIÓN, VIGOR Y PRODUCCIÓN</b>	141
<b>II.1. INTRODUCCIÓN</b>	141
<b>II.2. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	142
II.2.1. <u>ENSAYOS Y MATERIAL VEGETAL</u>	142
II.2.1.1. <i>'MANZANILLA DE SEVILLA'</i>	142
II.2.1.2. <i>'PICUAL'</i>	142
II.2.1.3. <i>'ARBEQUINA'</i>	142
II.2.1.4. <i>BANCO DE GERMOPLASMA</i>	143
II.2.2. <u>DISEÑO EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS</u>	143
II.2.2.1. <i>'MANZANILLA DE SEVILLA'</i>	143
II.2.2.2. <i>'PICUAL'</i>	144
II.2.2.3. <i>'ARBEQUINA'</i>	144
II.2.2.4. <i>BANCO DE GERMOPLASMA</i>	145
II.2.4. <u>ANÁLISIS DE DATOS</u>	145
II.2.4.1. <i>ANÁLISIS DE LA VARIANZA</i>	145
II.2.4.2. <i>REGRESIÓN LINEAL</i>	146
<b>II.3. RESULTADOS</b>	146
II.3.1. <u>'MANZANILLA DE SEVILLA'</u>	146
II.3.1.1. <i>RELACIÓN FLORACIÓN - PRODUCCIÓN</i>	146
II.3.1.2. <i>REGRESIÓN VIGOR - PRODUCCIÓN</i>	147
II.3.2. <u>'PICUAL'</u>	148

II.3.2.1. <i>RELACIÓN FLORACIÓN - VIGOR - PRODUCCIÓN</i>	148
II.3.2.2. <i>REGRESIÓN VIGOR - PRODUCCIÓN</i>	149
II.3.3. <u>'ARBEQUINA'</u>	151
II.3.3.1. <i>RELACIÓN FLORACIÓN - VIGOR - PRODUCCIÓN</i>	151
II.3.3.2. <i>REGRESIÓN VIGOR - PRODUCCIÓN</i>	153
II.3.4. <u>BANCO DE GERMOPLASMA</u>	155
II.3.4.1. <i>RELACIÓN FLORACIÓN - VIGOR - PRODUCCIÓN</i>	155
II.3.4.2. <i>REGRESIÓN VIGOR - PRODUCCIÓN</i>	157
II.4. <b>DISCUSIÓN</b>	161
<b>V. DISCUSIÓN GENERAL</b>	165
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	171
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	175

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la intensidad de la alternancia de producción en Andalucía según municipios, entre 1995-96 y 1998-99.	53
Figura 2. Mapa de intensidad de la alternancia de la producción del olivar en Andalucía por comarcas agrarias entre 1995-96 y 1998-99.	55
Figura 3. Mapa de variedades predominantes por municipios (>50% superficie).	61
Figura 4. Mapa de rendimientos (kg aceituna/ha) en Andalucía.	65
Figura 5. Sincronía en 'Manzanilla de Sevilla' en 9 años.	69
Figura.6. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de fructificación de ramas en árboles de fructificación escasa en 1998.	87
Figura 7. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de fructificación de ramas en árboles de fructificación media en 1998.	88
Figura 8. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de fructificación de ramas en árboles de fructificación alta en 1998.	88
Figura 9. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de porte de ramas en árboles de fructificación escasa en 1998.	89
Figura 10. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de porte de ramas en árboles de fructificación media en 1998.	89
Figura 11. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de porte de ramas en árboles de fructificación alta en 1998.	90
Figura 12. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de posición de ramas en árboles de fructificación escasa en 1998.	90
Figura 13. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de posición de ramas en árboles de fructificación media en 1998.	91
Figura 14. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de posición de ramas en árboles de fructificación media.	91
Figura 15. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de fructificación para la totalidad de las ramas.	92
Figura 16. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de porte para la totalidad de las ramas.	93
Figura 17. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de posición para la totalidad de las ramas.	93
Figura 18. Regresiones lineales entre producción en 1998 y perímetro de las ramas según la categoría de fructificación.	94
Figura 19. Regresiones lineales entre producción en 1999 y perímetro de las ramas según la categoría de fructificación.	95
Figura 20. Regresión lineal entre la producción acumulada en 1998 y 1999 y el perímetro según categorías de porte de rama.	96
Figura 21. Esquema de la evolución estacional del ramo fructífero.	101
Figura 22. Modelo de fructificación. Ciclo bienal. (Rallo y Cuevas, 1999).	102
Figura 23. Árbol con categoría de floración 1	104



Figura 24. Árbol con categoría de floración 3	104
Figura 25. Árbol con categoría de floración 5	105
Figura 26. Ramo muestreado.	105
Figura 27. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción por categorías de floración en 1994 en 'Manzanilla de Sevilla'.	110
Figura 28. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción por categorías de floración en 1995 en 'Manzanilla de Sevilla'.	112
Figura 29. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción por categorías de floración en 1996 en 'Manzanilla de Sevilla'.	114
Figura 30. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción por categorías de floración en 1997 en 'Manzanilla de Sevilla'.	116
Figura 31. Medias y error estándar de la proporción de ramos fructíferos en ramas de 6-7 años por categorías de floración en 1997 en 'Manzanilla de Sevilla'.	117
Figura 32. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción por categorías de floración en 1998 en 'Manzanilla de Sevilla'.	118
Figura 33. Estimación de los porcentajes debidos a las fuentes de variación en el $R^2$ del índice de fructificación.	134
Figura 34. Estimación de los porcentajes debidos a las fuentes de variación en el $R^2$ del peso medio de frutos.	135
Figura 35. Histograma de distribución de las variedades según el índice de fructificación ifru1.	137
Figura 36. Histograma de distribución de las variedades según el peso medio de fruto.	137
Figura 37. Producción media por árbol en la variedad 'Manzanilla de Sevilla' entre 1993 y 1997, según categorías de floración.	147
Figura 38. Producción media por árbol según categorías de floración y de vigor para los años 1998 y 1999 en la variedad 'Picual'.	148
Figura 39. Rectas de regresión lineal entre la producción acumulada en 1998 y 1999 y el perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en la variedad 'Picual'.	150
Figura 40. Producción media de cada árbol por categoría de floración y de vigor en 'Arbequina' en los años 1998 y 1999.	152
Figura 41. Rectas de regresión lineal entre la producción y el perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en la variedad 'Arbequina' en 1998 y 1999.	154
Figura 42. Producción media de olivos en 1999 en el Banco de Germoplasma, según sus categorías de floración y vigor.	156
Figura 43. Rectas de regresión lineal entre la producción y el perímetro de tronco en el Banco de Germoplasma en 1999 según categorías de floración.	158
Figura 44. Rectas de regresión lineal entre la producción y el volumen de copa en el Banco de Germoplasma en 1999 según categorías de floración.	159
Figura 45. Rectas de regresión lineal entre la producción y la superficie de copa en el Banco de Germoplasma en 1999 según categorías de floración.	160

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Índices de vecería (Monselise y Goldschmidt, 1982).	39
Cuadro 2. Número de declaraciones de cultivo y número de olivos para las campañas 1995-96 a 1998-99.	52
Cuadro 3. Producciones totales en 187 árboles de 'Manzanilla de Sevilla' entre 1989-1997 para estudio de vecería.	68
Cuadro 4. Valores de los diferentes índices de vecería en una parcela de 'Manzanilla de Sevilla' para 9 años de cosecha.	68
Cuadro 5. Valores de los diferentes índices de vecería en 187 árboles de 'Manzanilla de Sevilla' para 9 años de cosecha.	70
Cuadro 6. Categorías de floración.	75
Cuadro 7. Número de ramas de las distintas categorías de fructificación para cada categoría de fructificación en árboles en 1998.	76
Cuadro 8. Número de ramas de las distintas categorías de fructificación para cada categoría de fructificación en árboles en 1999.	77
Cuadro 9. Número de ramas de las distintas categorías de fructificación para los años 1998 y 1999.	77
Cuadro 10. Número de ramas en las distintas categorías de porte y fructificación en 1998 y 1999.	78
Cuadro 11. Número de ramas de las distintas categorías de porte y fructificación en 1998 y 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.	78
Cuadro 12. Número de ramas en las distintas categorías de posición y fructificación en 1998 y 1999.	79
Cuadro 13. Número de ramas de las distintas categorías de posición en 1998 y 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.	79
Cuadro 14. Número de ramas de las distintas categorías de posición y fructificación en 1998 y 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.	80
Cuadro 15. Número de ramas en las distintas categorías de porte y posición en 1998 y 1999.	80
Cuadro 16. Número de ramas de las distintas categorías de posición y porte en 1998 y 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.	81
Cuadro 17. Número de ramas en las distintas categorías de fructificación en 1999 y floración en 1999.	81
Cuadro 18. Número de ramas en las distintas categorías de fructificación en 1999 y floración en 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.	82
Cuadro 19. Número de ramas en las distintas categorías de fructificación en 1998 y floración en 1999.	83
Cuadro 20. Número de ramas de las distintas categorías de fructificación en 1998 y floración en 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.	84
Cuadro 21. Número de ramas en las distintas categorías de porte en 1998 y floración en 1999.	84
Cuadro 22. Número de ramas de las distintas categorías de porte en 1998 y floración en 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.	85
Cuadro 23. Número de ramas en las distintas categorías de porte en 1998 y fructificación en 1999.	86
Cuadro 24. Número de ramas de las distintas categorías de porte en 1998 y fructificación en 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.	86
Cuadro 25. Índices de fructificación y productividad.	106
Cuadro 26. Precipitaciones acumuladas entre Septiembre y Mayo (inclusive), temperaturas máximas, mínimas y medias en el periodo de floración, duración del mismo y plena floración.	107

Cuadro 27. Media y desviación típica de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1994, 1995, 1996, 1997 y 1998.	108
Cuadro 28. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y de variación (CV) para los índices de fructificación y la producción en los años 1994, 1995, 1996, 1997 y 1998 en relación con la cantidad de flor.	108
Cuadro 29. Coeficientes de correlación entre los índices de floración, cuajado, fructificación y peso medio de frutos en 'Manzanilla de Sevilla' en 1994.	120
Cuadro 30. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de 4 índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1994.	120
Cuadro 31. Coeficientes de correlación de las variables seleccionadas con las dos componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1994.	121
Cuadro 32. Coeficientes de correlación entre los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1995.	121
Cuadro 33. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de 4 índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1995.	122
Cuadro 34. Coeficientes de correlación de las variables seleccionadas con las dos componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1995.	122
Cuadro 35. Coeficientes de correlación entre los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1996.	123
Cuadro 36. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de 4 índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1996.	123
Cuadro 37. Coeficientes de correlación de las variables seleccionadas con las dos componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1996.	123
Cuadro 38. Coeficientes de correlación entre los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1997.	124
Cuadro 39. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de 4 índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1997.	124
Cuadro 40. Coeficientes de correlación de las variables seleccionadas con las dos componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1997.	125
Cuadro 41. Coeficientes de correlación entre los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1998.	125
Cuadro 42. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1998.	126
Cuadro 43. Coeficientes de correlación de las variables originales con la componente principal de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1998.	126
Cuadro 44. Ecuaciones de regresión simple y múltiple entre producción e índices de fructificación y productividad seleccionados y proporción de ramos fructíferos (en 1997).	127
Cuadro 45. Número de variedades y árboles estudiados en cada año en los dos sistemas de riego.	130
Cuadro 46. Precipitaciones acumuladas entre Septiembre y Mayo (inclusive) en Córdoba.	131
Cuadro 47. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ), valor de F y su significación (**= 0,01; *=0,05; ns=no significativo) y del coeficiente de variación (CV) para el índice de fructificación ifru1 y el peso medio de frutos. Medida de la variación debida al árbol (error experimental).	133

Cuadro 48. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ), valor de F y su significación (**= 0,01; *=0,05; ns=no significativo) y del coeficiente de variación (CV) para el índice de fructificación ifru1 y el peso medio de frutos en los años de secano (1991, 1999) y regadío (1995, 1999). Medida de la variación debida al año.	133
Cuadro 49. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ), valor de F y su significación (**= 0,01; *=0,05; ns=no significativo) y del coeficiente de variación (CV) para el índice de fructificación ifru1 y el peso medio de frutos. Medida de la variación debida al sistema de riego en 1999.	134
Cuadro 50. Medias y error estándar del índice de fructificación ifru1, peso medio de fruto e índice de productividad ipro1 del total de cultivares. En <b>negritas</b> las variedades con mayor índice de productividad en peso seco de fruto.	136
Cuadro 51. Clasificación de las variedades según el índice de fructificación ifru1 y peso medio de fruto. Se señalan en <b>negritas</b> aquellas variedades cuyo índice de productividad en peso seco (ipro1) es mayor. Las variedades se encuentran ordenadas verticalmente de menor a mayor peso del fruto.	138
Cuadro 52. Categorías de vigor.	143
Cuadro 53. Número de árboles en cada categoría de floración y años en la variedad 'Manzanilla de Sevilla'.	144
Cuadro 54. Número de árboles en cada categoría de floración y de vigor en la variedad 'Picual' para los años 1998 y 1999.	144
Cuadro 55. Número de árboles para las categorías de floración y vigor en 'Arbequina' para los años 1998 y 1999.	145
Cuadro 56. Número de árboles estudiados en cada categoría de floración y de vigor en el Banco de Germoplasma en 1999.	145
Cuadro 57. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y del coeficiente de variación (CV) de la producción (kg/árbol) de 227 árboles de 'Manzanilla de Sevilla' según categorías de floración para los años 1993, 1994, 1995, 1996 y 1997.	146
Cuadro 58. Media y error estándar del perímetro, volumen y superficie de copa de los árboles de 'Manzanilla de Sevilla' en los años 1993, 1994 y 1996.	147
Cuadro 59. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de la producción en 'Picual' según las categorías de floración y vigor para los años 1998 y 1999.	148
Cuadro 60. Medias y error estándar del perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en 'Picual' según las categorías de vigor de árboles.	149
Cuadro 61. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de las regresiones lineales entre la producción y el perímetro de tronco (medida en cm), volumen (medida en $m^3$ ) y superficie de copa (medida en $m^2$ ) en 'Picual' para las categorías de floración en los años 1998 y 1999.	151
Cuadro 62. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de la producción en 'Arbequina' según categorías de vigor y floración para los años 1998 y 1999.	152
Cuadro 63. Medias y error estándar del perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en 'Arbequina' según las categorías de vigor de árboles.	153
Cuadro 64. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de las regresiones lineales entre la producción y el perímetro de tronco (medido en cm), volumen (medido en $m^3$ ) y superficie de copa (medida en $m^2$ ) en 'Arbequina' para las categorías de floración en los años 1998 y 1999.	155

Cuadro 65. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de la producción en 552 árboles de 268 variedades del Banco de Germoplasma del C.I.F.A. "Alameda del Obispo" en 1999.	156
Cuadro 66. Medias y error estándar del perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en el Banco de Germoplasma según las categorías de vigor de árboles.	157

*“Un árbol glorioso florece en nuestra tierra doria;  
nuestra dulce, húmeda y plateada niñera: el  
olivo. Nacido de si mismo e inmortal, sin miedo a  
enemigos, su fuerza intemporal desafía a los  
pícaros, jóvenes y viejos, pues Zeus y Atenea lo  
guardan con ojos que nunca duermen.”*

(Sófocles. *Edipo en Colonna*)

## **I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

## I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El olivo es una de las señas de identidad de la cultura mediterránea desde tiempos inmemoriales. Símbolo universal de paz, las diferentes civilizaciones que se han desarrollado a orillas del Mediterráneo, como la hebrea, griega, romana y musulmana, hacen referencia a nuestro cultivo en sus libros sagrados y en sus relatos religiosos y mitológicos. Dichos textos no solamente dan una idea de los usos y costumbres de estos pueblos, sino también indican la importancia que el aceite, y por ende el olivo, tenía y tiene para estas culturas.

Esta materia prima tan rica en posibilidades bien merece esas atenciones. Se utiliza su madera y el fruto es comestible. El aceite ilumina, alimenta, sana, lubrica, embellece como ungüento y señala en los ritos a los fieles. Es objeto de comercio y, por tanto, de riqueza. Tanta diversificación, tantos usos útiles al ser humano hacen lógica su mención a la vera de los dioses.

Pero, desgraciadamente, este árbol que tanto nos ofrece y es símbolo de sabiduría y convivencia, ha sufrido un considerable olvido en lo que a su conocimiento y cultivo se refiere. Hasta hace pocas décadas apenas se le ha dedicado atención científica, intentando mejorar las condiciones de su explotación y la calidad de su aceite. El limitado desarrollo científico y técnico de la región mediterránea ha hecho que sean escasos los estudios exhaustivos sobre los hábitos de producción, variabilidad de la especie y diferencias entre cultivares; y que todavía se planteen interrogantes sobre la manera de fructificar del olivo que hace tiempo han sido resueltos, con mayor o menor fortuna, en otras especies.

Según Vernet (1990) el cultivo del olivo se remonta a unos 6.000 años a. C. Las evidencias arqueológicas más antiguas son unos endocarpos encontrados en Teleilat Ghassul, al norte del Mar Muerto (Palestina), y cuya datación los sitúa entre 3.700 y 3.500 años a. C. (Zohary y Spiegel-Roy, 1975). Nuestro cultivo, junto con la vid, la higuera, la palmera datilera y el granado, fue de los primeros frutales domesticados en Oriente Medio y se dispersó desde este centro de origen hacia el resto de la Cuenca Mediterránea, siempre en zonas con acebuches, puesto que los olivos silvestres han sido los progenitores de la forma cultivada (Zohary, 1994). A este respecto, es reseñable que en el Valle del Nilo no existían acebuches, siendo el sésamo la especie utilizada como cultivo oleaginoso, pero se nutrían de aceite de oliva mediante el comercio con Creta (Rallo, 1986) o Palestina (Zohary y Hopf, 1993). Según destaca Wilson (1988), sí existían olivos en la zona de El-Matariya, cuyas ramas eran usadas como ofrenda a las divinidades en el Antiguo Imperio, pero posiblemente no podían ser explotadas por su bajo rendimiento en aceite o dificultades de extracción.

La expansión del cultivo fuera de la Cuenca Mediterránea se inició en el siglo XVI, al ser transportadas estacas de olivo desde Sevilla a los Virreinos de México y Perú. Posteriormente, se dispersó por América llegando a Chile y Argentina desde Perú, y a California desde México. Desde finales del siglo XIX y principios del siglo XX, el olivo se ha extendido por otros países como Australia, Sudáfrica, China, India o Nueva Zelanda (Caballero y del Río, 1999b). Hay que destacar que existen especies del género *Olea* en otras latitudes, como *O. africana* Miller en el África subsahariana y *O. ferruginea* Royle en Afganistán, Pakistán y este de la Cordillera del Himalaya (Zohary y Hopf, 1993).

Andalucía tiene 1.379.800 has. de olivar (MAPA, 1998), que suponen más del 63% de la superficie dedicada a este cultivo en España. Los inicios del cultivo en esta zona se remontan al siglo IX a. C., con las primeras factorías fenicias en la desembocadura del Guadalquivir. El auge del cultivo comienza con la dominación romana (Angles, 1999), siendo el principal proveedor de aceite a Roma y las provincias occidentales del Imperio. La zona de cultivo se centra en las riberas del Guadalquivir con núcleos importantes en Sevilla (*Hispalis*), Lora del Río (*Axati*), Écija (*Astigi*), Córdoba (*Corduba*) y Linares (*Castulo*), siendo el río eje de circulación, y dando lugar a un florecimiento en sus márgenes del comercio e industrias relacionados con el aceite.

La distribución del cultivo y de la importancia de determinadas zonas oliveras se mantiene desde los romanos hasta la segunda mitad del siglo XIX. En la época árabe, la olivicultura de Al-Andalus sigue teniendo como eje de desarrollo el río Guadalquivir, con la zona del Aljarafe sevillano como zona de máxima producción (Angles, 1999). En la Edad Moderna, la importancia de la zona de Sevilla se refuerza por el comercio con las Indias. A partir del siglo XVIII se produce una caída del comercio con América, y el aceite pasa a ser un bien de consumo interno, no teniendo tanta importancia la cercanía a Sevilla (Angles, 1999).

El cultivo del olivo se favorece con los repartos de tierras originados en el siglo XIX por las Desamortizaciones de Mendizábal y Madoz. Se produce un desplazamiento del cultivo hacia Andalucía Oriental por una mejor adaptación de los cultivares a sus terrenos y un estancamiento de las exportaciones y producción en Sevilla. El desarrollo del ferrocarril permite el comercio de las provincias del interior, como Jaén (Angles, 1999). Esta preeminencia de Jaén continuará hasta los años 30 del presente siglo.

La situación del olivar desde la Guerra Civil hasta 1985 es bastante desalentadora. Tras la contienda se establecen intervenciones del aceite por ser artículo de primera necesidad, y a finales de los 60 sufre una fuerte competencia por parte de los aceites de semilla, el aumento de costes de explotación y la escasa rentabilidad de las plantaciones. Por zonas de cultivo, disminuye la superficie en Cádiz y Sevilla y aumenta en Granada y Almería. Actualmente, debido al impulso dado al cultivo mediante subvenciones comunitarias y el plan de mejora de la calidad del aceite, se ha incrementado el número de explotaciones,



con un aumento del olivar de regadío, así como una mejora de las almazaras. Las provincias de mayor cultivo son Jaén, Córdoba, Granada y Sevilla.

El hombre llevó a cabo la selección, tanto de olivos silvestres como de genotipos cultivados, en épocas muy tempranas de la domesticación del cultivo. Ésta se realizó según parámetros de adaptabilidad al ambiente y aumento de la productividad, con un mayor tamaño de fruto y contenido en aceite. Asimismo, el número de genotipos se incrementó por la existencia de cruzamientos espontáneos entre los acebuches y los olivos cultivados, originando una gran diversidad de cultivares autóctonos (Rallo, 1995). Por lo tanto, la variabilidad dentro de la especie tiene su origen en la interfertilidad existente entre el olivo silvestre y el cultivado, y una baja presión de selección realizada por el hombre y mantenida durante cientos de años en las zonas tradicionales de cultivo (Barranco, 1999). Una vez que el hombre dominó la técnica de la reproducción vegetativa, pudo propagar los acebuches seleccionados dada la facilidad de enraizamiento de los olivos silvestres (Zohary y Hopf, 1993).

La iteración de los procesos según la secuencia: selección de acebuches → difusión mediante reproducción vegetativa → hibridación con acebuches de la nueva zona de implantación → selección → clonación, ha originado un elevado número de cultivares autóctonos en todas las zonas de cultivo (Barranco, 1999). Según Bartolini *et al.* (1998), existen 1.200 variedades con más de 3.000 denominaciones diferentes en Bancos de Germoplasma repartidos en 24 países; sin embargo Lavee (1994) estima que el número de genotipos distintos sobrepasa los 2.000. En España, Barranco (1999) señala la existencia de 262 cultivares, de los que 24 se consideran variedades principales con una amplia superficie de cultivo, 27 secundarias, 36 difundidas y 175 locales.

La dispersión del cultivo por un área tan extensa como es la Cuenca Mediterránea se llevó a cabo mediante propágulos de gran tamaño, siendo éste casi el único método tradicional de propagación (Caballero y del Río, 1999a). El tamaño del propágulo ha sido un elemento que ha definido también la dispersión varietal de la especie, ya que las zonas de difusión de los cultivares están restringidas en torno a sus lugares de origen (Barranco, 1999). Este hecho se ha confirmado mediante las técnicas derivadas del uso de marcadores moleculares como isoenzimas (Trujillo *et al.*, 1990; Trujillo, 1992) o, más recientemente, con marcadores de ADN-RAPDs (Belaj, 1998; Belaj *et al.*, 2000). Estos autores han constatado una cierta agrupación de las variedades por zonas geográficas de origen.

El olivo se desarrolla inicialmente en las laderas de las montañas, ya que las tierras llanas se ocupaban con los cultivos cerealistas y anuales (Lavee, 1994). Estas condiciones marginales de cultivo definen una de las características sobresalientes del olivo, su rusticidad, aspecto éste que ha sido motor y freno en la explotación de la especie. Así, la excelente adaptación a las condiciones ambientales fue uno de los pilares básicos de la selección empírica que el hombre realizó en la domesticación del cultivo. El aspecto

negativo de la rusticidad es que la tecnología de cultivo ha estado muy limitada, por considerarse un frutal con capacidad de producción en donde otras plantas no lo hacían. El olivar, por esto, resulta un sistema agrícola cuya productividad no ha sido un objetivo hasta hace poco (Rallo, 1986).

En los diferentes estudios sobre la diversidad varietal del olivo, identificación y clasificación de los genotipos, se han observado reiterados problemas de sinonimias y homonimias en el material vegetal (Barranco, 1999; Navarro Burgos, 1999). Este hecho es similar en otros cultivos procedentes de las primeras etapas de domesticación por el hombre, como en la vid (García *et al.*, 1990; Cabello *et al.*, 1993; Asensio *et al.*, 1997; Asensio, 1999). Es importante atender a la creación y mantenimiento de Bancos de Germoplasma en los cuales se recoja la gran diversidad de la especie, a fin de realizar la clasificación sistemática de los cultivares y emprender estudios del comportamiento agronómico de los cultivares.

Actualmente no se tiene certeza de estar cultivando en cada zona la mejor variedad posible, o si las variedades existentes (siendo muy antiguas), responden a las exigencias de la actual olivicultura (Rallo, 1995), debido a la ausencia de estudios sobre las características productivas de los cultivares de olivo. Este tipo de ensayos ayudarían a establecer también cuáles son los mejores parentales para los planes de mejora, y así poder obtener nuevas variedades mejor adaptadas y más productivas. Al contrario que en otros frutales como el manzano, cuyas primeras variedades derivadas de planes de mejora se remontan a finales del s. XIX principios del s. XX, según el Registro de Variedades de Brooks y Olmo (1997), en el olivo sólo se han descrito tres variedades nuevas: 'Kadesh' (1978), 'Barnea' (1986) y 'Maalot' (1999), producidas por el profesor Lavee en la estación de Bet Dagan (Israel) y con una difusión limitada, y el clon I-77 seleccionado por el profesor Fontanazza. El Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba está desarrollando en la actualidad un programa de mejora varietal por cruzamiento para la obtención de nuevos cultivares. Dicho programa se basa en la aplicación de técnicas de forzado de crecimiento (Santos-Antunes, 1999), puesta a punto de selección asistida por marcadores moleculares (de la Rosa, 2000), y mejora clásica. Otros países como Italia, Portugal, Túnez, Marruecos, Turquía, Israel o Australia tienen también programas de mejora genética en olivo.

Una de las características más destacadas de los frutales es la alternancia de las producciones, siendo descrito este comportamiento en numerosos cultivos (Monselise y Goldschmidt, 1986). En olivo ha sido observado desde la antigüedad, como así lo manifiesta Columela (siglo I d. C.), según cita Rallo (1986). La vecería es una incidencia del cultivo de gran importancia económica. En otros frutales se han puesto a punto diversas estrategias para minimizar las pérdidas debidas a la falta de uniformidad en las cosechas. En la alternancia de producción influyen aspectos propios de la especie, el cultivar, las condiciones ambientales y de manejo de los árboles.

El olivo produce según un ciclo bienal. Los frutos se implantan en madera del año precedente y en su crecimiento compiten por los asimilados con los brotes, también en crecimiento activo. Esta simultaneidad de procesos se resuelve con la prevalencia del fruto sobre el brote y, por ello, con un limitado desarrollo de la madera que dará lugar a la cosecha siguiente, así como la inhibición de la inducción floral de las yemas. Aparte del conocimiento que tenemos de este ciclo, no sabemos las causas de la vecería, sino más bien factores que influyen en su mayor o menor incidencia, como variaciones de compuestos bioquímicos (Lavee *et al.*, 1986; Lavee *et al.*, 1994) o el efecto de prácticas culturales como el aclareo (Suárez *et al.*, 1995) o el anillado (Ben-Tal y Lavee, 1984; Ben-Tal y Lavee, 1985) en el control de la alternancia.

El porcentaje de flores que llegan a fruto recolectado en olivo es muy pequeño, estimándose entre un 1-4% en años de buena cosecha. La cantidad de flor que tiene un árbol en un año dado es el resultado de la interacción entre multitud de factores: nutricionales, de competencia entre sumideros vegetativos y reproductores, regulaciones de tipo hormonal, y la siempre presente influencia de factores ambientales.

Por otra parte, existen mecanismos de compensación de la carga florífera, y de este modo, las diferencias de floración determinadas por la cosecha anterior (según el crecimiento y número de nudos del brote precedente), tratan de ser equilibradas durante el desarrollo de las inflorescencias y flores, el cuajado y el crecimiento del fruto. Como consecuencia de esto, una elevada floración va acompañada de un aumento del aborto pistilar y un menor cuajado y tamaño de fruto. Sin embargo, dichos mecanismos de compensación resultan insuficientes, ya que no consiguen equilibrar totalmente los diferentes procesos (Suárez *et al.*, 1984; Rallo y Fernández-Escobar, 1985; Vargas, 1993).

Aumentar el conocimiento que se tiene de la fructificación del olivo es una herramienta ineludible para el control de la producción. Dicho control permitiría un diseño más racional de las industrias de elaboración y almacenamiento y menores oscilaciones en el mercado oleícola.

Con la presente Tesis, la autora pretende profundizar en el saber actual sobre el olivo, su fructificación y su hábito vecero, y paliar en lo posible la falta de atención que durante tanto tiempo ha sufrido nuestro cultivo. Aunque siempre quede el alivio de que *"Zeus y Atenea lo guardan con ojos que nunca duermen"*.

Los objetivos del presente trabajo son:

- Determinación de la incidencia de la vecería a distintos niveles: parcela, comarca, provincia y región.

- Determinar la incidencia de la vecería en árboles y ramas de estructura. Definir en este último caso la influencia del vigor, porte, situación y carga para diseñar una estrategia de poda.
- Determinar la variabilidad dentro de un genotipo de índices de fructificación y de los correspondientes procesos reproductivos. Validación del modelo propuesto para diferentes genotipos.
- Establecer las relaciones existentes entre el vigor, la floración y la producción de los árboles, tanto dentro de un genotipo como en un número elevado de cultivares.

*“Se escribe y se lee para comprender el mundo.  
Nadie, pues, debería salir a la vida sin haber  
adquirido estas habilidades básicas.”*

(Juan José Millás)

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1. TAXONOMÍA

El olivo, *Olea europaea* L., es un árbol perteneciente a la familia *Oleaceae*. Dentro de ésta existen 29 géneros diferentes y unas 600 especies, con distribución cosmopolita. Presenta dos subfamilias: *Oleoideae* y *Jasminoideae*. El olivo pertenece a la primera, *Oleoideae*, que comprende otros géneros con interés agronómico como *Fraxinus* (fresno), *Syringa* (lilo), o *Ligustrum* (aligustre). La segunda subfamilia presenta como géneros destacados *Jasminum* (jazmín) o *Forsythia*. Las especies con interés agronómico pertenecientes a estos géneros tienen uso ornamental (lilo, aligustre, forsythia y jazmín), en perfumería y por sus aceites esenciales (jazmín), o por su madera (fresno y olivo). La especie con mayor importancia económica y la única que se utiliza como alimento es el olivo (Heywood, 1978).

Existen alrededor de 35 especies dentro del género *Olea*, estando incluidos tanto los olivos cultivados como los silvestres (acebuches) en la especie *O. europaea* L., siendo el olivo cultivado *O. europaea* L. subsp. *europaea* = *O. europaea* L. var. *sativa* Lehr., y el acebuche, *O. europaea* L. subsp. *sylvestris* (Miller) Hagi = *O. europaea* L. subsp. *oleaster*.

### 2. LA FRUCTIFICACIÓN DEL OLIVO

Se puede definir la fructificación de manera general como “la capacidad de las plantas de dar fruto”, o de un modo más restrictivo, “el proceso de cuajado de la flor que resulta en la conversión de un ovario en un fruto” según aparece en el Diccionario de Ciencias Hortícolas (SECH, 1998). La fructificación es el resultado de un conjunto de procesos fisiológicos secuenciales e interrelacionados, que se inician en la inducción floral y que terminan con la maduración de los frutos.

#### 2.1. EL CICLO BIENAL

El olivo presenta un ciclo bienal de fructificación, en el que se solapan los crecimientos vegetativos y reproductores. La descripción que del ciclo han hecho Rallo y Cuevas (1999) se detalla a continuación.

El crecimiento vegetativo se produce y completa en dos flujos a lo largo del año. Un crecimiento de primavera donde aparecen los brotes terminales y axilares que originarán los ramos de madera el año siguiente y otro de menor importancia, en otoño. En años de descarga se puede apreciar un flujo vegetativo continuo e irregular desde marzo a finales de octubre. También hay crecimiento vegetativo en otoños e inviernos con temperaturas

suaves y coincidiendo con períodos de lluvia. Cimato *et al.* (1990) constataron que la elongación de los brotes está correlacionada con la media de temperaturas mensuales.

El crecimiento reproductor se completa en dos años consecutivos. El primer año se producen las yemas y la inducción floral de las mismas. Tras una etapa de latencia, se completa su desarrollo, floración, fecundación, cuajado, crecimiento y desarrollo de los frutos hasta que éstos completan su maduración.

La presencia de frutos y brotes en crecimiento, simultáneamente con yemas que han de ser inducidas, provoca una serie de procesos de competencia por los asimilados e inhibición hormonal. Estos mecanismos determinan el crecimiento vegetativo de los ramos y el nivel de floración del año siguiente, factores éstos que definen el comportamiento vecero de la especie.

## 2.2. INDUCCIÓN E INICIACIÓN FLORAL

### 2.2.1. *DEFINICIÓN, CAUSAS Y CARACTERÍSTICAS*

El Diccionario de Ciencias Hortícolas (SECH, 1998) define la inducción floral (o determinación floral como “el proceso de cambio fisiológico interno del meristemo apical de una yema, que determina su naturaleza floral”. Este proceso es previo a cualquier cambio morfológico en la yema.

La causa de la inducción floral no se conoce a ciencia cierta, existiendo varias hipótesis al respecto. Así, para Luckwill (1974, cit. por Buban y Faust, 1982), la inducción es un fenómeno cualitativo que se produce por un cambio del equilibrio hormonal; Schawbe (1987) asocia el cambio en el meristemo a un debilitamiento temporal de la dominancia apical. Otros autores señalan que la inducción floral se debe a un cambio en la distribución de los nutrientes en el meristemo apical (Sachs, 1977; Williams, 1981, cit. por Buban y Faust, (1982). Por otra parte, Buban y Faust (1982) observan que la inducción se puede ver como la expresión de los genes responsables del desarrollo de la yema floral, que normalmente están reprimidos.

La iniciación floral es, según el Diccionario de Ciencias Hortícolas (SECH, 1998), “la primera modificación morfológica o histoquímica discernible en el meristemo, que evidencia el cambio irreversible de la yema correspondiente a la condición floral”. La iniciación floral precede a cualquier diferenciación morfológica que nos permita distinguir una yema de flor de otra de madera, mediante observaciones microscópicas (Jackson y Sweet, 1972; Suárez, 1987). A este respecto, Ramos (2000) indica que no se puede hablar de irreversibilidad en el proceso de iniciación floral para distinguirlo de la inducción floral, ya que se puede conseguir la reversión de la diferenciación floral mediante cambios drásticos de las condiciones ambientales.

Los cambios morfológicos que definen la iniciación floral son variables entre especies, refiriéndose al número de nudos de la yema floral, el incremento del contenido en ADN y actividad ácido-fosfatasa en el ápice, y aumento del diámetro del meristemo apical (Sedgley, 1990).

### 2.2.2. ÉPOCA

La inducción e iniciación floral en frutales de zonas templadas presenta una estrecha relación con las condiciones estacionales, ya que la sincronización de la floración es importante para la supervivencia de las especies (Westwood, 1993).

La inducción y diferenciación floral se puede dividir en tres etapas principales, según definición de Buban y Faust (1982), citando a Bernier (1970):

- una primera fase en la que el meristemo apical es alcanzado por el estímulo que comienza el proceso, se produce la síntesis de ARN y proteínas esenciales para que la inducción acontezca, y ésta continúa,
- una segunda fase de división mitótica del núcleo,
- una tercera y última fase de ciclo morfogenético cuando se desarrolla el primordio floral.

Las yemas se sitúan en las axilas de las hojas del olivo. Inicialmente, estas yemas presentan un patrón de desarrollo vegetativo. Pueden comenzar el programa de desarrollo reproductor antes o después del periodo de latencia. Así, la yema puede detener la actividad meristemática durante la latencia, permaneciendo indiferenciada, o puede diferenciar las inflorescencias antes de entrar en reposo (Bernier *et al.*, 1993, cit. por Ramos, 2000). En este caso no se puede identificar la inducción floral, y al no responder a un estímulo como el fotoperiodo, son consideradas plantas de "día neutro".

Ramos (2000) aprecia que las yemas vegetativas y reproductoras presentan morfogénesis diferentes, de tal modo que las vegetativas presentan una tendencia continuada de elongación de entrenudos y a la formación de mayor número de nudos en otoño, a pesar de la competencia por asimilados de frutos en crecimiento. Por otra parte, las yemas floríferas apenas presentan diferencia de tamaño y su entrada en latencia es más precoz que en las yemas vegetativas.

Los primeros estudios dirigidos a establecer la época de la inducción floral sitúan al olivo como una especie en que el estímulo inductor era el frío (Almeida, 1940; Hackett y Hartmann, 1963; Hackett y Hartmann, 1967; Badr *et al.*, 1970). La época de inducción se situaba durante el otoño e invierno. Nigond (1974, cit. por Cimato y Fiorino, 1986) y Cimato y Fiorino (1986), sostienen que las temperaturas bajas afectan a la inducción sólo en árboles en año de carga, mientras que los árboles en descarga se muestran independientes a la acción del frío. Para Fabbri y Alerci (1999), la floración potencial queda establecida en



verano y la floración efectiva en la primavera siguiente, será inducida durante el otoño. Aclareos de recolección en verde aumentan la floración de retorno, por lo que Suárez (1987) sugiere que la iniciación floral no queda totalmente determinada entre plena floración y 40 días tras la antesis. Pinney y Polito (1990) consideran que la inducción tiene lugar antes de mediados de noviembre, al apreciar un aumento de la actividad de ARN y cambios morfológicos (tamaño, número de nudos y longitud del eje) en yemas inducidas; estos cambios son previos a la acción de las bajas temperaturas invernales.

Los estudios de Stutte y Martin (1986a) pusieron en evidencia que una destrucción temprana de la semilla, en julio, aumentaba la floración de retorno. Así mismo, mediante la aplicación de inyección en tronco de giberelinas en la época previa al endurecimiento del endocarpo se reducía la floración de retorno (Navarro *et al.*, 1990b; Fernández-Escobar *et al.*, 1992). Navarro *et al.* (1990a) constataron un aumento en los niveles de ARN, ion potasio y del tamaño en las yemas de árboles en descarga en relación con las pertenecientes a árboles en carga, hacia la época en la que se produce la esclerificación del hueso. Estos resultados confirman que la inducción floral se produce previamente al endurecimiento del endocarpo.

### 2.2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INDUCCIÓN E INICIACIÓN FLORAL

#### 2.2.3.1. Factores internos

En el olivo se producen los crecimientos vegetativo y reproductor al mismo tiempo. Esta simultaneidad produce una serie de interacciones entre sumideros (brotes, frutos y yemas) que afectarán a la fructificación del árbol en todo su ciclo productivo. Wright (1989) describe un orden de prioridad entre sumideros, siendo los más fuertes las semillas y posteriormente frutos, ápices en crecimiento y hojas, cambium, raíces y, por último, madera para reserva.

El efecto de la carga del árbol en el crecimiento vegetativo se hace patente en una reducción de peso seco de brotes, hojas y raíces (Wright, 1989). Se aprecia una elongación diferente de los brotes según exista o no presencia de frutos, acumulándose principalmente la materia seca en los frutos (Cimato y Fiorino, 1986; Rallo y Suárez, 1989). En manzano y naranjo se ha descrito una relación negativa entre el peso de la cosecha y el incremento de la sección del tronco (Webster y Brown, 1980, cit. por Wright, 1989; Sanz *et al.*, 1987).

Un nivel de fructificación elevado no sólo reduce el crecimiento vegetativo sino que inhibe la floración del año siguiente, siendo una de las causas de la vejería (Almeida, 1940; Monselise y Goldschmidt, 1982; Poli, 1986; Vargas, 1993; Ramos, 2000). Buban y Hesemann (1979), en estudios realizados en manzano, determinaron que la presencia de frutos disminuye los niveles de ácidos nucleicos, aumentando los de histonas del núcleo e inhibiendo la floración. Cimato y Fiorino (1986), observan que los árboles cargados retrasan

el momento de la iniciación floral hasta después de la caída de los frutos. En árboles en descarga, la iniciación floral se puede adelantar y ser irreversible en muchas yemas en noviembre y diciembre.

La causa de la inhibición de la inducción floral por los frutos reside en la semilla. Stutte y Martin (1986a) relacionan la destrucción de la semilla con un aumento de la floración de retorno, en la época previa al endurecimiento del hueso. Similar resultado se obtiene con aclareo de frutos en ese momento (Fernández-Escobar *et al.*, 1992). Por otra parte, los ensayos realizados con inyecciones de giberelinas en el tronco de árboles en descarga (Navarro *et al.* 1990b), inhibiendo la floración de retorno, subrayan el posible papel inhibitorio que las giberelinas tienen en la inducción floral de las yemas de olivo, ya definido por Badr y Hartmann (1972). Vargas (1993) observó que la distancia entre ramos fructíferos y brotes del año puede tener influencia en la acción inhibitoria de la giberelinas. Por el contrario, Proietti y Tombesi (1996b) sugieren que la inducción floral no es inhibida directamente por la acción de las giberelinas, sino que la acción hormonal estaría centrada en la disponibilidad y distribución de los asimilados, y su influencia en la inducción sería indirecta. Estos mismos autores señalan que los aminoácidos asparagina y glutamina actuarían como mensajeros metabólicos en el proceso inductivo.

El efecto de diferentes hormonas en la inducción floral está descrito en varias especies. Así, las giberelinas procedentes de la semilla inhiben la inducción en angiospermas (Chan y Cain, 1967; Buban y Hesemann, 1974; Srivanasan y Mullins, 1980, cit. por Sedgley, 1990), mientras que son estimuladores de la floración en coníferas (Jackson, 1989). Las citoquininas son promotoras de la floración en viñedo y manzano (McLaughlin y Greene, 1984; Srivanasan y Mullins, 1980, cit. por Sedgley, 1990). Para Way *et al.*(1983), la inducción floral en manzano y el tiempo en el que ésta ocurre está definido por el equilibrio existente entre citoquininas de raíces y hojas, que promueven la floración, y las giberelinas de la semilla que son inhibitorias de la misma. Por el contrario, en pecan, Wood (1995) no aprecia ninguna actuación de hormonas procedentes del fruto que promuevan o inhiban la floración. Se mejora la cantidad de flores y el cuajado cuando se adelanta la recolección y existe un mayor lapso de tiempo entre recolección y caída de hoja. Este efecto se puede achacar a un aumento de las sustancias de reserva y mejores condiciones nutricionales.

### 2.2.3.2. Factores externos

#### 2.2.3.2.1. Temperatura

El olivo es una especie de termoperiodo obligado. Hartmann y Porlingis (1957) cifraron los requerimientos del olivo entre 800 y 1000 horas-frío (por debajo de 7°C) para la aparición de los primordios florales, considerando las bajas temperaturas como factor inductor de la floración. Hartmann y Whisler (1975, cit. por Bongi y Palliotti, 1994) constataron que las

temperaturas fluctuantes entre 2°C y 15°C entre 70 y 80 días inducen floración, pero si son constantes a 7°C ó 16°C, apenas se aprecian flores. Badr *et al.* (1970) relacionan el papel del frío en la inducción con la modificación del equilibrio hormonal entre giberelinas e inhibidores como el ácido abscísico. Jacoboni *et al.* (1999) observan la necesidad de altas temperaturas entre julio y agosto para la inducción floral. Así mismo, las necesidades de frío para florecer de las variedades de climas cálidos son menores que las que presentan cultivares de climas fríos, siendo éste un mecanismo adaptativo (Martin *et al.*, 1994).

La carga del árbol provoca una respuesta diferencial de la inducción floral en relación con la temperatura (Cimato y Fiorino, 1986; Lavee y Harshemesh, 1990, cit. por Bonghi y Palliotti, 1994), siendo indiferentes al frío los árboles en descarga y requiriendo bajas temperaturas durante un tiempo prolongado los árboles en carga.

Rallo y Martin (1991) demostraron que las necesidades de frío del olivo no van encaminadas a la inducción floral, sino a la salida del reposo de yemas ya inducidas. La respuesta al frío de las yemas de flor produce más yemas brotadas y un aumento de la velocidad de brotación cuanto más tardía es la fecha de recogida de las yemas. Ramos (2000) ha confirmado que la acumulación de frío no tiene papel alguno en la inducción floral.

#### 2.2.3.2.2. Luz

El olivo se considera una especie de día neutro (Hackett y Hartmann, 1964), siendo indiferente a la longitud de los días, igual que la mayoría de los frutales caducifolios (Jackson y Sweet, 1972).

La intensidad lumínica tiene una influencia mayor que el fotoperiodo en la iniciación floral de los frutales (Sedgley, 1990). Según Guerriero y Vitagliano (1978, cit. por Hermoso, 1994), la intensidad de la luz no tiene efecto en la iniciación floral, si bien ésta se ve afectada por un cambio brusco de oscuridad a luz intensa. Se necesita luz para la formación de las yemas florales. Estos autores aprecian diferencias de sensibilidad a la luz entre cultivares, con un periodo de máxima sensibilidad desde julio hasta floración.

#### 2.2.3.2.3. Necesidades hídricas

Frecuentemente se ha asociado el estrés hídrico en verano con un incremento en la floración la primavera siguiente (Suárez, 1987), aunque pueden existir interacciones entre el contenido hídrico del perfil del suelo y otros factores de cultivo. Para Ait-Radi (1991) dicho estrés aumenta el nivel de aminoácidos, en particular de arginina, y estimula la floración. La disponibilidad de agua aumenta el nivel de proteínas y no promueve la floración. Jacoboni *et al.* (1999) señalan que la escasez de lluvias en los meses de julio y agosto es necesaria para la inducción.

Ebell (1967, cit. por Jackson y Sweet, 1972) sugiere diferentes respuestas al estrés hídrico debidas a la época y cantidad de la falta de agua. En frutales de hoja caduca un déficit hídrico durante el día origina una mayor cantidad de flores; pero si se mantiene por la noche, la iniciación es inhibida (Jackson y Sweet, 1972). En vid se reduce la iniciación floral con el riego (Carbonneau y Casteran, 1979, cit. por Sedgley, 1990), y en cítricos el déficit hídrico induce la floración (Agustí, 1999).

#### 2.2.3.2.4. Nutrición

Las hojas actúan como reserva de compuestos nitrogenados y azúcares, que se movilizan en el ramo según son requeridos (Hackett y Hartmann, 1964; Priestley, 1977). La presencia de hojas es necesaria para producir inflorescencias. Existe una influencia de la edad de la hoja y la relación entre hojas maduras/hojas jóvenes en la capacidad para la inducción de yemas florales (Cimato y Fiorino, 1986). Según N'Seir (1977, cit. por Hermoso, 1994), los brotes de entrenudos cortos producen más yemas florales que los de entrenudos largos. También son más susceptibles a la inducción las yemas basales del ramo.

Los valores bajos en la relación carbono/nitrógeno inducen el crecimiento vegetativo (Jackson y Sweet, 1972), aunque en manzano, cerezo y albaricoquero un incremento del nivel de nitrógeno estimula la floración. Así mismo, estos autores señalan que existe una relación entre los niveles de nitrógeno en ramos y yemas y la capacidad de floración en manzano y naranjo. Ebell (1967, cit. por Jackson y Sweet, 1972) sugiere que el nitrógeno nítrico tiene un efecto similar al déficit hídrico (estimulando la floración por un aumento del contenido de aminoácidos) y el nitrógeno amoniacal a la disponibilidad de agua (no promoviendo la floración con un aumento del nivel de proteínas). Sarmiento *et al.* (1972), aprecian la presencia de compuestos nitrogenados en olivos en descarga y un incremento de proteínas en árboles en carga. Lavee *et al.*, (1994) observaron diferencias en los niveles de proteína y ácido clorogénico en hojas y madera de brotes según su producción. En naranjo, la aplicación de urea aumenta la floración (Agustí, 1999). La aplicación de nitrato potásico en mango (Sergent *et al.*, 1996) aumenta la inducción floral y la floración.

Una disminución del contenido en potasio reduce el número de yemas florales el año siguiente (González y Catalina, 1977), influyendo en la inducción una adecuada relación calcio/potasio.

La actividad AIA-oxidasa y la biosíntesis de compuestos fenólicos pueden asociarse al proceso de floración (González y Catalina, 1977; Poli, 1986). Se constata un aumento de ácidos fenólicos en enero y marzo, y una mayor actividad AIA-oxidada de los árboles que van a florecer. Estas rutas metabólicas están asociadas a las variaciones de la cantidad de potasio en la planta, ya que este elemento es asimilado preferentemente por los frutos.

Según Fahmy (1958), el número de yemas florales decrece al año siguiente de una producción alta, por disminuir el nivel de glúcidos. Sarmiento *et al.* (1976) aprecian una disminución del contenido de almidón en yemas de árboles en carga de octubre a marzo, mientras que aumenta en árboles en descarga. La falta de acumulación de azúcares disminuye la floración. Stutte y Martin (1986b) rebaten este hecho al no existir una limitación de glúcidos en árboles en descarga que reduzca la inducción floral. Para Ramos (2000), los azúcares parecen necesarios para el desarrollo floral posterior a la inducción, pero no son determinantes para que ésta ocurra.

#### 2.2.3.2.5. Uso de reguladores de crecimiento

Badr y Hartmann (1972) realizaron diversas pruebas con reguladores de crecimiento para estudiar su influencia en floración. La floración se promovió mediante aplicación de un retardante del crecimiento (Alar-85) y se inhibió tanto con la aplicación de giberelinas como de ácido abscísico. Éste último estimulaba además el crecimiento vegetativo de brotes floríferos. El ácido naftalenacético inhibe totalmente la formación de brotes floríferos. La aplicación de citoquininas como estimuladoras de la floración no tuvo efecto. Por otra parte, la aplicación de paclobutrazol (inhibidor de la acción de las giberelinas), no mejoró la floración en olivo (Fernández-Escobar *et al.*, 1992). La aplicación de ácido clorogénico (Lavee *et al.*, 1986) dio como resultado la reducción de la iniciación floral por encima del 50%, aplicado antes de mitad de enero.

### 2.3. LATENCIA DE YEMAS

El reposo o latencia de yemas en frutales de zonas templadas es una fase del desarrollo, que ocurre anualmente, y que permite a las plantas sobrevivir en las épocas invernales. Este proceso no implica un cese del desarrollo biológico (Saure, 1985).

El Diccionario de Ciencias Hortícolas (SECH, 1998) define la latencia como “la suspensión temporal del crecimiento visible de cualquier estructura que contiene un meristemo”. Dentro de esta definición se engloban tres tipos de latencia, según su agente inductor (Lang, 1987):

- paralatencia: inducción específica de latencia originada por una estructura distinta de la estructura afectada.
- ecolatencia: limitación del crecimiento asociada a condiciones ambientales desfavorables.
- endolatencia: inducción específica de la latencia dentro de la propia estructura afectada.

Hackett y Hartmann (1967) señalan que por debajo de 4°C se podían impedir procesos de crecimiento como la división celular y la elongación de las yemas. Según estos autores, las temperaturas por debajo de 4°C satisfacen los requerimientos de frío, pero se

necesitan temperaturas superiores (10-13°C) al final del periodo de bajas temperaturas. Badr y Hartmann (1971) obtuvieron resultados que hacen que el número de horas por debajo de 7°C no pueda ser usado como parámetro para la salida del reposo. Por otra parte, temperaturas de 18°C o superiores no satisfacen las necesidades térmicas para la iniciación floral. Según Lavee y Harshemesh (1990, cit. por Bonghi y Palliotti, 1994), temperaturas superiores a 20°C durante 2 ó 3 semanas pueden impedir la salida del reposo.

Badr y Hartmann (1971) definen que 12,5°C es una temperatura lo suficientemente baja para satisfacer las necesidades de frío y lo suficientemente alta para permitir la actividad metabólica de las yemas. Estos resultados han sido comprobados por Denney y McEachern (1983) en varias zonas olivareras. Las necesidades simultáneas de horas frío y temperaturas altas se aprecian en otros cultivos (Sedgley, 1990).

Los estudios realizados por Rallo y Martin (1991) determinaron el papel del frío como factor necesario por las yemas para salir del reposo, y la época en que esto acontece, ya que la brotación fue más rápida cuanto más frío habían acumulado.

Rallo *et al.* (1994) definen que la latencia en olivo es un fenómeno de endolatenia y ecolatenia al final de la etapa de reposo. Ramos (2000) sugiere que la carga del árbol influye en el establecimiento de latencia de las yemas. Así, las yemas de árboles en descarga presentan endolatenia y paralatenia, y únicamente paralatenia las pertenecientes a árboles en carga. La endolatenia está definida antes de la ocurrencia de bajas temperaturas, y se solapa con paralatenia en la salida del reposo. La concurrencia de estos dos mecanismos puede deberse a una eliminación de endolatenia previa a la capacidad de la yema para expresar el patrón reproductor. La hoja adyacente es requerida como fuente de asimilados y para evitar la brotación extemporánea. El frío se necesita como factor para salida del reposo.

## 2.4. DESARROLLO FLORAL

### 2.4.1. *FASES DEL DESARROLLO FLORAL*

#### 2.4.1.1. Diferenciación de yemas

La diferenciación floral se define como “el proceso de cambio morfológico en una yema de flor caracterizado por la formación de la estructura floral” (SECH, 1998). En el olivo las yemas florales no se diferencian hasta poco antes de la brotación, no excediendo de tres meses el periodo que va desde la diferenciación morfológica a la plena floración (King, 1938, cit. por Ait-Radi, 1991; Almeida, 1940; Suárez, 1987). En otros frutales como albaricoque, cerezo, peral y manzano, la iniciación floral ocurre a finales de la primavera, se diferencia en verano anterior a la floración y tiene su desarrollo uno o dos meses antes de la caída de las hojas (Hartmann, 1950; Suárez, 1987). En cítricos, la diferenciación se produce poco antes

de la apertura floral (Hartmann, 1950; Suárez, 1987), y un mes antes de floración en aguacate (Hartmann, 1950).

El periodo de diferenciación floral varía según regiones y climas. Así, Hartmann (1950) no aprecia diferenciación hasta dos meses antes de floración en California, sin influencia de la variedad o la localización. Almeida (1940) en Portugal observa que la diferenciación de yemas en las variedades 'Galega' y 'Verdeal' acontece en febrero y la floración en mayo. En Italia, la diferenciación floral ocurre en marzo (Hartmann, 1950), aunque Fabbri y Alerci (1999) datan su inicio ya en enero.

#### 2.4.1.2. Desarrollo de inflorescencias y flores

Las inflorescencias tienen forma de panícula con varias ramificaciones secundarias y presenta de 10 a 40 flores según el cultivar y condiciones fisiológicas y ambientales (Rapoport, 1999). El olivo presenta dos tipos de flores: estaminíferas y hermafroditas o perfectas.

Los verticilos florales se desarrollan secuencialmente de igual modo que otros frutales: sépalos, pétalos, estambres y carpelos. Las flores perfectas se suelen encontrar en situación apical o centrada en ramillos de tres o cinco flores.

##### 2.4.1.2.1. Aborto pistilar

Se considera que una flor de olivo ha sufrido aborto pistilar, cuando presenta una atrofia parcial o ausencia del estigma, estilo o de ambos, no siendo factible la fecundación de la flor.

La proporción de flores perfectas está influida por la época de floración, variedad, humedad, estado nutritivo y la relación hoja/inflorescencia (Uriu, 1959). Se aprecia un periodo crítico alrededor de un mes antes de la floración (Almeida, 1940; Uriu, 1959), cuando las inflorescencias tienen de 10 a 15 mm de longitud e inician un crecimiento muy activo. Uriu (1959) observó que la población de flores abortadas presentaba una curva bimodal con dos máximos, cuando los ovarios tenían 0,35 mm y 0, 80 mm de longitud, siendo el segundo de menor intensidad que el primero. Este resultado parece indicar que existen dos momentos en el desarrollo pistilar en los cuales existe un mayor riesgo de aborto.

El aborto pistilar no suele ser limitante para la producción, aunque presenta una mayor incidencia en condiciones adversas, como sequía o deficiencias nutricionales, y tasas muy elevadas de floración. En años normales puede ser de hasta un 50% y no reduce la cosecha (Rapoport, 1999).

#### 2.4.1.3. Desarrollo del óvulo y el saco embrionario

El desarrollo del saco embrionario es contemporáneo al del óvulo, según señala King (1938, cit. por Ait-Radi, 1991), y se inicia con una pequeña protuberancia en el centro del óvulo. La nucela está constituida por una capa de células que rodea a la célula arqueosporial; ésta aumenta de tamaño y pasa a constituir la célula madre del saco embrionario (Extremera *et al.*, 1988).

El desarrollo del saco embrionario transcurre en las tres semanas previas a la floración y responde al tipo *Allium*. En algún caso presenta un desarrollo del tipo *Endymion* (Extremera *et al.*, 1988). Rallo *et al.*, (1981) han descrito un desarrollo anormal del mismo en el cultivar ornamental 'Swan Hill' (que no produce fruto). También puede existir un cierto grado de degeneración por una parada de crecimiento en cultivares fructíferos, aunque no incide en la producción (Rapoport y Rallo, 1991b).

#### 2.4.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO FLORAL

##### 2.4.2.1. Variedad

La incidencia de anomalías en el desarrollo floral es una característica varietal. Riera (1941, citado por Hermoso, 1994) afirma que la mayor constancia en la producción de flores normales corresponde a las variedades veceras, citando a 'Arbequina'. Así mismo, la variedad 'Lacci' presenta mayores porcentajes de flores imperfectas. Fernández-Escobar y Gómez-Valledor (1985) mencionan la baja germinabilidad del polen y pobre calidad pistilar de las flores en 'Gordal Sevillana'. García *et al.* (1975) destacan la incidencia de un 80% de aborto pistilar en esta variedad. Bini y Lensi (1981) observaron que la variedad 'Frantoio' no presenta apenas incidencia de aborto pistilar mientras que en 'Moraiolo' y 'Cipresino' sí se aprecia.

Las flores tienen una fertilidad diferente según estén en zonas basales o apicales de los ramos, siendo menor en estas últimas. También existe una diferencia varietal de la posición y fertilidad de las flores dentro de la inflorescencia, y de las inflorescencias dentro del ramo, como reseñan Bini y Lensi (1981), Martín *et al.* (1994), Lavee *et al.* (1996, 1999), y Dimassi *et al.* (1999).

##### 2.4.2.2. Condiciones ambientales y de cultivo

###### 2.4.2.2.1. Temperatura

Las bajas temperaturas en floración pueden causar aborto de los tejidos en la mayoría de los frutales, al ser la flor el órgano más sensible (Sedgley, 1990). Según Badr y Hartmann (1971), las bajas temperaturas favorecen el desarrollo pistilar. La alternancia de



temperaturas entre 7°C (20 horas) y 26°C (4 horas) permite un alto porcentaje de flores perfectas. Martin *et al.* (1994) destacan que a temperaturas constantes y adecuadas se aumenta la capacidad de floración, pero disminuye el número de flores perfectas. Las temperaturas altas incrementan la incidencia de aborto pistilar al producir un desarrollo excesivamente rápido de las inflorescencias (Badr y Hartmann, 1971), e inhiben la diferenciación floral unidas a un descenso de la humedad relativa (Singh *et al.*, 1999).

#### 2.4.2.2.2. Luz

Según Tombesi y Cartechini (1986, cit. por Bonghi y Palliotti, 1994), la falta de iluminación reduce la diferenciación floral. Un aumento de la radiación luminica acelera la expansión de la flor y la hace más abundante, según refieren Kinet *et al.* (1973, citados por Ait-Radi, 1991). Condiciones de baja intensidad luminica disminuyen el desarrollo de flores o inflorescencias, y en casos extremos, pueden originar degeneración de flores e inflorescencias antes de la antesis (Kinet *et al.*, 1973, cit. por Ait-Radi, 1991; Proietti *et al.*, 1994). En nogal, Klein *et al.* (1991) destacan que la mayor cantidad de flores y amentos se encuentra en las zonas con mayor exposición, y que las flores son más sensibles que los amentos al sombreado, aunque la mayor iluminación no tiene efecto en el rendimiento.

La orientación también puede afectar al porcentaje de flores perfectas, siendo mayor con exposición sur, al tener mayor duración e intensidad luminica (Dimassi *et al.*, 1999). Martínez-Díaz *et al.* (1990) apreciaron una mayor densidad floral, número de flores por inflorescencia y cuajado en ramas con orientación norte y oeste.

#### 2.4.2.2.3. Necesidades hídricas y salinidad

Martin *et al.*, (1994) señalan que el estrés hídrico en el periodo de diferenciación floral es crítico para el desarrollo de flores perfectas. Según observaciones de Hartmann y Panetsos (1962), en las primeras fases del desarrollo floral disminuye la producción de inflorescencias, aunque pueden recuperarse con aporte de agua. Cuando el déficit hídrico se produce en fases más avanzadas, incrementa el aborto pistilar. Así mismo, la falta de agua entre la aparición de los primordios florales y la plena floración reducen el número de flores por inflorescencia. Si el estrés se ha producido en cortos periodos durante todo el desarrollo floral, se reduce el número de inflorescencias y el de flores perfectas.

Therios y Misopolinos (1988, cit. por Bonghi y Palliotti, 1994) observan tanto aumento como disminución del porcentaje de flores perfectas al someter a diferentes cultivares a concentraciones salinas de 80 meq·l<sup>-1</sup>.

#### 2.4.2.2.4. Nutrición

La nutrición es el factor más determinante en la incidencia del aborto pistilar (Uriu, 1959). Según Jackson (1989), se puede aumentar la calidad de la flor mediante una adecuada conducción de ramas, fertilización otoñal y recolección temprana, a fin de mejorar la nutrición de las yemas.

La respuesta a la fertilización nitrogenada en casos de baja fertilidad del suelo es muy marcada, tanto en olivar como en otros frutales (Hartmann, 1958; Faust, 1979). Para Recalde y Chaves (1975), el nitrógeno constituye el factor nutricional más importante que limita la cosecha, especialmente cuando las condiciones térmicas, de humedad, y los niveles del resto de nutrientes son favorables al crecimiento y fructificación del árbol. La disponibilidad de nitrógeno aumenta el cuajado de flores perfectas y disminuye la caída de junio (Recalde y Chaves, 1975). Uriu (1953, cit. por Ait-Radi, 1991) encuentra una correlación directa entre los niveles de nitrógeno total en ramos y hojas, y el aborto pistilar.

Las necesidades de nitrógeno varían durante el año. Anualmente, las necesidades son importantes de enero a junio para permitir un adecuado desarrollo de la vegetación y la floración. Recalde y Chaves (1975) aprecian dos mínimos de contenido de nitrógeno en hoja: en endurecimiento de hueso y durante la parada invernal.

Por lo que se refiere a la influencia de la carga, Fahmy (1958) observó que los niveles de nitrógeno en hoja eran inferiores en el invierno anterior al año no productivo que en el invierno previo al año productivo. Según Habib (1983, cit. por Ait-Radi, 1991) los tratamientos que conllevan una buena "reserva" de nitrógeno favorecen la floración y la fructificación.

Las fluctuaciones de potasio en hoja son similares a las del contenido en nitrógeno (Fahmy y Nasrallah, 1959), mientras que los niveles de calcio y magnesio presentan una correlación lineal entre ellos, aunque depende más de la edad de la hoja que del estado de carga o descarga del árbol. Fernández-Escobar (1999) destaca la importancia de la fertilización potásica, no sólo por su efecto en la producción al ser el elemento más consumido por los frutos, sino por la resistencia a la sequía que manifiestan los árboles con adecuado nivel de potasio.

Cuevas *et al.* (1994b) observaron que el porcentaje de inflorescencias pistiladas en árboles en descarga era mayor que el de árboles en carga en el mismo año, debido a un menor nivel de competencia por los nutrientes entre las inflorescencias presentes, unido al menor número de éstas que presentan los árboles en descarga. En relación con los niveles de ácidos fenólicos, coincidente con la diferenciación de las yemas y la floración, se constata un incremento en la fracción de fenoles libre en los árboles en carga (Sarmiento *et al.*, 1972).

La caída de hojas, que puede deberse a problemas fitosanitarios o nutricionales, reduce la formación de flores hasta en un 50% (Proietti y Tombesi, 1996a) o incrementa el número de flores estaminadas (Ait-Radi, 1991), ya que el último verticilo reproductor en formarse es el femenino.

#### 2.4.2.2.5. Anillado

El anillado consiste en la eliminación de una pequeña porción de corteza alrededor de una rama del árbol. Esto supone una interrupción del flujo floemático, sin incidir en el transporte vía xilema, con la consiguiente acumulación de savia elaborada por encima de la hendidura.

El efecto del anillado depende de la anchura de la banda y de la variedad, así como de la capacidad del árbol para formar callo (Fernández-Escobar *et al.*, 1987). En naranjo, depende de la época en que se realice y la naturaleza más o menos vecera de la variedad (Agustí *et al.*, 1992), aumentando la floración, el número de nudos brotados y el número de brotes por nudo. Ben-Tal y Lavee (1984) destacan una mejora en floración en ramas anilladas, aumentando tanto el número total de flores como el porcentaje de flores perfectas. Eris *et al.* (1993) observaron un aumento del número de inflorescencias por ramo y del número de flores por inflorescencia. Por el contrario, López-Rivares y Suárez (1988) encontraron que el anillado no aumentaba los niveles de floración en ningún caso, con independencia de la fecha de anillado (diciembre-enero) y la anchura de banda. Según estos autores, la cicatrización depende de la temperatura, sin influir el momento en el que se haya realizado el anillado.

#### 2.4.2.2.6. Uso de reguladores de crecimiento

Ben-Tal y Lavee (1985) aplicaron bandas de morfactina en ramas de olivo, de manera similar a un anillado, aumentando el nivel de floración y el porcentaje de flores perfectas. Lavee *et al.* (1986) no obtuvieron efecto alguno en la diferenciación floral con la aplicación de ácido clorogénico.

### 2.5. FLORACIÓN, POLINIZACIÓN Y FECUNDACIÓN

El olivo presenta una floración cifrada en unas 500 000 flores por árbol, dependiendo del cultivar y el año (Martin, 1990), de las que sólo un 1 ó 2% llega a cuajar (Lavee, 1986; Martin, 1990). La viabilidad de la flor depende del clima y del estado fisiológico del árbol (Lavee, 1986). Según Cuevas *et al.* (1994b), las flores de árboles en descarga tienen una viabilidad mayor que aquellas de árboles en carga por presentar un mejor nivel nutricional.

La floración suele durar una media de 14 días (Barranco *et al.*, 1994), aunque tiene una marcada influencia ambiental, así los inviernos suaves con temperaturas moderadas

hacen que se dilate el periodo de floración. El momento de la floración y la antesis varía con los años, existiendo una correlación entre las medias de máximas de los meses de marzo y abril y el momento de plena floración (Alcalá y Barranco, 1992). El umbral de temperatura para antesis en olivo es de 12,5°C, y las variedades más tardías requieren menos días con medias superiores a la temperatura umbral, debido a su fecha más retrasada de comienzo en acumulación de calor. Normalmente el orden de floración de los cultivares se mantiene de año en año, pudiendo relacionar este hecho con sus lugares de origen (Barranco *et al.*, 1994). En otros frutales como el manzano, se ha descrito la influencia de las temperaturas en floración y en el rendimiento (Jackson y Hamer, 1980).

La polinización en olivo es preferentemente anemófila, por lo que está muy influida por las condiciones ambientales (Lavee, 1986; Dimassi *et al.*, 1999). Se ha descrito una cierta tasa de fecundación debida a abejas, pero no son necesarias para la polinización cruzada (Martin *et al.*, 1994). La incidencia de lluvia, altas temperaturas y vientos secos asociados reducen el crecimiento del tubo polínico, receptividad del estigma y longevidad del óvulo (Cuevas y Rallo, 1988).

Las bajas temperaturas ralentizan el crecimiento del tubo polínico, que no consigue fecundar o siquiera llegar al óvulo antes de su degeneración (Martin *et al.*, 1994). Para Cuevas *et al.* (1994a), 25°C es la temperatura óptima para el crecimiento de los tubos polínicos. Esto supone una adaptación del cultivo al clima de la zona mediterránea, donde estas temperaturas son usuales en floración (Zohary y Spiegel-Roy, 1975; Fernández-Escobar *et al.*, 1983). La germinación y crecimiento del tubo polínico se reducen con temperaturas superiores a 30°C (Fernández-Escobar *et al.*, 1983). Con temperaturas de 15,5°C los tubos polínicos pueden sobrepasar el estigma, pero no alcanzan el saco embrionario antes de 13 días tras la polinización; en cambio, con temperaturas de 32,2°C, el tubo polínico crece en la superficie del estigma pero no en el interior (Bradley *et al.*, 1966, cit. por Ait-Radi, 1991). Dado que el periodo de receptividad del estigma es de unos 3 a 4 días a partir de antesis (Bradley y Griggs, 1963, cit. por Ait-Radi, 1991), unas temperaturas poco adecuadas van a limitar la fecundación. Así mismo, las temperaturas que normalmente se presentan en la época de floración pueden ser altas y acelerar la desecación del estigma, reduciendo su periodo de receptividad (Fernández-Escobar, 1981).

En frutales como el manzano, la posición de los ramos y otras características morfológicas condicionan la floración y fructificación. Así, los ramos apicales son más floríferos, con una floración anterior y más duradera que los laterales, presentando frutos con más semillas, de mayor tamaño y de maduración más lenta (Lee *et al.*, 1994).

Los olivos silvestres son totalmente autoincompatibles (Zohary y Spiegel-Roy, 1975), por lo que las selecciones iniciales se realizaron entre individuos que presentaban un cierto grado de autofecundación. Las variedades actuales tienen diferente grado de autoincompatibilidad (Fernández-Escobar y Rallo, 1981; Suárez y Rallo, 1987; Ferrara *et al.*,

1999), y que se ve potenciada por las temperaturas altas (Lavee, 1986). Bradley y Griggs (1963, cit. por Ait-Radi, 1991) apreciaron que el polen de una variedad progresa más lentamente a través del estilo que el polen extraño, siendo la fecundación normalmente alógama. Así, el cuajado de frutos suele ser mayor en condiciones de polinización cruzada que en autofecundación (Rallo, *et al.*, 1990).

La capacidad de fecundación también depende de las condiciones locales. De esta manera, Morettini *et al.* (1972, cit. por Ait-Radi, 1991) observan bajos rendimientos en cultivares de mesa procedentes de España y Francia como consecuencia de falta de sincronía en la floración entre estas variedades y los cultivares locales. Del mismo modo, 'Manzanilla de Sevilla' que es autofértil en España, requiere polinización cruzada en Israel o EE.UU (Lavee, 1986).

Una elevada tasa de tubos polínicos en el estilo produce un efecto estimulador del crecimiento de los mismos (Cuevas *et al.*, 1994a), como sucede en otros frutales (Sedgley, 1990). Aparte, se produce una intensa selección gametofítica en la primera mitad del estilo, que reduce de manera drástica en número de tubos polínicos que lo atraviesan. Normalmente sólo uno accede al ovario (Cuevas, 1992).

Existe una fuerte reacción autoincompatible con inhibición del crecimiento del tubo polínico en el estigma. En un porcentaje variable de flores, algunos tubos polínicos escapan al mecanismo de autoincompatibilidad y consiguen alcanzar el óvulo, aunque con retraso con respecto al polen extraño. Esta reacción de escape aumenta con el tiempo. Debido al crecimiento polínico más lento en autofecundación, la longevidad del óvulo puede ser crítica para determinar el nivel de fertilización (Rallo *et al.*, 1990).

Los tejidos del ovario crecen regularmente hasta la antesis, deteniéndose el crecimiento en este momento si no ha sido fecundado. La polinización actúa como estimulante del crecimiento ovárico, apreciándose sustancias de tipo hormonal (auxinas, giberelinas) o algunos glicéridos que también tienen un efecto estimulador (Fernández-Escobar, 1979; O'Neill y Nadeau, 1997).

Una vez que el tubo polínico alcanza el óvulo funcional, se produce la fecundación.

## 2.6. CUAJADO DEL FRUTO

### 2.6.1. *DESARROLLO DE LA SEMILLA Y CRECIMIENTO DEL OVARIO*

El crecimiento del endospermo es el indicador de que la fecundación ha sido efectiva (Rapoport y Rallo, 1991a), ya que el cigoto permanece sin desarrollarse durante un tiempo. Si no se ha producido fecundación, los ovarios se desarrollan mínimamente y caen poco después de floración (Rapoport y Rallo, 1991b). También se aprecia la existencia de frutos

partenocárpicos o zofairones. Estos frutos se producen al expandirse los cuatro óvulos que están contenidos en el ovario. En los frutos normales solamente crece uno de ellos, ya que la fecundación detiene el desarrollo de los restantes (Rapoport y Rallo, 1990). Según Lavee (1986), la incidencia de zofairones es el resultado de la interacción entre condiciones ambientales, regulación endógena y características varietales en cada árbol y parcela. Este autor señala que cuando se producen dos años consecutivos de elevada fructificación, en el segundo aumenta considerablemente el porcentaje de frutos partenocárpicos.

Por otra parte, el crecimiento de la semilla acelera el proceso de degeneración de los óvulos no fecundados del mismo ovario y de las flores adyacentes no fecundadas (Cuevas *et al.*, 1994c).

Los frutos normales y los zofairones presentan una expansión ovular temprana y una rápida vascularización (Rapoport y Rallo, 1990), siendo sus velocidades de crecimiento diferentes. Mientras que en los frutos normales tienen una aceleración del ritmo de crecimiento algunos días después de la fecundación, los frutos partenocárpicos crecen a un ritmo menor y más constante (Márquez, 1989). Según Rapoport (1999), en los zofairones se sustituye el estímulo del óvulo funcional mediante factores hormonales endógenos, pero no de manera suficiente como para que el fruto alcance un tamaño normal.

El embrión comienza su desarrollo cerca de 4 semanas tras la floración (Cuevas *et al.*, 1994a), en la época de inicio del endurecimiento del endocarpo (Rapoport *et al.*, 1990). Necesita de la semilla y del árbol para su nutrición, pero su patrón de desarrollo es autónomo. Se aprecian diferencias varietales tanto en la formación del embrión como en su desarrollo (Rapoport, 1994).

### 2.6.2. ABSCISIÓN DE FRUTOS

A partir de la fecundación, tiene lugar una abscisión masiva de flores, inflorescencias y frutos. Su duración es de 6 ó 7 semanas desde plena floración (Rallo *et al.*, 1981; Rallo y Fernández-Escobar, 1985; Lavee, 1986). Las caídas de frutos posteriores son debidas a condiciones ambientales anormales, deficiencias nutricionales o a la incidencia de plagas y enfermedades. El número final de frutos representa un 1 ó 2% del total de flores en un año normal y que puede llegar a un 6 ó 7% cuando hay poca floración (Lavee, 1986).

El proceso de abscisión presenta dos etapas, que se solapan entre ellas, según los órganos que intervienen en él (Rapoport y Rallo, 1991b). Comienza con la caída de flores imperfectas hasta 15 días después de floración y presenta un máximo tras 8 días de plena floración. De 10 a 25 días desde antesis empieza la abscisión de flores perfectas sin fertilizar y frutos, alcanzando un máximo entre 13 y 15 días tras plena floración. La caída de frutos presenta un máximo alrededor de 20 días tras antesis (Rapoport y Rallo, 1991b). La

población final de frutos queda definida unos 40 días después de plena floración (Rallo y Fernández-Escobar, 1985). En pomelo, Bustan y Goldschmidt (1998) asocian una posible contribución de los elevados niveles de etileno que se aprecian en inflorescencias (estado I) a las altas tasas de abscisión que se aprecian en ese estado de desarrollo.

La abscisión de frutos es el resultado de un proceso de competencia por los asimilados. Así, el inicio de la abscisión se produce con el comienzo del crecimiento de los ovarios y frutos (Rallo y Fernández-Escobar, 1985; Cuevas *et al.*, 1995). La caída se rige mediante una selección por el tamaño, ya que afecta a aquellos frutos que no pueden crecer entre 3 y 4 veces el tamaño inicial del ovario (Cuevas *et al.*, 1995). Del mismo modo, existe una correlación negativa entre el peso medio y el número de frutos por ramo durante el periodo de abscisión, indicando que dicho proceso aumenta al hacerlo el tamaño de los frutos (Rallo y Suárez, 1989). Se constata una prelación en la caída, ya que se produce primero entre frutos dentro de una inflorescencia y, posteriormente, entre inflorescencias. La abscisión es menor al realizar aclareos de flores e inflorescencias (Suárez *et al.*, 1984; Rallo y Fernández-Escobar, 1985).

La fuerza del fruto como sumidero es lo que va a determinar su permanencia o no en el árbol. Según Wright (1989), la capacidad de un órgano como tal lo es tanto por su actividad como por su tamaño, existiendo un control hormonal de esta actividad. Así, la distribución de la materia seca entre el brote vegetativo y el fruto está determinada por el crecimiento y desarrollo del fruto. Quinlan y Preston (1971, cit. por Wright, 1989), trabajando en manzano, eliminaron los ápices vegetativos del brote tras la floración, aumentando la retención de los frutos y poniendo de manifiesto una competencia entre frutos (en estadios muy tempranos de crecimiento) y brotes vegetativos. En olivo, Márquez (1989) determinó que, a partir de 15 días tras plena floración, los asimilados del ramo se dirigen con preferencia a los frutos, acumulándose en los brotes vegetativos sólo si no existen frutos. Rallo y Suárez (1989) constataron que la distinta capacidad de cada fruto para acumular agua y nutrientes es lo que determina su permanencia o abscisión, logrando persistir sólo los frutos más grandes. Así mismo, la capacidad de retención de agua es crítica, al ser la desecación un paso previo a la abscisión. Márquez y Rallo (1995) observan que tanto el cuajado como el tamaño final del fruto parecen depender tanto de los asimilados producidos en el propio ramo, como del balance de asimilados existentes en el resto de la planta.

Por otra parte, la capacidad asimilativa de los frutos está muy relacionada con el desarrollo de la semilla y el crecimiento del ovario. Se han visto diferentes pautas de crecimiento y de capacidad de absorción de asimilados entre los frutos normales y los zofairones (Rallo *et al.*, 1981; Márquez, 1989; Rapoport y Rallo, 1990). Los zofairones tienen una acumulación de nutrientes menor y más lenta que en frutos normales, siendo sumideros menos potentes y estando la abscisión demorada entre ellos. Este hecho se ha corroborado en la variedad 'Gordal Sevillana', que presenta una tasa alta de frutos partenocárpicos, al

incrementar el número de frutos normales mediante polinización cruzada, y aumentar la abscisión de zofairones al ser sumideros más débiles (Fernández-Escobar y Gómez-Valledor, 1985).

El estímulo de la semilla para el crecimiento del fruto deja de ser determinante una vez que se comienza el endurecimiento del hueso. En este momento ya ha cesado la abscisión y la destrucción de la semilla no impide que el fruto continúe su desarrollo normalmente (Stutte y Martin, 1986a). Esta circunstancia se aprecia también en la presencia de frutos de tamaño normal pero sin semilla, posiblemente por un fallo en el desarrollo del embrión posterior al periodo de abscisión (Fernández-Escobar y Rallo, 1981).

### 2.6.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CUAJADO DEL FRUTO

#### 2.6.3.1. Factores internos

##### 2.6.3.1.1. Variedad

Existen diferencias varietales en relación con la polinización, fecundación, y por lo tanto, con el cuajado. La mayor o menor tendencia de las variedades a producir zofairones también depende de la variedad, así como a cuajar una o más de una flor por inflorescencia.

El porcentaje de inflorescencias con fruto difiere entre cultivares, aunque el número de frutos por inflorescencia en cosecha final parece independiente del cultivar y del aclareo de flores dentro de la inflorescencia (Rallo y Fernández-Escobar, 1985). Dicho porcentaje está relacionado negativamente con el tamaño final de fruto, por lo que la inflorescencia se comporta como unidad de fructificación. De este modo, con la presencia de una sola flor perfecta en la inflorescencia, se asegura el cuajado (Rallo y Fernández-Escobar, 1985).

##### 2.6.3.1.2. Polinización

La autopolinización limita la fecundación. Una vez que los primeros y pocos frutos que resultan de la fecundación inician el crecimiento, se produce una masiva abscisión de los ovarios adyacentes que no han sido fecundados, al ser sumideros muy débiles (Márquez, 1989). La polinización cruzada permite una fecundación mayor y más rápida, aumentando la tasa de ovarios que comienzan antes su desarrollo (Cuevas y Rallo, 1990). La polinización cruzada también se ha mostrado efectiva para reducir la proporción de frutos partenocárpicos en 'Gordal Sevillana' (Fernández-Escobar y Gómez-Valledor, 1985).

Las necesidades de polinización varían mucho en las diferentes regiones según las condiciones locales y las variedades. Morettini *et al.* (1972, cit. por Ait-Radi, 1991) registran



bajos rendimientos en cultivares españoles y franceses como consecuencia de la falta de sincronía en floración entre éstos y las variedades locales. Del mismo modo, la variedad 'Manzanilla de Sevilla', que en España presenta una elevada tasa de autofertilidad incluso en condiciones de cultivo poco favorables, precisa polinización cruzada en plantaciones de regadío en Israel y EE.UU. (Lavee, 1986; Rallo y Cuevas, 1999).

#### 2.6.3.1.3. Nivel de floración

Según cita Wright (1989), en el ciclo reproductor las plantas producen un número muy superior de flores a los frutos que podrían sostener, lo que determina una importante tasa de abscisión, tanto de flores como de frutos. Esta pérdida de recursos produce, en comparación, unas mejores opciones de supervivencia con semillas de mayor tamaño y mayor madurez, controlando además el número de frutos que la planta puede soportar. La floración del olivo varía entre los años favorables, de floraciones exuberantes y de mucha carga, y los años de descarga con un nivel de floración muy bajo. Aún así, el número de flores e inflorescencias, la distribución de las mismas o la fertilidad de las flores no puede considerarse limitante para el cuajado. Para Lavee *et al.* (1999), el control del cuajado se realiza mediante mecanismos posteriores a la polinización.

La competencia se inicia con la fecundación, siendo tanto más intensa cuanto mayor es el potencial productivo en antesis (Suárez y Rallo, 1983; Suárez *et al.*, 1984; Rallo y Fernández-Escobar, 1985). Este hecho se ha visto corroborado al obtenerse diferentes grados de compensación del nivel de floración según se hayan realizado aclareos tempranos o tardíos de las inflorescencias. Así, se aumentó el cuajado definitivo con un aclareo temprano (anterior a 10 días tras antesis), pero a partir de 20 días después de plena floración, la compensación pasa por un incremento del tamaño de los frutos, ya que no aumenta el número de éstos. Sin embargo, el mayor número de frutos no fue suficiente para compensar las pérdidas de productividad (Fernández-Escobar, 1981; Suárez *et al.*, 1984).

Una baja iniciación floral se compensa total o parcialmente con un aumento de cuajado, aunque con casos extremos de aborto pistilar (más del 75%) se producen pérdidas de productividad apreciables (Suárez, 1987). Para Lavee *et al.* (1996), una reducción significativa de las inflorescencias no puede ser compensada con un mayor cuajado de las que se mantienen.

La tasa de cuajado también está influida por la distancia de los sumideros, ya que se aprecia una fuerte abscisión incluso con aclareo severo, si los frutos están muy cerca unos de otros (Suárez, 1987). En manzano, la capacidad de cuajado es dependiente de la edad de la madera en la que sitúan las flores, existiendo diferencias morfológicas entre ellas, siendo las de madera nueva de menor peso y área foliar, y presentando un periodo de receptividad del óvulo y de polinización efectiva menor (Robbie y Atkinson, 1994).

El cuajado no solamente se controla con la competencia dentro de cada inflorescencia, sino que también depende de la fructificación potencial del árbol (Lavee *et al.*, 1996). Así, los árboles en descarga presentan una mayor tasa de cuajado que los que están en carga, al tener también un mayor porcentaje de flores perfectas (Cuevas y Rallo, 1990). También se ha constatado que los árboles en descarga presentaban una longevidad del óvulo mayor (Cuevas *et al.*, 1994b). Aún así, hay un umbral de floración por encima del cual las diferencias de floración no afectan al número final de frutos, que alcanza un valor máximo (Rallo y Fernández-Escobar, 1985).

El tipo de polinización también influye en el grado de cuajado según la carga de los árboles; así la polinización cruzada aumenta el cuajado de los árboles en carga, tanto en número de frutos por inflorescencia, como en porcentaje de inflorescencias con fruto (Cuevas y Rallo, 1990).

#### 2.6.3.2. Condiciones ambientales y de cultivo

##### 2.6.3.2.1. Temperatura

Las temperaturas influyen en la regulación de la población de frutos. Un periodo de floración prolongado debido a bajas temperaturas incrementa el cuajado (Lavee, 1986), al ser la abscisión más tardía, menos intensa y prolongarse por más tiempo (Cuevas y Rallo, 1988). Las temperaturas moderadas producen un escalonamiento en la caída de frutos. Con intervalos térmicos de 35/20°C se produce una drástica limitación del cuajado (Cuevas y Rallo, 1988), posiblemente debido a una reducción del tiempo de viabilidad del óvulo (Jackson, 1989). Así mismo, altas temperaturas con bajos niveles de humedad pueden causar aborto del embrión y momificación de frutos en las primeras etapas del desarrollo (Lavee, 1986).

##### 2.6.3.2.2. Viento y humedad

Los vientos fuertes y secos reducen mucho el cuajado al generar el aborto de frutos (Griggs *et al.*, 1975, cit. por Cuevas, 1992).

Una elevada humedad o lluvias pueden impedir el transporte del polen, aglutinar los granos y diluir las secreciones estigmáticas, impidiendo la fecundación.

##### 2.6.3.2.3. Nutrición y necesidades hídricas

El cuajado depende de la nutrición de la flor, y esta es tanto mejor cuanto mayor es la cantidad de hojas bien iluminadas por inflorescencia (Jackson, 1989). Hansen (1989) destaca que el aumento de la actividad de absorción de los frutos incrementa la absorción de nutrientes por el árbol y la tasa de crecimiento. Klein *et al.* (1991), en estudios realizados

en nogal, observan que las mayores tasas de cuajado y de floración de retorno se encuentran en brotes con un alto peso de hoja y alto contenido en nitrógeno por unidad de área foliar. Según Hartman (1958), el abono nitrogenado aumenta el cuajado en olivo.

Una adecuada nutrición nitrogenada es necesaria para un buen cuajado de frutos (Martin *et al.*, 1994). Según Stephenson (1981, cit. por Ait-Radi, 1991), cuando los óvulos y frutos en los primeros estadios de desarrollo compiten por los asimilados, los que llegan a maduración con más probabilidades son aquellos que cuajan primero, presentan más semillas o resultan de la polinización cruzada. Cimato *et al.* (1990) mediante fertilización foliar con urea al 1,5% durante la época de crecimiento de fruto, observaron un aumento del tamaño de los brotes y de la translocación de compuestos nitrogenados a los sumideros. Así mismo, estos autores observaron un aumento del cuajado en zonas distales del ramo. Finazzo *et al.* (1994), en aguacate, aprecian que no existe una limitación de nutrientes que estimule la caída de cuajado, ya que la cantidad de azúcares es suficiente para alimentar los frutos y las partes vegetativas en desarrollo. Así, la distribución de los asimilados depende más del tamaño (materia seca) del sumidero que de la naturaleza de éste. Por el contrario, García-Luis *et al.* (1988) y Sanz *et al.* (1987), en cítricos, encuentran que la caída de cuajado puede ser por un agotamiento de reservas de almidón. El contenido total de azúcares no determina el cuajado, ya que éste depende del nivel de floración.

Vemmos y Goldwin (1994) estudiaron en manzano la capacidad fotosintética de la flor, siendo ésta importante para el desarrollo de la flor y el cuajado inicial.

La aplicación de riego en el momento de desarrollo del ovario aumenta el cuajado inicial (Hartmann y Panetsos, 1962). Según Pastor (1988), la mayor disponibilidad de agua en el suelo y el mejor régimen térmico con sistemas de manejo en no laboreo aumenta el volumen de copa y la densidad de follaje, incrementando el número de frutos cuajados.

#### 2.6.3.2.4. Aclareo

El uso de tratamientos que imitan la abscisión tiene dos objetivos: reducir el cuajado y regular la alternancia de producción al incrementar la floración de retorno; y aumentar el tamaño de los frutos (Lavee, 1986; Jackson, 1989; Barranco y Krueger, 1990; Maranto y Krueger, 1994). El aclareo puede ser manual o mediante la aplicación de sustancias químicas, aunque a nivel comercial el primer tipo de tratamiento es económicamente inviable.

Estos productos de aclareo estimulan la abscisión, simulando un estrés fisiológico (Jackson, 1989). Los tiempos de aplicación, dosis y materias activas dependen de la especie, variedad, edad y condiciones ambientales (Jackson, 1989). Los tratamientos son tanto más efectivos cuanto más temprano se realizan, siendo en los primeros 30 días tras floración en manzano (Jackson, 1989; Byers, 1993; Bertschinger y Stadler, 1997), dos semanas

después de floración en ciruelo (Basak *et al.*, 1993), 30 días tras cuajado en mandarina (Farmahan, 1992), y entre 6 y 20 días tras anthesis en olivo (Lavee, 1986). En albaricoque, la aplicación de giberelinas tras la cosecha reduce el número de flores, eliminando la necesidad de aclareo, aumentando el tamaño y adelantando la maduración (Southwick *et al.*, 1995).

Los productos más utilizados son etephon en manzano (Byers, 1993), mandarina (Farmahan, 1992), ciruelo (Basak *et al.*, 1993); ácido naftalenacético o derivados en olivo (Lavee, 1986; Suárez *et al.*, 1988; Barranco y Krueger, 1990; Maranto y Krueger, 1994) y manzano (Bertschinger y Stadler, 1997).

El aclareo manual de inflorescencias de olivo antes de 10 días tras floración aumenta el cuajado, ya que se reduce el número de sumideros en competencia por los asimilados (Suárez y Rallo, 1983). En aclareos químicos, Suárez *et al.* (1988) definen la dosis efectiva de ácido naftalenacético como 200 ppm. Barranco y Krueger (1990) realizaron ensayos de tiempo de aplicación, con dosis de 200 ppm. Según estos autores, el momento óptimo de aplicación es tras 5 días de plena floración, reduciendo sensiblemente el cuajado, aumentando el tamaño de los frutos y la floración de retorno. Con aplicaciones 15 días después de plena floración, y con esas concentraciones, no se aumenta el tamaño de los frutos y se reduce la floración de retorno por fitotoxicidad del producto. Maranto y Krueger (1994) utilizan ácido naftalenacético entre 12 y 18 días tras floración con concentraciones de 150 ppm. Baratta *et al.* (1990) estudiaron el uso de urea en diferentes concentraciones y épocas, concluyendo que la concentración más efectiva era al 6% y la época, 20 días después de la plena floración, incrementando el peso de fruto y la relación pulpa/hueso. Estas aplicaciones no afectaban al crecimiento de los brotes, pero sí producían quemaduras en hojas y brotes.

El uso del aclareo químico en olivo está bastante difundido en Estados Unidos, y se utiliza en aceituna de mesa, a fin de obtener calibres comerciales. Se realiza mediante aplicaciones de ácido naftalenacético, entre 12-18 días tras floración y a concentraciones de 150 ppm (Maranto y Krueger, 1994).

## 2.7. CRECIMIENTO DEL FRUTO

### 2.7.1. FASES DEL CRECIMIENTO

La aceituna presenta una curva de crecimiento en doble sigmoide, característica de las drupas (Lavee, 1986; Rallo y Cuevas, 1999), con cuatro estadios diferentes. En algunos casos, las delimitaciones de las cuatro fases no están claras, variando según cultivares, carga y estado nutritivo del árbol, y condiciones ambientales y de cultivo (Lavee, 1986).

En la primera fase, el endocarpo ocupa la mayor parte del volumen del fruto, y la semilla está constituida principalmente por el endospermo (Lavee, 1986). El aumento de tamaño del fruto se debe tanto a una intensa división celular como a la expansión de las células (Rallo y Cuevas, 1999), siendo el crecimiento celular el principal componente del aumento de tamaño (Rallo Morillo, 1994).

La segunda fase comprende el endurecimiento del endocarpo y presenta una ralentización del crecimiento del fruto. Manrique (1997) aprecia que dicha ralentización pudiera estar fuertemente condicionada por el ambiente, con especial referencia al déficit hídrico, ya que esta fase se aprecia claramente en frutos de árboles en secano, mientras que en regadío no se presenta o lo hace de manera muy atenuada. El endurecimiento del hueso se inicia tras la antesis, encontrándose dispersas las células lignificadas. Entre 4 y 6 semanas tras plena floración se produce la esclerificación masiva de las células (Lavee, 1986). El endocarpo finaliza su crecimiento y expansión hacia 2 meses tras la floración (Manrique, 1997; Rapoport, 1999). Por otra parte, el embrión inicia su crecimiento activo entre 5 y 6 semanas después la floración (Lavee, 1986; Rapoport *et al.*, 1990). En esta fase tienen lugar los procesos que ajustan la carga actual del árbol (finaliza la abscisión de frutos en cuajado) e influyen en la carga potencial del año siguiente (inhibición de la inducción floral por las semillas en crecimiento). Según Rallo Morillo (1994), el crecimiento del mesocarpo que acontece en esta segunda fase se debe en exclusiva a un aumento del tamaño de las células y a la formación de espacios intercelulares.

El crecimiento del mesocarpo y un aumento del tamaño del fruto define la tercera etapa del desarrollo del fruto. Este incremento se debe principalmente a expansión celular, y es en esta fase donde se produce la acumulación de aceite en las vacuolas (Rapoport, 1999). Según refiere Manrique (1997), el mayor incremento del número de células del mesocarpo se produce en las 6 primeras semanas de crecimiento del fruto, pero el número de células puede aumentar más allá de la 8ª semana. La cantidad máxima de aceite se alcanza al inicio de la maduración (Rallo y Cuevas, 1999). El embrión alcanza la madurez y presenta la tasa germinativa más alta (Lavee, 1986).

La última fase comprende el final de la maduración del fruto, con un crecimiento cada vez más lento, y que termina cuando el mesocarpo empieza a colorearse. Dicha coloración se debe a la reducción del contenido de clorofila de la fruta y las altas concentraciones de antocianinas (Lavee, 1986).

## 2.7.2. FACTORES QUE AFECTAN AL CRECIMIENTO DEL FRUTO

### 2.7.2.1. Factores internos

#### 2.7.2.1.1. Variedad

El periodo de crecimiento y el tamaño del fruto varía según los cultivares. Las variedades de mayor tamaño de fruto presentan un número más elevado de células en el mesocarpo (Manrique y Rapoport, 1999). Las diferencias entre cultivares son debidas a un periodo de división celular más dilatado en las variedades de fruto grande, y se establecen en las primeras semanas del desarrollo (Rallo Morillo, 1994; Manrique, 1997). La formación y desarrollo del embrión también es distinto según las variedades. Así mismo, el número y tamaño de las lenticelas de la aceituna es un carácter varietal.

Según aprecian Cimato *et al.* (1995), los modelos fenológicos de maduración de fruto y productividad presentan diferencias tanto entre cultivares como entre zonas de cultivo, modificando la dinámica de maduración de los frutos y, por tanto, la época óptima de recolección. Estos autores constatan diferencias en el contenido de aceite según la zona de cultivo.

#### 2.7.2.1.2. Carga del árbol

La cantidad de frutos que presenta el árbol va a modificar el tamaño, crecimiento y maduración de los mismos. El número y tamaño de los frutos están relacionados negativamente (Lavee, 1986; Rallo y Cuevas, 1999). Del mismo modo, y dada la naturaleza sectorial de las ramas de olivo, el tamaño de los frutos puede diferir entre ramas según su carga relativa (Lavee, 1986). Las variaciones de tamaño afectan más al mesocarpo que al hueso.

Los árboles con grandes producciones presentan un retraso en la maduración de los frutos y en la síntesis de antocianinas (Lavee, 1986). La caída natural de los frutos no se acelera en condiciones de extrema sequía y altas temperaturas cuando los árboles están profusamente cargados. La acumulación de aceite también se ve afectada por la carga, siendo menor en frutos de árboles con alta producción en comparación con frutos de árboles con número de frutos (Lavee, 1986).

#### 2.7.2.1.3. Superficie foliar

En las últimas fases del desarrollo de la aceituna, los brotes son fuente de asimilados para el fruto (Suárez, 1987). La superficie foliar presenta una correlación positiva con el peso seco acumulado total (frutos, brotes y hojas), pero no entre superficie foliar y materia seca de frutos (Suárez, 1987).

### 2.7.2.2. Condiciones ambientales y de cultivo

#### 2.7.2.2.1. Temperatura

La temperatura afecta principalmente en las primeras fases del desarrollo de fruto (cuajado), como ya se ha descrito previamente. Unas temperaturas adecuadas favorecen la velocidad de división y crecimiento de las células (Loussert y Brousse, 1990, cit. por Hermoso, 1994). Las aceitunas continúan el desarrollo con temperaturas de 32-38°C, que inhiben el crecimiento vegetativo (Lavee, 1986).

#### 2.7.2.2.2. Necesidades hídricas

El fruto es la parte del árbol más sensible al estrés hídrico (Lavee, 1986). El desarrollo del fruto presenta unos requerimientos hídricos diferentes según las etapas de crecimiento. La falta de agua en las etapas iniciales del desarrollo del ovario reduce el cuajado (Hartmann y Panetsos, 1962).

Las diferencias de tamaño entre los ovarios y frutos jóvenes en régimen de secano o regadío se deben al distinto número de células, ya que el tamaño celular es el mismo en ambos casos (Manrique, 1997). Durante las 2 ó 3 semanas tras floración, el estrés hídrico produce una disminución del tamaño del hueso. La carencia de agua reduce el tamaño de fruto cuando sobreviene en la fase de crecimiento del mesocarpo (Lavee, 1986). Por otra parte, un estrés hídrico en plantaciones de secano unido a fructificaciones elevadas produce arrugado del fruto, puede reducir la acumulación de aceite y retardar el crecimiento del fruto o incluso parar ambos (Lavee, 1986). Manrique (1996) observa un retraso del desarrollo del embrión y un menor tamaño del mismo como consecuencia del estrés hídrico.

Los árboles en regadío tienen rendimientos mayores tanto en número de frutos como en tamaño de los mismos (Manrique, 1996), aunque el mayor tamaño de las aceitunas en riego se debe a una mayor expansión celular, más que al incremento en el número de células del mesocarpo. Aggabio *et al.* (1983, cit. por Fernández y Moreno, 1999) constatan un incremento de la relación pulpa/hueso en regadío y un descenso de la materia seca en frutos. El contenido en aceite, sin embargo, disminuye con el riego, dependiendo del cultivar (Lavee, 1986). Pantumi *et al.* (1998, cit. por Fernández y Moreno, 1999) observan en árboles en regadío un menor contenido de polifenoles, aunque las diferencias no afectan a las características organolépticas o de almacenamiento del aceite. La maduración de frutos en regadío se retrasa, posiblemente debido a la mayor carga que pueden presentar los árboles.

#### 2.7.2.2.3. Nutrición

Los niveles bajos de nitrógeno reducen el tamaño del fruto y el contenido de aceite. Afectan también a la coloración, teniendo importancia en aceituna de mesa (Lavee, 1986).

La deficiencia de boro produce una malformación del fruto llamada "*monkey face*" (Lavee, 1986). La disponibilidad del boro disminuye con suelos calizos y en condiciones de sequía, como es frecuente en los olivares (Fernández-Escobar, 1999). Los suelos calizos también mejoran la acumulación de aceite, según Lavee (1986).

#### 2.7.2.2.4. Poda y aclareo

El número de frutos y su tamaño están relacionados negativamente (Lavee, 1986). La poda y el aclareo de frutos se utilizan para aumentar el tamaño de los frutos que se mantiene en el árbol.

La poda tipo "Sevilla", que se utiliza en aceituna de mesa, es muy severa y agronómicamente poco aceptable (García-Ortiz *et al.*, 1999). Disminuye el rendimiento al hacerlo el número de frutos, aunque los restantes son mucho mayores, y supone una agresión al árbol. Una solución menos drástica sería el aclareo químico para incrementar el tamaño de fruto.

Las sustancias para realizar el aclareo varían entre las especies. Así, el etephon se suele aplicar en mandarino, ciruelo, manzano (Farmahan, 1992; Basak, 1993; Byers, 1993). Para olivo se utiliza el ácido naftalenacético (Lavee, 1986, Maranto y Krueger, 1994; García-Ortiz, 1999).

El momento de aplicación debe ser antes de 30 días después de floración (Jackson, 1989), ya que produce una mayor respuesta, y en varias dosis (Maranto y Krueger, 1994; Rallo y Cuevas, 1999). En algunos casos (manzano u olivo) se puede determinar el momento de aplicación por el tamaño del fruto (Jackson, 1989; Maranto y Krueger, 1994; García-Ortiz *et al.*, 1999), siendo este método más adecuado. También se puede establecer el nivel de aclareo según la relación entre el número de frutos por sección de tronco (Darbellay *et al.*, 1995a y b).

El aclareo suele uniformar y adelantar la maduración, pero no es debido a un efecto de las sustancias usadas, sino a la reducción de la carga del árbol (Lavee, 1986).



### 3. ALTERNANCIA DE LA PRODUCCIÓN EN OLIVO

#### 3.1. CONCEPTO DE VECERÍA O HÁBITO ALTERNANTE DE PRODUCCIÓN

##### 3.1.1. DEFINICIÓN

El Diccionario de Ciencias Hortícolas (SECH, 1998) define la vecería como “fenómeno que acontece en algunas plantas perennes caracterizado por una producción alternante, con años de alta cosecha separados por años de cosecha muy baja o aún sin cosecha. Es provocada por la reducción marcada de la floración del año que sigue a una cosecha copiosa”. Éste es un proceso que se observa con frecuencia en árboles tanto frutales de hoja caduca como en perennifolios, y es inherente a la naturaleza de las plantas policárpicas (Monselise y Goldschmidt, 1982). Así, se han descrito hábitos alternantes de fructificación en manzano, peral, nogal, cítricos, castaño, avellano, pistacho, ciruelo, albaricoque y mango.

La vecería es un mecanismo de supervivencia y perpetuación de las especies en el tiempo, mediante la estrategia de formar el mayor número de semillas en el año en carga y acumular sustancias de reserva en el año de descarga (Wright, 1989). Para Sedgley (1990) “el desarrollo reproductor engloba una larga y complicada secuencia de sucesos que está ajustada hacia el éxito evolutivo de las especies más que al éxito económico del agricultor”. Por tanto, la necesidad de un hábito regular de fructificación no va reportarle a la especie una mejora evolutiva, mientras que un ciclo alternante mejora la calidad de la semilla y sus posibilidades de perpetuación.

##### 3.1.2. CICLOS BIENALES Y DE OTRA DURACIÓN

Los ciclos de duración bienal son los más comunes entre especies frutales, incluyéndose en esta definición cuando en un ciclo bienal se presentan dos años de carga o de descarga consecutivos (Monselise y Goldschmidt, 1982). Están descritos ciclos de diferente duración, como de 2-3 años en castaño o avellano; 3 a 5 años en pino y roble, 5 a 7 en *Picea*, y 10 a 15 años en haya. En manzano se han observado ciclos de 3 años, si bien existía una notable interacción entre años de elevada producción y condiciones ambientales especiales (Monselise y Goldschmidt, 1982).

##### 3.1.3. MEDIDAS DE ALTERNANCIA DE LA VECERÍA

Se han propuesto diferentes índices a fin de cuantificar la incidencia de la vecería (Monselise y Goldschmidt, 1982). Estos índices se definen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Índices de vecería (Monselise y Goldschmidt, 1982).

índice	símbolo	definición
bienalidad	B	porcentaje de ocasiones (pares de años sucesivos) donde la tendencias de incremento o descenso de la producción son de diferente signo. Su intervalo varía entre 100% y 0%.
intensidad de vecería	I	<p>evaluación de la intensidad de la vecería en años sucesivos.</p> $I = \frac{1}{n-1} \left( \left  \frac{a_2 - a_1}{a_2 + a_1} \right  + \left  \frac{a_3 - a_2}{a_3 + a_2} \right  + \dots + \left  \frac{a_n - a_{n-1}}{a_n + a_{n-1}} \right  \right)$ <p>n= nº de años; a<sub>i</sub>= producción del año i. Valores entre 1y 0.</p>
porcentaje relativo	RP	cosecha mínima expresada como porcentaje de la máxima obtenida para un periodo de tiempo determinado.
sincronía	SP	media de los porcentajes de árboles (o lugares) con idéntica tendencia de cambio respecto a la cosecha anterior en n años.

Los índices propuestos presentan una serie de dificultades de aplicación inherentes al mismo concepto de vecería, al requerir un elevado número de años de datos. Así, se necesitan al menos nueve años para poder asegurar un 5% de significación de los resultados del índice de bienalidad.

#### 3.1.4. VARIACIÓN ESPACIAL DE LA ALTERNANCIA DE PRODUCCIÓN. SINCRONÍA

La alternancia de la producción no se refiere únicamente a medidas temporales, al poderse estudiar la vecería en diferentes espacios al mismo tiempo. Una región entera puede presentar un ciclo alternante en la gran mayoría de los árboles debido a un accidente climático que sirve de espoleta para iniciar una sincronía en vecería de los árboles de la zona. Así mismo, en una finca pueden existir árboles que presenten vecería sincrónica entre ellos, e incluso dentro de un mismo árbol se pueden encontrar ramas en contra alternancia.

El concepto de sincronía se refiere a la existencia de árboles en un área determinada que presenten una misma pauta de alternancia de producción.

### 3.2. CAUSAS DE LA ALTERNANCIA DE LA PRODUCCIÓN

#### 3.2.1. *EL CICLO BIENAL*

Para el estudio del ciclo bienal y las distintas etapas del desarrollo reproductor, la autora se remite a los apartados correspondientes de esta revisión bibliográfica.

### 3.2.2. COMPETENCIA POR ASIMILADOS

Los fenómenos de competencia por los asimilados entre los diferentes órganos, suponen una causa importante de alternancia de producción en las especies frutales veceras (Monselise y Goldschmidt, 1982).

#### 3.2.2.1. Competencia entre crecimiento vegetativo y reproductor

Las yemas florales en el olivo se sitúan en las axilas de los nudos de la madera del año precedente al de la floración (madera de un año). La formación de brotes, su tamaño y número de nudos, por tanto, va a condicionar la producción del año siguiente.

Al inicio de la época de floración se aprecia una competencia entre las flores y los ápices en crecimiento y a favor de estos últimos, ya que el brote vegetativo está en una fase muy activa de desarrollo y las flores son sumideros con escasa fuerza (Wright, 1989). En olivo, Poli (1979) señala que el número de flores perfectas se reduce si existe un número elevado de brotes.

Los ovarios fecundados empiezan a ser sumideros fuertes frente a los ápices vegetativos a los 15 días de plena floración (Márquez, 1989). El brote del año es un sumidero muy débil en relación con los frutos, y su presencia o eliminación por pinzamiento no afecta a la competencia entre éstos. Los asimilados sólo se acumulan en los brotes del año en ausencia de frutos (Márquez, 1989).

Suárez (1987) constata que en los años de alta producción, el crecimiento de los brotes es menor, ya que el ovario fecundado es un sumidero de nutrientes muy importante frente al ápice vegetativo en crecimiento. Márquez y Rallo (1988) señalan que el reparto de materia seca en árboles jóvenes en carga es de un 25% en frutos y un 8% en brotes, y en descarga es de 26% en brotes y un 7% en frutos. El número de nudos de los brotes es menor y con ello las inflorescencias potenciales. La capacidad de diferenciación de las yemas es menor tras un año de carga, ya que influye más en la inhibición el número de frutos en el ramo que el tamaño de éstos. Así pues, no es sólo que tengan menos yemas potenciales y hojas para su nutrición, sino que son más las inhibidas.

El olivo presenta un periodo de acumulación de reservas pequeño al mantenerse el fruto durante mucho tiempo en el árbol. Por esto, no hay una cantidad suficiente de asimilados que permitan su movilización para hacer frente a la intensa demanda, tanto por parte de los ápices en crecimiento como de los frutos en fase de división celular.

El estudio de los niveles nutritivos de árboles en carga en comparación con árboles en descarga arroja diferencias en cuanto a los niveles de proteína y compuestos nitrogenados, potasio calcio, fósforo y azúcares, en hoja y en madera de brotes (Fahmy, 1958; Fahmy y

Nasrallah, 1959; Sarmiento *et al.*, 1972; González *et al.*, 1973, cit. por Vargas, 1993; González y Catalina, 1977; Lavee *et al.*, 1994). Así, al igual que en otros frutales, los niveles de potasio en árboles cargados están por debajo del nivel óptimo, dato éste que se ha interpretado como una causa de la alternancia de producción (González *et al.*, 1973, cit. por Vargas, 1993). Las variaciones del contenido de potasio han sido también estudiadas por su relación con los procesos de inducción floral (Navarro *et al.*, 1990a). Lavee *et al.* (1994), sin embargo, encontraron que las diferencias en los niveles de nitrógeno y azúcares no son capaces de explicar los niveles de diferenciación de brotes en relación con el hábito alternante.

#### 3.2.2.2. Competencia entre dos ciclos reproductores consecutivos

Como se ha visto en epígrafes anteriores, la inducción floral y la presencia de frutos en el árbol son procesos contemporáneos.

La inhibición de la inducción floral por parte de la semilla (Stutte y Martin, 1986a; Fernández-Escobar *et al.*, 1992) es una causa endógena de la vecería. Su importancia es mucho más determinante de ésta que la competencia por los asimilados entre frutos y brotes (Wright, 1989). Éste es un mecanismo general en casi todos los frutales veceros, aunque puede presentar particularidades. Así, en pistacho, no se produce una inhibición de yemas, sino una abscisión de inflorescencias provocada por los frutos en crecimiento (Wright, 1989).

La evidencia de la inhibición floral por parte de las semillas de los frutos en desarrollo se obtiene mediante la influencia del tiempo de aclareo en la floración de retorno. El aclareo es tanto más efectivo promoviendo la floración de retorno cuanto más temprano se realiza (Suárez *et al.*, 1995). Jackson (1989) en manzano, constata que ha de hacerse antes de 30 días tras floración; Lavee (1986) dice que entre 6 y 20 días tras antesis. Suárez (1987) cifra el momento de eliminación de flores y frutos entre plena floración y 40 días después de antesis, promoviendo además el crecimiento de brotes. En estudios realizados sobre los cultivares 'Manzanilla de Sevilla', 'Hojiblanca' y 'Picual' (Suárez *et al.*, 1995), se obtuvieron resultados diferentes si el aclareo de inflorescencias se realizaba en la totalidad del árbol o en ramas, ya que en éste último caso no afectaba a la floración de retorno, con independencia de la fecha de tratamiento. Este resultado no concuerda con la relativa autonomía que presentan las ramas de olivo entre sí (Lavee, 1986; Pastor, 1989).

#### 3.2.2.3. Mecanismos endógenos de control de la vecería

El árbol pone en marcha una serie de procesos a fin de contrarrestar la alternancia de producción. Aún así, no llegan a igualar el efecto de la vecería, no siendo capaces de equilibrar las pérdidas de producción debidas a ésta.

#### 3.2.2.3.1. Aborto pistilar

Como ya se ha comentado, el aborto pistilar se manifiesta por una presencia elevada de flores masculinas producido por un desarrollo pistilar incompleto (Suárez, 1987). Aunque tiene una determinación genética importante, existiendo cultivares con una mayor o menor tendencia, es un fenómeno que está muy influido por condiciones ambientales limitantes de agua y de nutrientes (Uriu, 1959; Fernández-Escobar, 1979), al ser el pistilo el último de los verticilos florales que se forma. A pesar de ello, su incidencia es muy leve, ya que solamente se producen pérdidas de cosecha apreciables con un nivel de aborto pistilar de más del 75% (Suárez, 1987).

#### 3.2.2.3.2. Competencia entre frutos

Unos 35 a 45 días después de plena floración se produce una abscisión masiva de frutos, que nos va a determinar el número final de frutos que, salvo otra incidencia, van a llegar a cosecha (Rallo *et al.*, 1981; Rallo y Fernández-Escobar, 1985; Lavee, 1986). Primero caen los frutos dentro de la inflorescencia y luego inflorescencias enteras con fruto (Rallo y Fernández-Escobar, 1985). Estos autores observan que el aclareo de flores dentro de la inflorescencia o la posición de las que quedan no aumentan el número de inflorescencias cuajadas o el número de frutos a los 40 días de la plena floración. Esto parece demostrar que la inflorescencia se comporta como unidad fructificante. Por otra parte, Suárez *et al.* (1984) comprueban que el aclareo de inflorescencias hasta floración disminuye la caída de frutos por competencia, al reducir el número de sumideros potenciales, y posteriormente y hasta 20 días tras la plena floración, la compensación de la pérdida de frutos se constata por un aumento del tamaño de los mismos.

La competencia entre frutos se debe a una mayor fuerza de absorción de nutrientes por aquellos que se han formado antes sobre los frutos que presentan un desarrollo más tardío (Rallo y Fernández-Escobar, 1985; Rallo y Suárez, 1989; Cuevas *et al.*, 1995). También existe una regulación hormonal debida a la semilla, ya que este tipo de competencia no aparece entre frutos partenocárpicos (Rallo *et al.*, 1981; Márquez, 1989; Rapoport y Rallo, 1990). Cuanto mayor es el potencial productivo tras la fecundación, mayor es la competencia y, por lo tanto, la abscisión (Márquez, 1989). Éste es un mecanismo endógeno de aclareo que, teóricamente, limitaría la incidencia de la alternancia.

Estos dos sistemas de regulación no son capaces de contrarrestar el efecto de la vecería. Aparte, estos mecanismos se compensan entre sí, ya que el aborto pistilar hace que la tasa de cuajado sea mayor, aumentando el número de inflorescencias cuajadas más que el de frutos por inflorescencia (Suárez, 1987). Dado que el porcentaje de inflorescencias cuajadas es independiente del número de flores perfectas por inflorescencia (Rallo y Fernández-Escobar, 1985), sólo una gran incidencia de aborto pistilar reduciría la

productividad del ramo (Suárez, 1987). Un mayor cuajado por disminución de la competencia compensa el aborto pistilar.

A pesar de que estos mecanismos no logran compensar la vecería en un año, sí se ha comprobado que los árboles tienden a regular paulatinamente la alternancia en el conjunto de sus ramas. Así, en 'Manzanilla de Sevilla', la relación entre las producciones de árboles en descarga y carga pasó de 0,15 en 1990 a 0,44 en 1992, por lo que parece que los mecanismos descritos atenuarían la vecería a medio plazo (Vargas, 1993; Rallo y Cuevas, 1999).

### 3.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VECERÍA

#### 3.3.1. *FACTORES INTERNOS*

##### 3.3.1.1. Estructura de las ramas

En las especies frutales, el tipo de rama y su evolución determina su hábito fructificante, al ser el soporte de las diferentes estructuras en las que se originan las yemas de flor y, por tanto, la producción. Goguey *et al.* (1997) observaron en mango que entre un 30-40% de un tipo de ramas producían el 60% de la cosecha, sirviendo el resto como base del desarrollo vegetativo. En manzano, los cultivares basipétalos con brotes pequeños suelen ser veceros, mientras que los acropétalos son regulares (Lespinasse *et al.*, 1993). Johnson y Weinbaum (1987) relacionan el tamaño de árbol con la eficiencia y el patrón regular de producción, siendo ambos mayores cuanto mayor es el árbol.

Las ramas del olivo presentan una autonomía de desarrollo entre sí (Lavee, 1986; Pastor, 1989), por lo que no es infrecuente encontrar en un mismo árbol ramas con una producción abundante junto con otras que apenas tiene producción.

Reddy *et al.* (1990, 1991, 1993) han determinado que existe una relación diferente entre cultivares veceros y regulares en mango para el número de hojas por fruto que aseguren la nutrición de éstos. Así, las variedades veceras necesitan un número mayor de hojas por fruto que las regulares.

##### 3.3.1.2. Evolución del crecimiento de ramos

Las ramas jóvenes se caracterizan por un crecimiento rápido y vigoroso, con entrenudos largos. Tienden a ralentizar su desarrollo cuando los brotes axilares pasan a brotes florales, al no poder continuar la elongación y el crecimiento indeterminado cuando la yema terminal es inducida y se desarrolla como floral (Poli, 1986; Pastor, 1989).

El posterior crecimiento de un brote subapical produce una rama con entrenudos de tamaño medio y una fuerte tendencia a producir brotes de entrenudos cortos el invierno siguiente, cuyas yemas serán inducidas a flor. Estas ramas se comban por el peso de la cosecha, y una yema axilar durmiente crece de manera vigorosa, iniciando un nuevo ciclo como el descrito (Poli, 1986; Pastor, 1989).

También existen ramas vegetativas fuertes que no producen brotes o ramas floríferos y siguen con entrenudos largos o medios durante varias estaciones.

### 3.3.1.3. Edad del árbol

La alternancia aumenta con la edad del árbol, siendo un comportamiento general en todas las especies frutales veceras. Los árboles jóvenes son más regulares en su producción al presentar un crecimiento vegetativo más vigoroso (Lavee, 1996). Las ramas vigorosas con un elevado número de entrenudos largos no tienen muchos puntos de producción potencial. A medida que el árbol crece, el porcentaje de puntos de crecimiento se reduce y aumenta el de puntos de producción potencial, iniciándose la competencia entre ellos.

### 3.3.2. *CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CULTIVO*

#### 3.3.2.1. Temperatura

La necesidad de horas-frío, ya se ha comentado, incide en la salida de reposo invernal de las yemas de flor. Las yemas vegetativas no presentan estos requerimientos.

Las yemas inducidas presentan necesidades térmicas más específicas. Así, en el momento del desarrollo floral, unas temperaturas moderadas mejoran el porcentaje de flores perfectas; unas temperaturas más altas hace que la inflorescencia se desarrolle más rápidamente, pero con un menor número de flores perfectas. Las temperaturas demasiado altas afectan negativamente a la polinización, germinación del polen y receptividad del estigma (Badr y Hartmann, 1971; Fernández-Escobar, 1979; Martin *et al.*, 1994; Cuevas *et al.*, 1994).

Uno de los factores que pueden iniciar un ciclo vecero y sincronizar los ciclos bienales de árboles de una misma comarca son las heladas de primavera. Su incidencia puede provocar la destrucción de yemas de flor de los árboles (Morettini, 1950, cit. por Monselise y Goldschmidt, 1982; Poli, 1986). Así mismo, las heladas otoñales pueden provocar una caída de hojas que incida en la capacidad de acumulación de reservas para la floración del año siguiente (Monselise y Goldschmidt, 1982).

Según Tapia-Iturrieta (1985), se aprecia una mayor incidencia de vecería en Chile por el fenómeno de "El Niño" y variaciones de la Corriente del Pacífico, al afectar a las temperaturas y retrasar la floración.

#### 3.3.2.2. Humedad

Un ambiente seco provoca un incremento en la caída de flores y frutos (Morettini, 1950, cit. por Navarro, 1994), así como un porcentaje inferior de germinación del polen (Martin *et al.*, 1994). Por el contrario, incidencia de lluvia puede arrastrar el polen y dificultar la fecundación.

#### 3.3.2.3. Viento

El viento es un factor influyente en la polinización del olivo ya que se trata de una especie anemófila.

#### 3.3.2.4. Necesidades hídricas

El estrés hídrico incide en una disminución del número de inflorescencias y un aumento del aborto pistilar (Hartmann y Panetsos, 1962), así como caída de hojas. También afecta al crecimiento de brotes vegetativos (Monselise y Goldschmidt, 1982). La salinidad disminuye la producción al causar senescencia prematura de hojas (Monselise y Goldschmidt, 1982).

Psyllakis (1976, cit. por Vargas, 1993) observa que el riego mejora las producciones en árboles en descarga. Por otra parte, un aumento la cantidad de agua provoca un incremento en el desarrollo vegetativo. Éste puede hacerlo a expensas de los frutos, acentuando la alternancia (Sedgley, 1990). El aumento de producciones provoca una inhibición de la inducción, que también agudiza los problemas de vecería (Navarro, 1994).

#### 3.3.2.5. Bióticos

Los problemas derivados de plagas y enfermedades afectan a la producción y a la vecería en tanto en cuanto inciden en hojas, flores y frutos y pueden iniciar ciclos veceros. Así, Spiegel-Roy (1958, cit. por Vargas, 1993) estima unas diferencias del 50% de flores perfectas entre controles y árboles no tratados contra *Spylocaea oleagina*, con pérdidas de un tercio de la masa foliar.

#### 3.3.2.6. Poda

La poda afecta al comportamiento alternante de la producción al actuar de modo directo en los órganos productores. Una poda realizada de manera equivocada agrava la



alternancia de producción. En 'Manzanilla de Sevilla' y con tipos de poda "Jaén" y "Sevilla", esta última reduce la vejería al eliminar gran cantidad de brotes fructíferos y promover un mayor crecimiento del fruto (Navarro, 1994). En pistacho, la poda de las zonas altas de la copa reduce el crecimiento vegetativo, aumenta la retención de brotes fructíferos y disminuye la vejería (Ferguson *et al.*, 1995).

#### 3.3.2.7. Fertilización

La competencia por los nutrientes y la disponibilidad de estos afecta a todos los estadios del ciclo fructificante. Existen diferencias estacionales del movimiento de metabolitos entre las diferentes partes de la planta (Priestley, 1977). Una adecuada fertilización mejora la productividad al hacerlo el porcentaje de flores perfectas (Uriu, 1959, Recalde y Chaves, 1975). La disponibilidad de nitrógeno disminuye la caída de junio (Recalde y Chaves, 1975), y es necesario el aporte adecuado de potasio, al ser el elemento con mayor extracción por la cosecha y que afecta a la floración de retorno (Fernández-Escobar, 1999). Excepto con el calcio, existen diferencias estacionales de contenido de nutrientes en árboles según su carga.

La alternancia de producción puede influir en el contenido de nutrientes de los árboles y en su consumo anual. Existen diferencias en materia seca en hojas entre árboles en carga o en descarga, debido a la competencia por asimilados de frutos (Golomb y Goldschmidt, 1987; Barone *et al.*, 1994; Sadowski *et al.*, 1995; Fernández-Escobar *et al.*, 1999). Así mismo, la edad de las hojas también modifica los niveles de nutrientes (Fernández-Escobar *et al.*, 1999). Este hecho afecta a la valoración de las necesidades de abonado mediante diagnóstico foliar.

#### 3.3.2.8. Aclareo

El aclareo de frutos se utiliza tanto para obtener un mayor tamaño de fruto como para regular la vejería. El efecto sobre vejería se debe a la reducción del suministro de hormonas procedentes de las semillas, y por tanto, de la inhibición de la inducción floral (Jackson, 1989).

El aumento de floración de retorno es tanto más efectivo cuanto más temprano se realiza el aclareo (Suárez *et al.*, 1984; Reid *et al.*, 1993; Bertschinger y Stadler, 1997). En olivo se realiza mediante aplicación de ácido naftalenacético entre 12 y 18 días siguientes a la floración (Maranto y Krueger, 1994). La mejor respuesta al aclareo es hasta 35 días tras floración para mejorar la floración de retorno (Suárez *et al.*, 1995).

#### 3.3.2.9. Diseño de plantación

Un adecuado diseño de plantación con polinizadores puede aumentar las producciones en años de baja cosecha, reduciendo la alternancia de producción al mejorar el cuajado (Rallo *et al.*, 1990). La distancia entre un polinizador y una variedad polinizada no debe superar los 30 m, y debe tener polen compatible con la variedad principal, aunque en olivo apenas se han señalado casos de incompatibilidad entre cultivares. Las floraciones han de ser sincrónicas (Rallo y Cuevas, 1999).

#### 3.3.2.10. Época de recolección

Las recolecciones tardías acentúan la alternancia de producción (Golomb y Goldschmidt, 1987; Lavee, 1996; Porras, 1999). Según Drobbish (1930, cit. por Poli, 1986) los frutos maduros pueden seguir consumiendo un mínimo de metabolitos y competir con las fases posteriores de diferenciación floral.

*“Tres morillas m’ enamoran en Jaén  
Aixa, Fátima y Marién  
Tres morillas tan altivas  
Iban a coxer olivas  
Y hallábanlas coxidas en Jaén”*

*(Tradicional. Romance de las tres morillas)*

### **III. VARIABILIDAD DE LA ALTERNANCIA DE PRODUCCIÓN EN OLIVO**

## I. VARIABILIDAD DE LA ALTERNANCIA DE PRODUCCIÓN EN OLIVAR

### I.1. INTRODUCCIÓN

La alternancia de la producción es “el fenómeno que acontece en algunas plantas perennes caracterizado por una producción alternante, con años de alta cosecha separados por años de cosecha muy baja o aún sin cosecha. Es provocada por la reducción marcada de la floración del año que sigue a una cosecha copiosa”, según la definición del Diccionario de Ciencias Hortícolas (SECH, 1998).

Este fenómeno es relativamente común entre los árboles frutales y tiene su origen en la propia naturaleza policárpica de las plantas (Monselise y Goldschmidt, 1982). Así, tenemos descritos hábitos alternantes de fructificación en manzano, peral, nogal, cítricos, castaño, avellano, pistacho, ciruelo, albaricoque y mango.

La alternancia de la producción es un fenómeno espacio-temporal, ya que podemos estudiar la vecería tanto por la duración de los ciclos de producción como por la incidencia regional de la variación de producción.

Temporalmente, los ciclos de duración bienal son los más comunes entre especies frutales, incluyéndose en esta definición cuando en un ciclo alternante se presentan dos años de carga o de descarga consecutivos (Monselise y Goldschmidt, 1982). Por lo que respecta a las variaciones espaciales, una región entera puede presentar simultáneamente la misma fase (carga o descarga) de un ciclo alternante en la gran mayoría de los árboles debido a un accidente climático. Éste sirve de espoleta para iniciar el ciclo vecero. Así mismo, en una finca pueden existir árboles que presenten diferente pauta de producción entre ellos, e incluso dentro de un mismo árbol es posible encontrar ramas en contra-alternancia.

La sincronía de la producción, por tanto, está asociada a la vecería y se refiere a la existencia de árboles en un área determinada que presenten una misma pauta de alternancia de producción.

Los objetivos de esta parte se refieren a la realización de un mapa de incidencia de la alternancia de producción en Andalucía, referido a municipios, comarcas y provincias, así como a las variedades predominantes y su rendimiento; y al estudio de la alternancia de la producción en una parcela de ‘Manzanilla de Sevilla’, mediante el empleo de diversos índices de vecería.

## I.2. VARIABILIDAD DE LA VECERÍA EN UNA REGIÓN. LA ALTERNANCIA DE PRODUCCIÓN DE OLIVO EN ANDALUCÍA

### I.2.1. MATERIAL Y MÉTODOS

Se han utilizado datos de producción de aceituna destinada a almazara de las campañas 1995-96 a 1998-99. Estos datos han sido extraídos de declaraciones de cosecha para la obtención de ayudas al olivar de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (Servicio de Estudios y Estadísticas) y elaborados por la Unidad de Prospectiva de D.A.P. El número total de explotaciones utilizadas para el mapa ha sido de 56.875. En el Cuadro 2 se adjuntan el número de declaraciones de cultivo totales por campaña, así como el número de olivos. Los datos de variedades y rendimientos pertenecen a las declaraciones de cultivo de la campaña 1998-99)

Cuadro 2. Número de declaraciones de cultivo y número de olivos para las campañas 1995-96 a 1998-99 (Fuente: Servicio de Estudios y Estadísticas. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía).

campana	declaraciones	olivos
1995-96	202.138	108.861.941
1996-97	236.302	128.847.022
1997-98	258.306	141.297.606
1998-99	258.980	142.536.598
enlace	56.875	25.842.269

El mapa se ha realizado con todos los municipios que tenían en declaraciones de cultivo más del 10% de los olivos. El enlace de las declaraciones de cultivo se ha obtenido con todas las que presentaban, para cada campaña, un número de olivos constante ( $\pm$  5% como intervalo de confianza) respecto a la campaña 1995-96.

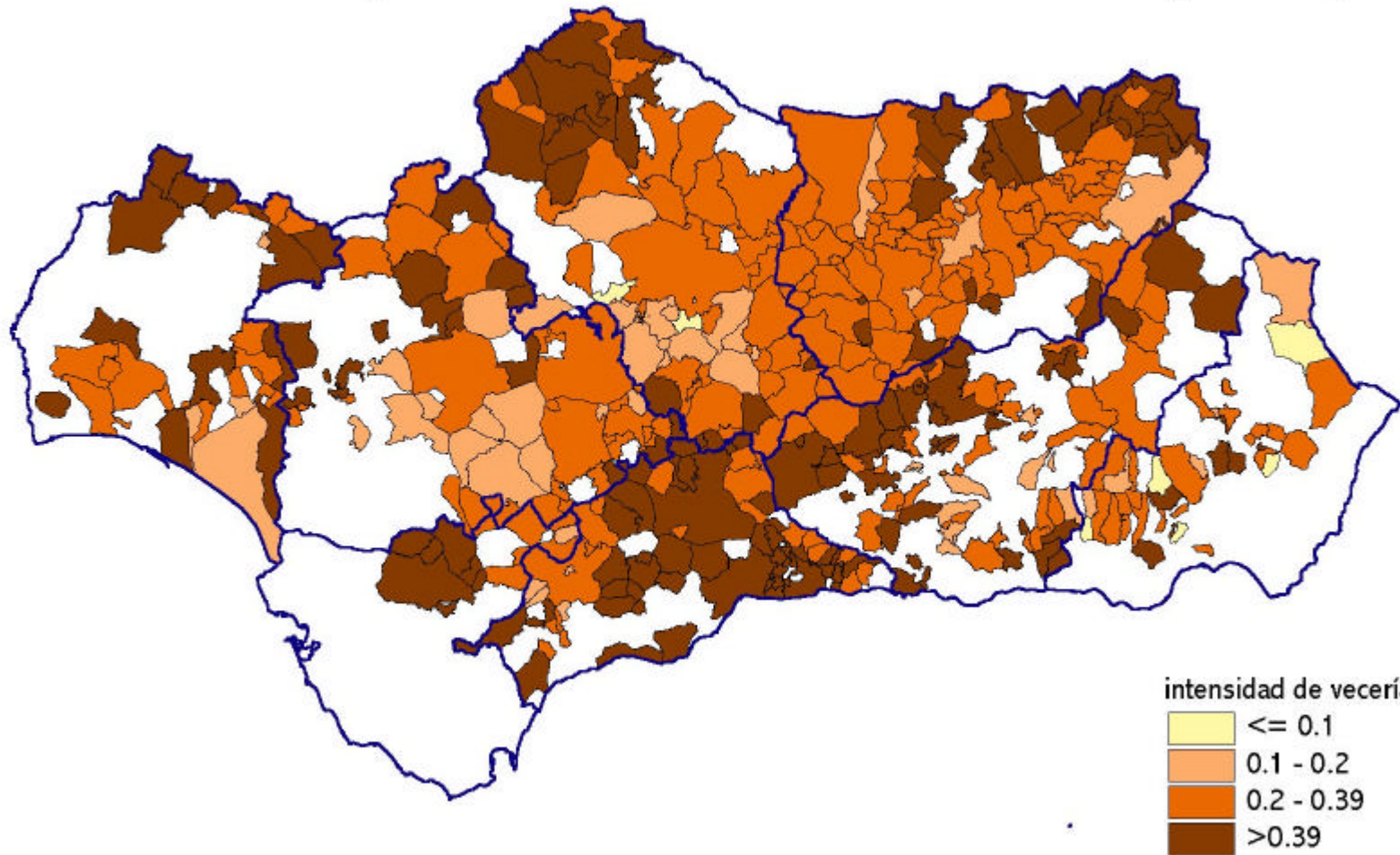
El índice de alternancia de la producción utilizado ha sido el de intensidad de vecería, ya que no se contaba con suficiente número de campañas para utilizar los demás índices con cierta fiabilidad en los resultados.

El mapa se ha elaborado con el programa ArcView v.3.0.

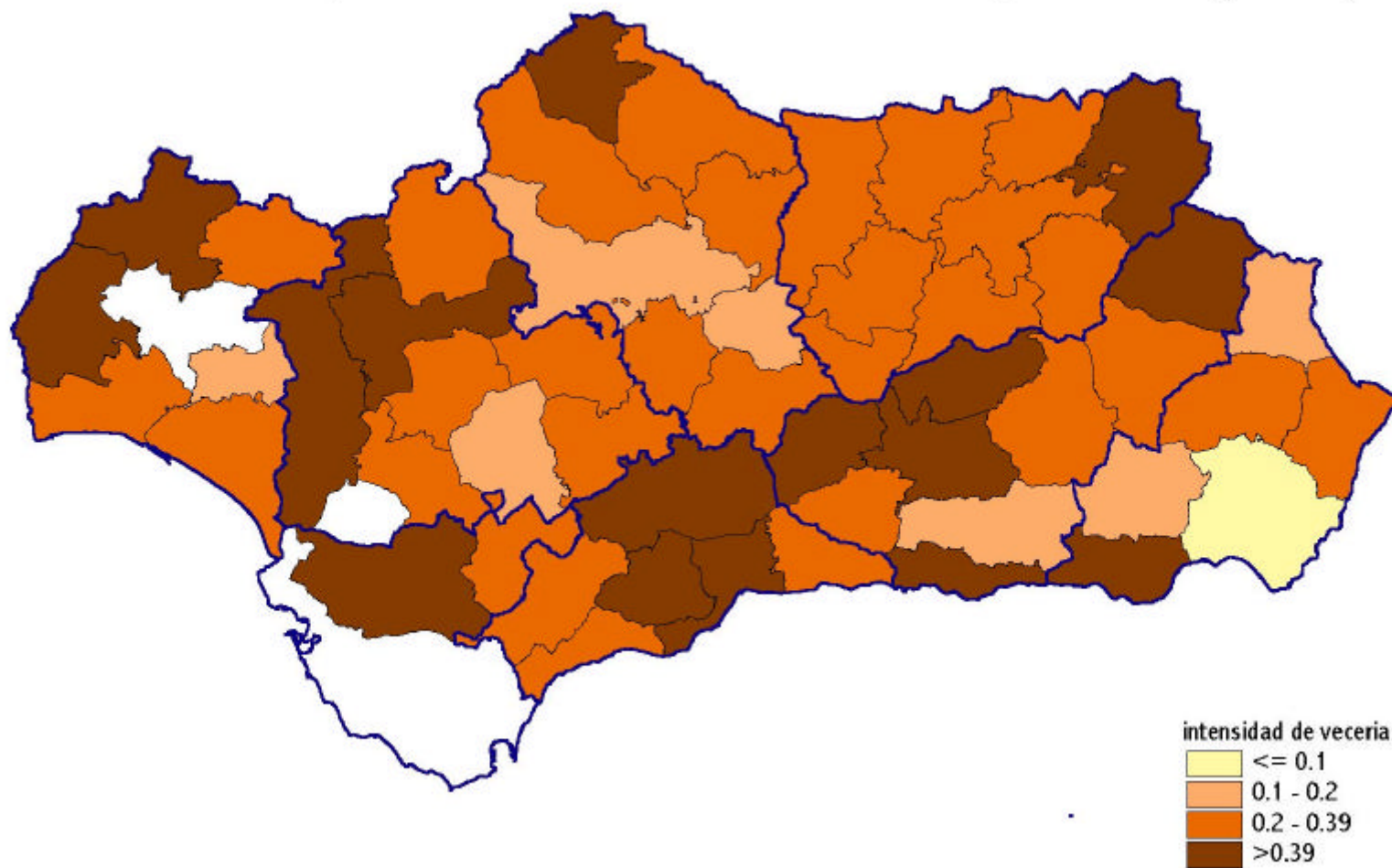
### I.2.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN: MAPA DE INCIDENCIA DE VECERÍA

Las Figuras 1 y 2 presentan la incidencia de la alternancia de producción del olivar en Andalucía entre las campañas de 1995-96 a 1998-99 para municipios y comarcas agrarias. La Figura 3 presenta la distribución de las variedades dominantes, con la media y desviación estándar de la intensidad de vecería para cada variedad. Los rendimientos por hectárea según municipios aparecen en la Figura 4, junto con las medias y desviación estándar de la intensidad de vecería para cada intervalo de rendimiento.

## alternancia de producción del olivar en andalucía (municipios)



# alternancia de producción del olivar en andalucía (comarcas agrarias)



provincia de Huelva presentan valores medios de vecería. Hay que destacar que apenas aparece resaltada la zona de Poniente de Sevilla, que comprende El Aljarafe, zona histórica de cultivo (Angles, 1999). Esto se debe a su cultivo preferente de la variedad 'Manzanilla de Sevilla' (Figura 3), para consumo como aceituna de mesa. Así, los municipios que aparecen, lo hacen con altos niveles de vecería, debido a la desviación coyuntural de la producción de aceituna de mesa a almazara.

La provincia de GRANADA presenta cuatro zonas destacadas, aunque no se tiene una cobertura muy grande de la misma. La zona norte presenta una alta intensidad de vecería (mayor de 0,39), que pudiera deberse a ser un cultivo con poca superficie e importancia. En la comarca de Loja y Sierra Mágina obtenemos también intensidades de vecería altas, debido a su condición de olivar de sierra. El área que linda con Málaga presenta también intensidad de vecería alta (mayor de 0,39). Baza y alrededores presentan una intensidad de alternancia entre 0,2 y 0,39, de nivel medio, siendo el olivar clasificado como marginal al tener poca superficie de cultivo. La Alpujarra granadina, presenta intensidades de vecería en olivar entre 0,1 y superiores a 0,39. Esta heterogeneidad puede deberse a la condición de olivar marginal del cultivo y a las marcadas diferencias de la situación del cultivo en cada municipio.

La importancia del cultivo del olivo en HUELVA es muy pequeña. La intensidad de la alternancia de producción del olivar presenta dos zonas de alta incidencia de vecería (superior a 0,39), una en la Sierra, con olivar de montaña y marginal y otra en municipios que lindan con la provincia de Sevilla. En este caso, el valor de alta intensidad de vecería puede atribuirse a ser olivar de aceituna de mesa, que se destina a almazara o a mesa según sean los precios. Dado que los datos que se han utilizado corresponden a peticiones de ayudas para aceituna de almazara, la concurrencia (de tipo coyuntural) de esta aceituna de mesa en las declaraciones de cosecha provocan elevadas variaciones en los índices de vecería. Las zonas con intensidades de alternancia media o baja (entre 0,1 y 0,39), en realidad se corresponden con zonas en las que el olivar apenas representa un 5% de la superficie cultivada de los municipios.

CÁDIZ presenta dos zonas diferenciadas: una de alta vecería (superior a 0,39), que se corresponde con la Campiña de Cádiz, y una segunda localización con alternancia de producción de nivel medio (entre 0,2 y 0,39) situada en la Sierra de Cádiz, de olivar de montaña. La Campiña presenta como cultivo principal el viñedo, siendo muy pequeña la importancia del olivar, por lo que éste puede adolecer de un manejo inadecuado, incrementando la incidencia de vecería.

En la provincia de ALMERÍA se tienen datos de las comarcas de Alto Andarax y Los Vélez, aunque en general es una provincia con muy poca superficie dedicada al cultivo del olivo (Figura 1). Destaca una zona interior con vecería acusada (mayor de 0,39) que está catalogada como de agricultura de montaña. Otra zona de alta vecería, al suroeste de la

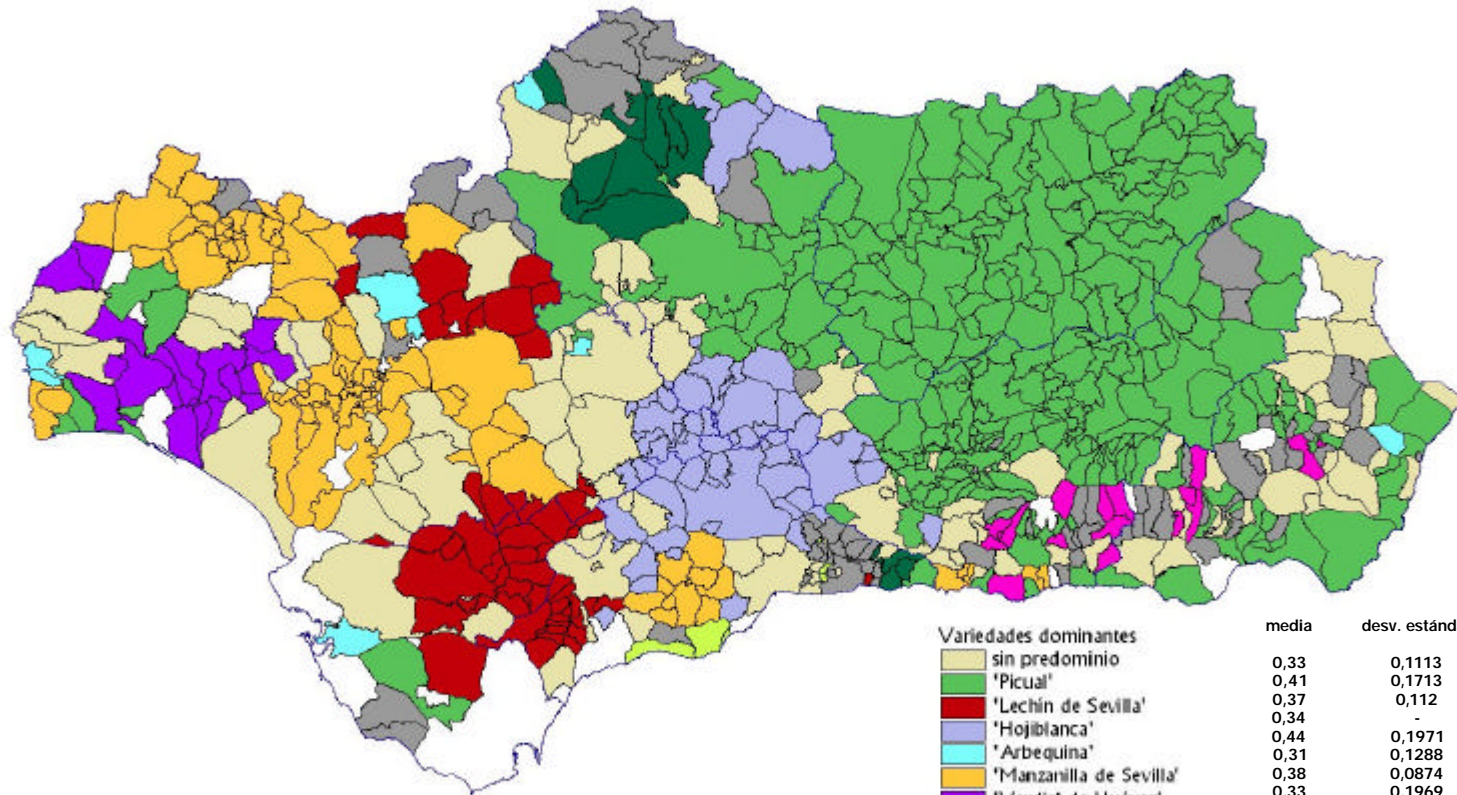


provincia, se corresponde con Campo de Dalías, donde el olivar tiene muy poco peso en relación con el cultivo preferente en la zona, que son hortícolas bajo plástico. La zona de la Alpujarra almeriense presenta un olivar marginal y con sistema de cultivo muy heterogéneo (similar al correspondiente en la Alpujarra granadina), por lo que su análisis resulta dificultoso. La zona nordeste, con intensidades de vecería entre muy baja (inferiores a 0,1) y media (entre 0,2 y 0,39) es heterogénea y el cultivo de olivar es muy reducido.

En resumen, se aprecia claramente que la intensidad de alternancia de producción en Andalucía se distribuye geográficamente según el tipo de zona de cultivo, siendo más acusada en olivares marginales o de montaña y presentando menores valores en zonas de cultivo cuidado y de campiña.



variedades dominantes por municipios ( > 50% superficie )



Variedades dominantes	media	desv. estándar
sin predominio	0,33	0,1113
'Picual'	0,41	0,1713
'Lechín de Sevilla'	0,37	0,112
'Hojiblanca'	0,34	-
'Arbequina'	0,44	0,1971
'Manzanilla de Sevilla'	0,31	0,1288
'Manzanilla de Sevilla'	0,38	0,0874
'Verdial de Huévar'	0,33	0,1969
'Nevadillo Negro'	0,53	0,0591
'Lechin de Granada'		
'Verdial de Vélez Málaga'		
otras variedades		



El nivel de intensidad de vecería que presentan las variedades estudiadas es, por lo general, medio. La variedad 'Picual' es la más cultivada en Andalucía, y presenta un valor medio de intensidad de alternancia de producción (0,33). Este nivel se corresponde con la descripción que hacen Barranco y Rallo (1994), que la consideran productiva y con cosechas más o menos constantes. Esta variedad es la más difundida en Andalucía. Los valores medios que presentan las variedades 'Verdial de Huévar' y 'Lechín de Granada' no se corresponden con lo definido por Barranco y Rallo (1994), que las describen como veceras. Este hecho puede atribuirse al escaso número de datos que se tiene de las zonas de cultivo de estas variedades. El valor obtenido por la variedad 'Arbequina' (0,34) no es representativo, ya que esta variedad ha comenzado a difundirse hace relativamente poco tiempo.

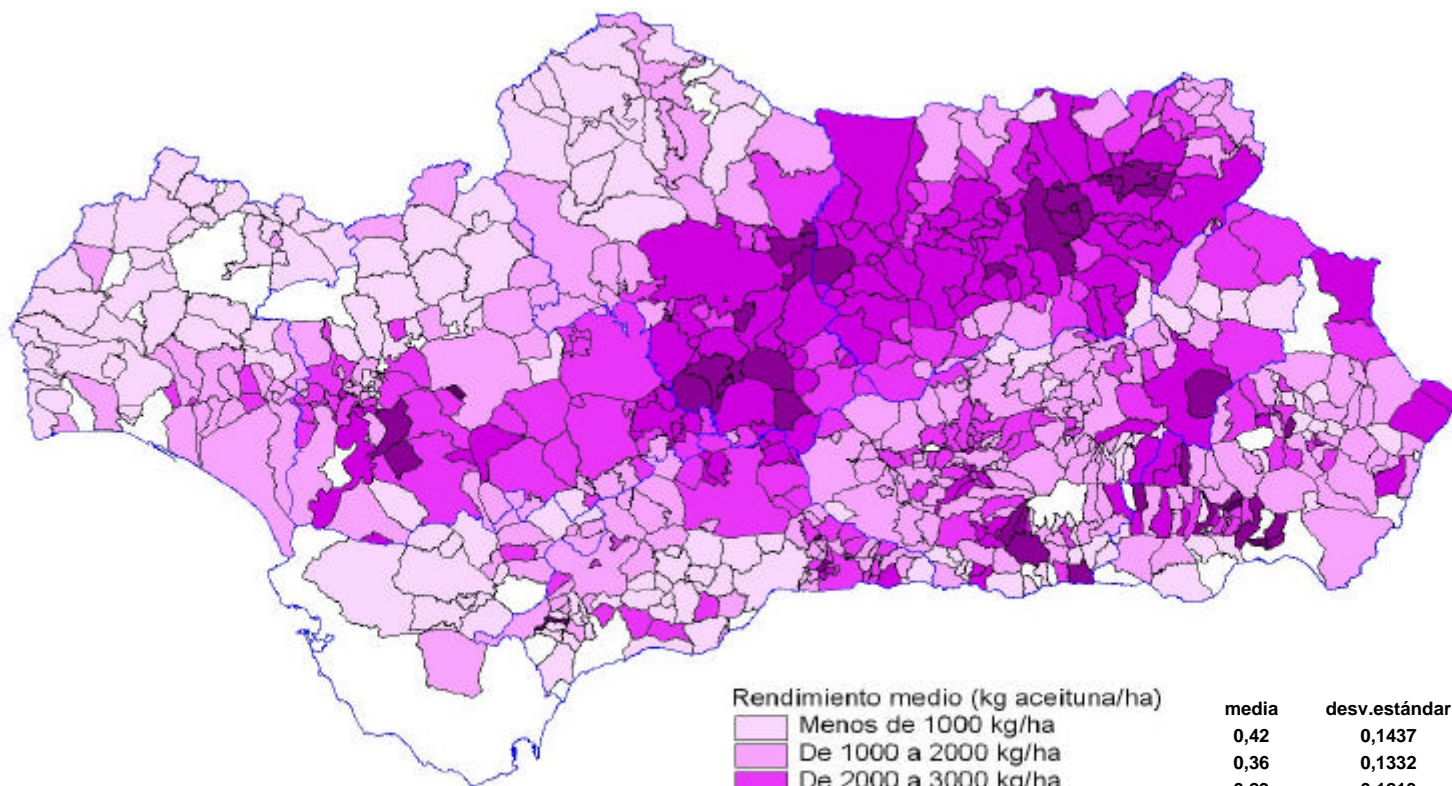
La variedad 'Hojiblanca' presenta un valor de intensidad de alternancia de producción medio-alto (0,37) cercano al límite de 0,39. Esta variedad está descrita como vecera (Barranco y Rallo, 1994), y cuya alternancia se ve incrementada por recolecciones tardías debido a su elevada fuerza de retención de fruto. En la Figura 1 se aprecia que la zona de cultivo de esta variedad presenta intensidades de vecería entre medio-alta y alta. La variedad 'Nevadillo Negro', cultivada en el norte de la provincia de Córdoba y en la Serranía de Ronda (Málaga), presenta un valor de 0,38. Esta variedad está descrita como más regular que 'Picual', aunque presenta una mayor fuerza de retención de fruto que ésta (Barranco y Rallo, 1994). En la Figura 1 se aprecia que sus áreas de cultivo se corresponden con zona de montaña.

Las variedades con valores de intensidad de vecería superiores a 0,39 son 'Lechín de Sevilla' (0,41), 'Verdial de Vélez-Málaga' (0,53), y 'Manzanilla de Sevilla' (0,44). 'Lechín de Sevilla' está descrita como productiva y vecera (Barranco y Rallo, 1994), correspondiéndose con zonas de vecería acusada en la Figura 1. 'Verdial de Vélez-Málaga' es también un cultivar vecero, según Barranco y Rallo (1994), cultivándose en la zona de La Axarquía de Málaga, que se corresponde con zona de montaña.

La intensidad de vecería que presenta 'Manzanilla de Sevilla' no es atribuible a la naturaleza vecera de la variedad, reducida debido a su recogida en verde (Barranco y Rallo, 1994). Este cultivar es de doble aptitud, aunque su mercado principal es la aceituna de mesa. Así, coyunturalmente, se puede desviar la producción a almazara si el precio pagado por la aceituna es mayor. Este hecho afecta al tratamiento de datos del presente estudio al utilizar sólo las declaraciones de cosecha de aceituna para almazara.



## Rendimiento medio (kg de aceituna / ha)



Rendimiento medio (kg aceituna/ha)

	media	desv.estándar
Menos de 1000 kg/ha	0,42	0,1437
De 1000 a 2000 kg/ha	0,36	0,1332
De 2000 a 3000 kg/ha	0,29	0,1213
De 3000 a 4500 kg/ha	0,28	0,0859
De 4500 a 8000 kg/ha	0,28	0,0792
Más de 8000 kg/ha	0,3	-





Como se puede apreciar en la Figura 4, los rendimientos presentan una relación decreciente con la intensidad de vecería. Así, a medida que los valores de producción por hectárea son mayores, desciende el valor medio de la intensidad de alternancia de producción y también la desviación estándar de la misma.

Los rendimientos mayores se distribuyen en las zonas de cultivo en campiña, siendo menores las de áreas de montaña o de cultivo marginal (Figura 1). Por variedades destacan zonas de rendimientos elevados en el área de cultivo de 'Hojiblanca', 'Picual', 'Manzanilla de Sevilla' y, en menor medida, 'Lechín de Granada', consideradas productivas (Barranco y Rallo,1994).

### I.3. VARIABILIDAD DE LA VECERÍA ENTRE ÁRBOLES DE UNA PLANTACIÓN

#### I.3.1. MATERIAL VEGETAL

El presente estudio se ha realizado sobre el cultivar 'Manzanilla de Sevilla'. La parcela está situada en una ladera con exposición Sur - Suroeste del C.I.F.A. de Córdoba "Alameda del Obispo".

Los árboles tienen una edad de 32 años y están plantados a un marco de 6x5 m. El sistema de conducción es a un pie con formación en vaso libre con 2 ó 3 ramas principales. Habitualmente se les somete a una poda ligera y están bajo riego por goteo. Los datos con los que vamos a definir este ensayo corresponden a las cosechas de los años 1989 a 1997.

#### I.3.2. TOMA DE DATOS

Los datos de producción de los árboles fueron facilitados por D. Carlos Navarro, del Departamento de Olivicultura del C.I.F.A. "Alameda del Obispo" de Córdoba. En el Cuadro 3 se adjuntan los valores de producción total para los 187 árboles en ensayo para cada año.

Cuadro 3. Producciones totales en 187 árboles de 'Manzanilla de Sevilla' entre 1989-1997 para estudio de vecería.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
producción (kg)	7.704	8.335	8.154	4.507	5.830	8.418	11.428	4.625	16.104

#### I.3.3. ANÁLISIS DE DATOS

##### I.3.3.1. *CÁLCULO DE ÍNDICES DE VECERÍA*

Para el presente estudio se han utilizado los índices de vecería definidos por Monselise y Goldschmidt (1982), y que se señalan en el Cuadro 1 de la revisión bibliográfica (ver página 39).

#### I.3.4. RESULTADOS

Los valores obtenidos para los diferentes índices de vecería en la ladera de 'Manzanilla de Sevilla' se adjuntan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores de los diferentes índices de vecería en una parcela de 'Manzanilla de Sevilla' para 9 años de cosecha.

bienalidad	intensidad de vecería	porcentaje relativo	sincronía
57,14	0,22	27,98	67,11%

La bienalidad está por encima del 50%. La intensidad en la vecería no resulta elevada y el porcentaje relativo se sitúa en menos de un tercio de la cosecha máxima. El valor obtenido de la sincronía es el resultado de la existencia de árboles en contraalternancia, ya que no todos los árboles presentan la misma fase. Los resultados parciales varían entre un 51,87% y un 81,81% en los diferentes años para el total de la parcela.

En la Figura 5 se adjunta un gráfico de la tendencia de la producción y sincronía en la parcela de 'Manzanilla de Sevilla' durante los nueve años de estudio.

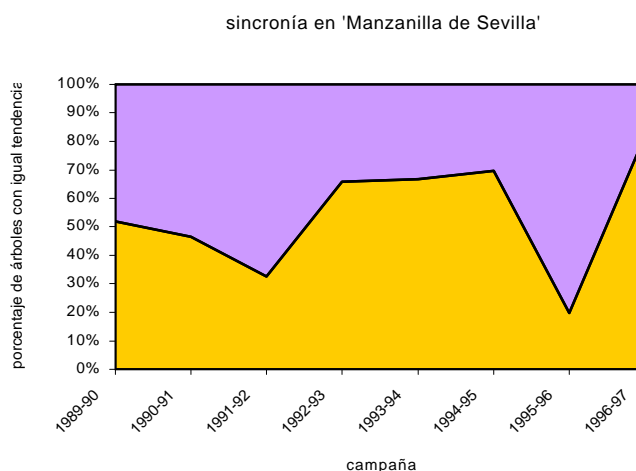


Figura 5. Sincronía en 'Manzanilla de Sevilla' en 9 años.

Como se puede apreciar en la Figura 5, la cosecha en la campaña 1995-96 sufre un drástico descenso, que parece iniciar un nuevo ciclo vecero, incrementando la sincronía en la parcela. Una posible causa de este aumento de la vecería puede atribuirse a una mayor eficiencia del riego, que produjo un paulatino aumento del tamaño de los árboles y, consecuentemente, de las producciones. Así, el aumento de producción a niveles superiores a 11.000 kg (ver Cuadro 3) pudo desencadenar la vecería por un aumento de la inhibición de yemas unido a la disminución del crecimiento vegetativo por competencia entre yemas apicales y frutos en desarrollo. En 1998 se sometió a los árboles a una severa poda, a fin de regular la producción mediante la reducción del volumen de copa y control del crecimiento vegetativo.

En el Cuadro 5 se adjuntan los valores de los índices de bienalidad, intensidad de vecería y porcentaje relativo para los árboles de la misma parcela y en el mismo periodo, así como la media, intervalo de variación y desviaciones típicas de los índices estudiados.

Cuadro 5. Valores de los diferentes índices de vecería en 187 árboles de 'Manzanilla de Sevilla' para 9 años de cosecha.

	bienalidad	intensidad de vecería	porcentaje relativo
media	72,73	0,54	8,24
intervalo	28,57-100	0,13-0,85	0,70-51,85
desviación típica	13,55	0,14	8,61

El estudio de los índices indica unos valores más elevados de la bienalidad y de la intensidad de vecería en los árboles que en el total de la parcela, así como una sensible disminución del porcentaje relativo de cosecha. Por lo tanto, los árboles dentro de la parcela presentan una vecería más acusada que el nivel general que presenta la parcela.

### 1.3.5. DISCUSIÓN

La existencia de ramas, árboles y parcelas en contraalternancia ha sido descrita en varios cultivos frutales (Monselise y Goldschmidt, 1982). En olivo, la incidencia de vecería según zonas geográficas ha sido estudiada por Moretini entre diferentes áreas de Italia (1950, cit. por Monselise y Goldschmidt, 1982), y por Navarro (1994) en Córdoba. El presente estudio aborda la incidencia de la alternancia de producción tanto de una parcela en su conjunto como de los árboles que la constituyen.

La bienalidad de la parcela no presenta un valor muy alto (57,14%), como tampoco lo es el valor de intensidad de vecería (0,22) o la sincronía (67,11%), por lo que no parece existir un estímulo externo desencadenante de la alternancia. Aún así, en la Figura 5 se observa un aumento de la sincronía a partir de la campaña 1995-96. Éste hecho no se relaciona con un accidente climático o de manejo de cultivo, causas usuales del inicio de ciclos veceros según se cita en la bibliografía (Monselise y Goldschmidt, 1982; Navarro, 1994), sino con un aumento excesivo de la producción de los árboles. El aumento de cosecha provoca una mayor inhibición de yemas florales así como la reducción del crecimiento vegetativo, factores estos que reducen la producción del año siguiente (Stutte y Martin, 1986; Fernández-Escobar *et al.*, 1992; Suárez, 1987; Márquez, 1989).

Los índices de vecería aplicados en el ensayo presentan valores sensiblemente superiores cuando el estudio se refiere a los árboles individuales de la parcela que cuando los datos se refieren a ésta en conjunto (Cuadros 4 y 5), hecho que concuerda con lo expuesto por Navarro (1994). Este hecho es atribuible a la amortiguación de la intensidad vecera entre árboles que estuvieran en contraalternancia, ya que la sincronía entre los árboles no es absoluta (Cuadro 4, Figura 5). El intervalo de variación de cada índice entre árboles es muy alto, por lo que se puede concluir que el nivel de vecería de los árboles dentro de la parcela es mayor que el obtenido en la misma.

## **II. CARACTERIZACIÓN DE RAMAS Y FRUCTIFICACIÓN EN UN CICLO BIENAL**

### **II.1. INTRODUCCIÓN**

En las especies frutales, el tipo de rama y su evolución determina su hábito fructificante, ya que las ramas son el soporte de las diferentes estructuras en las que se originan las yemas de flor y, por tanto, la producción. El olivo, en cuanto especie frutal, no es ajeno a este hecho. El área y disposición de las hojas, esto es, la arquitectura de la copa, determina la interceptación de la radiación solar por el cultivo, y la eficiencia y uso de ésta determina la productividad del mismo (Loomis y Connor, 1992). Maximizar la eficiencia fotosintética de las hojas de un árbol y una plantación constituye uno de los objetivos de las técnicas de cultivo (Rallo y Cuevas, 1999).

Por otra parte, dada la alternancia en la producción que manifiesta el olivo, el estudio descriptivo de la morfología y evolución de las ramas puede ayudar a establecer estrategias de manejo del olivar que tiendan a reducir el hábito vecero, y por tanto, a mejorar la producción.

Poli, en un estudio bibliográfico sobre la vecería en olivo publicado en 1986, afirma que la unidad de producción está sujeta a un conjunto de correlaciones y fenómenos de competencia por los nutrientes entre las distintas partes que forman esta unidad de producción. Esto viene dado, como mencionan Rallo y Cuevas (1999) por la simultaneidad entre procesos vegetativos y reproductores en el mismo año y entre procesos reproductores consecutivos, existiendo también inhibiciones entre los sumideros. Según Poli (1986), para mantener un potencial vegetativo suficiente y al mismo tiempo, una producción correcta, basta con privilegiar aquellos ramos con entrenudos largos frente a aquellos que presentan entrenudos cortos o muy cortos, y favorecer la brotación de ramos supernumerarios que darán nacimiento a una unidad de producción.

El presente estudio pretende caracterizar ramas mayores de 2 años, para estudiar su evolución y posible manejo, a fin de controlar y reducir la incidencia de la vecería.

### **II.2. MATERIAL Y METODOS**

#### **II.2.1. TIPOLOGÍA DE RAMAS**

Dentro de este estudio se han caracterizado las ramas siguiendo clasificaciones según características estructurales de situación, posición y porte, y reproductoras de cantidad de fruto y cantidad de floración.

## II.2.1.1. *CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES*

### II.2.1.1.1. Situación

#### II.2.1.1.1.1. Ramas de situación interna

Son aquellas que se disponen hacia el interior del árbol. Como la radiación incidente disminuye al introducirnos dentro de la copa, y ser ésta moderadamente densa y perenne, la intensidad de radiación solar es un factor limitante para la fotosíntesis de las hojas (Rallo y Cuevas, 1999). Esto incide en los brotes, que son largos y delgados pero no acumulan tanta materia seca como otros más pequeños que no sufren sombreado, como expone Westwood (1993).

Así, las ramas interiores apenas reciben luz y tienen una baja densidad de hojas, son poco vigorosas y poco fructíferas (Pastor, 1989). Normalmente, este tipo de ramas son eliminadas mediante la poda, a no ser que se mantengan con la finalidad de sombrear y así proteger de las quemaduras solares el tronco de alguna rama principal.

En este estudio, solamente un 5,2% del total de ramas señaladas tienen esta situación. Por ello, y dado que su representatividad es mínima, sus características productivas y vegetativas son pobres y son eliminadas habitualmente con la poda, no se van a tener en cuenta en este ensayo.

#### II.2.1.1.1.2. Ramas de situación externa

Las ramas se dirigen hacia el exterior de la copa para mejorar su exposición a la radiación solar y, por lo tanto, su tasa fotosintética. Asimismo, es en la zona externa de la estructura del árbol donde se sitúan los elementos fructíferos.

Casi un 95% del total de las ramas en estudio corresponden a esta categoría. Por las razones ya expuestas, sólo las ramas externas serán consideradas en el ensayo.

### II.2.1.1.2. Posición

La posición de las ramas se va a definir no tanto en el punto donde éstas se insertan en las ramas principales como en el nivel en el que está situada la masa vegetativa y fructífera de la rama.

#### II.2.1.1.2.1. Ramas de posición alta

Son ramas que se sitúan en la parte superior de la copa. Reciben una mayor cantidad de luz, con una posición centrada por lo general, presentan una vegetación más fina y son las últimas zonas productivas (Pastor, 1989).

Según describe Pastor (1989), los frutos que se producen en este tipo de ramas son de mayor tamaño y contenido en aceite. Esto puede deberse a que son ramas con una mayor exposición a la radiación solar.

Se encuentran en posición alta un 74% del total de las ramas que vamos a considerar.

#### II.2.1.1.2.2. Ramas de posición baja

Estas ramas se sitúan en la parte inferior de la copa. A medida que se baja hacia la superficie del terreno, la iluminación se va haciendo más débil de manera similar a la reducción de radiación hacia el interior de la copa y, además, se produce un sombreado sobre este tipo de ramas. Por ello, presentan frutos de menor tamaño y contenido en aceite, aunque superior al de aquellas ramas que, además de ser bajas, se sitúan en zonas internas del árbol (Pastor, 1989).

Un 26% de las ramas de este estudio se encuadran dentro de este tipo.

#### II.2.1.1.3. Porte

##### II.2.1.1.3.1. Ramas de porte erguido

Son vigorosas, con tendencia vertical, jóvenes, y con un crecimiento vegetativo muy activo, que suele situarse en los ápices de los ramos. Éstos suelen ser de gran longitud y presentan entrenudos largos.

Un 39% de las ramas presentan este porte.

##### II.2.1.1.3.2. Ramas de porte medio

Son ramas que han ido arqueándose por el peso de la cosecha desde una situación previa como rama de porte erguido. Presentan cierto equilibrio entre vigor y producción, aunque siguen teniendo un crecimiento vegetativo activo.

Este crecimiento se produce tanto en los ápices como en algunas yemas laterales, según el sistema descrito por Poli (1986), por lo que la ramificación se va haciendo más densa. Los ramos que se producen tienen menor longitud y el tamaño de los entrenudos se va acortando.

Se tiene un 33,5% del total de ramas consideradas dentro del estudio que pertenecen a esta categoría.

##### II.2.1.1.3.3. Ramas de porte llorón

Presentan ramos péndulos que se disponen desde una estructura leñosa, aproximadamente horizontal y paralela a la superficie del terreno. Presentan crecimientos vegetativos inferiores a las ramas descritas anteriormente, pero con una mayor densidad de ramificación.

Los ramos presentan un ligero crecimiento vegetativo apical y un abundante crecimiento axilar, siguiendo el esquema de Poli (1986) mencionado. El tamaño de los brotes es considerablemente menor, siéndolo también el tamaño de los entrenudos, pero no necesariamente tienen un menor número de nudos. Su tasa de floración es mayor, con un nivel de fructificación más alto, aunque el tamaño de los frutos es menor.

Debido a que son más longevas, presentan una menor renovación por crecimiento. Son ramas que se eliminarán y serán sustituidas por la evolución de las de porte medio, que seguirán arqueándose por el peso de la cosecha.

Dentro de esta categoría tenemos un 27,5% de las ramas consideradas.

#### II.2.1.2. *CARACTERÍSTICAS REPRODUCTORAS*

##### II.2.1.2.1. Fructificación

Los niveles de fructificación tanto en árboles como en ramas son la base de la estructura de este estudio, pues para la elección de los árboles se realizó, como ya se ha indicado, una clasificación de éstos según tres categorías de fructificación: categoría 1 (escasa), categoría 2 (media) y categoría 3 (alta).

Para las ramas se ha aumentado la clasificación con la categoría 0, de fructificación nula o insignificante, ya que existen árboles que presentan un número variable de ramas encuadrables dentro de esta categoría.

Así pues, en este estudio se tiene un número fijo de árboles (4) con una determinada fructificación al inicio del ensayo en 1998 (requisito del diseño experimental). Dentro de cada árbol, la distribución de ramas según su nivel de fructificación es diferente, y puede variar en el año siguiente tanto en el árbol como en las ramas. Esta es la manifestación del hábito alternante de fructificación, descrito en un amplio número de especies (Westwood, 1993), y que es muy patente en el olivo.

##### II.2.1.1.2. Floración

La floración se ha medido tanto en los árboles como en las ramas. Esta caracterización se ha realizado mediante categorías visuales según la clasificación que aparece en el Cuadro 6.



Cuadro 6. Categorías de floración.

categoria	cantidad de flor
0	nula o insignificante
1	escasa
2	poca
3	media
4	alta
5	muy alta

## II.2.2. DISEÑO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se seleccionaron 12 árboles adultos de la variedad 'Picual', situados en la parcela de Casillas, perteneciente al CIFA de Córdoba "Alameda del Obispo". Estos árboles se clasificaron según tres categorías de fructificación (baja, media y alta) y con cuatro árboles (repeticiones) por categoría.

En cada árbol se señalaron todas las ramas que tenían un diámetro aproximado igual o superior a 4 cm. En dichas ramas se consignó su situación (externa o interna), posición (alta o baja según la altura del observador), porte (erguido, medio o llorón), la cantidad de fruto según una clasificación visual de 0 a 3 en 1998 y 1999 y la cantidad de floración (clasificación visual de 0 a 5) en 1999.

Se obtuvo la producción de aceituna de cada una de las ramas por separado, así como la cosecha total de los árboles en ensayo.

Se ha procedido al análisis estadístico mediante el test Ji cuadrado ( $\chi^2$ ) de independencia de las diferentes clasificaciones de ramas, tanto estructurales como reproductoras, para así realizar una descripción lo más exhaustiva posible.

Así mismo, se hicieron dos tipos de análisis de varianza de la producción respecto de las diferentes características estructurales y reproductoras de las ramas: el primero con las ramas de cada categoría de fructificación de árboles por separado, y el segundo con la totalidad de las ramas. El modelo utilizado fue:

$$X_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

donde  $C_i$  es la categoría de la característica a estudiar y  $\varepsilon_{ij}$  el error experimental, correspondiente al valor de la rama  $j$  de categoría  $i$ .

También se han obtenido las rectas de regresión entre el perímetro de las ramas y la producción de cada año, según categorías de fructificación, y con la producción acumulada según las categorías de porte.

Para el análisis de los datos se utilizaron los programas Association Test y Linear Models del paquete estadístico Statistix v1.0 para Entorno Windows 95, y el programa GLM (General Linear Models) del paquete estadístico SAS/STAT (Statistical Analysis System) v. 6.0 del Centro Informático Científico de Andalucía (CICA).

### II.3. RESULTADOS

#### II.3.1. RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y REPRODUCTORAS DE LAS RAMAS

Se pretende determinar la homogeneidad o heterogeneidad de las características estructurales y reproductoras según su distribución en las ramas analizadas. Se mantendrá la clasificación de los árboles según las categorías de fructificación (escasa, media y alta) en 1998, ya que fue la inicial, aún cuando en 1999 cambiase el nivel de fructificación por efecto de la vecería.

##### II.3.1.1. *RELACIONES ENTRE ÁRBOLES Y RAMAS SEGÚN LA CATEGORÍA DE FRUCTIFICACIÓN*

El diseño del ensayo, eligiendo los árboles en las tres categorías de fructificación (escasa, media y alta), ha determinado que tanto el número de ramas totales como el de ramas por árbol en cada categoría de fructificación, se corresponda con dicha elección. Así, hay una mayor abundancia de ramas de fructificación media o alta y menor cantidad de ramas de fructificación nula o escasa conforme aumenta la categoría de fructificación de los árboles en el año 1998 (Cuadro 7). Esta relación es significativa ( $\chi^2=122,93$ ;  $p<0,000$ ).

Cuadro 7. Número de ramas de las distintas categorías de fructificación para cada categoría de fructificación en árboles en 1998.

fructificación de árboles 1998	categorías de fructificación de ramas 1998				total ramas
	nula	escasa	media	alta	
escasa (cat. 1)	31	25	6	0	62
media (cat. 2)	0	22	26	22	70
alta (cat. 3)	1	9	16	42	68
total ramas	32	56	48	64	200

Lo mismo ocurre en 1999, con mayor número de ramas de fructificación nula o escasa a medida que aumenta la fructificación del año precedente. Esta relación es significativa con los siguientes valores del test en Ji cuadrado:  $\chi^2=203,13$ ; y  $p<0,000$ . (Cuadro 8).

Cuadro 8. Número de ramas de las distintas categorías de fructificación para cada categoría de fructificación en árboles en 1999.

fructificación de árboles 1998	categorías de fructificación de ramas 1999				total ramas
	nula	escasa	media	alta	
escasa (cat. 1)	0	2	8	52	62
media (cat. 2)	2	21	32	15	70
alta (cat. 3)	45	22	1	0	68
total ramas	47	45	41	67	200

Los Cuadros 7 y 8 muestran claramente la alternancia de producción de los árboles, según el nivel de fructificación de sus ramas en los dos años de estudio. Esta tendencia vecera resulta también significativa para el total de ramas, con una  $\chi^2 = 75,90$  y  $p < 0,000$ , (Cuadro 9), aumentando el nivel de fructificación en 1999 a medida que disminuía el mismo en 1998.

Cuadro 9. Número de ramas de las distintas categorías de fructificación para los años 1998 y 1999.

fructificación de ramas 1998	categorías de fructificación de ramas 1999				total ramas
	nula	escasa	media	alta	
nula	0	8	11	28	47
escasa	3	7	13	22	45
media	7	8	15	11	41
alta	22	33	9	3	67
total ramas	32	56	48	64	200

### II.3.1.2. RELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y REPRODUCTORAS

#### II.3.1.2.1. Relación porte – fructificación

- En la totalidad de las ramas

Las ramas de porte erguido y medio han sido más fructíferas que las de porte llorón en 1998, con  $\chi^2 = 15,68$ ;  $p < 0,0156$ . Sin embargo, en 1999 el porte y la fructificación de las ramas resultaron independientes. Entre los dos años se aprecia un desplazamiento de las tipologías de ramas hacia portes llorones, así como un reparto más homogéneo de la fructificación en 1999 con respecto a la observada en 1998 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Número de ramas en las distintas categorías de porte y fructificación en 1998 y 1999.

porte	categorías de fructificación 1998				total ramas	categorías de fructificación 1999				total ramas
	nula	escasa	media	alta		nula	escasa	media	alta	
erguido	9	23	18	28	78	9	16	10	18	53
medio	13	11	15	28	67	12	9	14	26	61
llorón	10	22	15	8	55	26	20	17	23	86
total ramas	32	56	48	64	200	47	45	41	67	200

- En árboles de igual categoría de fructificación

La tendencia a una mayor fructificación en las ramas de porte erguido y medio se observa en todas las categorías de fructificación de árboles en 1998. Esta relación sólo ha sido significativa en los árboles con alta fructificación, categoría 3, ( $\chi^2=24,97$  y  $p<0,0003$ ), como se aprecia en el Cuadro 11. Para el año 1999, el porte y la fructificación de las ramas resultaron dependientes en las categorías de fructificación media (categoría 2) con  $\chi^2=14,83$  y  $p<0,0216$ , y de fructificación alta (categoría 3) con valores  $\chi^2=16,22$  y  $p<0,0027$ . Se observa un incremento de portes llorones asociado a fructificación escasa y media. Asimismo, se aprecia una inversión de las categorías de fructificación con respecto a las mismas en 1998, patente en los árboles de las categorías extremas de fructificación.

Cuadro 11. Número de ramas de las distintas categorías de porte y fructificación en 1998 y 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.

fructificación de árboles 1998	porte	categorías de fructificación 1998				total ramas	categorías de fructificación 1999				total ramas
		nula	escasa	media	alta		nula	escasa	media	alta	
escasa (cat. 1)	erguido	9	11	5	0	25	0	0	0	11	11
	medio	13	5	1	0	19	0	0	2	20	22
	llorón	9	9	0	0	18	0	2	6	21	29
	total	31	25	6	0	62	0	2	8	52	62
media (cat. 2)	erguido	0	11	9	11	31	0	2	10	7	19
	medio	0	6	9	8	23	0	5	11	6	22
	llorón	0	5	8	3	16	2	14	11	2	29
	total	0	22	26	22	70	2	21	32	15	70
alta (cat. 3)	erguido	0	1	4	17	22	9	14	0	0	23
	medio	0	0	5	20	25	12	4	1	0	17
	llorón	1	8	7	5	21	24	4	0	0	28
	total	1	9	16	42	68	45	22	1	0	68

### II.3.1.2.2. Relación entre posición y fructificación

- En la totalidad de las ramas

Las ramas altas son más fructíferas, con una mayor proporción de ramas con fructificación media y alta, que las ramas bajas, que tienen un mayor número de ramas de fructificación nula o escasa (Cuadro 12) en 1998. Estas diferencias son significativas ( $\chi^2 = 20,24$  y  $p < 0,0002$ ). En 1999, la posición y la fructificación de ramas son independientes. Se aprecia un desplazamiento hacia posiciones bajas.

Cuadro 12. Número de ramas en las distintas categorías de posición y fructificación en 1998 y 1999.

posición	categorías de fructificación 1998				total ramas	categorías de fructificación 1999				total ramas
	nula	escasa	media	alta		nula	escasa	media	alta	
alta	18	34	38	58	148	29	28	24	48	129
baja	14	22	10	6	52	18	17	17	19	71
total ramas	32	56	48	64	200	47	45	41	67	200

- En árboles de igual categoría de fructificación

Existe un mayor número de ramas altas que bajas en los árboles de todas las categorías, pero esta característica es independiente de su fructificación en los dos años de estudio. Aunque en 1999 sigue existiendo un mayor número de ramas en posición alta, éste se ha reducido en relación con el número que se tenía en el año 1998 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Número de ramas de las distintas categorías de posición en 1998 y 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.

fructificación de árboles 1998	categorías de posición 1998		total ramas	categorías de posición 1999		total ramas
	alta	baja		alta	baja	
escasa (cat. 1)	43	19	62	37	25	62
media (cat. 2)	53	17	70	45	25	70
alta (cat. 3)	52	16	68	47	21	68
total ramas	148	52	200	129	71	200

La mayor fructificación de ramas altas se aprecia en los árboles de todas las categorías en 1998, aunque esta relación sólo ha sido significativa en los árboles de fructificación media y alta ( $\chi^2=8,07$ ;  $p < 0,0177$  y  $\chi^2=21,33$ ;  $p < 0,0001$ , respectivamente) (Cuadro 14). En 1999, las ramas de posición alta suelen tener una mayor fructificación. En árboles de la categoría 1 (fructificación escasa) y de la categoría 2 (fructificación media) en 1998, dicha relación resultó ser significativa ( $\chi^2 = 8,74$ ;  $p < 0,0127$ , y  $\chi^2=9,69$ ;  $p < 0,0214$  respectivamente), mientras que en los árboles de la categoría 3 (fructificación alta) en 1998, la posición y el nivel de fructificación fueron independientes.

Cuadro 14. Número de ramas de las distintas categorías de posición y fructificación en 1998 y 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.

fructificación de árboles 1998	posición	categorías de fructificación 1998				total ramas	categorías de fructificación 1999				total ramas
		nula	escasa	media	alta		nula	escasa	media	alta	
escasa (cat. 1)	alta	18	19	6	0	43	0	1	1	35	37
	baja	13	6	0	0	19	0	1	7	17	25
	total	31	25	6	0	62	0	2	8	52	62
media (cat. 2)	alta	0	13	19	21	53	0	10	22	13	45
	baja	0	9	7	1	17	2	11	10	2	25
	total	0	22	26	22	70	2	21	32	15	70
alta (cat. 3)	alta	0	2	13	37	52	29	17	1	0	47
	baja	1	7	3	5	16	16	5	0	0	21
	total	1	9	16	42	68	45	22	1	0	68

Estos resultados indican que la posición de las ramas está relacionada con el nivel de carga en los árboles con fructificación elevada y media. Esta relación se mantiene en los dos años de ensayo y siendo dependiente de las categorías de fructificación (categorías 2 y 3 en 1998 y categorías 1 y 2 en 1999).

### II.3.1.2.3. Relación entre posición y porte

- En la totalidad de las ramas

Las ramas altas presentan portes erguidos y medios, mientras que las ramas bajas tienen una mayor proporción de portes llorones (Cuadro 15). La prueba  $\chi^2$  es significativa, con los siguientes valores:  $\chi^2=59,75$  y  $p<0,0000$  en 1998, y  $\chi^2=54,26$  y  $p<0,0000$  en 1999.

Cuadro 15. Número de ramas en las distintas categorías de porte y posición en 1998 y 1999.

posición	porte de ramas 1998			total ramas	porte de ramas 1999			total ramas
	erguido	medio	llorón		erguido	medio	llorón	
alta	74	54	20	148	48	50	31	129
baja	4	13	35	52	5	11	55	71
total ramas	78	67	55	200	53	61	86	200

- En árboles de igual categoría de fructificación

Los portes erguidos y medios son mayoritarios en las ramas altas en todas las categorías de fructificación de árboles, y los de porte llorón en ramas bajas. Esta relación es muy significativa, con los siguientes valores de la prueba  $\chi^2$ :  $\chi^2 =23,16$   $p<0,0000$ ;  $\chi^2 =14,29$  y  $p<0,0008$ ;  $\chi^2=24,94$  y  $p<0,0000$  para las categorías de fructificación escasa, media y baja respectivamente (Cuadro 16). Esta relación se

manifiesta de modo similar en 1999, con los siguientes valores de la prueba  $\chi^2$ : categoría 1 (fructificación escasa):  $\chi^2 = 10,96$ ;  $p < 0,0042$ ; categoría 2 (fructificación media):  $\chi^2 = 24,58$ ;  $p < 0,0000$ ; y categoría 3 (fructificación alta):  $\chi^2 = 20,66$ ;  $p < 0,0000$ . Se aprecia un desplazamiento hacia portes llorones y posiciones bajas de las ramas.

Cuadro 16. Número de ramas de las distintas categorías de posición y porte en 1998 y 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.

fructificación de árboles 1998	posición	categorías de porte 1998			total ramas	categorías de porte 1999			total ramas
		erguido	medio	llorón		erguido	medio	llorón	
escasa (cat. 1)	alta	24	14	5	43	8	18	11	37
	baja	1	6	13	19	3	4	18	25
	total	25	19	18	62	11	22	29	62
media (cat. 2)	alta	29	17	7	53	18	18	9	45
	baja	2	6	9	17	1	4	20	25
	total	32	25	14	70	19	22	29	70
alta (cat. 3)	alta	21	23	8	52	22	14	11	47
	baja	1	2	13	16	1	3	17	21
	total	22	25	21	68	23	17	28	68

#### II.3.1.2.4. Relación entre floración y fructificación en 1999

- En la totalidad de las ramas

Existe una dependencia muy alta entre floración y fructificación en 1999 ( $\chi^2 = 305,33$ ; y  $p < 0,0000$ ), siendo las ramas de menor floración las que presentan una fructificación menor y las de alta floración tienen una fructificación alta (Cuadro 17). Este resultado está en concordancia con el modelo propuesto.

Cuadro 17. Número de ramas en las distintas categorías de fructificación en 1999 y floración en 1999.

floración 1999	categorías de fructificación 1999				total ramas
	nula	escasa	media	alta	
nula	46	22	1	0	69
insignificante	1	13	2	0	16
escasa	0	7	5	0	12
media	0	2	22	3	27
alta	0	1	9	22	32
muy alta	0	0	2	42	44
total ramas	47	45	41	67	200

- En árboles de igual categoría de fructificación

Para las categorías de fructificación escasa y media (categorías 1 y 2), la fructificación de las ramas y la floración de las mismas resultaron dependientes en 1999, mientras que en la categoría 3, de fructificación alta, fueron independientes.

Existe dependencia entre floración y fructificación en 1999 en árboles de fructificación escasa en 1998 (categoría 1), con  $\chi^2 = 70,30$  y  $p < 0,0000$ . En árboles de fructificación media (categoría 2) se obtienen resultados parejos; así, floraciones escasas se asocian con fructificaciones bajas, floraciones medias producen fructificaciones medias y floraciones altas dan fructificaciones elevadas ( $\chi^2 = 87,81$  y  $p < 0,0000$ ). Los árboles pertenecientes a la categoría 3, de fructificación alta en 1998, presentaron floraciones nulas o muy escasa, con fructificaciones similares (Cuadro 18).

Cuadro 18. Número de ramas en las distintas categorías de fructificación en 1999 y floración en 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.

fructificación de árboles 1998	floración 1999	categorías de fructificación 1999				total ramas
		nula	escasa	media	alta	
escasa (cat. 1)	nula	0	0	0	0	0
	muy escasa	0	2	0	0	2
	escasa	0	0	0	0	0
	media	0	0	0	1	1
	alta	0	0	6	13	19
	muy alta	0	0	2	38	40
	total	0	2	8	52	62
media (cat. 2)	nula	1	1	0	0	2
	muy escasa	1	10	2	0	13
	escasa	0	7	5	0	12
	media	0	2	22	2	26
	alta	0	1	3	9	13
	muy alta	0	0	0	4	4
	total	2	21	32	15	70
alta (cat. 3)	nula	45	20	1	0	66
	muy escasa	0	2	0	0	2
	escasa	0	0	0	0	0
	media	0	0	0	0	0
	alta	0	0	0	0	0
	muy alta	0	0	0	0	0
	total	45	22	1	0	68



### II.3.1.3. RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y REPRODUCTORAS EN AÑOS SUCESIVOS

#### II.3.1.3.1. Relación entre fructificación en 1998 y floración en 1999

- En la totalidad de las ramas

Las ramas de las categorías de fructificación nula o escasa (categorías 0 y 1) en 1998, presentan floraciones altas o muy altas (categorías 4 y 5) en 1999 y viceversa (Cuadro 19). Esta relación es muy significativa ( $\chi^2 = 113,64$ ,  $p < 0,0000$ ).

Cuadro 19. Número de ramas en las distintas categorías de fructificación en 1998 y floración en 1999.

fructificación de ramas 1998	categorías de floración 1999						total ramas
	nula	insignificante	escasa	media	alta	muy alta	
nula	1	2	0	0	11	18	32
escasa	10	5	0	5	17	19	56
media	16	5	6	13	2	6	48
alta	42	4	6	9	2	1	64
total ramas	69	16	12	27	32	44	200

- En árboles de igual categoría de fructificación

Los árboles de fructificación escasa en 1998 presentan una mayoría de ramas de floraciones en 1999 alta y muy alta ( $\chi^2 = 14,00$ ,  $p < 0,0296$ ); en categoría de fructificación media, las ramas se distribuyen en casi todas las categorías de floración ( $\chi^2 = 23,12$ ,  $p < 0,0103$ ). En árboles de alta fructificación, las ramas se agrupan en su gran mayoría en la categoría de floración nula. La no significación del test Ji cuadrado puede estar originada por este hecho (Cuadro 20).

Cuadro 20. Número de ramas de las distintas categorías de fructificación en 1998 y floración en 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.

fructificación de árboles 1998	fructificación 1998	categorías de floración 1999						total ramas
		nula	muy escasa	escasa	media	alta	muy alta	
escasa (cat. 1)	nula	0	2	0	0	11	18	31
	escasa	0	0	0	0	8	17	25
	media	0	0	0	1	0	5	6
	alta	0	0	0	0	0	0	0
	total	0	2	0	1	19	40	62
media (cat. 2)	nula	0	0	0	0	0	0	0
	escasa	0	6	0	5	9	2	22
	media	0	5	6	12	2	1	26
	alta	2	2	6	9	2	1	22
	total	2	13	12	26	13	4	70
alta (cat. 3)	nula	1	0	0	0	0	0	1
	escasa	9	0	0	0	0	0	9
	media	16	0	0	0	0	0	16
	alta	40	2	0	0	0	0	42
	total	66	2	0	0	0	0	68

### II.3.1.3.2. Relación entre porte en 1998 y floración en 1999

- En la totalidad de las ramas

La floración de las ramas de las diferentes categorías de porte se distribuyen en dos grupos, en los que se encuadran las categorías de floración. El primero tiene las ramas de floración nula, insignificante y escasa, y el segundo grupo las de floración media, alta y muy alta. Las ramas de porte llorón son menos floríferas que las erguidas o medias. Su valor de  $\chi^2$  es 10,35, con  $p < 0,0057$ . (Cuadro 21).

Cuadro 21. Número de ramas en las distintas categorías de porte en 1998 y floración en 1999.

porte de ramas 1998	categorías de floración 1999		total ramas
	nula-escasa	media-muy alta	
erguido	29	49	78
medio	32	35	67
llorón	36	19	55
total ramas	97	103	200

- En árboles de igual categoría de fructificación

La mayoría de las ramas de árboles de fructificación escasa o alta presentan sus ramas en 1999 con floración alta o nula-insignificante, respectivamente, con

independencia del porte de las ramas. Este resultado puede atribuirse a la ausencia de ramas en una de las clases. En los árboles de fructificación media las ramas de porte llorón tienen menor floración que las erguidas o medias, siendo estas características dependientes ( $\chi^2 = 16,29$  y  $p < 0,0003$ ) (Cuadro 22).

Cuadro 22. Número de ramas de las distintas categorías de porte en 1998 y floración en 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.

fructificación de árboles 1998	porte 1998	categorías de floración 1999		total ramas
		nula-escasa	media-muy alta	
escasa (cat. 1)	erguido	0	25	25
	medio	0	19	19
	llorón	2	16	18
	total	2	60	62
media (cat. 2)	erguido	7	24	31
	medio	7	16	23
	llorón	13	3	16
	total	27	43	70
alta (cat. 3)	erguido	22	0	22
	medio	25	0	25
	llorón	21	0	21
	total	68	0	68

#### II.3.1.3.3. Relación entre posición en 1998 y floración en 1999

- En la totalidad de las ramas

No existe una pauta que relacione la posición de las ramas en 1998 (alta o baja) con su floración en 1999, resultando independientes estas características.

- En árboles de igual categoría de fructificación

También en este caso, la fructificación del árbol en 1998 (escasa, media o alta) determina la floración de ramas en 1999, con independencia de la posición.

#### II.3.1.3.4. Relación entre porte en 1998 y fructificación en 1999

- En la totalidad de las ramas

Se aprecia una relación de dependencia entre el porte de las ramas en 1998 y su fructificación en 1999 con un número mayor de las que presentan portes erguidos y fructificaciones altas y una menor producción en aquellas con portes llorones ( $\chi^2 = 22,16$  y  $p < 0,0011$ ) (Cuadro 23).

Cuadro 23. Número de ramas en las distintas categorías de porte en 1998 y fructificación en 1999.

porte 1998	categorías de fructificación 1999				total ramas
	nula	escasa	media	alta	
erguido	8	18	16	36	78
medio	19	12	19	17	67
llorón	20	15	6	14	55
total ramas	47	45	41	67	200

- En árboles de igual categoría de fructificación

Al igual que con la totalidad de las ramas, existe una relación de dependencia entre el porte y la fructificación según la categoría de árboles, siendo mayor la fructificación cuanto más erguido es el porte en las categorías ( $\chi^2 = 11,77$  y  $p < 0,0191$  para fructificación escasa;  $\chi^2 = 25,85$  y  $p < 0,0002$  en fructificación media; y  $\chi^2 = 16,20$  y  $p < 0,0028$  en fructificación alta), como aparece en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Número de ramas de las distintas categorías de porte en 1998 y fructificación en 1999 para árboles de igual categoría de fructificación.

fructificación de árboles 1998	porte 1998	categorías de fructificación 1999				total ramas
		nula	escasa	media	alta	
escasa (cat. 1)	erguido	0	0	0	25	25
	medio	0	0	4	15	19
	llorón	0	2	4	12	18
	total	0	2	8	52	62
media (cat. 2)	erguido	0	4	16	11	31
	medio	0	7	14	2	23
	llorón	2	10	2	2	16
	total	2	21	32	15	70
alta (cat. 3)	erguido	8	14	0	0	22
	medio	19	5	1	0	25
	llorón	18	3	0	0	21
	total	45	22	1	0	68

#### II.3.1.3.5. Relación entre posición en 1998 y fructificación en 1999

- En la totalidad de las ramas

No existe dependencia entre la posición alta o baja de las ramas en 1998 y la fructificación en 1999.

- En árboles de igual categoría de fructificación

Al igual que sucedía con la floración de 1999, no existe dependencia entre fructificación en 1999 y posición en 1998.

### II.3.2. RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE LAS RAMAS Y SUS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y REPRODUCTORAS

#### II.3.2.1. *RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS RAMAS SEGÚN LAS CATEGORÍAS DE FRUCTIFICACIÓN DE LOS ÁRBOLES*

##### II.3.2.1.1. Fructificación

- Fructificación escasa (categoría 1)

La producción en 1998 está muy relacionada con la fructificación de las ramas en el mismo año para todas las categorías de árboles, como era previsible. Así, los árboles de fructificación escasa presentan diferencias de producción en las tres categorías de fructificación que tienen sus ramas (nula, escasa y media). En 1999 el resultado es análogo al obtenido en 1998, apreciándose un desplazamiento hacia fructificaciones altas (Figura 6) aunque en este segundo año presenta un valor de  $R^2$  muy bajo.

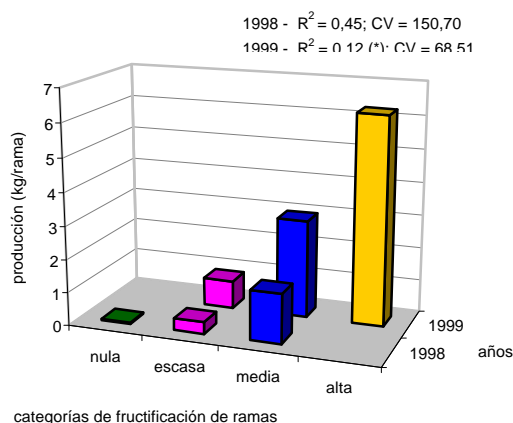


Figura 6. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de fructificación de ramas en árboles de fructificación escasa en 1998.

- Fructificación media (categoría 2)

La categoría de fructificación media presenta árboles con ramas de fructificación escasa, media y alta. En 1999 se puede observar que las producciones de las categorías más altas son mayores que las obtenidas en 1998 (Figura 7). Se aprecia también la relación existente entre categorías de fructificación y producción en los dos años.

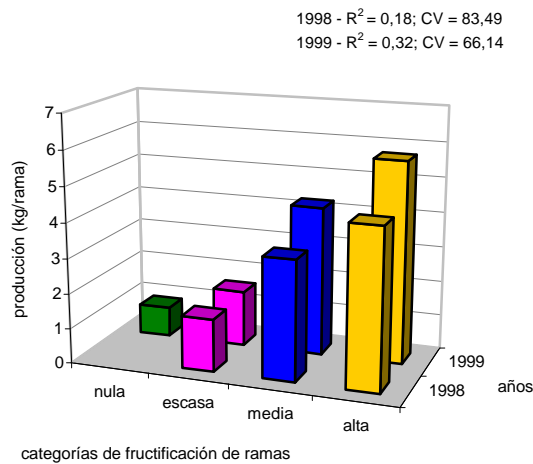


Figura 7. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de fructificación de ramas en árboles de fructificación media en 1998.

▪ Fructificación alta (categoría 3)

Los árboles de fructificación alta tienen ramas en todas las categorías de fructificación, pero solamente las de fructificación alta presentan una media de producción en 1998 mucho mayor que las del resto de categorías (nula, escasa y media). En 1999 tienen ramas con fructificación nula, escasa y media, con valores de producción medios muy similares y de escasa entidad, como se aprecia en la Figura 8.

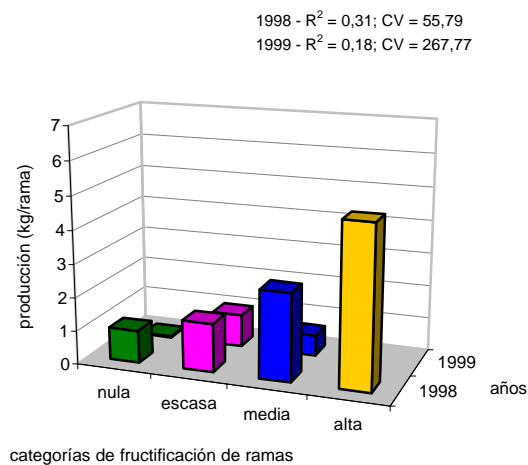
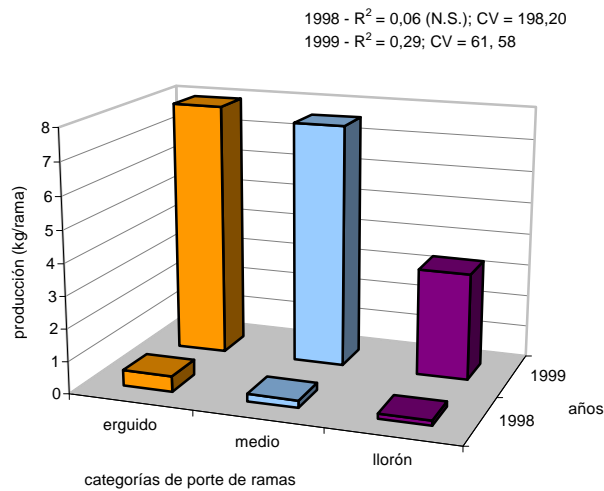


Figura 8. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de fructificación de ramas en árboles de fructificación alta en 1998.

### II.3.2.1.2. Porte

- Fructificación escasa (categoría 1)

Las ramas de los árboles de la categoría 1, de fructificación escasa, no presentaron diferencias de producción según su porte. En 1999 sí se pueden apreciar diferencias



(Figura 9) entre las ramas de porte erguido y medio y las de porte llorón.

Figura 9. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de porte de ramas en árboles de fructificación escasa en 1998.

- Fructificación media (categoría 2)

Los árboles de fructificación media presentan diferencias de producción significativas al 5% entre las ramas de porte erguido y las de portes medio y llorón en 1998. En 1999 las diferencias se obtienen entre las producciones de las ramas de porte erguido y medio con las de porte llorón (Figura 10).

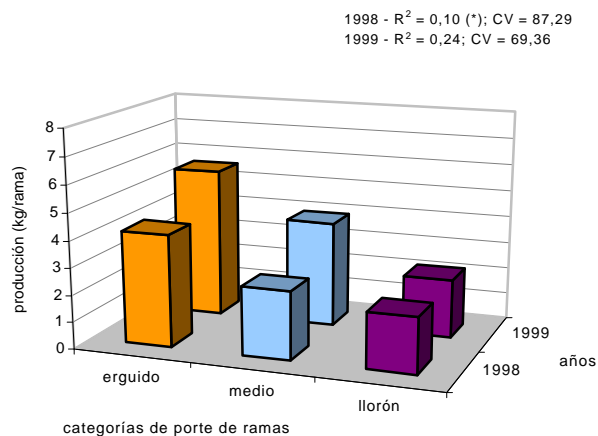


Figura 10. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de porte de ramas en árboles de fructificación media en 1998.

- Fructificación alta (categoría 3)

En los árboles de fructificación alta se aprecian diferencias de producción en 1998 entre todos los tipos de porte de ramas. En 1999 se aprecian diferencias de producción significativas al 5% entre los diferentes portes (Figura 11), aunque con un alto coeficiente de variación.

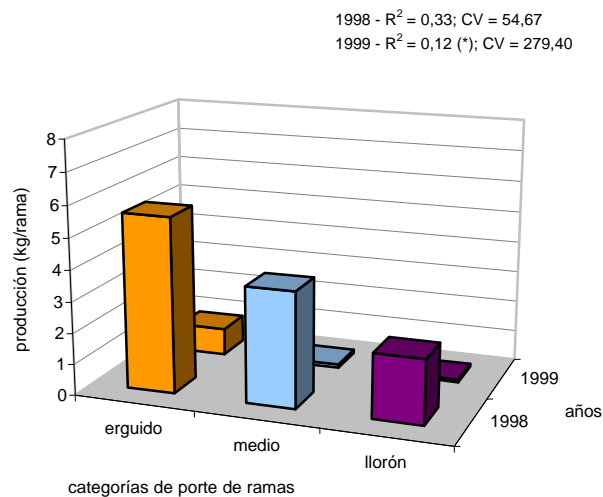


Figura 11. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de porte de ramas en árboles de fructificación alta en 1998.

### II.3.2.1.3. Posición

- Fructificación escasa (categoría 1)

No se aprecian diferencias entre la producción de las ramas según su posición en 1998, posiblemente debido a la escasa entidad de las mismas y acusada variabilidad. En 1999 sí se observan diferencias entre las producciones medias de las dos posiciones de ramas (Figura 12).

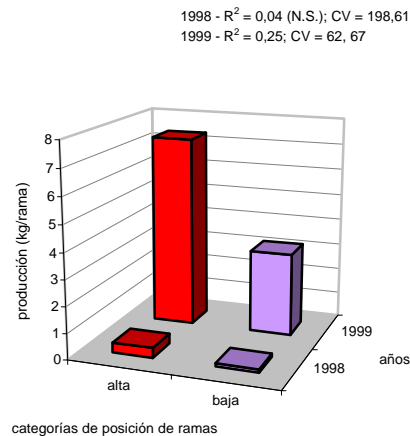


Figura 12. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de posición de ramas en árboles de fructificación escasa en 1998.



▪ Fructificación media (categoría 2)

Tanto en 1998 y 1999, las diferencias de producción entre los dos tipos de posición de ramas no son marcadas (Figura 13), aunque se aprecia un incremento de las producciones en las ramas altas frente a las de posición baja.

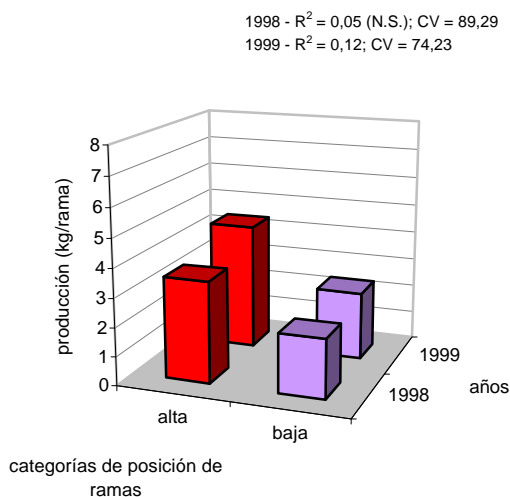


Figura 13. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de posición de ramas en árboles de fructificación media en 1998.

▪ Fructificación alta (categoría 3)

En la Figura 14 se aprecia que la producción en las ramas de posición alta en 1998 en esta categoría es mayor que la obtenida en ramas de posiciones. En 1999 no se aprecian diferencias, motivado por la escasa producción y acusada variabilidad en ambas clases.

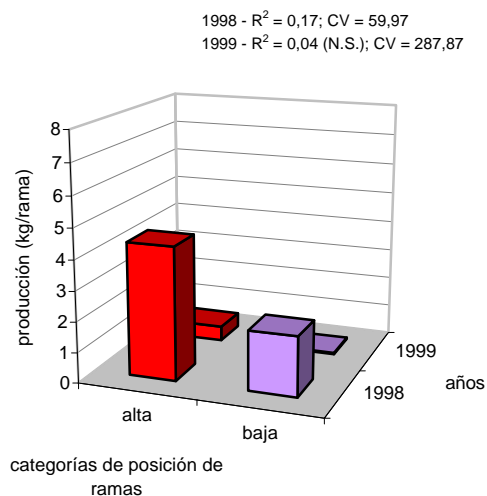


Figura 14. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de posición de ramas en árboles de fructificación media.

### II.3.2.2. RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS RAMAS PARA LA TOTALIDAD DE LAS RAMAS

#### II.3.2.2.1. Fructificación

La producción en las ramas tiene una pauta creciente para fructificación nula o insignificante, escasa, media o alta en ambos años, existiendo diferencias significativas entre ellas, siendo éste un resultado que se corresponde con la estructura del estudio. La  $R^2$  ha sido de 0,44. y el CV= 81, 58 % en 1998 y  $R^2= 0,47$ , CV= 83,54 en 1999 (Figura 15).

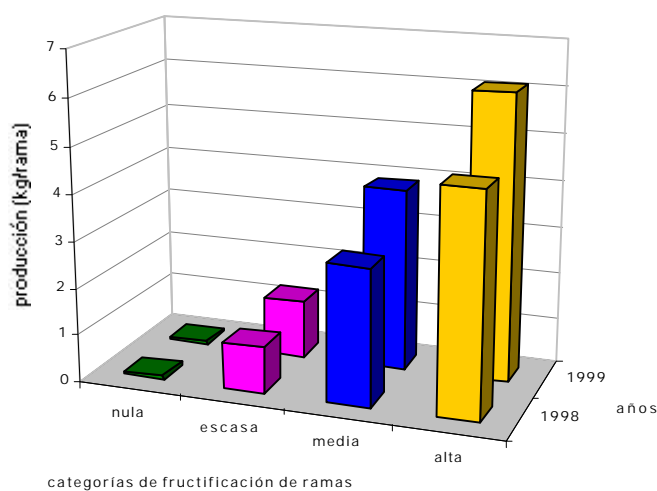


Figura 15. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de fructificación para la totalidad de las ramas.

#### II.3.2.2.2. Porte

Las ramas de portes medio y llorón presentan diferencias significativas en su producción con respecto a las ramas de porte erguido en 1998, como se aprecia en la Figura 16. El coeficiente de variación ha sido de 103,96% y la  $R^2$  ha tenido un valor de 0,09. En 1999 se aprecian diferencias entre las categorías de porte erguido y medio con relación a la de porte llorón ( $R^2= 0,09$ ; CV= 109,32).

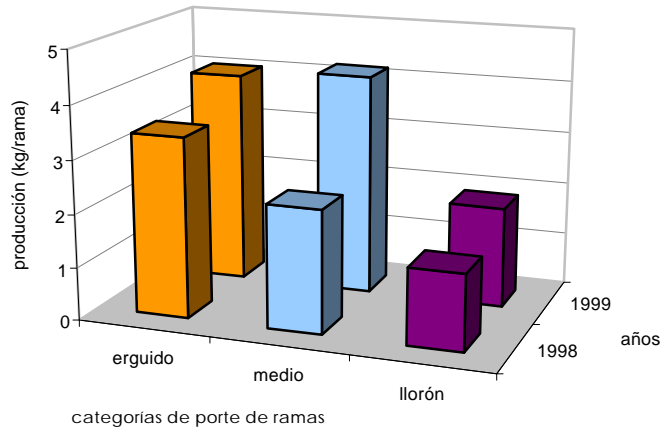


Figura 16. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de porte para la totalidad de las ramas.

#### II.3.2.2.3. Posición

Se han observado diferencias significativas de producción entre las ramas de posición alta y baja en los dos años de estudio, aún cuando los coeficientes de determinación son muy bajos ( $R^2 = 0,07$  y  $R^2 = 0,06$  respectivamente), y coeficientes de variación muy elevados ( $CV = 161,73$  y  $CV = 111,05$ ) (Figura 17).

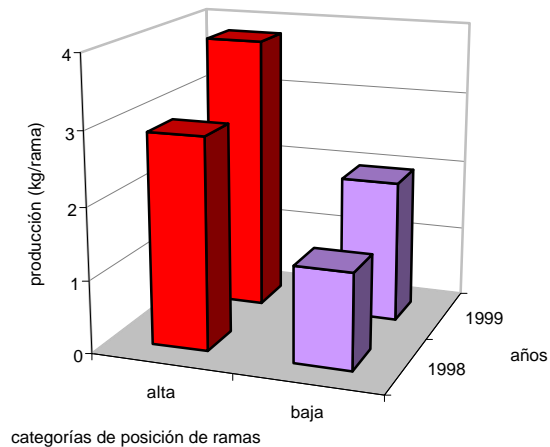


Figura 17. Medias de producción en 1998 y 1999 para las categorías de posición para la totalidad de las ramas.

#### II.3.2.3. *REGRESIÓN PRODUCCIÓN-PERÍMETRO DE RAMA*

Se ha realizado un análisis de regresión entre la producción y el perímetro de las ramas, medido en la inserción en la rama portadora, para los dos años de estudio y según la categoría de fructificación de cada rama. Dichas regresiones aparecen en las Figuras 18 y 19. La Figura 20 presenta las regresiones entre producción acumulada en 1998 y 1999 y perímetro según las categorías de porte.

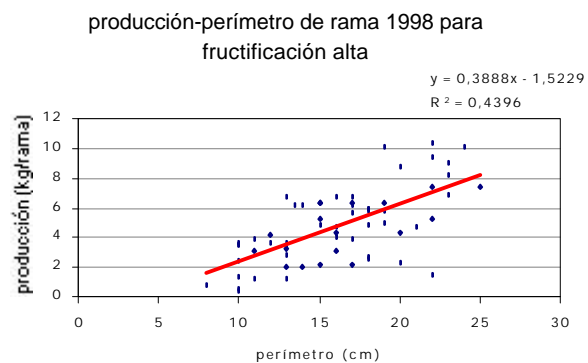
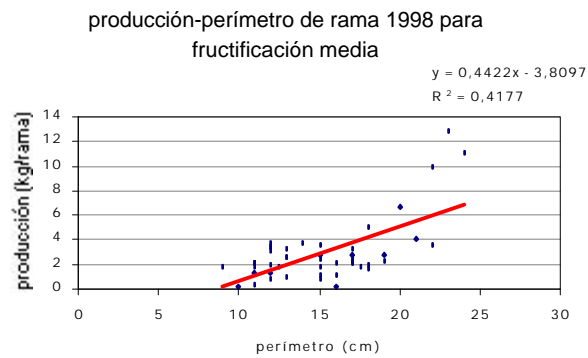
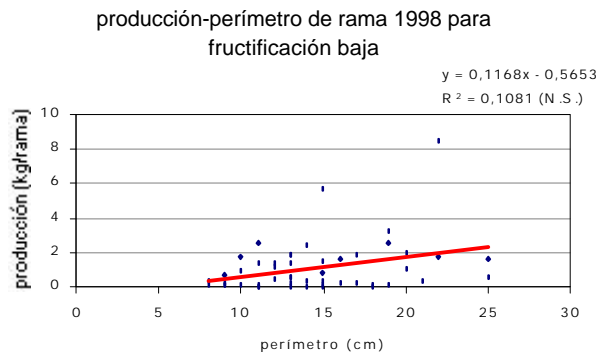


Figura 18. Regresiones lineales entre producción en 1998 y perímetro de las ramas según la categoría de fructificación.

Se observa que la producción generalmente aumenta al hacerlo el perímetro de rama en todas las categorías de fructificación. El coeficiente de determinación de la regresión con ramas de fructificación baja es pequeño (0,11), debido a las bajas producciones que se obtienen en estas ramas, mientras que aquellas de categorías de fructificación media y alta presentan como coeficientes de determinación 0,42 y 0,44 respectivamente, relacionando el tamaño de la rama con su capacidad productiva.

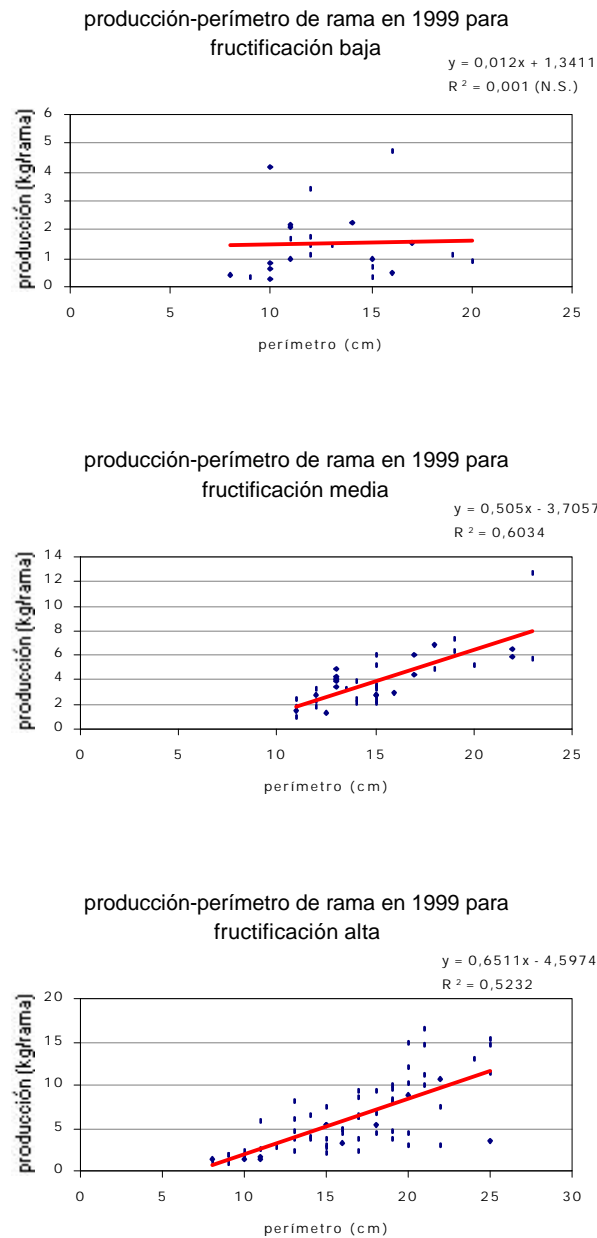


Figura 19. Regresiones lineales entre producción en 1999 y perímetro de las ramas según la categoría de fructificación.

Las regresiones de producción con perímetro de ramas en 1999, según categorías de fructificación, presentan resultados similares a los obtenidos en 1998. Así, en las ramas de fructificación media y alta se aprecia un aumento de producción con un aumento del perímetro de la rama, con coeficientes de regresión de 0,60 y 0,52 respectivamente, y en las ramas de fructificación baja, el valor de  $R^2$  es de 0,001. Al igual que en el caso anterior, las producciones son tan bajas que no se puede establecer una relación entre el tamaño de la rama y su producción.

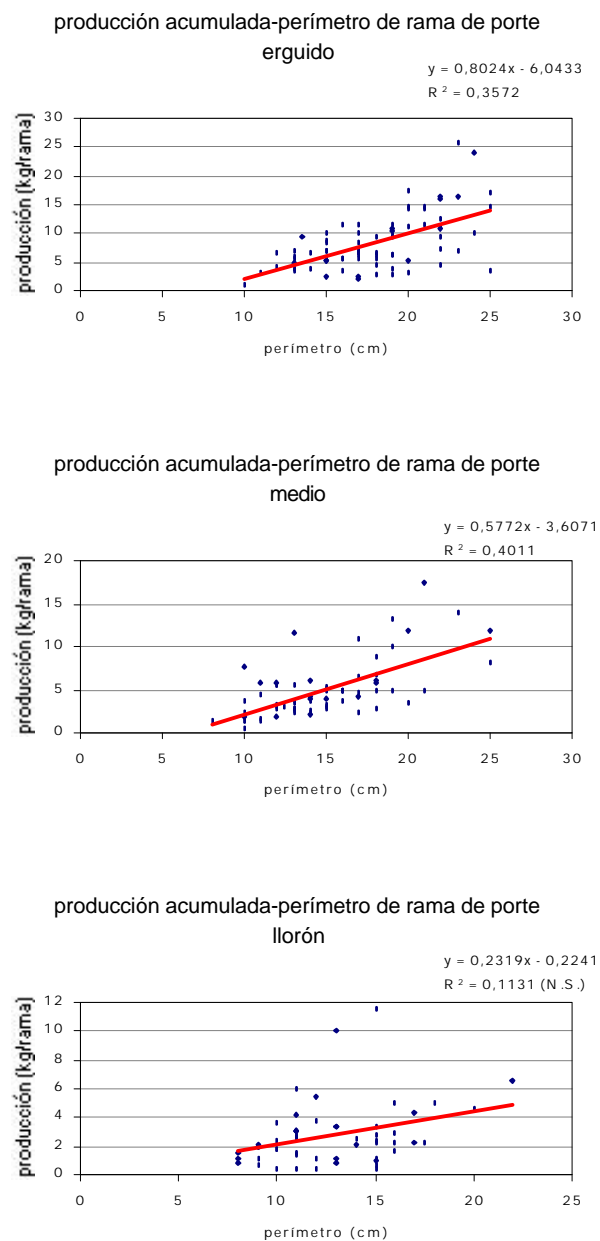


Figura 20. Regresión lineal entre la producción acumulada en 1998 y 1999 y el perímetro según categorías de porte de rama.

Se aprecia en la Figura 20 que las ramas de porte llorón presentan producciones y perímetros menores que aquellas de porte medio o erguido, así como un coeficiente de determinación  $R^2$  menor (0,11), frente a valores de 0,40 y 0,36 del mismo coeficiente para las categorías de porte medio y erguido respectivamente. Este resultado indica no sólo la relación entre el tamaño de la rama (medido según su perímetro) y la capacidad productiva, sino también la influencia que sobre la producción tiene el porte de las mismas.

#### II.4. DISCUSIÓN

La alternancia de producción es una característica inherente a la fructificación en olivo (Almeida, 1940; Monselise y Goldschmidt, 1982; Tapia-Iturrieta, 1985; Poli, 1986). En el presente estudio se ha abordado la alternancia de las producciones entre árboles y entre ramas, según categorías de fructificación. Así mismo se ha realizado la caracterización de las ramas y su variación en un ciclo bienal, atendiendo a categorías visuales de fructificación, porte, posición y floración para realizar dicha caracterización. La elección de árboles se hizo buscando una copa más o menos homogénea, no seleccionando aquellos que presentaran ramas principales en contraalternancia.

Los árboles de fructificación escasa y alta han presentado una vecería acusada, mientras que en los árboles o ramas de fructificación media la tendencia vecera se reduce, resultando sus características productivas más constantes (Cuadros 7, 8, 9 y 18; Figuras 6, 7 y 8).

Los árboles de fructificación alta en 1998 (categoría 3) tienen la mayoría de las ramas con fructificación alta, y los árboles con fructificación escasa en 1998 (categoría 1) la mayoría de ramas muestran fructificación nula o escasa. Esta tendencia se invierte en 1999 por efecto de la vecería (Cuadros 7 y 8). Este resultado indica que la alternancia de producción es un proceso combinado, consecuencia tanto de la inhibición de la inducción floral (Stutte y Martin, 1986a; Fernández-Escobar *et al*, 1992) como de la reducción del crecimiento del brote vegetativo (Poli, 1986; Suárez, 1987; Márquez y Rallo, 1988) por parte de la cosecha, ya que los árboles y ramas con fructificación media no presentan una vecería acusada, si esta se atribuyera en exclusiva a procesos de inhibición de la inducción floral.

La floración y la fructificación en un mismo año están estrechamente ligadas, como cabría suponer, tanto entre el total de ramas como en la agrupación de árboles por su categoría de fructificación (Cuadros 17 y 18). Así mismo, se constata la relación existente entre fructificación y floración en años sucesivos, y la incidencia del hábito alternante de producción.

La floración en 1999 se relaciona con el porte de las ramas del año previo, de tal manera que las ramas de porte llorón son menos floríferas que las erguidas o medias (Cuadro 21). Esto podría deberse a un mayor sombreado de las ramas, lo que dificulta la fotosíntesis e incide en el número de yemas que pasan a flor.

Las ramas de portes erguidos parecen ser más fructíferas que aquellas de portes medios o llorones (Cuadro 10), al contrario de lo que cita Pastor (1989). Según las categorías de fructificación de árboles, la tendencia se mantiene como en el total de ramas, pero no se aprecia influencia de la clase de árboles (Cuadro 11). Las ramas de portes erguidos

evolucionan hacia portes medios o llorones, tal y como está descrito en la bibliografía (Poli, 1986; Pastor, 1989) y se debe tanto al efecto del peso de la cosecha de la rama como al peso propio de la misma. En años sucesivos también se aprecia la relación que existe entre el porte y la fructificación, resultando significativa tanto en el estudio de árboles como en el de ramas, según la categoría de fructificación del árbol. Las ramas con portes erguidos siempre son más fructíferas (Cuadros 23 y 24).

Las ramas de posición alta son más fructíferas que las bajas, apreciándose un aumento del número de ramas en posiciones bajas al año siguiente (Cuadro 12). Este hecho viene motivado por el peso que el propio ramo y la carga ejercen en la rama, desplazándola hacia abajo (Poli, 1986; Pastor, 1989).

El porte y la posición de las ramas están muy relacionados, tanto para el total de ramas como para los árboles encuadrados según su categoría de fructificación. Las ramas de portes erguidos y medios se sitúan en zonas altas y las de porte llorón en zonas bajas (Cuadros 15 y 16). Esta relación se origina, como ya se ha mencionado, por el peso ejercido por los frutos, que comban y desplazan hacia abajo las ramas, así como por el propio peso de la rama.

La evolución del porte y posición de las ramas sigue una pauta autónoma e independiente de la producción, como consecuencia del peso de la cosecha y del suyo propio, ya que se produce de manera análoga en las tres categorías de fructificación de árboles estudiadas, y es consecuencia del crecimiento, tanto vegetativo como reproductor.

El vigor de las ramas está relacionado con la producción, ya que el tamaño de la rama se relaciona con la producción así como con el porte (Figuras 18, 19 y 20), si bien el nivel de fructificación es el que determina las relaciones entre el vigor de la rama y la cosecha.

Los resultados obtenidos en el presente estudio parecen indicar que el factor principal del comportamiento vecero es el nivel de fructificación del árbol y de la rama, y que las características estructurales (porte y posición) de las mismas presentan una ligera influencia, aunque al presentar tendencias similares cualquiera que sea el nivel de fructificación del árbol, su importancia es muy relativa. Se observa así mismo que el comportamiento vecero de los árboles se corresponde con un comportamiento vecero de las ramas.



*“¡Qué me importa que florezca  
el árbol de mi esperanza  
si se marchitan las flores  
y jamás el fruto cuaja!”*

*(Tradicional. El desdichado)*

## **IV. VARIABILIDAD DE LA FRUCTIFICACIÓN EN OLIVO**

## I. PRODUCTIVIDAD DEL RAMO FRUCTÍFERO

### I.1. INTRODUCCIÓN

El olivo florece y fructifica en las yemas axilares del ramo formado en el año anterior (Figura 21). La fructificación es el resultado final del ciclo reproductor, que consta de una serie de procesos cuya secuencia temporal se inicia con la inducción floral, prosiguiendo con la iniciación floral, reposo de yemas, brotación y desarrollo de yemas, floración, polinización, fecundación, cuajado y abscisión de frutos, y crecimiento de frutos y de brotes.

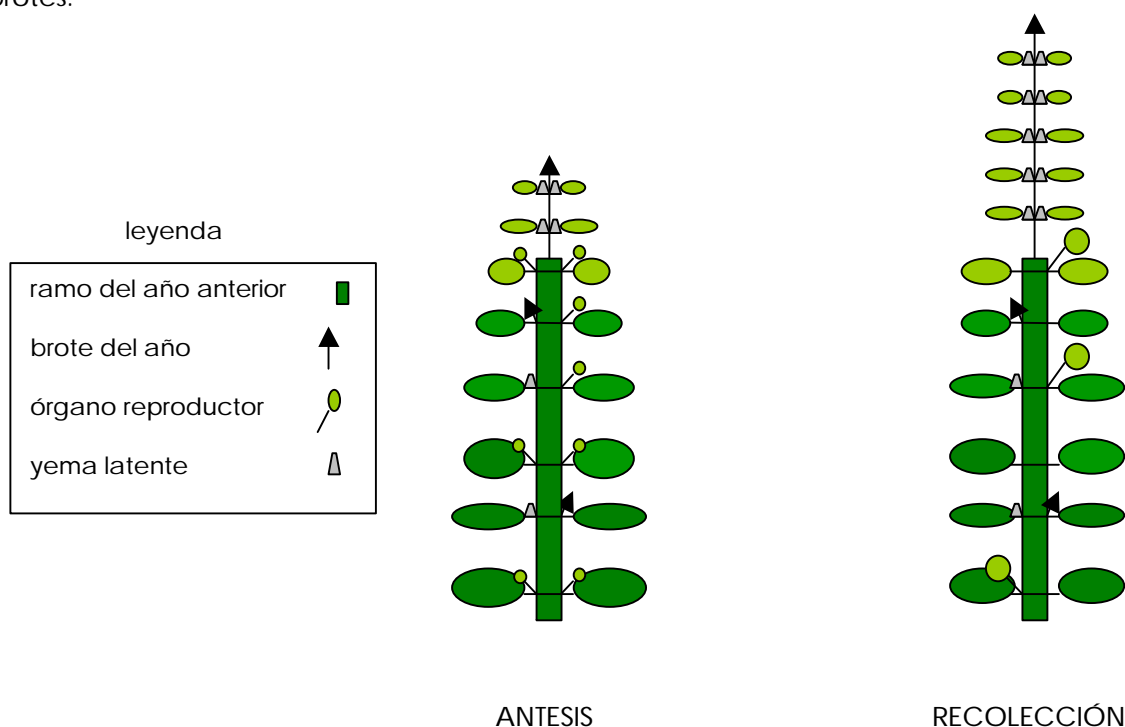


Figura 21. Esquema de la evolución estacional del ramo fructífero.

El ciclo reproductor del olivo es bienal, como se aprecia en el modelo de fructificación adjunto (Figura 22). Este hecho determina la coincidencia en un año dado de dos ciclos reproductores consecutivos, e implica que procesos correspondientes a ambos sean contemporáneos (Rallo *et al.*, 1994). Las relaciones que se establecen entre los mismos van a definir el potencial fructífero del ramo.

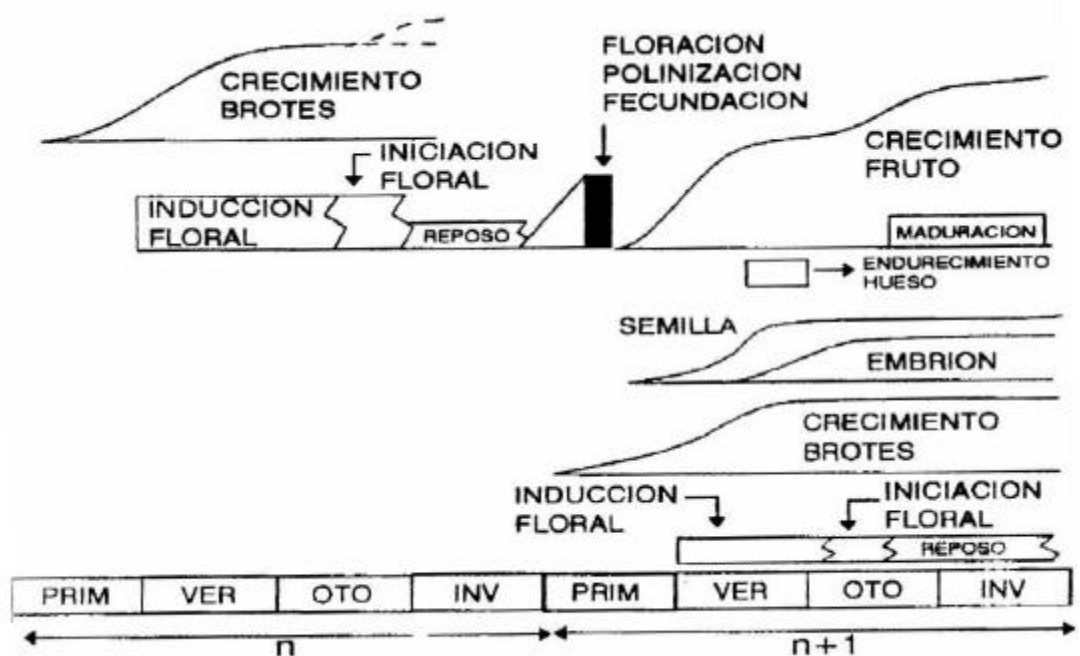


Figura 22. Modelo de fructificación. Ciclo bienal. (Rallo y Cuevas, 1999).

Dado que el crecimiento de frutos representa el principal sumidero de asimilados del ramo fructífero (Rallo y Suárez, 1989), el crecimiento vegetativo está limitado por la carga del árbol. Por esto, la presencia de un elevado número de frutos determina un crecimiento limitado del brote, y un menor número de posibles yemas de flor el siguiente año. Además, las semillas en desarrollo inhiben la inducción floral de dichas yemas (Lavee *et al.*, 1986; Stutte y Martin, 1986; Fernández-Escobar *et al.*, 1992), hecho éste que refuerza el efecto de la carga del árbol sobre la floración del año siguiente.

Por otra parte, la temperatura, el régimen hídrico y la nutrición entre la brotación de yemas y la floración afectan a la calidad de las inflorescencias, al aborto pistilar y a la capacidad de cuajado de las flores (Hartmann y Panetsos, 1962; Cuevas, 1992; Vargas, 1993).

El cuajado de frutos, que está relacionado negativamente con el nivel de floración, determina finalmente la población de los mismos. Esta relación negativa entre la cantidad de inflorescencias y el cuajado se verifica tanto en estudios con una variación natural de los niveles de floración como en ensayos de aclareo manual (Suarez *et al.*, 1984; Rallo y Fernández-Escobar, 1985; Márquez, 1989; Vargas, 1993). Así, hay un umbral de floración por encima del cual las diferencias de floración no afectan al número final de frutos, que alcanza un valor máximo (Rallo y Fernández-Escobar, 1985). Al igual que en el resto de

frutales, el peso medio final de frutos de un árbol está negativamente relacionado con la población de frutos del mismo, y por lo tanto, negativamente relacionado con la floración.

El objetivo del presente estudio es evaluar la variabilidad de los diferentes índices de fructificación y productividad del ramo fructífero, y su relación con cada una de las fases que conforman el ciclo reproductor del olivo. Este estudio se ha realizado tanto dentro de un cultivar como para un número elevado de variedades.

## **I.2. VARIABILIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD DENTRO DE UN CULTIVAR: 'MANZANILLA DE SEVILLA'**

### **I.2.1. MATERIAL VEGETAL**

La plantación de 'Manzanilla de Sevilla' está ubicada en el C.I.F.A. "Alameda del Obispo" de Córdoba, en una ladera con exposición Sur-Suroeste. Los datos se recogieron entre 1994 y 1998.

Los árboles tienen una edad de 32 años y están plantados a un marco de 6x5 m. El sistema de conducción es a un pie, con formación en vaso libre y 2 ó 3 ramas principales. Habitualmente se les somete a una poda ligera y están bajo riego por goteo. En los años 1994 a 1996 se seleccionaron 24 árboles, en el año 1997 fueron 30 árboles y se continuó el seguimiento de 24 de éstos en 1998.

El elevado número de observaciones requeridas, ha determinado el uso de datos recogidos en anteriores trabajos y en diversos años: Departamento de Olivicultura del C.I.F.A de Córdoba y Mohedo Gatón, en los años 1994 a 1996 inclusive (datos no publicados).

### **I.2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS**

El diseño experimental del ensayo es completamente al azar, donde las unidades experimentales son los árboles, con muestreo de ramos también aleatorio.

Se han clasificado los árboles según su cantidad de flor (tratamientos), siguiendo las categorías de la escala visual que aparecen en el Cuadro 6 (ver pág. 75). Sólo se han seleccionado los árboles que presentaban floración (categorías 1- 5). En las Figuras 23 a 25 aparecen árboles de categorías 1, 3 y 5.



Figura 23. Árbol con categoría de floración 1.



Figura 24. Árbol con categoría de floración 3.





Figura 25. Árbol con categoría de floración 5

Los árboles presentaron floraciones en las categorías 2 a 5 entre 1994 y 1996. En 1997 y 1998 los árboles pertenecían a todas las categorías de floración.

Se realizó un muestreo de 15 ramos en los árboles seleccionados. Dicho muestreo se realizó siempre a la altura del observador y de manera aleatoria (Figura 26).



Figura 26. Ramo muestreado.

Las medidas que se tomaron en las muestras fueron:

- longitud de ramo (cm)
- número de nudos del ramo
- número de inflorescencias
- número de frutos cuajados
- número de frutos en recolección
- peso seco del ramo (g)
- peso seco de frutos (g)

Los pesos secos se determinaron tras permanecer las muestras en estufa a 70°C durante 48 horas.

### I.2.3. ANÁLISIS DE DATOS

#### I.2.3.1. CÁLCULO DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN

Se ha tomado como referencia la metodología seguida por Ait-Radi (1991) y Hermoso (1994) para el cálculo de los índices de fructificación, a partir de las medidas realizadas en el muestreo. Los índices descritos se detallan en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Índices de fructificación y productividad.

índice	medida	valor
iflor	intensidad de floración	nº de inflorescencias/yema
icuj	índice de cuajado	nº de frutos en cuajado/nº de inflorescencias
ifru1	fructificación	nº de frutos en recolección/yema
ifru2	fructificación	nº de frutos en recolección/longitud del ramo
ipro1	productividad	peso seco de frutos/ yema
ipro2	productividad	peso seco de frutos/ longitud del ramo
psf	peso medio de frutos	peso seco de frutos/ nº de frutos

En 1997 se tomo también la proporción de ramos fructíferos en ramas de 6-7 años.

#### I.2.3.2. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD

Se han realizado análisis de la varianza de los índices de fructificación elegidos para la totalidad de años, con el valor medio de los ramos para cada árbol en estudio. El modelo propuesto según las categorías de flor de los árboles es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

con  $C_i$  es la categoría de floración y  $\varepsilon_{ij}$  el error experimental, valor del árbol  $j$  de floración  $i$ .

Se ha utilizado el paquete estadístico Statistix v. 1.0 para Entorno Windows 95, usando los programas Linear Models y Summary Statistics.

#### I.2.3.3. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Se ha realizado un análisis de componentes principales de los valores medios de los índices para el total de años en el cultivar 'Manzanilla de Sevilla' según la metodología descrita por Afifi y Clark (1984). Se han utilizado el paquete estadístico Statistix v. 1.0 para Entorno Windows 95, usando el programa Linear Models.

#### I.2.3.4. REGRESIÓN LINEAL

Se han obtenido las regresiones lineales simples y múltiples de las producciones en relación con los diferentes índices de fructificación y productividad para cada año en 'Manzanilla de Sevilla'. A este fin se ha utilizado el paquete estadístico Statistix v. 1.0 para Entorno Windows 95, usando el programa Linear Models.

### I.2.4. RESULTADOS

#### I.2.4.1. VARIABILIDAD DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD

En el Cuadro 26 se adjuntan las precipitaciones entre Septiembre y Mayo de los años en estudio, así como las temperaturas en el periodo de floración, la duración del mismo y la fecha de plena floración.

Cuadro 26. Precipitaciones acumuladas entre Septiembre y Mayo (inclusive), temperaturas máximas, mínimas y medias en el periodo de floración, duración del mismo y plena floración.

	1994	1995	1996	1997	1998
precipitación (mm)	413	271,6	807,6	945,0	927,7
tª máximas (°c)	29,6	24,9	22,9	26,8	20,7
tª mínimas (°c)	11,5	11,3	11,3	12,3	7,9
tª medias (°c)	20,6	18,1	17,1	19,6	14,3
periodo de floración	28-IV/12-V	21-IV/10-V	16-IV/5-V	30-IV/27-V	6-IV/23-IV
días de floración	15	20	20	28	18
plena floración	5-V	1-V	25-IV	13-V	14-IV

La media y desviación típica de los índices de fructificación y productividad estudiados de 1994 a 1998 aparecen en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Media y desviación típica de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1994, 1995, 1996, 1997 y 1998.



índice	1994		1995		1996		1997		1998	
	media	d. típica	media	d. típica	media	d. típica	media	d. típica	media	d. típica
iflor	0,50	0,17	0,62	0,19	0,47	0,13	0,53	0,20	0,57	0,14
icujaj	0,43	0,33	0,74	0,43	0,54	0,25	0,38	0,18	0,30	0,15
ifru1	0,17	0,08	0,34	0,10	0,19	0,06	0,17	0,07	0,16	0,10
ifru2	0,23	0,09	0,43	0,12	0,31	0,15	0,24	0,12	0,20	0,10
ipro1	0,10	0,04	0,53	0,23	0,28	0,09	0,21	0,09	0,16	0,09
ipro2	0,15	0,06	0,68	0,33	0,46	0,24	0,31	0,18	0,21	0,09
psf	0,96	0,55	1,56	0,37	1,57	0,30	0,98	0,27	0,83	0,26

Se aprecia en el Cuadro 27 bastante homogeneidad de los valores medios del índice de intensidad de floración (iflor) en los diferentes años, así como de los índices de fructificación, tanto por yema (ifru1) como por longitud de ramo (ifru2). La homogeneidad de los índices de fructificación está muy relacionada con la que presenta la intensidad de floración. Los índices que tiene relación con los procesos de compensación de la carga florífera, como son el cuajado (icujaj), las productividades por yema (ipro1) y por longitud de ramo (ipro2) y el peso medio de frutos (psf) presentan una elevada variabilidad de sus medias durante los años de ensayo.

En el Cuadro 28 se detallan los valores de los coeficientes de determinación  $R^2$  y de variación para los índices de fructificación estudiados, en los años 1994 a 1998.

Cuadro 28. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y de variación (CV) para los índices de fructificación y la producción en los años 1994, 1995, 1996, 1997 y 1998 en relación con la cantidad de flor de los árboles.

índices	1994		1995		1996		1997		1998	
	$R^2$	CV	$R^2$	CV	$R^2$	CV	$R^2$	CV	$R^2$	CV
iflor	0,37	28,67	0,60	20,63	0,51	21,11	0,92	11,22	0,81	12,11
icujaj	0,14	77,37	0,54	42,86	0,45	36,98	0,37	39,38	0,39	43,91
ifru1	0,39	38,53	0,27	27,26	0,16	31,07	0,35	35,52	0,73	36,47
ifru2	0,34	35,37	0,41	23,18	0,15	47,84	0,23	46,78	0,61	34,89
ipro1	0,39	31,13	0,52	32,71	0,05	33,73	0,31	37,58	0,68	33,32
ipro2	0,38	31,82	0,55	34,56	0,18	49,88	0,35	50,28	0,45	34,48
psf	0,45	46,26	0,63	15,33	0,39	16,25	0,20	26,75	0,49	24,60
producción	0,67	46,17	0,68	23,77	0,59	67,94	0,81	30,87	0,84	39,43

Como se aprecia en el Cuadro 28, el coeficiente de determinación del índice de floración (iflor) varía entre 0,37 y 0,92 en los cinco años estudiados según la cantidad de flor de los árboles, con unos coeficientes de variación entre 11,22% y 28,67%. El índice de cuajado (icujaj) varía entre 0,14 y 0,54, con unos coeficientes de variación entre 36,98% y 77,37%. Los índices de fructificación por yema (ifru1) y por longitud de ramo (ifru2) presentan

intervalos de variación muy similares en el coeficiente de determinación, con valores entre 0,16 y 0,73, y 0,15 y 0,61 respectivamente. Los coeficientes de variación presentan valores entre 27,26% y 38,53%, y 23,18% y 47,84, observándose un mayor intervalo en el índice de fructificación por unidad de longitud (ifru2). Así mismo, los coeficientes de determinación de los índices de productividad por yema (ipro1) y por longitud de ramo (ipro2) presentan intervalos similares (entre 0,05 y 0,68; y 0,18 y 0,55, respectivamente). Los coeficientes de variación se sitúan entre 31,13% y 37,58% para la productividad por yema (ipro1), y entre 31,82% y 50,28% para la productividad por longitud de ramo (ipro2). El peso medio de frutos (psf) presenta coeficientes de determinación entre 0,20 y 0,63, y coeficientes de variación entre 15,33% y 46,26%. Las producciones obtenidas durante los cinco años de estudio tienen unos coeficientes de determinación respecto del modelo entre 0,59 y 0,84, y los coeficientes de variación entre 23,77% y 67,94%.

En las Figuras 27, 28, 29, 30 y 32 se adjuntan los valores de media y error estándar de cada índice para cada categoría y año.

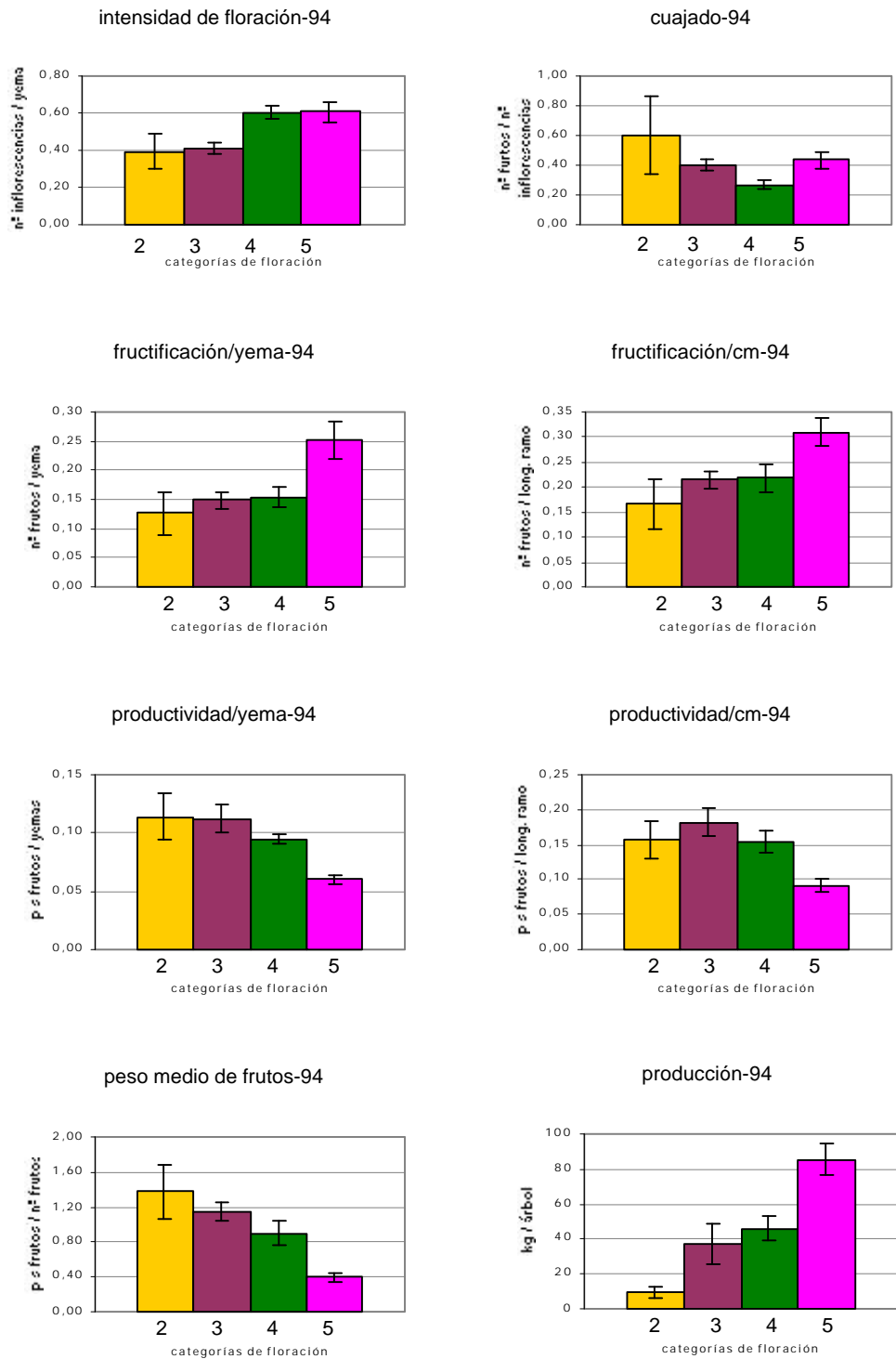


Figura 27. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción según categorías de floración de los árboles en 1994 en 'Manzanilla de Sevilla'.

En 1994, el índice de floración (iflor) se distribuye de manera creciente según las categorías de floración, presentando dos grupos diferenciados, como se aprecia en la Figura 1.7. El índice de cuajado (icuj) tiende a distribuirse de manera contraria a las categorías de floración, reflejando los mecanismos de compensación de la carga florífera que actúan en el ramo.

Los dos índices de fructificación (por yema, ifru1, y por longitud de ramo, ifru2) presentan distribuciones similares, y que se corresponden con las categorías de floración. En estos índices se aprecian también dos grupos, uno formado por la categoría de floración 5 (muy alta) y el otro grupo con el resto de clases de floración.

Los índices de productividad por yema (ipro1) y por longitud de ramo (ipro2) presentan pautas de distribución inversa a las categorías de flor, constatándose los mecanismos de compensación de floración, de tal manera que a floraciones elevadas les corresponden productividades bajas en el ramo. Estos procesos compensatorios se aprecian igualmente en el peso medio de frutos (psf), que se distribuye inversamente a las categorías de flor. A pesar del efecto que estos mecanismos tienen en los ramos, las producciones de los árboles siguen el modelo de categorías de floración, como se aprecia en la Figura 27.

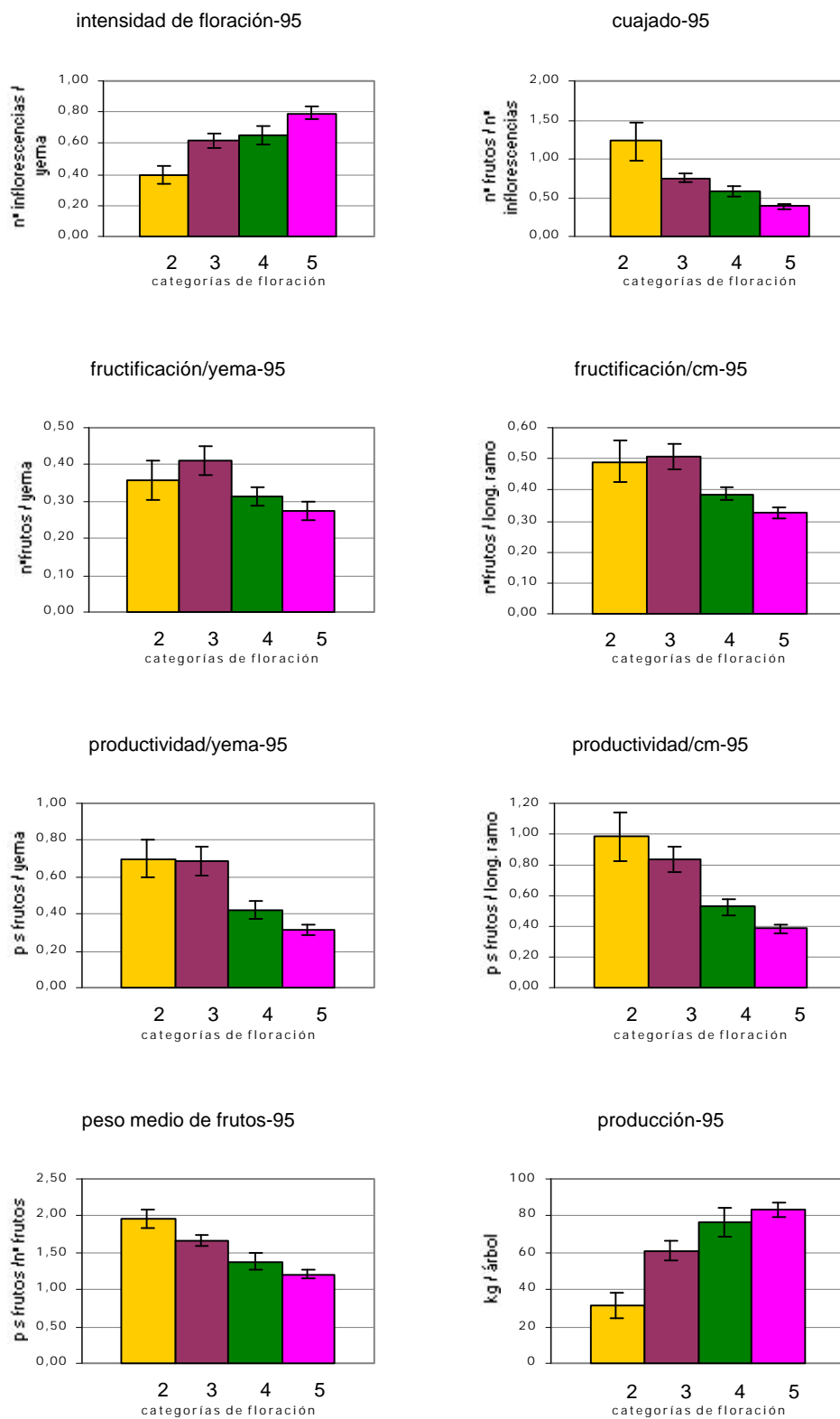


Figura 28. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción según categorías de floración de los árboles en 1995 en 'Manzanilla de Sevilla'.

La intensidad de floración en los ramos en 1995 (iflor) presenta una distribución acorde con las categorías de floración, como muestra la Figura 28. Se pueden diferenciar tres grupos compuestos por la categoría de poca floración, otro con media y alta floración, y el último con muy alta floración.

El cuajado (icujaj) sigue la pauta contraria a las categorías de floración, poniendo de manifiesto los procesos de compensación de la carga florífera en el ramo. Los índices de fructificación presentan pautas similares tanto por yema (ifru1) como por longitud de ramo (ifru2), estando relacionados más con la distribución del cuajado que con las clases de floración. Este tipo de distribución se aprecia también en los dos índices de productividad estudiados (ipro1 e ipro2) y en el peso medio de frutos (psf). Aún así, al igual que sucedía en 1994 y para el total del árbol, las producciones no manifiestan los mecanismos de compensación de la carga florífera y la distribución que presentan es similar a las categorías de floración.

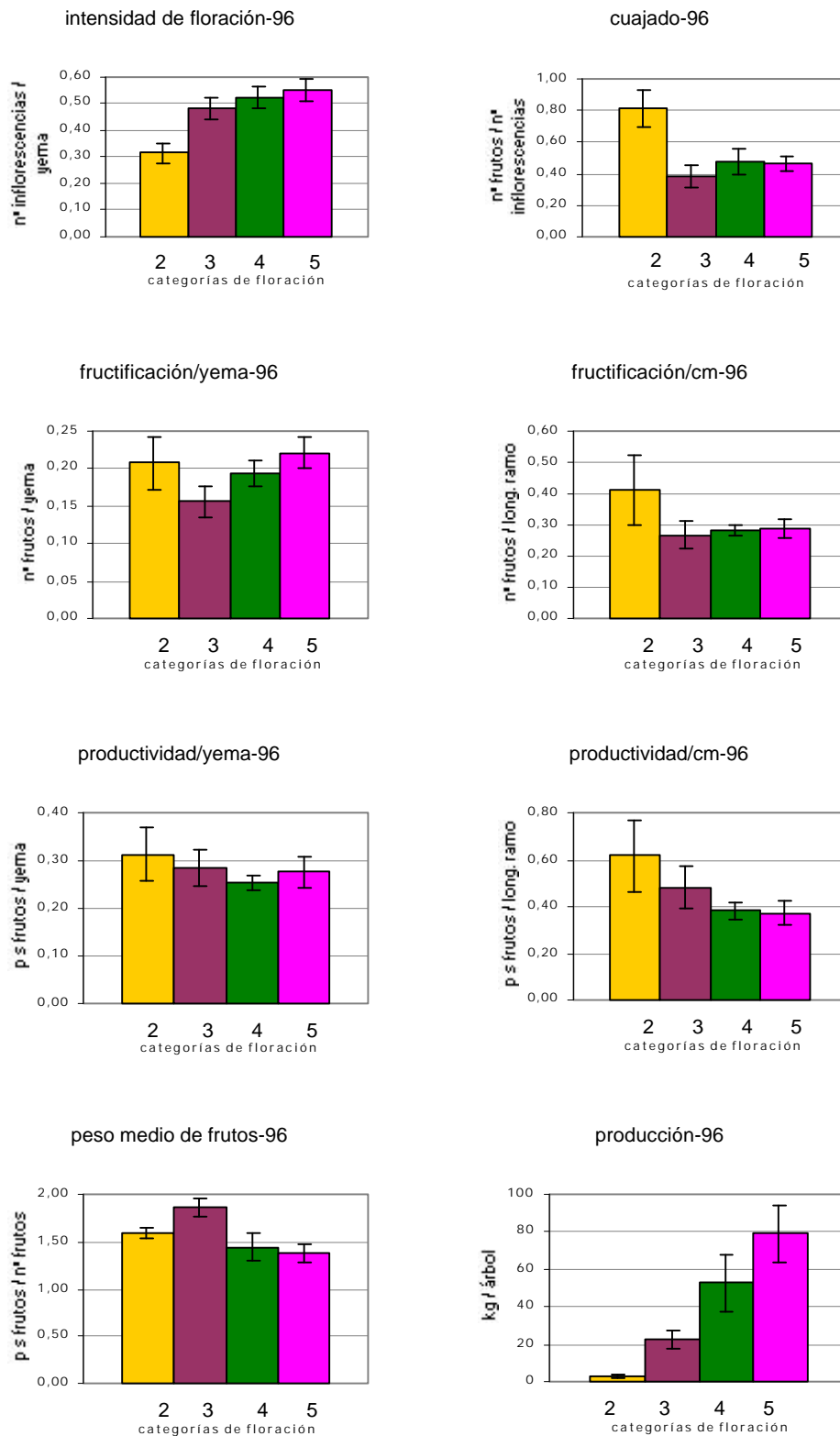


Figura 29. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción según categorías de floración de lo árboles en 1996 en 'Manzanilla de Sevilla'.

En la Figura 29 se aprecia que el índice de intensidad de floración (iflor) en 1996 presenta una pauta similar a la de las categorías de floración, distinguiéndose la categoría de poca floración del resto.

El cuajado (icuj) disminuye al aumentar la categoría de floración y presenta dos grupos, uno con la categoría de poca floración y el otro con el resto de clases. Esta distribución es igual para el índice de fructificación por longitud de ramo (ifru2). La fructificación por yema (ifru1) presenta una cierta tendencia de incremento según las categorías de floración media, alta y muy alta. La productividad por longitud de ramo (ipro2) tiene una pauta descendente con las categorías de flor, como resultado de mecanismos de compensación de la carga florífera en los ramos. Esta tendencia se observa también en el peso medio de frutos (psf). Las producciones se distribuyen según las categorías de flor.



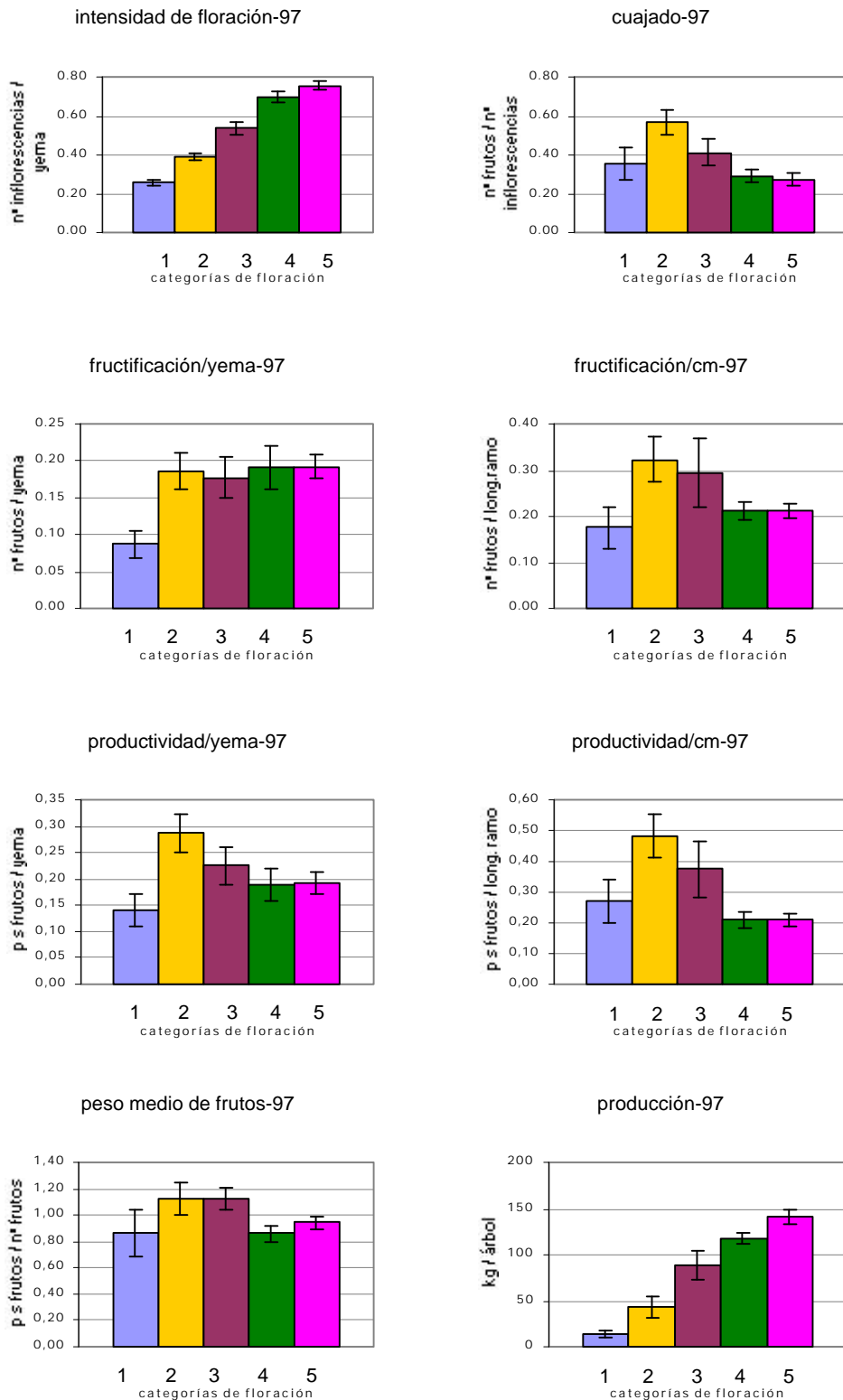


Figura 30. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción según categorías de floración de los árboles en 1997 en 'Manzanilla de Sevilla'.

La intensidad de floración del ramo (iflor) y la producción en 1997 se distribuyen siguiendo categorías de floración ascendente (Figura 30). El índice de cuajado (icuj) presenta una pauta descendente con respecto al modelo propuesto, al igual que los índices de fructificación por longitud de ramo (ifru2) y los dos índices de productividad (ipro1 e ipro2). Esto refleja los mecanismos de compensación de la carga florífera a los que se hecho referencia repetidamente. El índice de fructificación por yema (ifru1) presenta valores parecidos para todas las categorías excepto para la de floración muy baja. El peso medio de frutos (psf) también tiende a disminuir con el aumento de la clase de floración, aunque no presenta una pauta tan clara como en años previos (Figura 27 y Figura 28).

La proporción de ramos fructíferos en ramas de 6-7 años (datos que se obtuvieron en 1997) aumenta al hacerlo la categoría de floración, como se aprecia en la Figura 31.

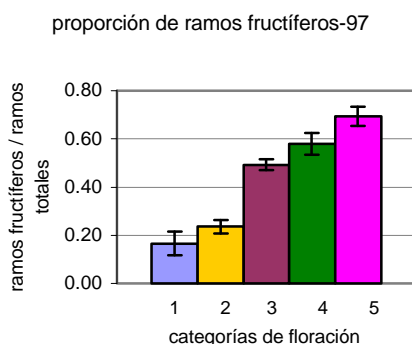


Figura 31. Medias y error estándar de la proporción de ramos fructíferos en ramas de 6-7 años según categorías de floración de los árboles en 1997 en 'Manzanilla de Sevilla'.

Los árboles de floración menor no sólo presentan intensidades de floración (según el valor de iflor) más bajas, sino una menor proporción de ramos fructíferos frente al número total de ramos. Del mismo modo, los árboles de floraciones mayores presentan una mayor intensidad de floración y una mayor proporción de ramos fructíferos. Así mismo se aprecia que la variación de la producción se asemeja más a la variación de la proporción de ramos fructíferos que a la observada en el índice de intensidad de floración.

En general, las diferencias de producción se ajustan más (mayores coeficientes de determinación) a la clasificación visual por categorías que al índice de intensidad de floración (iflor). Las categorías de flor integran, pues, el índice de floración y la proporción de ramos fructíferos sobre el total de ramos.

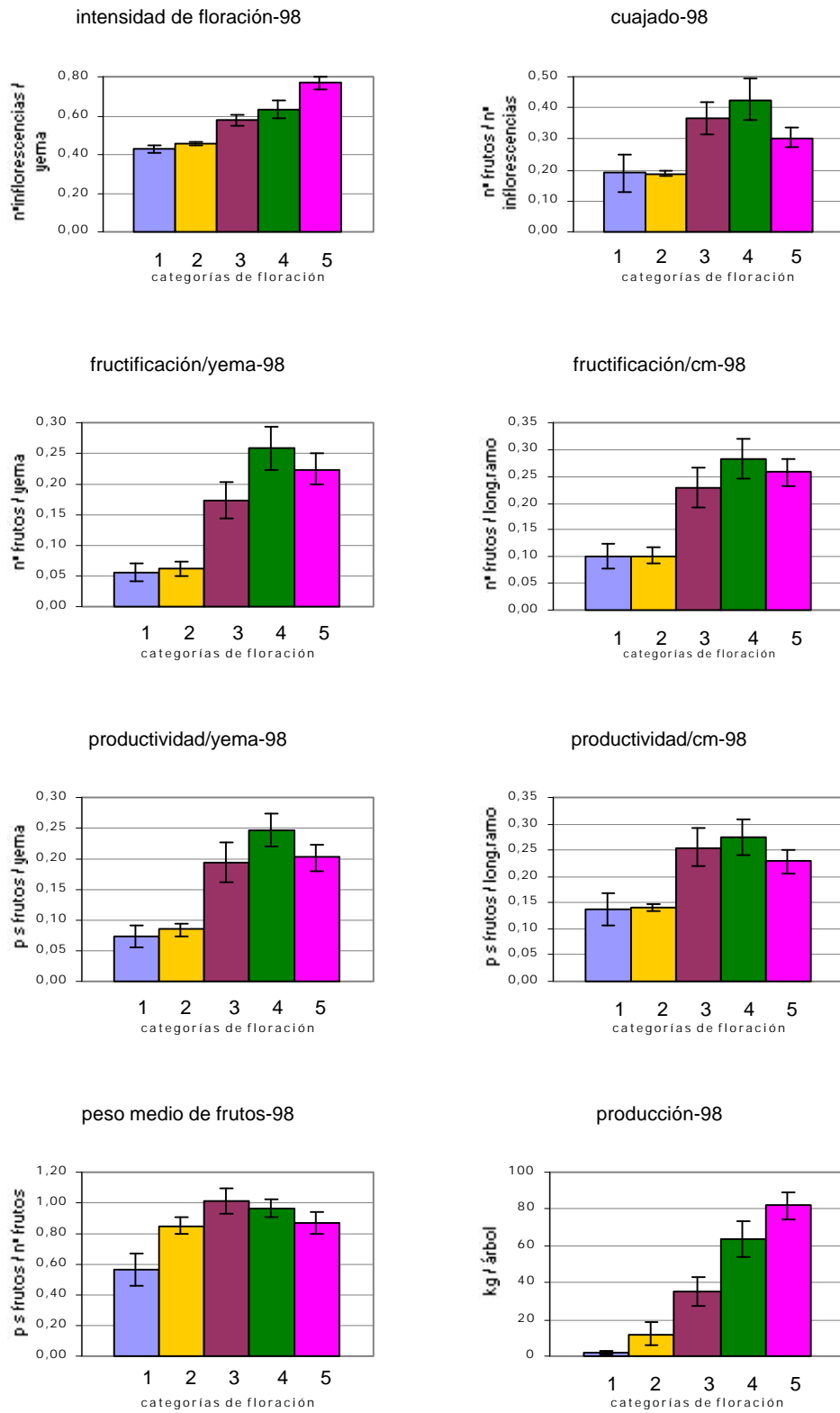


Figura 32. Medias y error estándar de los índices de fructificación, productividad y producción por categorías de floración en 1998 en 'Manzanilla de Sevilla'.

La intensidad de floración (iflor) y la producción se distribuyen según el modelo propuesto de categorías de floración, como aparece en la Figura 32. El resto de índices (icuj, ifru1, ifru2, ipro1, ipro2 y psf) presentan una misma tendencia, aumentando su valor según lo hacen las categorías, a excepción de la clase de floración muy alta.

Como resumen del comportamiento de los índices de floración, fructificación y productividad durante los diferentes años en 'Manzanilla de Sevilla', se observa que el índice que presenta una mayor variabilidad de comportamiento entre los distintos años de ensayo es el índice de cuajado (icuj), con gran influencia en las pautas de los índices de fructificación y productividad (ifru1, ifru2, ipro1 e ipro2). La intensidad de floración (iflor) aumenta al hacerlo la categoría de floración en todos los años de ensayo. El peso medio de fruto (psf) desciende al aumentar las categorías de floración, aunque su distribución también está muy determinada por el proceso de cuajado.

Las Figuras anteriores ponen de manifiesto los mecanismos compensatorios de la floración que se producen en los ramos de olivo. Así, el índice de floración (iflor) se corresponde bastante con la cantidad de flor, y el índice de cuajado (icuj) y el peso medio de fruto (psf) descienden. En cualquier caso, estos mecanismos compensatorios no son suficientes para igualar las cargas de los árboles en su totalidad, no sólo en ramos individuales, ya que las producciones se corresponden con los niveles de floración. En todos los años se observa que la variación de producción según las categorías de floración es mayor que la correspondiente variación del índice de intensidad de floración. Así mismo, y con el estudio de la proporción de ramos fructíferos, se aprecia que las diferencias de producción se ajustan más a una clasificación visual de categorías de flor que al estudio del ramo fructífero individual. Las categorías de floración integran, por tanto, la intensidad de floración del ramo y la proporción de ramos fructíferos en el total de la copa del árbol.

La producción sigue la pauta definida por las categorías de floración, no modificándose por las variaciones que se tienen en los índices. Sí presenta, sin embargo, diferencias cuantitativas según las categorías de floración en los diferentes años. Así, las producciones en 1997 son muy altas en todas las categorías comparadas con los valores de otros años.

#### *1.2.4.2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD*

Se han realizado análisis de componentes principales de los índices de fructificación y productividad estudiados para cada año. Se han seleccionado cuatro de éstos índices (iflor, icuj, ifru1 y psf) para un análisis más exhaustivo. Los criterios utilizados para la selección han sido sus valores en las correlaciones, su influencia en los análisis de componentes iniciales y su representatividad del ciclo fructificante. Las tablas adjuntas

referentes a los componentes principales son las correspondientes a estos análisis restringidos.

Se ha procedido a un análisis pormenorizado de las relaciones que se establecen entre los índices para cada año, mediante estudio de las correlaciones entre índices y análisis de componentes principales con índices seleccionados, como se ha indicado previamente.

- 1994

En el Cuadro 29 se adjuntan los coeficientes de correlación de los índices de fructificación y productividad.

Cuadro 29. Coeficientes de correlación entre los índices de floración, cuajado, fructificación y peso medio de frutos en 'Manzanilla de Sevilla' en 1994.

1994	iflor	icujaj	ifru1
icujaj	<b>-0,6788</b>		
ifru1	0,2796	0,3664	
psf	-0,0776	-0,4042	<b>-0,7510</b>

Se aprecia la elevada correlación (negativa) existente entre la intensidad de floración y el cuajado. El cuajado y el índice de fructificación por yema (ifru1), así mismo, están correlacionado negativamente con el peso medio de frutos. Estos resultados muestran los mecanismos de compensación de la carga florífera y de la fertilidad con el cuajado y el tamaño de fruto.

El análisis con los índices seleccionados se muestra en los Cuadros 30 y 31, de valores propios, porcentaje de la varianza y coeficientes de correlación respectivamente.

Cuadro 30. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de 4 índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1994.

componente	valor propio	porcentaje de varianza	
		individual	acumulado
1	2,05116	51,3	51,3
2	1,58960	39,7	91,0
3	0,27127	6,8	97,8
4	0,08798	2,2	100,0

Cuadro 31. Coeficientes de correlación de las variables seleccionadas con las dos componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1994.

índice	componentes	
	1	2
iflor	0.1407	<b>0.7590</b>
icujaj	<b>-0.5260</b>	<b>-0.4800</b>
ifru1	<b>-0.5796</b>	<b>0.3683</b>
psf	<b>0.6063</b>	-0.2405

Las dos primeras componentes absorben un 91% de la varianza observada. La primera componente explica un 51, 3% de la varianza y define el antagonismo entre cuajado y fructificación con el tamaño de fruto. Así, valores bajos de esta componente dan alta fertilidad y bajo tamaño de fruto. La segunda explica un 39,7%, representando la compensación entre floración y cuajado. Bajos valores de esta componente se corresponden con un bajo cuajado con floraciones altas, asociados a fructificación alta.

Las temperaturas mínimas en la época de floración fueron benignas, no así las máximas que superaron los 32°C en los días inmediatamente anteriores y posteriores a la plena floración. Este hecho pudo influir en el cuajado, que presenta un valor medio-bajo (Cuadro 28) Se aprecia, por lo tanto, una mayor importancia de las relaciones entre cuajado, fertilidad del ramo y tamaño de fruto (1ª componente) que de los mecanismos de compensación de la floración y cuajado (2ª componente).

- 1995

Los coeficientes de correlación obtenidos entre los índices estudiados para el año 1995 se muestran en el Cuadro 32.

Cuadro 32. Coeficientes de correlación entre los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1995.

1995	iflor	icujaj	ifru1
icujaj	<b>-0,7278</b>		
ifru1	-0,0037	0,5499	
psf	<b>-0,7745</b>	<b>0,8136</b>	0,3712

Se aprecia una relación negativa entre la intensidad de floración con el cuajado y el peso medio de frutos. Estos dos índices están índices muy relacionados (con signo positivo).

En los Cuadros 33 y 34 se adjuntan los valores propios, porcentajes de varianza y componentes principales del análisis con variables seleccionadas.

Cuadro 33. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de 4 índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1995.

componente	valor propio	porcentaje de varianza	
		individual	acumulado
1	2,71891	68,0	68,0
2	1,01558	25,4	93,4
3	0,17862	4,5	97,8
4	0,08688	2,2	100,0

Como se aprecia en el Cuadro 33, la primera nueva componente explica un 68% de la varianza. La segunda componente abarca un 25,4% y entre ambas absorben un 93,4% de la varianza.

Cuadro 34. Coeficientes de correlación de las variables seleccionadas con las dos componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1995.

índice	componentes	
	1	2
iflor	<b>0.5004</b>	<b>0.5136</b>
icujaj	<b>-0.5783</b>	0.1014
ifru1	-0.3082	<b>0.8449</b>
psf	<b>-0.5658</b>	-0.1096

La primera componente se refiere a los mecanismos compensatorios entre floración (positivo) y cuajado y peso medio de fruto (negativo). Valores altos de esta componente se relacionan con bajo tamaño de fruto y floraciones altas (Cuadro 34). La segunda componente relaciona la floración alta con un aumento de la fertilidad del ramo.

En este año tienen más importancia los mecanismos de compensación de la floración con el cuajado y el tamaño de fruto (1ª componente). La 2ª componente pone de manifiesto el incremento de fertilidad que produce la floración.

Las condiciones climáticas en la época de floración de 1995 fueron muy favorables, lo que explica los valores obtenidos en los índices de cuajado y peso medio de fruto, junto con una intensidad de floración más alta que el resto de los años (Cuadro 27). Esto se traduce en una mayor incidencia de los mecanismos de compensación de la carga florífera (1ª componente) por encima del aumento de la fertilidad que se corresponde con el nivel de floración elevado.

- 1996

Los coeficientes de correlación entre variables aparecen en el Cuadro 35.

Cuadro 35. Coeficientes de correlación entre los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1996.

1996	iflor	icuj	ifru1
icuj	<b>-0,6375</b>		
ifru1	0,1626	<b>0,5638</b>	
psf	-0,3326	-0,0532	-0,4183

La intensidad de floración está muy relacionada, con signo negativo, con el cuajado y, en menor medida, con el peso medio de fruto. Cuajado y fertilidad se relacionan de manera positiva. El peso medio de frutos y la fertilidad presentan una correlación negativa, que manifiesta el sistema de compensación de la fertilidad con el tamaño de fruto.

Los valores propios y porcentajes de varianza explicados por el análisis de componentes principales se adjuntan en el Cuadro 36 y las correlaciones con las componentes de los cuatro índices seleccionados aparecen en el Cuadro 37.

Cuadro 36. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de 4 índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1996.

componente	valor propio	porcentaje de varianza	
		individual	acumulado
1	1,78125	44,5	44,5
2	1,61587	40,4	84,9
3	0,53870	13,5	98,4
4	0,06418	1,6	100,0

Cuadro 37. Coeficientes de correlación de las variables seleccionadas con las dos componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1996.

índice	componentes	
	1	2
iflor	<b>0.4275</b>	<b>-0.5917</b>
icuj	<b>-0.7297</b>	0.1170
ifru1	<b>-0.5142</b>	<b>-0.4811</b>
psf	0.1429	<b>0.6362</b>

Las dos primeras componentes de este análisis explican un 84,9% de la varianza. La primera absorbe un 44,5% e incide en las relaciones entre el cuajado y fertilidad del ramo. La componente segunda explica un 40,4% de la varianza y manifiesta las relaciones de



compensación del tamaño de fruto y fructificación con la floración. Cuanto mayor es la componente, mayor es el tamaño de fruto con floraciones bajas.

La 1ª componente define las relaciones de compensación de la carga florífera mediante el cuajado y la relación de éste con la fertilidad del ramo. La 2ª componente incide en la compensación entre el tamaño del fruto y el número de frutos potencial y real.

Las temperaturas máximas en la época de floración no fueron elevadas, ya que no superaron los 25°C, lo que pudo determinar un valor medio de cuajado (Cuadro 27). Aún así, este nivel ha sido suficiente para que la 1ª componente se refiera a la compensación de la carga florífera por el cuajado y su relación con la fertilidad del ramo.

- 1997

Los coeficientes de correlación entre variables aparecen en el Cuadro 38.

Cuadro 38. Coeficientes de correlación entre los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1997.

1997	iflor	icuj	ifru1
icuj	-0,4026		
ifru1	<b>0,4667</b>	<b>0,4904</b>	
psf	-0,0837	<b>0,6704</b>	0,3185

La intensidad de floración está muy relacionada con la fructificación medida en frutos por yema y, negativamente, con el cuajado, debido a los mecanismos de compensación de la carga florífera. Éste, a su vez, está muy relacionado con los índices de fertilidad y tamaño de fruto.

El análisis de componentes principales presenta los valores propios y porcentajes de varianza que se adjuntan en el Cuadro 39, y las correlaciones con las componentes de los cuatro índices seleccionados aparecen en el Cuadro 40.

Cuadro 39. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de 4 índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1997.

componente	valor propio	porcentaje de varianza	
		individual	acumulado
1	2,007755	50,2	50,2
2	1,44111	36,0	86,2
3	0,53870	12,4	98,6
4	0,06418	1,4	100,0

Cuadro 40. Coeficientes de correlación de las variables seleccionadas con las dos componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1997.

índice	componentes	
	1	2
iflor	0,0978	<b>0,7983</b>
icujaj	<b>-0,6559</b>	-0,2116
ifru1	<b>-0,4605</b>	<b>0,5596</b>
psf	<b>-0,5901</b>	-0,0691

Como aparece en el Cuadro 39, la primera componente absorbe un 50,2% de la varianza y se refiere a las relaciones entre el cuajado y el tamaño de fruto. Valores bajos de esta componente resultan de valores bajos de cuajado y tamaño de fruto. La segunda componente explica un 36,0% de la varianza observable, refiriéndose al aumento de fertilidad con un aumento de floración.

En este año resultaron más importantes las variables de cuajado y tamaño de fruto (1ª componente) que la floración y su influencia en la fertilidad (2ª componente).

Las temperaturas durante la época de floración resultaron moderadas, y el cuajado alcanzó niveles medios (Cuadro 27). Por esto, la 1ª componente se refiere al cuajado, fertilidad y tamaño de fruto, aunque no en términos de competencia, ya que todos los valores de correlación son del mismo signo.

- 1998

En el Cuadro 41 se adjuntan los coeficientes de correlación entre los índices estudiados.

Cuadro 41. Coeficientes de correlación entre los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1998.

1998	iflor	icujaj	ifru1
icujaj	0,2972		
ifru1	<b>0,7156</b>	<b>0,8319</b>	
psf	0,4431	<b>0,5546</b>	<b>0,4927</b>

En 1998, la intensidad de floración se correlaciona positivamente con el resto de índices, especialmente con los de productividad. El cuajado presenta una correlación muy alta también con el resto de índices.

Los valores propios, porcentaje de varianza y coeficientes de correlación en el análisis de componentes principales aparecen en los Cuadros 42 y 43, respectivamente.

Cuadro 42. Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por las componentes principales de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1998.

componente	valor propio	porcentaje de varianza	
		individual	acumulado
1	2,69088	67,3	67,3
2	0,71565	17,9	85,2
3	0,56986	14,2	99,4
4	0,02360	0,6	100,0

Cuadro 43. Coeficientes de correlación de las variables originales con la componente principal de los índices de fructificación y productividad en 'Manzanilla de Sevilla' en 1998.

índice	componentes	
	1	2
iflor	<b>-0,4516</b>	<b>0,7899</b>
icujaj	<b>-0,5106</b>	<b>-0,5711</b>
ifru1	<b>-0,5744</b>	-0,0570
psf	<b>-0,4532</b>	-0,2159

Las dos primeras componentes absorben un 85,2% de la varianza observada, explicando la primera componente un 67,30% de la varianza y la segunda un 17,9%. Como se aprecia en el Cuadro 43, la 1ª componente se relaciona con la fertilidad del ramo y la segunda componente pone de manifiesto los mecanismos de compensación de los niveles de floración con el cuajado.

El valor de cuajado obtenido resultó bajo en este año (Cuadro 27), posiblemente debido a unas temperaturas frías, tanto mínimas (alrededor de 9°C) como máximas (inferiores a 23°C), así como a las intensas lluvias que cayeron durante el periodo de floración. Quizá por esto, la 1ª componente se refiere a la totalidad del proceso fructificante, mientras que la 2ª componente ya se refiere a los mecanismos de compensación de la carga florífera mediante el cuajado.

#### 1.2.4.3. REGRESIÓN LINEAL

Se ha realizado un estudio de regresiones lineales simples y múltiples de la producción con los índices seleccionados y para cada año de estudio en el cultivar 'Manzanilla de Sevilla'. En el Cuadro 44 se adjuntan las ecuaciones de regresión que ofrecen un mayor ajuste en cada año, con su coeficiente de determinación R<sup>2</sup>.

Cuadro 44. Ecuaciones de regresión simple y múltiple entre producción e índices de fructificación y productividad seleccionados y proporción de ramos fructíferos (en 1997).

año	ecuación	R <sup>2</sup>
1994	82,2992 - 39,4348 psf	0,4210
	113,3860 - 47,4264 icuaj - 50,8559 psf	0,5640
1995	136,4780 - 47,1363 psf	0,4874
1996	156,2340 - 74,5073 psf	0,3429
	179,449 - 38,2949 icuaj - 76,1872 psf	0,3476
	141,182 - 58,9556 icuaj + 155,051 ifru1 - 63,9727 psf	0,3521
1997	-46,3948 + 241,008 iflor	0,8051
	-4,6253 + 196,840 prop. ramos fructíferos	0,6894
	-36,9969 + 259,773 iflor - 115,708 ifru1	0,8095
	-67,8980 - 317,038 iflor + 79,5561 icuaj - 292,739 ifru1	0,8216
1998	-8,73106 + 303,898 ifru1	0,7622
	-59,0050 + 121,983 iflor + 178,329 ifru1	0,8753

Como puede apreciarse, la utilización de regresiones múltiples no incrementa en exceso el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> con respecto a las regresiones simples. En los años 1994, 1995 y 1996 las producciones presentan una mayor ajuste con el peso medio de fruto, variable ésta que engloba todo el proceso productivo. Es reseñable que en 1995 no ha existido ninguna regresión múltiple cuyo ajuste haya sido mayor que el obtenido con la regresión simple que aparece en el Cuadro 44. En 1997 y 1998 obtenemos coeficientes de determinación más elevados que los anteriores, siendo el mejor ajuste en 1997 con la intensidad de floración y en 1998 con el índice de fructificación medido en número de frutos por yema.

### 1.2.5. DISCUSIÓN

Este estudio permite evaluar la variabilidad de los índices de fructificación y productividad relacionándolos con el nivel de floración de los árboles, y la variación de las condiciones ambientales anuales dentro de un mismo cultivar. Estos índices y metodología han sido descritos y utilizados previamente (Ait-Radi, 1991; Vargas, 1993; Hermoso, 1994; Ramírez *et al.*, 2000), y responden a distintos momentos del ciclo fructificante. El modelo de fructificación se presenta en la Figura 22.

Los índices de fructificación y productividad, que se hallan descritos en el Cuadro 25, se refieren a los procesos de iniciación floral, desarrollo de inflorescencias y flores (iflor); el cuajado de frutos en polinización libre (icuaj); la fructificación referido al número de frutos por yema y a la longitud del ramo (ifru1 e ifru2, respectivamente) y la productividad medida

en peso seco de los frutos por yema y longitud de ramo (ipro1 e ipro2). El crecimiento final de frutos viene definido por el peso medio de los mismos en materia seca.

Los diferentes índices estudiados presentan diferentes comportamientos en su relación con el modelo propuesto de categorías de floración y el año de ensayo. Así, el índice de intensidad de floración (iflor) presenta unos elevados coeficientes de determinación en los diversos años, y reducidos valores de los coeficientes de variación (Cuadro 28). En todos los años de ensayo el índice de intensidad de floración sigue la pauta marcada por las categorías de flor, aumentando al hacerlo éstas.

El índice de cuajado de fruto (icuj) es el que presenta una mayor variabilidad entre los distintos años de ensayo, con valores de  $R^2$  muy fluctuantes y bajos, y coeficientes de variación muy altos (Cuadro 28). Así mismo, este índice parece muy influido por las condiciones ambientales en antesis y postantesis (Suárez y Rallo, 1987; Cuevas y Rallo, 1988). En este estudio se ha tratado de relacionar este índice con las variaciones térmicas ambientales, sin que los datos muestren una relación entre las fluctuaciones de cuajado y la temperatura durante floración. Otros factores no considerados, como el aborto pistilar o la calidad de la flor, pudieran afectar al cuajado (Suárez, 1987; Rapoport, 1999). En todo caso, el proceso de competencia entre ovarios y frutos en crecimiento puede ser responsable en gran parte de la variabilidad obtenida, siendo un mecanismo de compensación de la carga florífera (Suárez *et al*, 1984; Rallo y Fernández-Escobar, 1985). Esto se aprecia en los valores medios de intensidad floral y cuajado, y las correlaciones negativas existentes entre los mismos para los distintos años (Cuadros 27, 29, 32, 35, 38, 41 y 43).

Los índices de fructificación (ifru1 e ifru2) tanto por yema como por longitud de ramo, integran todos los procesos del ciclo reproductor responsables del número de frutos por ramo (iniciación floral a cuajado de frutos) y sus relaciones de competencia, como aparece en estudios previos (Ait-Radi, 1991; Hermoso, 1994). Presentan coeficientes de determinación y variación muy similares en todos los años (Cuadro 28) y suelen presentar pautas similares a las del índice de cuajado (Figuras 27 a 30 y Figura 32). Del mismo modo, la productividad medida en peso seco de frutos por yema o longitud de ramo (ipro1 e ipro2, respectivamente), presenta coeficientes de determinación y variación similares a los obtenidos en los índices de fructificación, al englobar también todos los procesos de ciclo fructificante. Se observa el antagonismo existente entre índices medidos en número de frutos o en peso seco de los mismos, y que ponen en relieve los mecanismos de compensación que se producen en el olivo (Figura 27 y 28).

El peso medio de frutos presenta coeficientes de variación relativamente bajos excepto en el año 1994, aunque los valores de  $R^2$  no son elevados (Cuadro 28). Podemos observar que éste índice está muy relacionado con la carga del árbol (Ait-Radi, 1991; Hermoso, 1994), distribuyéndose de manera inversa al aumento de las categorías de

floración, aunque esta distribución está muy marcada por el cuajado de frutos (Figuras 27 a 30 y Figura 32).

Los diferentes mecanismos de compensación y su incidencia anual son también puestos de manifiesto por el análisis de componentes principales. La intensidad de floración es el punto de partida del ciclo reproductor y va a marcar la pauta de todas las relaciones posteriores. Como se ha apreciado, el nivel de floración medio es muy similar todos los años, por lo que las diferencias vienen dadas por el cuajado (Cuadro 27). Si la fertilidad de la flor es elevada o las condiciones climáticas favorecen la fecundación, se aprecian con más intensidad de los procesos de compensación entre floración, cuajado y peso medio de fruto (Cuadros 34 y 37). En los años de cuajado bajo, los índices de fructificación son más importantes, no afectando tanto los mecanismos de compensación (Cuadros 31, 40 y 43). Este resultado concuerda con lo definido por Ait-Radi (1991) y Vargas (1993), según los cuales en árboles de escasa floración ésta será la determinante de la producción, y con altas floraciones el cuajado determinará la población final de frutos y su tamaño, poniendo de relieve los mecanismos de compensación de la carga florífera.

Se aprecia una correlación negativa, generalmente muy alta, entre la intensidad de floración y el cuajado (Cuadros 29, 32, 35, 38), compensándose las diferencias de carga mediante competencia de frutos, como está descrito en la bibliografía (Suárez *et al*, 1984; Rallo y Fernández-Escobar, 1985; Ait-Radi, 1991). Así mismo, se observa este comportamiento en las distribuciones de ambos índices según las categorías de floración (Figuras 27 a 30 y Figura 32).

Se pone de manifiesto por las relaciones existentes entre los diversos índices que, dentro del ramo, los mecanismos de compensación de la carga florífera son bastante efectivos, regulándose el número y tamaño de frutos.

La producción en los cinco años de estudio se distribuye de manera muy clara según las categorías de flor, como se puede observar en las Figuras 27 a 30 y Figura 32, y con unos coeficientes de determinación muy altos. Las regresiones lineales entre la producción y los índices propuestos suelen ajustarse adecuadamente con uno sólo de estos índices, normalmente el peso medio de frutos, que engloba a todo el proceso productivo.

Según Hermoso (1994), habría que considerar la capacidad productiva del ramo y multiplicarla por el número de éstos, a fin de poder estimar la cosecha final. Se aprecia que la proporción de ramos fructíferos en ramas de 6-7 años se distribuye de igual manera que las categorías de floración. Dado que las producciones presentan una pauta definida por los niveles de floración, y que los mecanismos de compensación son efectivos dentro del ramo, pudiera ser que la compensación de la carga no resulta tan eficaz entre ramos, siendo la proporción entre éstos el factor determinante de la misma. Debido a esto, las diferencias de floración que se aprecian entre árboles persisten hasta la cosecha final, si

bien a niveles menores. Este resultado, sin embargo, no se corrobora con una regresión lineal más ajustada entre la proporción de ramos fructíferos y la producción ( $R^2=0,69$ ) que la obtenida entre la producción y el índice de floración ( $R^2=0,81$ ) en el año de estudio (Cuadro 44).

En resumen, en este estudio se ha corroborado la existencia de mecanismos de compensación de la carga florífera (Suárez *et al*, 1984; Rallo y Fernández-Escobar, 1985), que regulan el número y tamaño de los frutos de manera efectiva. Sin embargo, estos mecanismos no resultan tan eficaces en la totalidad de la copa del árbol, por lo que las diferencias en el nivel de floración de los árboles se mantienen hasta la cosecha final. La clasificación en categorías visuales de floración propuesta en este trabajo permite integrar la intensidad de floración del ramo con la cantidad de los mismos en la copa, estando muy relacionada con la cosecha final.

### I.3. VARIABILIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD ENTRE CULTIVARES

#### I.3.1. MATERIAL VEGETAL

El ensayo se realizó en el Banco de Germoplasma del C.I.F.A “Alameda del Obispo” de Córdoba, durante los años 1991, 1995 y 1999. El elevado número de observaciones que se requieren para establecer comparaciones, tanto entre variedades como entre años y sistemas de riego, ha determinado el uso de datos recogidos en anteriores trabajos y en diversos años (Hermoso, 1991; Mohedo Gatón, 1995, (datos no publicados)).

En el Cuadro 45 se adjunta el número de variedades y árboles estudiados para cada año y en cada sistema de riego.

Cuadro 45. Número de variedades y árboles estudiados en cada año en los dos sistemas de riego.

años	secano		regadio	
	variedades	árboles	variedades	árboles
1991	18	20	-	-
1995	-	-	21	24
1999	36	66	36	72

Así mismo se realizó un ensayo aparte para estudiar el comportamiento de las variedades ‘Picual’ y ‘Arbequina’. Este ensayo se realizó en el año 1999 y los árboles de las dos variedades estaban bajo un sistema de riego por goteo, tomándose datos de cuatro árboles para cada cultivar.

La relación de variedades se adjunta en el Cuadro 50.

### I.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS

El diseño experimental del ensayo es completamente al azar, donde las unidades experimentales son los árboles, con muestreo de ramos también aleatorio.

Los árboles elegidos todos los años fueron seleccionados atendiendo a un criterio de floración con categorías 3 a 5, a fin de determinar la fructificación y productividad máximas del ramo. El muestreo varió entre 15 ramos en los años 1995 y 1999, y 20 ramos por árbol en 1991. Dicho muestreo se realizó siempre a la altura del observador y de manera aleatoria en ramos que presentaran abundantes inflorescencias (ver Figura 26).

Las medidas que se realizaron en los ramos elegidos fueron:

- número de nudos del ramo
- número de frutos en recolección
- peso seco del fruto (g)

Los pesos secos se determinaron tras permanecer las muestras en estufa a 70°C durante 48 horas.

Las precipitaciones acumuladas en los períodos de Septiembre a Mayo de las campañas de ensayo, se adjuntan en el Cuadro 46.

Cuadro 46. Precipitaciones acumuladas entre Septiembre y Mayo (inclusive) en Córdoba.

precipitación (mm)	1990-91	1994-95	1998-99
	537,5	271,6	225,5

### I.3.3. ANÁLISIS DE DATOS

#### *I.3.3.1. CÁLCULO DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN*

Se ha tomado como referencia la metodología seguida por Ait-Radi (1991) y Hermoso (1994) para el cálculo de los índices de fructificación, a partir de las medidas realizadas en el muestreo. Los índices descritos se detallan en el Cuadro 25.

#### *I.3.3.2. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD*

Se han realizado análisis de la varianza de los índices de fructificación elegidos en cada uno de los sistemas de riego y para la totalidad de años y variedades. Los análisis se han hecho con el valor medio de los ramos para cada árbol en estudio.

Para el análisis de la varianza de los índices de fructificación se ha considerado la variedad y los demás factores que pueden incidir en la fructificación: el año y el sistema de



riego y el árbol (que es la medida del error experimental). El modelo para cada uno de los casos señalados es el siguiente:

- Influencia del año:

$$X_{ij} = \mu + V_i + A_j + (VA)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde  $V_i$  es la variedad  $i$ ,  $A$  es el año  $j$ ,  $VA$  es la interacción debida a la variedad  $i$  el año  $j$ , y  $\varepsilon_{ijk}$  el error experimental, correspondiente al valor del árbol  $k$  de la variedad  $i$  el año  $j$ .

- Influencia del sistema de riego:

$$X_{ij} = \mu + V_i + R_j + (VR)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde  $V_i$  es la variedad  $i$ ,  $R$  es el sistema de riego  $j$ ,  $VR$  es la interacción debida a la variedad  $i$  con el sistema de riego  $j$ , y  $\varepsilon_{ijk}$  el error experimental correspondiente al valor del árbol  $k$  de la variedad  $i$  el sistema de riego  $j$ .

Se han utilizado los paquetes informáticos SAS/STAT (Statistical Analysis System) v. 6.0 del Centro Informático Científico de Andalucía (CICA) y el Statistix v. 1.0 para Entorno Windows 95. Dentro de cada uno se han usado los programas GLM (General Linear Models) y Summary Statistics, respectivamente.

#### I.3.4. RESULTADOS

##### *I.3.4.1. VARIABILIDAD DE ÍNDICES DE FRUCTIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD*

Se ha estudiado la influencia del árbol en los análisis realizados, es decir entre árboles de la misma variedad y, en su caso, año y sistema de riego, que representa la medida del error experimental. Los resultados de los análisis de varianza realizados con las variedades en seco y en regadío en 1999, separadamente; y con las variedades 'Arbequina' y 'Picual', se detallan en el Cuadro 47.

Cuadro 47. Coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>), valor de F y su significación (\*\*= 0,01; \*=0,05; ns=no significativo) y del coeficiente de variación (CV) para el índice de fructificación ifru1 y el peso medio de frutos. Medida de la variación debida al árbol (error experimental).

ensayo	fuente de variación	g.l.	ifru1			psf		
			R <sup>2</sup>	F	CV	R <sup>2</sup>	F	CV
secano 1999	variedad	35	0,92	9,62 **	--	0,91	8,66**	--
	error (entre árboles)	30	0,08	--	16,73	0,09	--	22,57
regadío 1999	variedad	35	0,89	8,02**	--	0,93	13,51**	--
	error (entre árboles)	36	0,11	--	22,60	0,07	--	17,19
'Arbequina' vs. 'Picual'	variedad	1	0,63	10,14*	--	0,69	13,19*	--
	error (entre árboles)	6	0,37	--	23,53	0,31	--	33,34

Los coeficientes de determinación de la variación debida a variedades son muy altos en casi todos los casos, y superiores a la variación entre árboles. En el ensayo de 'Arbequina' y 'Picual', aunque el valor de R<sup>2</sup> es menor que el obtenido en los otros dos ensayos, es muy alto si se considera que sólo se comparan dos variedades.

#### 1.3.4.1.1. Influencia del año

Se ha estudiado la influencia del año en secano con 17 variedades (años 1991 y 1999), y en regadío (años 1995 y 1999) para 20 variedades. Los valores de R<sup>2</sup>, F y CV se adjuntan en el Cuadro 48.

Cuadro 48. Coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>), valor de F y su significación (\*\*= 0,01; \*=0,05; ns=no significativo) y del coeficiente de variación (CV) para el índice de fructificación ifru1 y el peso medio de frutos en los años de secano (1991, 1999) y regadío (1995, 1999). Medida de la variación debida al año.

ensayo	fuente de variación	g.l.	ifru1			psf			
			R <sup>2</sup>	F	CV	R <sup>2</sup>	F	CV	
secano	<i>modelo</i>	33	0,91	5,44**	--	0,93	6,83**	--	
	variedad	16	0,78	9,66**	--	0,81	12,28**	--	
		año	1	0,03	6,11*	--	0,01	1,15 <sup>ns</sup>	--
		variedad x año	16	0,10	1,17 <sup>ns</sup>	--	0,11	1,73 <sup>ns</sup>	--
	error (entre arboles)	18	0,09	--	19,31	0,07	--	22,76	
regadío	<i>modelo</i>	39	0,91	5,40**	--	0,94	9,42**	--	
	variedad	19	0,81	9,87**	--	0,87	17,78**	--	
		año	1	0,00	0,57 <sup>ns</sup>	--	0,01	2,66 <sup>ns</sup>	--
		variedad x año	19	0,10	1,19 <sup>ns</sup>	--	0,07	1,41 <sup>ns</sup>	--
	error (entre árboles)	22	0,09	--	24,21	0,06	--	17,24	

La influencia del año es muy pequeña, frente a la importancia de la variedad dentro del modelo propuesto. No obstante, la diferencia en secano entre los años 1991 y 1999 para

el índice de fructificación fue significativa ( $p < 0,024$ ). El índice de peso medio de frutos en 1999 fue mayor que en 1991. La interacción entre variedad y año es de similar cuantía al error experimental.

#### I.3.4.1.2. Influencia del sistema de riego

La influencia del sistema de riego en la variabilidad de los índices de fructificación se ha estudiado en el año 1999 en 24 cultivares con 4 árboles, 2 en secano y 2 en regadío. En el Cuadro 49 se adjuntan los valores de  $R^2$ , F y su significación, y CV para el índice de fructificación, ifru1, y el peso seco del fruto, psf.

Cuadro 49. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ), valor de F y su significación (\*\*= 0,01; \*=0,05; ns=no significativo) y del coeficiente de variación (CV) para el índice de fructificación ifru1 y el peso medio de frutos. Medida de la variación debida al sistema de riego en 1999.

fuentes de variación	g.l.	ifru1			psf		
		$R^2$	F	CV	$R^2$	F	CV
<i>modelo</i>	47	0,90	9,55**	--	0,86	6,24**	--
variedad	23	0,81	8,28**	--	0,74	10,99*	--
riego	1	0,00	0,01 <sup>ns</sup>	--	0,00	1,27 <sup>ns</sup>	--
variedad x riego	23	0,10	2,10*	--	0,11	1,70 <sup>ns</sup>	--
<i>error (entre árboles)</i>	48	0,10	--	19,23	0,14	--	22,42

El coeficiente de determinación del modelo es muy alto (0,90). La mayor parte de la varianza corresponde a la variedad sin apreciarse influencia del sistema de riego. La interacción entre la variedad y el riego resultó ser significativa ( $p < 0,015$ ) para el índice de fructificación. Este dato sugiere una influencia diferencial del régimen hídrico en la fructificación de las variedades.

Las Figuras 33 y 34 presentan las estimaciones de porcentajes medios que cada uno de los factores e interacciones tienen en el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del índice de fructificación y en el peso medio de frutos, respectivamente, según las medidas anteriores.

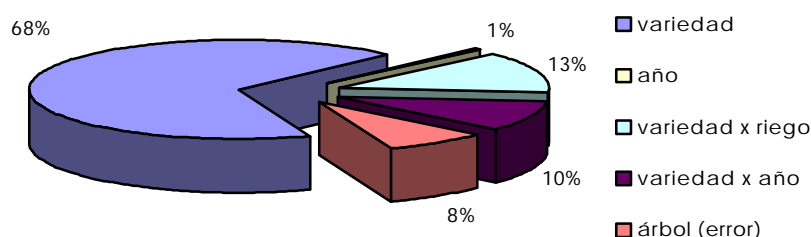


Figura 33. Estimación de los porcentajes debidos a las fuentes de variación en el  $R^2$  del índice de fructificación.

Como se puede apreciar, la variedad es el factor determinante en la variación del índice ifru1, y, en menor medida, las interacciones entre variedad y sistema de riego y diferencias anuales (11% ambas). Es reseñable que ambas tienen casi la misma importancia que la variación entre árboles (10%), que se corresponde con el error experimental. Las diferencias anuales apenas tienen peso (2%) en el índice de fructificación de los árboles.

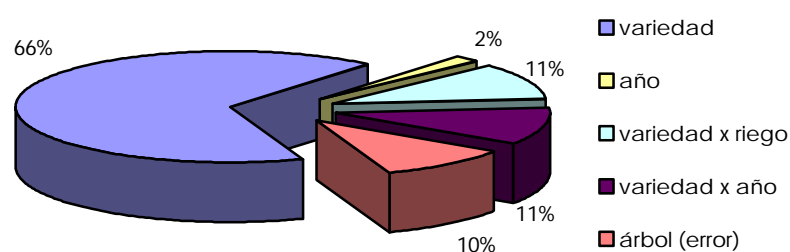


Figura 34. Estimación de los porcentajes debidos a las fuentes de variación en el  $R^2$  del peso medio de frutos.

Al igual que ocurre con el índice de fructificación, la variedad es el factor determinante en la variación del coeficiente de determinación del modelo para el peso medio de frutos. Las interacciones entre variedad y sistema de riego, y variedad y año tienen una incidencia del 13% y 10% respectivamente. La influencia de las variaciones anuales en el peso medio de frutos sólo representa un 1% de la variación del coeficiente de determinación. El error experimental, debido a las diferencias entre árboles corresponde a un 8% del modelo.

#### 1.3.4.1.3. Variabilidad debida a variedades

En el Cuadro 50 se adjuntan los valores de media y error estándar del índice de fructificación ifru1, peso medio de fruto e índice de productividad ipro1 para el total de cultivares en estudio.

Cuadro 50. Medias y error estándar del índice de fructificación ifru1, peso medio de fruto e índice de productividad ipro1 del total de cultivares. En **negrita** las variedades con mayor índice de productividad en peso seco de fruto.

variedades	nº registro	ifru 1 (frutos / yema)	peso medio de fruto (g)	ipro1 (g / yema)
'Alameño de Montilla'	39	0,25±0,02	0,93±0,05	0,24±0,02
'Arbequina'	231	0,71±0,07	0,53±0,07	0,38±0,08
'Arbosana'	666	0,64±0,08	0,61±0,07	0,39±0,05
'Blanqueta'	11	0,37±0,03	0,57±0,06	0,20±0,01
'Buidiego'	255	0,17±0,01	1,35±0,06	0,23±0,02
'Cakir'	103	0,23±0,04	1,38±0,11	0,30±0,03
'Callosina'	60	0,26±0,02	0,92±0,08	0,24±0,02
'Cañivano Blanco'	52	0,27±0,02	1,13±0,05	0,30±0,03
'Cellina'	179	0,38±0,03	1,04±0,06	0,39±0,01
'Chetoui'	113	0,41±0,03	0,63±0,08	0,26±0,04
'Cordovil de Serpa'	130	0,28±0,02	1,25±0,11	0,34±0,03
'Cornicabra'	10	0,31±0,03	1,02±0,04	0,32±0,04
'Galega'	128	0,36±0,05	0,67±0,02	0,24±0,03
'Gordal Sevillana'	234	0,11±0,02	2,93±0,42	0,30±0,04
'Hojiblanca'	2	0,25±0,02	1,28±0,11	0,32±0,04
'Jaropo'	23	0,30±0,04	1,12±0,08	0,33±0,04
'Koroneiki'	218	0,75±0,05	0,25±0,02	0,19±0,02
'Leccino'	82	0,23±0,02	1,17±0,17	0,26±0,03
'Lentisca'	384	0,25±0,05	1,37±0,19	0,32±0,04
' <b>Limoncillo</b> '	35	0,31±0,04	1,56±0,09	0,49±0,06
'Manzanilla de Jaén'	56	0,27±0,03	1,26±0,08	0,34±0,04
' <b>Manzanilla de Sevilla</b> '	21	0,35±0,02	1,52±0,12	0,53±0,05
'Manzanilla de Zahara'	368	0,36±0,04	0,87±0,02	0,32±0,04
'Megaritiki'	108	0,55±0,06	0,57±0,05	0,31±0,04
'Moraiolo'	78	0,31±0,04	0,65±0,08	0,20±0,04
'Negrillo de Estepa'	301	0,25±0,03	0,95±0,08	0,24±0,05
'Negrillo de Iznalloz'	411	0,23±0,02	1,05±0,14	0,30±0,05
'Nevadillo Negro de Jaén'	45	0,33±0,03	1,15±0,14	0,36±0,04
'Nevado Azul'	307	0,33±0,03	1,10±0,03	0,36±0,03
' <b>Ocal</b> '	427	0,22±0,03	2,04±0,19	0,44±0,06
'Picholine'	70	0,30±0,02	1,16±0,14	0,35±0,05
'Pico Limón'	273	0,27±0,01	1,28±0,12	0,35±0,05
' <b>Picual</b> '	9	0,41±0,07	1,32±0,21	0,51±0,04
'Rapasayo'	277	0,45±0,07	0,83±0,05	0,36±0,03
'Rosciola'	88	0,70±0,07	0,50±0,03	0,36±0,04
'Sevillenca'	227	0,38±0,03	0,70±0,04	0,27±0,02
'Trylia'	92	0,28±0,02	1,14±0,19	0,33±0,06
'Verdale'	76	0,24±0,03	0,94±0,10	0,23±0,05
' <b>Villalonga</b> '	364	0,33±0,01	1,55±0,12	0,51±0,05
media total		0,34±0,01	1,10±0,04	0,33±0,01

#### I.3.4.1.4. Clasificación de variedades

Las variedades se han clasificado según su índice de fructificación en frutos/yema (ifru1) y peso medio de frutos. Se adjuntan los histogramas correspondientes a las dos clasificaciones (Figuras 35 y 36). En el Cuadro 51 se adjunta la clasificación conjunta de variedades según los índices de fructificación (ifru1) y peso medio del fruto.

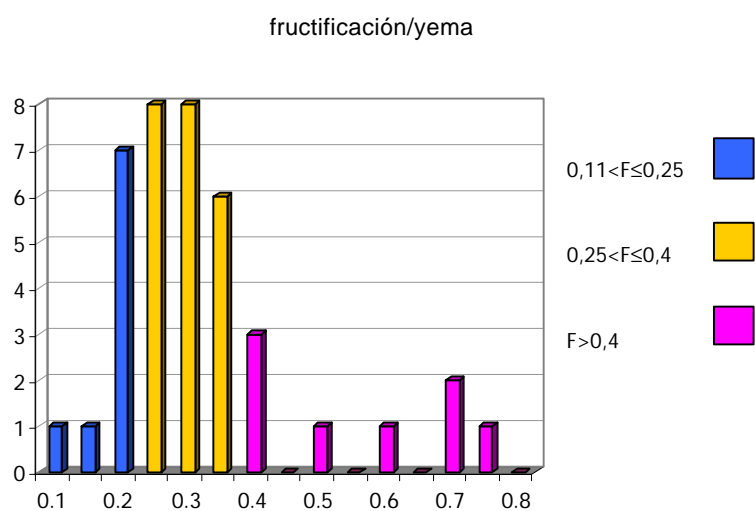


Figura 35. Histograma de distribución de las variedades según el índice de fructificación ifru1.

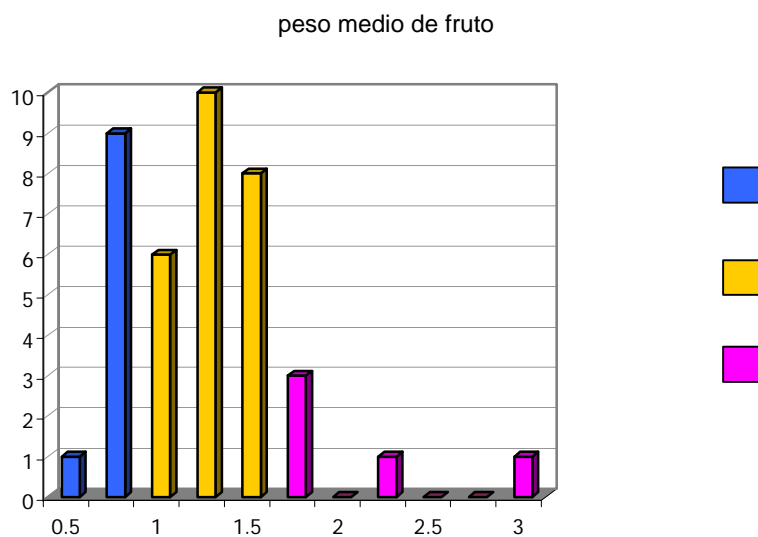


Figura 36. Histograma de distribución de las variedades según el peso medio de fruto.

Cuadro 51. Clasificación de las variedades según el índice de fructificación ifru1 y peso medio de fruto. Se señalan en **negrita** aquellas variedades cuyo índice de productividad en peso seco (ipro1) es mayor. Las variedades se encuentran ordenadas verticalmente de menor a mayor peso del fruto.

peso medio de fruto	índice de fructificación ifru1		
	baja ( $\leq 0,25$ )	media (0,26-0,40)	alta ( $> 0,40$ )
bajo ( $\leq 0,70$ )		'Blanqueta' 'Moraiolo' 'Galega' 'Sevillenca'	'Koroneiki' 'Rosciola' 'Arbequina' 'Megaritiki' 'Arbosana' 'Chetoui'
medio (0,71-1,4)	'Alameño de Montilla' 'Verdale' 'Negrillo de Estepa' 'Negrillo de Iznalloz' 'Leccino' 'Hojiblanca' 'Buidiego' 'Lentisca' 'Cakir'	'Manzanilla de Zahara' 'Callosina' 'Cornicabra' 'Cellina' 'Nevado azul' 'Jaropo' 'Cañivano Blanco' 'Trylia' 'Nevadillo Negro de Jaén' 'Picholine' 'Cordovil de Serpa' 'Manzanilla de Jaén' 'Pico Limón'	'Rapasayo' 'Picual'
alto ( $> 1,4$ )	'Ocal' 'Gordal Sevillana'	'Manzanilla de Sevilla' 'Villalonga' 'Limoncillo'	

1.3.4.1.5. Relación entre índices de fructificación y productividad

Se ha observado una relación negativa muy significativa ( $p < 0,000$ ) entre el peso medio de frutos y su índice de fructificación (ifru1) para los valores medios de las variedades ( $r = -0,68$ ). Por lo tanto, este dato parece indicar que las variedades de fruto pequeño tienen un mayor índice de productividad. No obstante, algunas variedades muestran unos pesos secos de fruto mayores de aquel que les correspondería según su índice de fructificación. Estos cultivares incluyen los de mayor índice de productividad en peso seco de frutos (ipro1)(Cuadros 50 y 51).

### I.3.5. DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio es evaluar la variabilidad de diversos índices de fructificación y productividad entre cultivares de olivo (*Olea europaea* L.), y la influencia que sobre su fluctuación tiene el sistema de riego, el año agrícola y las diferencias varietales. Estos índices y metodología han sido descritos y utilizados previamente (Ait-Radi, 1991; Vargas, 1993; Hermoso, 1994), y responden a distintos momentos del ciclo fructificante. El modelo de fructificación se presenta en la Figura 22.

Según define Ait-Radi (1991), los índices de fructificación y productividad integran todos los procesos del ciclo reproductor y constituyen una herramienta eficaz para determinar la capacidad fructífera de los ramos. Dada la estrecha correlación existente entre ellos, una medida de la fructificación del ramo junto con el peso medio de fruto sirve para la evaluación de la fructificación de cultivares de olivo en colección, donde el número de repeticiones es escaso. Los índices de fructificación y productividad, que se hallan descritos en el Cuadro 25, utilizándose en este caso la fructificación referida al número de frutos por yema (ifru1) y el peso medio de fruto. Las determinaciones se han realizado en árboles que presentaban un nivel medio-alto de floración, para asegurar un umbral de floración que permitiera una máxima productividad (Rallo y Fernández-Escobar, 1985).

El cultivar ha presentado los valores más altos del coeficiente de determinación de los índices de fructificación y productividad propuestos, como se aprecia en el Cuadro 46 y las Figuras 33 y 34. Estos resultados concuerdan con estudios previos (Ait-Radi, 1991; Hermoso, 1994).

No se observó influencia de las condiciones climáticas o del sistema de riego en los índices propuestos, a excepción de la interacción entre variedad y sistema de riego para el índice de fructificación (Cuadro 49). Este comportamiento diferente según el sistema de riego respecto a la fructificación (número de frutos por yema) concuerda con lo descrito por Lavee (1986), donde los cultivares presentan un mayor número de frutos en regadío respecto a secano. Pastor (1988) observó que los árboles con no laboreo del suelo presentan un aumento del número de frutos cuajados tras floración, con un mayor volumen de copa y densidad de follaje. Este autor lo atribuye a un mejor régimen térmico y mayor disponibilidad de agua con este tipo de manejo de suelo. Como se aprecia en las Figuras 33 y 34, la influencia del sistema de riego y de las diferentes condiciones ambientales en la variabilidad entre cultivares de los índices de fructificación son más importantes en porcentaje que los factores independientemente.

En la clasificación realizada a partir de los valores de peso medio de fruto y del índice de fructificación (ifru1) de las variedades se aprecian siete grupos, de los que destacan dos: uno, con variedades de fruto pequeño, índice de productividad elevado y que frecuentemente se presentan en forma de racimo como 'Koroneiki', 'Rosciola', 'Arbequina',



'Megaritiki', 'Arbosana' o 'Chetoui' (Cuadro 51). 'Blanqueta' no entra dentro de este grupo al presentar una fructificación menor a la que le correspondería por tamaño de fruto. Según Ait-Radi (1991) estos cultivares muy fructíferos pudieran corresponderse con eslabones entre los acebuches y las variedades actuales. Pertenecen a zonas olivareras alejadas y presentan un fruto intermedio entre el olivo silvestre y el cultivado, uno de los criterios de domesticación de la especie (Zohary y Spiegel-Roy, 1975).

El segundo grupo de interés se sitúa en la parte baja del Cuadro 51. Las variedades presentes tienen un índice de productividad medio y alto tamaño de fruto, como 'Manzanilla de Sevilla', 'Villalonga' y 'Limoncillo'. Así mismo, 'Picual' tiene un peso medio-alto de fruto y un índice de fructificación alto, y 'Ocal' una fructificación baja, pero con un elevado tamaño de fruto. Estas variedades presentan los valores más altos del índice de productividad en peso medio de fruto por yema (ipro1), lo que significa que el tamaño de fruto que tienen es mayor del que les correspondería por su índice de fructificación.

En resumen, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que el factor determinante en los índices de fructificación y productividad de olivo es la variedad, por encima de las diferencias climáticas o de sistema de riego. Estas diferencias en los índices de fructificación y productividad permiten elaborar una clasificación de las variedades estudiadas, obteniendo dos grupos diferenciados que se caracterizan por un alto índice de productividad y pequeño peso de fruto el primero, y un índice de productividad medio y alto tamaño de fruto el segundo grupo.

## II. RELACIÓN ENTRE FLORACIÓN, VIGOR Y PRODUCCIÓN

### II.1. INTRODUCCIÓN

La cosecha de un árbol en un año determinado está definida por sus características de floración y fructificación, su vigor y por la influencia de las condiciones ambientales.

La fructificación del árbol depende, a su vez, de condicionantes intrínsecos, como lo es la variedad, y extrínsecos, como puedan ser la incidencia de plagas y enfermedades, el manejo del cultivo, o las características edafo-climáticas del emplazamiento. El máximo nivel de fructificación potencial viene dado por el número de yemas inducidas a flor y diferenciadas. La cuantificación de la cantidad de yemas inducidas es muy difícil. El nivel de fructificación real queda definido, posteriormente a la floración, con el número de frutos que restan tras la caída en postantesis, pues éste resulta ser el número final de frutos, si no se producen accidentes en el cultivo (Rallo y Cuevas, 1999).

La floración del árbol está relacionada con el nivel de cuajado y la cantidad de fruto que finalmente llegara a recolectarse. Existe una relación negativa entre la cantidad de inflorescencias y el cuajado, observada tanto en ensayos de aclareo (Suárez *et al.*, 1984; Rallo y Fernández-Escobar, 1985), como en estudios de variación natural (Vargas, 1993). El peso medio de frutos está negativamente relacionado con el número de éstos, y, por ende, con la floración. Así mismo, la intensidad de floración es el factor determinante de la cosecha en árboles de igual edad y tamaño, para una determinada variedad, y si no inciden factores ambientales limitantes.

Otro de los factores que influyen en la cosecha es el vigor del árbol. Villalobos *et al.* (1995) observaron que el 90% del área de la planta está constituido por la masa foliar, y que dicho área está muy relacionada con el vigor del árbol, expresado según diferentes medidas. Por otra parte, la radiación fotosintéticamente activa que intercepta el cultivo es el principal factor que determina la producción de biomasa (Mariscal *et al.*, 2000), y su eficiencia, la productividad del mismo (Loomis y Connor, 1992). El tamaño del árbol es el elemento que más incide en la cantidad de radiación interceptada, así como la homogeneidad de la distribución de la superficie foliar (Mariscal, 1998). Esta autora ha realizado estimaciones de máxima productividad potencial mediante modificaciones en el volumen de copa según la capacidad de interceptación de la radiación.

El vigor está muy influido por factores del medio y del manejo agronómico (Rallo y Cuevas, 1999). Las densidades de plantación y sistemas de poda inciden en la capacidad de interceptación de la radiación por parte del olivar (Mariscal, 1998)

Por último, las condiciones ambientales edafo-climáticas y de cultivo en un año dado pueden influir en el desarrollo y cosecha final del árbol. Así, el nivel de nutrición afecta al porcentaje de flores perfectas en las inflorescencias, aunque la reducción de este porcentaje ha de ser drástica para afectar a la cosecha (Rapoport, 1999); la temperatura incide no sólo en la época de plena floración, fecundación y cuajado (Cuevas *et al.*, 1994), sino durante todo el ciclo productivo (Jacoboni *et al.*, 1999), y se pueden presentar accidentes climáticos puntuales que reduzcan o dañen la cosecha, como el granizo. La incidencia de plagas y enfermedades y su adecuado control es igualmente importante, no sólo para garantizar la cosecha sino también la calidad de la misma.

El objetivo del presente estudio es establecer las relaciones existentes entre los niveles de floración, vigor, y producción de un olivo, y determinar en qué grado medidas sencillas, mediante categorías de floración y vigor, pueden predecir la cosecha potencial.

## II.2. MATERIAL Y MÉTODOS

### II.2.1. ENSAYOS Y MATERIAL VEGETAL

#### II.2.1.1. 'MANZANILLA DE SEVILLA'

La plantación del cultivar 'Manzanilla de Sevilla' está situada en una ladera perteneciente al C.I.F.A. de Córdoba "Alameda del Obispo". La exposición es Sur - Suroeste. Los árboles tienen una edad de 32 años y están plantados a un marco de 6x5 m. El sistema de conducción es a un pie con formación en vaso libre con 2 ó 3 ramas principales. Habitualmente se les somete a una poda ligera y están bajo riego por goteo. Los datos del ensayo se tomaron en los años 1993 a 1997. El número de árboles estudiados fue de 227.

#### II.2.1.2. 'PICUAL'

El ensayo de la variedad 'Picual' está situado en una ladera del C.I.F.A de Cabra, con exposición Sur, en la que existía una gradación de vigor en los árboles debido a las características del terreno. El marco es de 7x7m entre árboles, a un pie, y conducidos en vaso libre. Los árboles fueron plantados en 1982. El ensayo se realizó en los años 1998 y 1999, sobre 75 árboles.

#### II.2.1.3. 'ARBEQUINA'

Los árboles del cultivar 'Arbequina' se sitúan en la parcela ya mencionada del C.I.F.A. de Cabra, en cuatro filas inmersas en el campo de 'Picual'. Los árboles fueron plantados en 1986 a un marco de 7x7 m. El ensayo se realizó en 1998 y 1999, sobre un total de 59 árboles.

#### II.2.1.4. BANCO DE GERMOPLASMA

Los estudios realizados en los ensayos anteriores se han generalizado en el Banco de Germoplasma de Olivo del C.I.F.A. "Alameda del Obispo" de Córdoba, con datos pertenecientes a la campaña 1998-1999. Se eligieron un total de 552 árboles de 268 variedades, bajo riego por goteo.

#### II.2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS

El diseño experimental ha sido completamente al azar, donde el árbol es la unidad experimental. En todos los ensayos, el diseño fue desequilibrado.

Se han tomado valores de cantidad de flor (escala visual), categorías de vigor (escala visual), perímetro de tronco (medido a 25-30 cm de la base del árbol), volumen y superficie de copa, y producción. El volumen y superficie de copa se obtuvo mediante medida de radios y asimilación de la copa a un esferoide. Villalobos *et al.* (1995) comprobaron la validez de este tipo de medidas frente a otras más exhaustivas.

La cantidad de flor se ha medido siguiendo las categorías que aparecen en el Cuadro 6. Sólo se han seleccionado los árboles que presentaban floración (categorías 1- 5).

De manera análoga, se ha estimado el vigor según cuatro categorías visuales (Cuadro 52). Estos valores se han tomado en el conjunto del árbol, observando tanto la dispersión de la copa como el perímetro del tronco. Excepto para los árboles pertenecientes al Banco de Germoplasma, en los que se han observado árboles en las cuatro categorías, en el resto de ensayos se tuvieron árboles con vigores de 1 a 3 solamente.

Cuadro 52. Categorías de vigor.

categoria	vigor
1	poco
2	medio
3	alto
4	muy alto

#### II.2.2.1. 'MANZANILLA DE SEVILLA'

En el Cuadro 53 se adjunta el número de árboles presentes para cada categoría de floración y año.

Cuadro 53. Número de árboles en cada categoría de floración y años en la variedad 'Manzanilla de Sevilla'.

floración	1993	1994	1995	1996	1997
escasa (1)	19	6	7	28	27
poca (2)	50	41	24	63	10
media (3)	42	46	45	85	51
alta (4)	41	91	140	34	120
muy alta (5)	75	43	11	17	23

Los datos de perímetro de tronco se han tomado a 25-30 cm de la base del árbol. No existen datos de perímetro para el año 1995 en este ensayo. Sólo se tienen medidas de volumen y superficie de copa para los años 1994 y 1996. Estos datos han sido facilitados en su mayor parte por D. Carlos Navarro.

#### II.2.2.2. 'PICUAL'

En el Cuadro 54 se adjunta el número de árboles presentes en cada categoría de floración y vigor para cada año de ensayo.

Cuadro 54. Número de árboles en cada categoría de floración y de vigor en la variedad 'Picual' para los años 1998 y 1999.

vigor		1998			1999		
		poco (1)	medio (2)	alto (3)	poco (1)	medio (2)	alto (3)
floración	escasa (1)	3	9	3	0	1	2
	poca (2)	2	6	8	0	1	3
	media (3)	3	10	7	6	11	11
	alta (4)	4	5	5	6	9	3
	muy alta (5)	5	3	2	5	11	6

En este ensayo, las medidas cuantitativas de vigor solamente se tomaron una vez, en la época de reposo invernal de los árboles.

#### II.2.2.3. 'ARBEQUINA'

El número de árboles en cada categoría de floración y vigor para los años 1998 y 1999 se muestran en el Cuadro 55. Al igual que en el ensayo de la variedad 'Picual', las medidas cuantitativas de vigor se tomaron en la época de reposo invernal entre los dos años de ensayo.

Cuadro 55. Número de árboles para las categorías de floración y vigor en 'Arbequina' para los años 1998 y 1999.

vigor		1998			1999		
		poco (1)	medio (2)	alto (3)	poco (1)	medio (2)	alto (3)
floración	escasa - poca (1-2)	2	7	5	0	4	1
	media (3)	8	8	8	2	7	4
	alta (4)	3	8	4	5	10	9
	muy alta (5)	0	3	3	6	5	6

#### II.2.2.4. BANCO DE GERMOPLASMA

El número de árboles para cada categoría de floración y de vigor aparecen en el Cuadro 56.

Cuadro 56. Número de árboles estudiados en cada categoría de floración y de vigor en el Banco de Germoplasma en 1999.

vigor		1999			
		poco (1)	medio (2)	alto (3)	muy alto (4)
floración	escasa (1)	0	3	1	0
	poca (2)	2	6	10	4
	media (3)	0	6	44	42
	alta (4)	0	23	131	77
	muy alta (5)	1	29	102	71

Los datos de producción, perímetro de tronco, volumen y superficie de copa de los árboles del Banco de Germoplasma han sido facilitados por la Dra. del Río.

#### II.2.4. ANÁLISIS DE DATOS

##### II.2.4.1. ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Se ha realizado el análisis de la varianza de las producciones según las categorías de flor y vigor. También se han usado como variables dependientes los datos cuantitativos de perímetro, volumen y superficie de copa, y para todos los años de los que se tienen datos.

El modelo estadístico general es:

$$X_{ijk} = \mu + F_i + V_j + FV_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde  $F_i$  es la cantidad de flor  $i$ ;  $V_j$  es la categoría de vigor  $j$ ;  $FV_{ij}$  es la interacción entre el vigor  $j$  con la cantidad de flor  $i$ , y  $\varepsilon_{ijk}$  es el error experimental, correspondiente al árbol  $k$  que tiene una floración  $i$  y un vigor  $j$ .

#### II.2.4.2. REGRESIÓN LINEAL

Se ha realizado un análisis de regresión simple entre las producciones obtenidas y las medidas de vigor tomadas (perímetro de tronco, volumen y superficie de copa) para cada categoría de floración y el total de árboles en cada ensayo en el que se tomaron dichas medidas.

Los paquetes informáticos utilizados para el análisis estadístico han sido: Statistix v. 1.0 para Entorno Windows 95, usando el programa Linear Models; y SPSS v. 8.0 para Entorno Windows, utilizando el programa General Linear Model.

### II.3. RESULTADOS

#### II.3.1. 'MANZANILLA DE SEVILLA'

##### II.3.1.1. RELACIÓN FLORACIÓN - PRODUCCIÓN

En el Cuadro 57 se adjuntan los valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y del coeficiente de variación (CV) del modelo para los diferentes años según el modelo general (sin medidas de vigor).

Cuadro 57. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y del coeficiente de variación (CV) de la producción (kg/árbol) de 227 árboles de 'Manzanilla de Sevilla' según categorías de floración para los años 1993, 1994, 1995, 1996 y 1997.

	1993	1994	1995	1996	1997
$R^2$	0,48	0,51	0,52	0,64	0,61
CV	54,84	45,28	27,24	74,52	27,05

Se observa que los valores obtenidos del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) son elevados, aunque, debido a la heterogeneidad de la muestra, también los valores obtenidos del coeficiente de variación son altos.

En la Figura 37 se adjuntan los gráficos de producción media en la variedad 'Manzanilla de Sevilla' en los años 1993 a 1997, según categorías de floración.

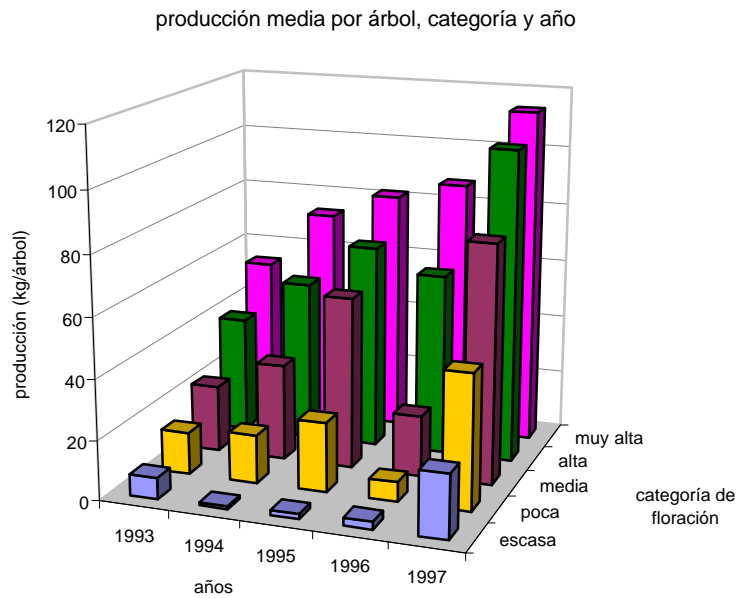


Figura 37. Producción media por árbol en la variedad 'Manzanilla de Sevilla' entre 1993 y 1997, según categorías de floración.

Como se aprecia en la figura, las categorías de floración discriminan claramente los niveles de producción, resultando una mayor producción cuanto mayor es la categoría de floración.

### II.3.1.2. REGRESIÓN VIGOR - PRODUCCIÓN

Los árboles de la parcela de 'Manzanilla de Sevilla' donde se ha realizado el ensayo eran muy homogéneos en tamaño, como se aprecia en las medias y desviaciones típicas de perímetro de tronco, volumen y superficie de copa que aparecen en el Cuadro 58. Por esto, no se han obtenido relaciones que permitan establecer pautas de producción con respecto al vigor.

Cuadro 58. Media y error estándar del perímetro, volumen y superficie de copa de los árboles de 'Manzanilla de Sevilla' en los años 1993, 1994 y 1996.

año	perímetro (cm)	volumen de copa (m <sup>3</sup> )	superficie de copa (m <sup>2</sup> )
1993	66,22 ± 0,68	--	--
1994	70,90 ± 0,73	21,73 ± 0,41	36,66 ± 0,46
1996	70,63 ± 0,71	27,55 ± 0,53	42,60 ± 0,57



### II.3.2. 'PICUAL'

#### II.3.2.1. RELACIÓN FLORACIÓN - VIGOR - PRODUCCIÓN

Los valores obtenidos del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) en el ensayo realizado sobre la variedad 'Picual' se muestran en el Cuadro 59.

Cuadro 59. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de la producción en 'Picual' según las categorías de floración y vigor para los años 1998 y 1999.

fuente de variación		g.l.	1998	1999
			$R^2$	$R^2$
<i>modelo</i>		14	0,69	0,58
	flor	4	0,22	0,12
	vigor	2	0,43	0,45
	flor x vigor	8	0,03	0,01
<i>error</i>		60	0,31	0,42

No existe interacción alguna entre las categorías de floración y de vigor. Los valores del coeficiente  $R^2$  son elevados los dos años, sobre todo en 1998. Los coeficientes de variación fueron 28,43% en 1998 y 49,58% en 1999.

En la Figura 38 se adjuntan los gráficos de producción media de cada árbol por categorías de floración y de vigor para los años 1998 y 1999.

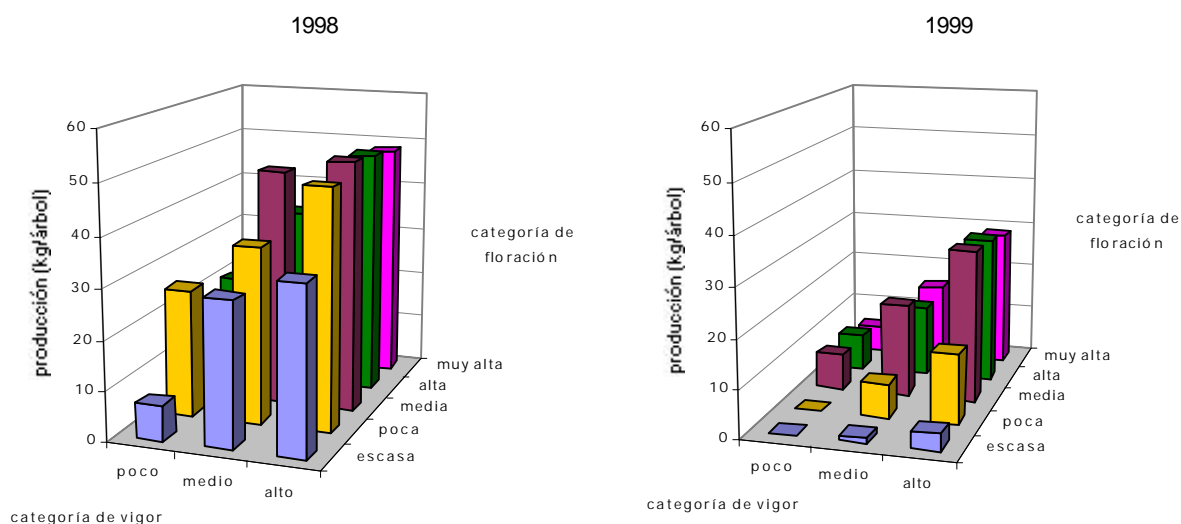


Figura 38. Producción media por árbol según categorías de floración y de vigor para los años 1998 y 1999 en la variedad 'Picual'.

Las producciones responden al modelo propuesto de categorías de vigor, siendo mayores a medida que se asciende en la escala, dentro de una misma categoría de floración, y en los dos años. En relación con las categorías de floración, se aprecia que las diferencias de producción no resultan tan marcadas según los niveles de floración como en otros ensayos, siendo las categorías media, alta y muy alta bastante similares respecto a sus producciones. Los resultados obtenidos en 1998 son más erráticos a este respecto que los de 1999, aún cuando el número de árboles por categoría era más homogéneo. Las categorías de floración alta y muy alta en 1999 en 'Picual' presentan menores producciones que los árboles de la categoría 3, de floración media (Figura 38). Los errores estándar de las categorías de alta floración son muy elevados, solapándose con las medias en las tres categorías (datos no mostrados), por lo que las diferencias entre las mismas no son claras.

En el Cuadro 60 se adjuntan las medias y error estándar de las medidas de perímetro del tronco, volumen y superficie de copa con respecto de las categorías de vigor de los árboles.

Cuadro 60. Medias y error estándar del perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en 'Picual' según las categorías de vigor de árboles.

vigor	perímetro (cm)	volumen de copa (m <sup>3</sup> )	superficie de copa (m <sup>2</sup> )
bajo	44,99±1,63	14,34±1,46	26,48±1,73
medio	55,71±0,81	34,77±1,86	46,94±1,57
alto	65,12±1,22	45,18±2,62	54,97±1,97

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, las categorías de vigor discriminan de manera adecuada las diferencias existentes entre árboles, ya que para las tres medidas cuantitativas realizadas, las diferencias entre categorías son significativas.

### II.3.2.2. REGRESIÓN VIGOR - PRODUCCIÓN

Las rectas de regresión simple de la producción acumulada de los años 1998 y 1999 y las medidas de perímetro de tronco, volumen y superficie de copa se adjuntan en la Figura 39

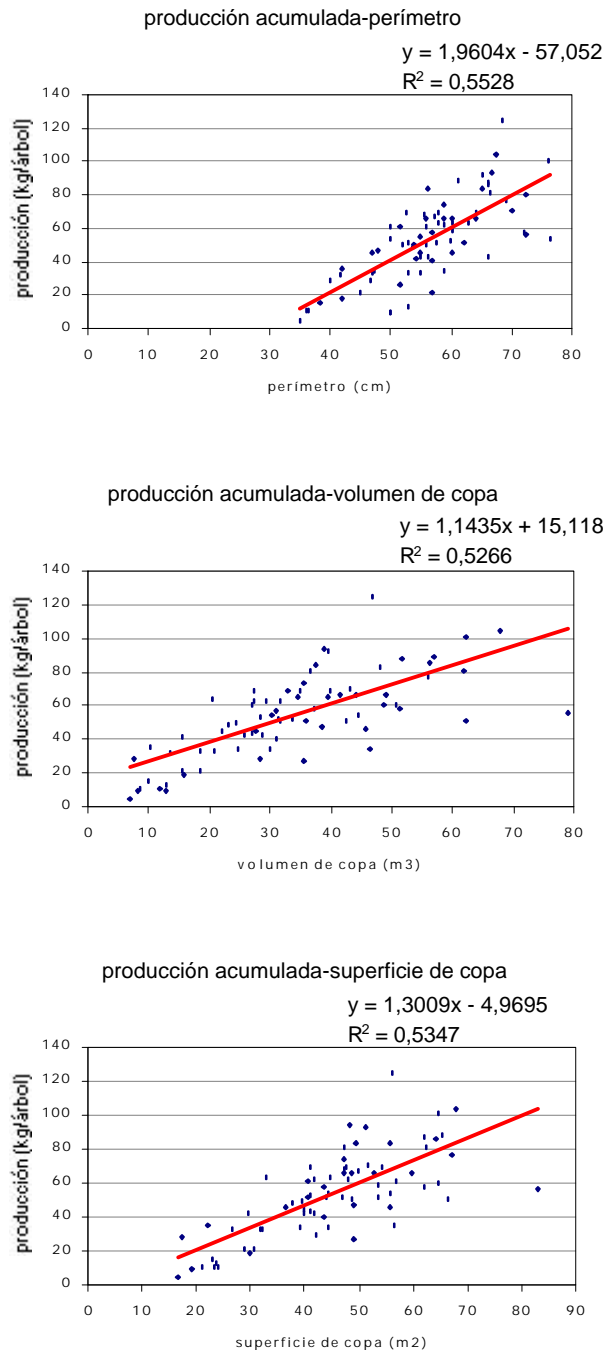


Figura 39. Rectas de regresión lineal entre la producción acumulada en 1998 y 1999 y el perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en la variedad 'Picual'.

Se aprecia que la variable con mejor ajuste para la producción acumulada es el perímetro de tronco ( $R^2=0,55$ ), aunque los valores del coeficiente de determinación son muy similares para los tres parámetros. Todas las regresiones resultaron significativas ( $p<0,000$ ).

Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) obtenidos para cada categoría de floración y cada medida de vigor se adjuntan en el Cuadro 61.

Cuadro 61. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de las regresiones lineales entre la producción y el perímetro de tronco (medida en cm), volumen (medida en  $m^3$ ) y superficie de copa (medida en  $m^2$ ) en 'Picual' para las categorías de floración en los años 1998 y 1999.

categorías de floración	1998				1999			
	n	perímetro	volumen	superficie	n	perímetro	volumen	superficie
escasa	15	0,37	0,62	0,59	3	0,38	0,98	0,98
poca	16	0,35	0,59	0,54	4	0,99	0,58	0,60
media	20	0,47	0,53	0,53	28	0,55	0,42	0,36
alta	14	0,45	0,35	0,38	18	0,48	0,41	0,40
muy alta	10	0,51	0,75	0,74	22	0,50	0,25	0,22

Según las categorías de floración, en 1998, el volumen de copa ofreció el mejor ajuste de regresión con la producción en las categorías 1 (floración escasa), 2 (floración poca) y 5 (floración muy alta) con los coeficientes de determinación  $R^2=0,62$ ,  $R^2=0,59$  y  $R^2=0,75$  respectivamente. La categoría 3 de floración media ajustaba mejor con la superficie de copa ( $R^2= 0,53$ ), y la de floración alta (4) tenía el mejor valor de  $R^2$  con el perímetro de tronco ( $R^2= 0,45$ ). En 1999, las categorías 1 y 2 de floración escasa y poca presentan valores de ajuste excesivamente elevados, debido al reducido número de árboles en estas clases. Las categorías 3, 4 y 5 (floración media, alta y muy alta) tienen un mejor ajuste con el perímetro de tronco ( $R^2=0,55$ ,  $R^2=0,48$ , y  $R^2=0,50$  respectivamente).

### II.3.3. 'ARBEQUINA'

#### II.3.3.1. RELACIÓN FLORACIÓN - VIGOR - PRODUCCIÓN

En el Cuadro 62 se adjuntan los valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del modelo para los diferentes años. En este ensayo hemos utilizado únicamente cuatro categorías de floración (uniendo las categorías 1 y 2 de escasa y poca floración), al haber un número de árboles muy pequeño en cada una y ser la diferencia pequeña entre ellas, y tres categorías de vigor.

Cuadro 62. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de la producción en 'Arbequina' según categorías de vigor y floración para los años 1998 y 1999.

fuente de variación		g.l.	1998	1999
			$R^2$	$R^2$
<i>modelo</i>		11	0,61	0,63
	flor	3	0,31	0,26
	vigor	2	0,26	0,34
	flor x vigor	6	0,03	0,03
<i>error</i>		47	0,39	0,37

Se aprecian valores de  $R^2$  similares en los dos años y relativamente altos. No existe interacción entre las variables. Se obtuvieron unos coeficientes de variación de 25,43% en 1998 y de 25,52% en 1999.

En la Figura 40 se adjuntan los gráficos de producción media por árbol según las categorías de floración y vigor para los años 1998 y 1999.

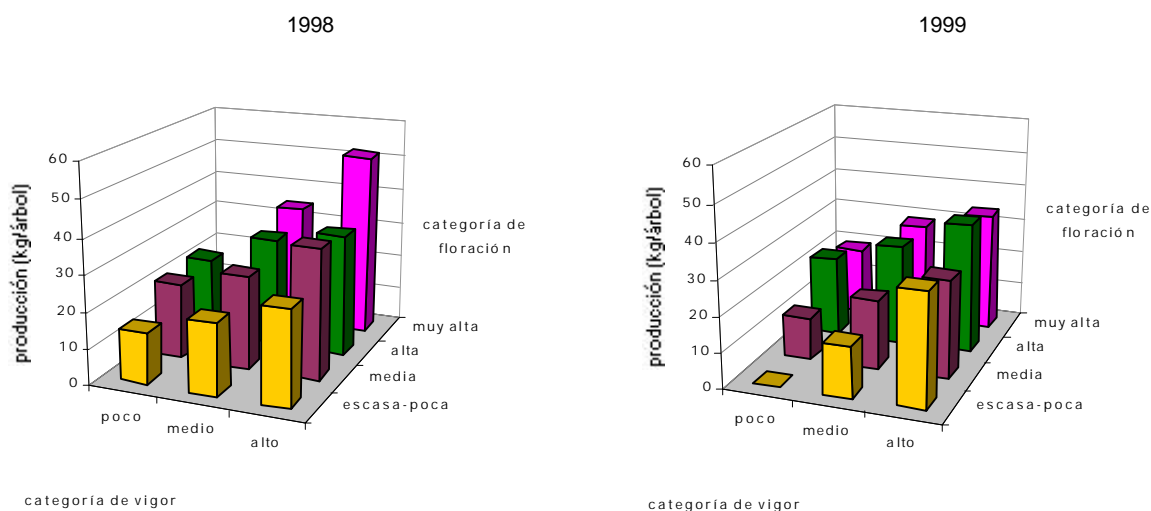


Figura 40. Producción media de cada árbol por categoría de floración y de vigor en 'Arbequina' en los años 1998 y 1999.

Se observa que, generalmente, las diferencias de producción se corresponden con las categorías de floración, obteniéndose mayores producciones cuanto más alta es la categoría de floración. Este resultado es más errático en 1999, posiblemente debido a un mayor desequilibrio en el número de árboles dentro de cada categoría. Igualmente, a mayor categoría de vigor, se tiene una mayor producción, no existiendo diferencias de pauta ni dentro de cada categoría de floración, ni entre los años de estudio.

En el Cuadro 63 se adjuntan las medias y error estándar de las medidas de perímetro del tronco, volumen y superficie de copa con respecto de las categorías de vigor de árboles.

Cuadro 63. Medias y error estándar del perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en 'Arbequina' según las categorías de vigor de árboles.

vigor	perímetro (cm)	volumen de copa (m <sup>3</sup> )	superficie de copa (m <sup>2</sup> )
bajo	36,32±1,54	12,49±1,96	24,08±2,69
medio	41,42±0,93	20,11±1,60	32,30±1,63
alto	46,56±0,49	27,58±1,73	40,73±1,60

Al igual que sucediera en la variedad 'Picual', las categorías de vigor discriminan de manera adecuada las diferencias existentes entre árboles, ya que para las tres medidas cuantitativas realizadas, las diferencias entre categorías son significativas.

### II.3.3.2. REGRESIÓN VIGOR - PRODUCCIÓN

En la Figura 41 se presentan las regresiones lineales simples entre la producción acumulada los años 1998 y 1999 y las medidas de perímetro de tronco, volumen y superficie de copa.

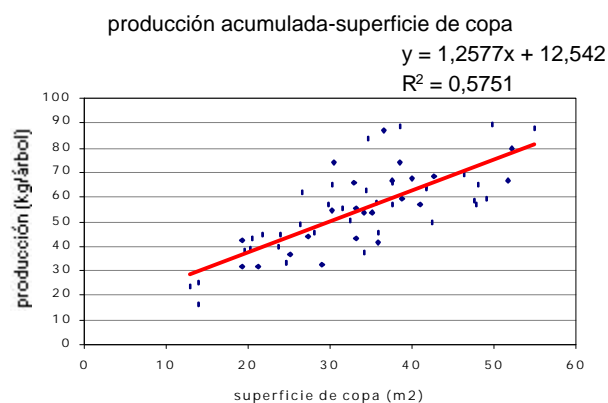
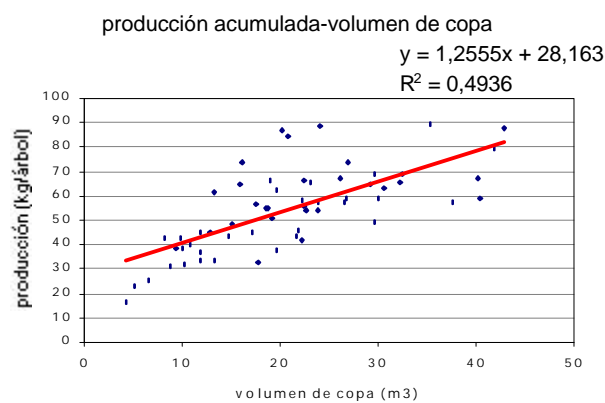
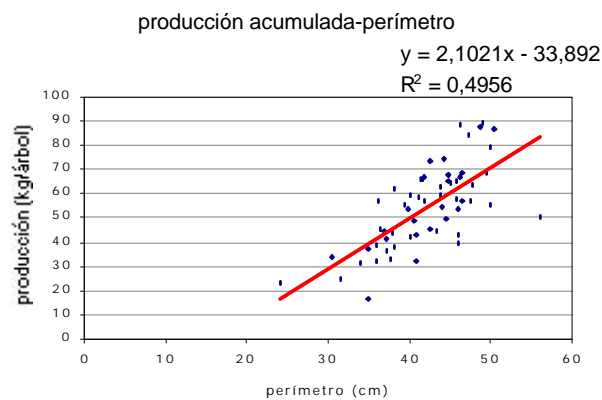


Figura 41. Rectas de regresión lineal entre la producción y el perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en la variedad 'Arbequina' en 1998 y 1999.

Como se puede apreciar en los gráficos, la variable que presentó un mejor ajuste para la producción acumulada fue la superficie de copa ( $R^2=0,58$ ), mientras que el

perímetro de tronco y el volumen de copa presentan valores del coeficiente de determinación similares ( $R^2=0,49$ ). Todas las regresiones resultaron significativas ( $p<0,000$ ).

Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) obtenidos para cada categoría de floración y cada medida de vigor se adjuntan en el Cuadro 64.

Cuadro 64. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de las regresiones lineales entre la producción y el perímetro de tronco (medido en cm), volumen (medido en  $m^3$ ) y superficie de copa (medida en  $m^2$ ) en 'Arbequina' para las categorías de floración en los años 1998 y 1999.

categorías de floración	1998				1999			
	n	perímetro	volumen	superficie	n	perímetro	volumen	superficie
escasa-poca	14	0,44	0,63	0,64	5	0,49	0,23	0,43
media	24	0,24	0,35	0,46	13	0,40	0,30	0,34
alta	15	0,51	0,38	0,45	24	0,45	0,49	0,56
muy alta	6	0,85	0,37	0,48	17	0,71	0,72	0,76

Por categorías, en 1998, se tiene un mejor ajuste con la superficie de copa en las categorías 1-2 y 3 de floración escasa-poca y media ( $R^2=0,64$  y  $R^2=0,46$ , respectivamente), y con el perímetro del tronco en la categoría 4 de floración alta ( $R^2=0,51$ ). La categoría 5 presenta un ajuste muy elevado con el perímetro de tronco ( $R^2=0,85$ ), aunque hay que reseñar el reducido número de árboles en esta categoría. En 1999, las categorías de floración escasa-poca y media presentan un mayor ajuste con el perímetro de tronco ( $R^2=0,49$  en la categoría 1-2 y  $R^2=0,40$  en la categoría 3), y las categorías 4 y 5, de floración alta y muy alta, con la superficie de copa ( $R^2=0,56$  y  $R^2=0,76$ ).

#### II.3.4. BANCO DE GERMOPLASMA

##### II.3.4.1. *RELACIÓN FLORACIÓN - VIGOR - PRODUCCIÓN*

La generalización de los estudios realizados se llevó a cabo en el Banco de Germoplasma de Olivo del C.I.F.A. de Córdoba "Alameda del Obispo". Los valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para este ensayo se muestran en el Cuadro 65.

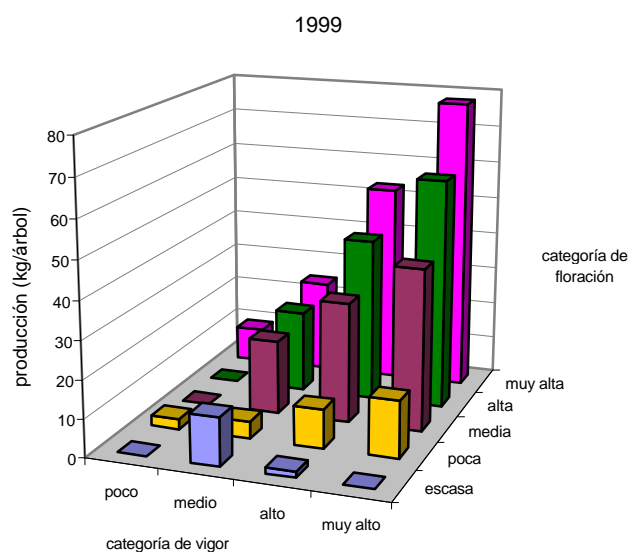


Cuadro 65. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de la producción en 552 árboles de 268 variedades del Banco de Germoplasma del C.I.F.A. "Alameda del Obispo" en 1999.

fuente de variación		g.l.	1999
			$R^2$
<i>modelo</i>		15	0,55
	flor	4	0,22
	vigor	3	0,29
	flor x vigor	8	0,03
<i>error</i>		536	0,45

El valor obtenido del coeficiente de determinación del modelo resulta elevado teniendo en cuenta lo desequilibrado del modelo. El coeficiente de variación fue de 34,64%, siendo también relativamente bajo.

En la Figura 42 se muestran las producciones medias por árbol en el Banco de



Germoplasma según las categorías de floración y de vigor, en el año 1999.

Figura 42. Producción media de olivos en 1999 en el Banco de Germoplasma, según sus categorías de floración y vigor.

En la generalización hecha del modelo en el Banco de Germoplasma se aprecia que la producción sigue la pauta según las categorías de floración, siendo mayor a medida que ascendemos en la escala de floración. Los valores obtenidos en la categoría 1 (floración escasa) se pueden atribuir al reducido número de árboles en esta clase. Por lo que se refiere al vigor, la producción media crece al hacerlo las categorías de vigor, como se ha observado en el resto de los ensayos.

En el Cuadro 66 se adjuntan las medias y error estándar de las medidas de perímetro del tronco, volumen y superficie de copa con respecto de las categorías de vigor de árboles.

Cuadro 66. Medias y error estándar del perímetro de tronco, volumen y superficie de copa en el Banco de Germoplasma según las categorías de vigor de árboles.

vigor	perímetro (cm)	volumen de copa (m <sup>3</sup> )	superficie de copa (m <sup>2</sup> )
bajo	36,67±3,38	4,89±0,62	13,74±0,90
medio	49,76±1,27	12,01±0,70	24,00±0,98
alto	71,43±0,67	28,89±0,55	42,70±0,53
muy alto	88,18±0,86	47,91±0,99	58,50±0,74

El modelo de categorías de vigor discrimina de manera adecuada las diferencias de tamaño existentes entre árboles. Así, se aprecian diferencias en el perímetro de tronco, volumen y superficie de copa entre las diversas categorías, si bien no son tan patentes para los árboles de vigor bajo y medio.

#### II.3.4.2. REGRESIÓN VIGOR – PRODUCCIÓN

En la Figura 43 se adjuntan las rectas de regresión simple de la producción y las medidas de perímetro de tronco, volumen y superficie de copa.

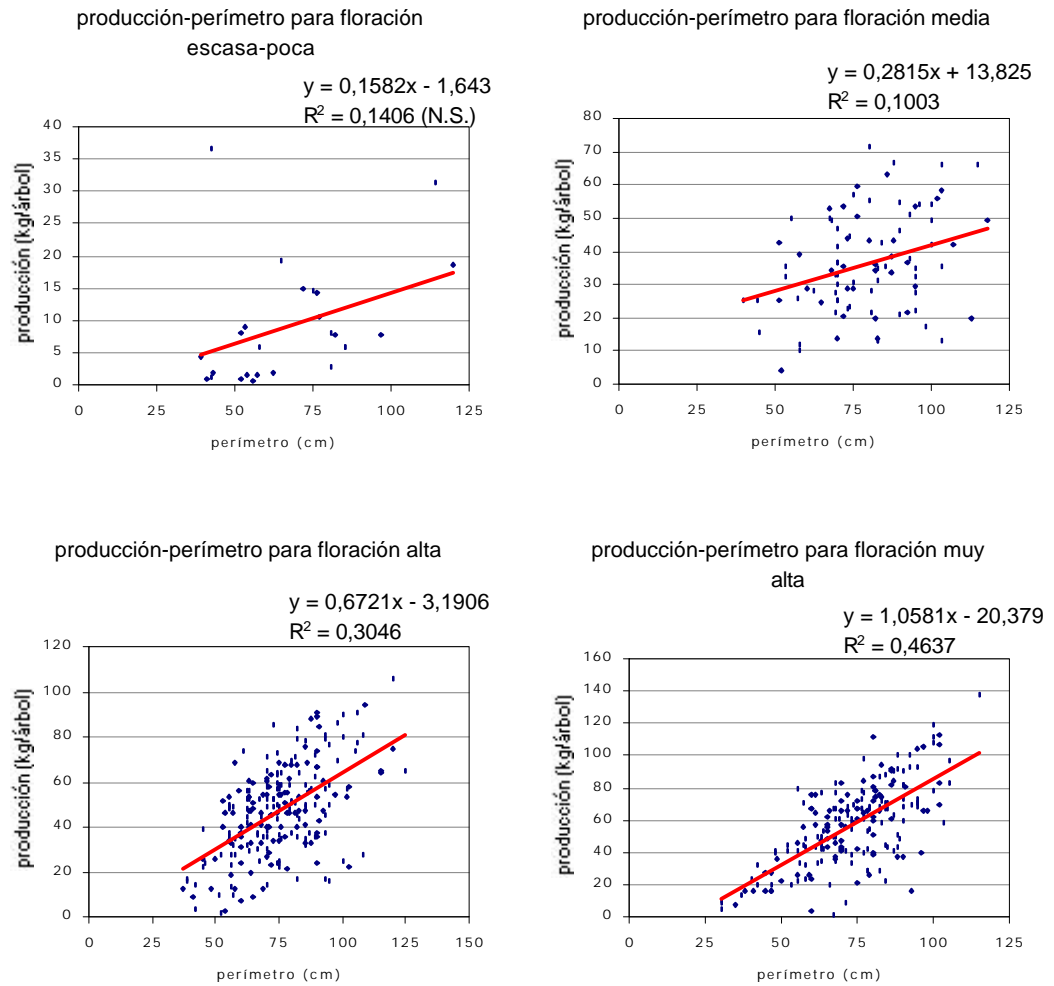


Figura 43. Rectas de regresión lineal entre la producción y el perímetro de tronco en el Banco de Germoplasma en 1999 según categorías de floración.

Como se aprecia en la Figura 43, la producción presenta una mayor relación con el perímetro de tronco según categorías de floración crecientes. Los resultados obtenidos para la categoría de floración escasa-poca se pueden atribuir a un escaso número de observaciones.

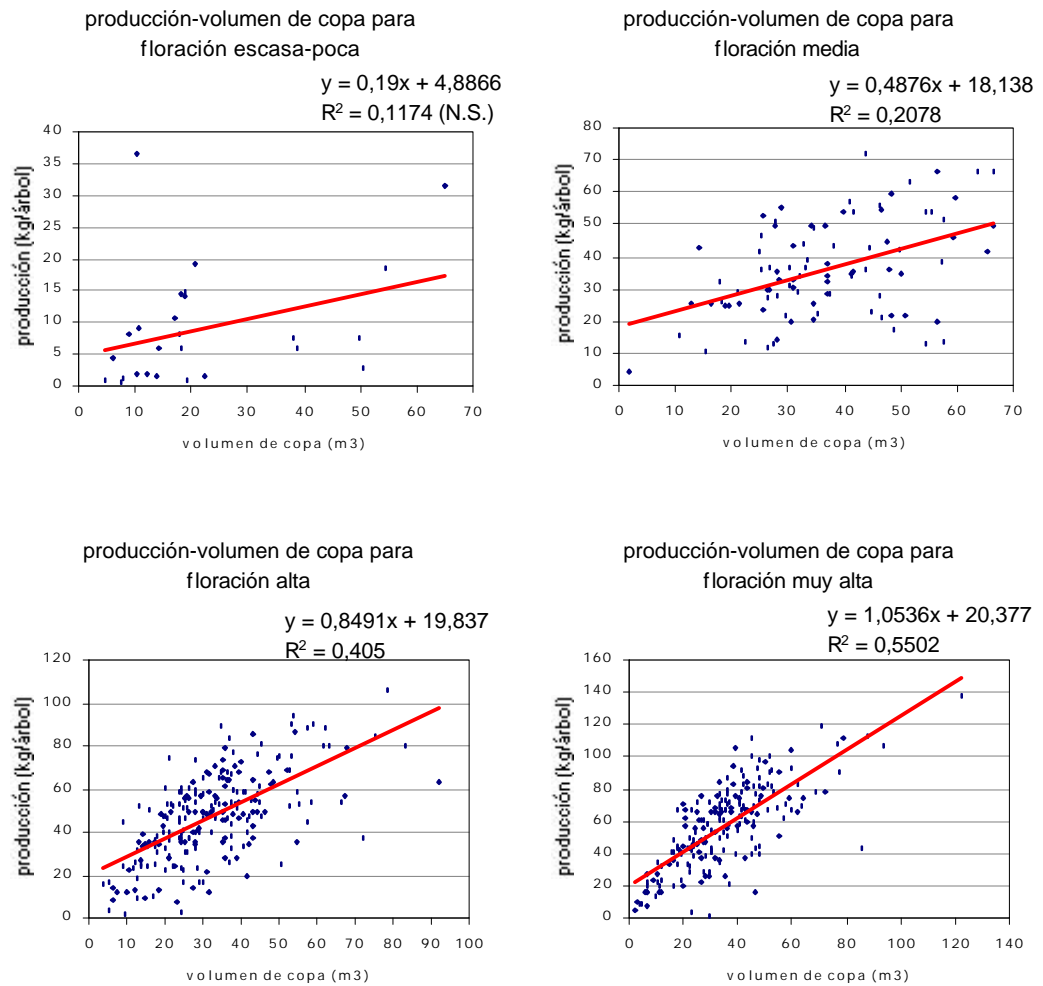


Figura 44. Rectas de regresión lineal entre la producción y el volumen de copa en el Banco de Germoplasma en 1999 según categorías de floración.

La relación entre producción y volumen de copa presenta mayores coeficientes de determinación ( $R^2$ ) cuanto mayor es la categoría de floración (Figura 44). Al igual que sucedía con el perímetro de tronco (Figura 43), los resultados para floración escasa-poca son no significativos, lo que podría ser debido al reducido número de observaciones de las que cuenta esta clase.

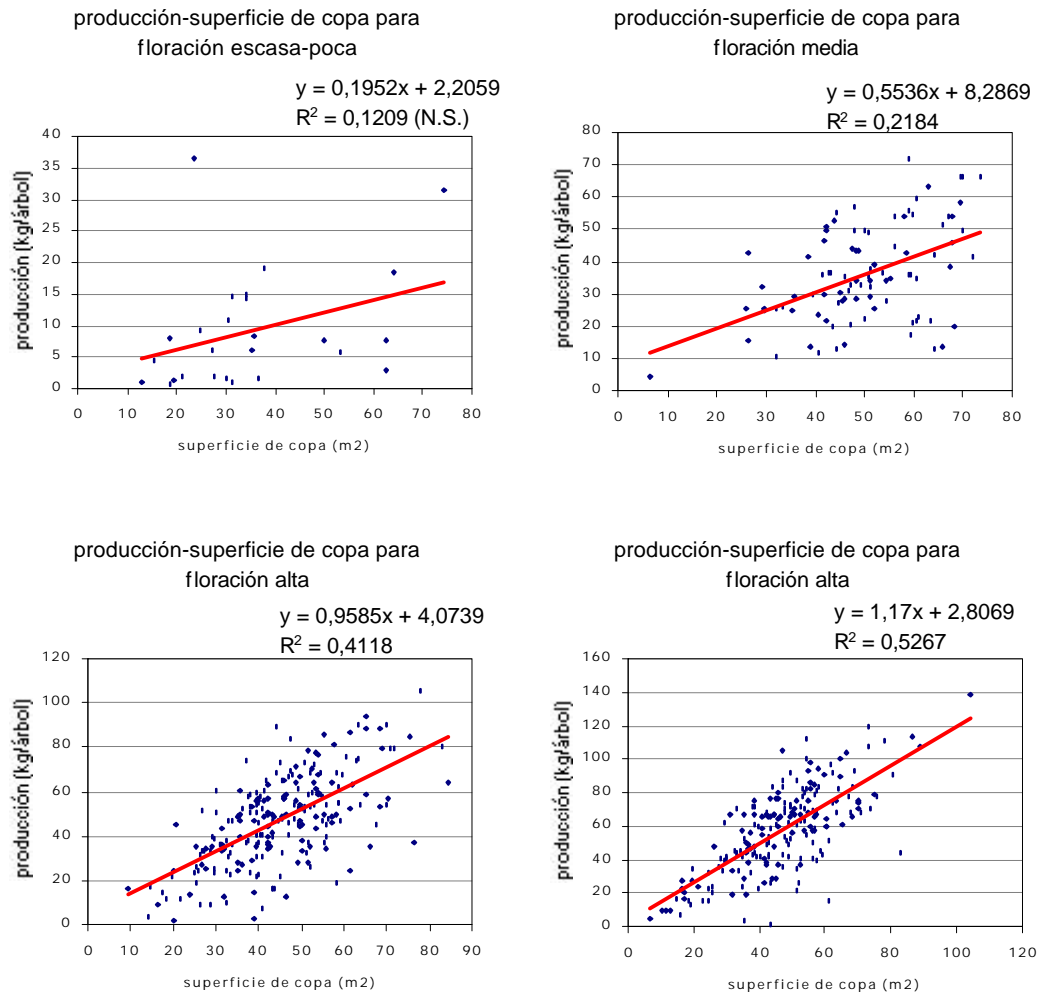


Figura 45. Rectas de regresión lineal entre la producción y la superficie de copa en el Banco de Germoplasma en 1999 según categorías de floración.

Se aprecia una relación creciente entre la superficie de copa y la producción según categorías de floración creciente, al igual que sucede con el perímetro de tronco y el volumen de copa (Figura 45). El reducido número de datos en la case de floración escasa-poca puede determinar el valor no significativo del coeficiente de determinación.

Según las categorías de floración, ya se ha mencionado la ausencia de significación de los resultados obtenidos para la categoría de menor floración(escasa-poca). En la categoría 3, de floración media, y 4 de floración alta, el ajuste ha sido mejor con la superficie de copa ( $R^2=0,22$ ;  $R^2=0,41$ ) y en la categoría 5 de muy alta floración, la producción se ajusta más con el volumen de copa ( $R^2=0,55$ ).

#### II.4. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio es poner de manifiesto las relaciones existentes entre floración, vigor y producción en olivo, mediante medidas sencillas (categorías visuales de floración y vigor) y como paso previo para la obtención de una función de predicción de cosecha.

La producción de un árbol viene definida por su fructificación potencial, que es la floración y su fructificación real, constituida por los frutos restantes tras la caída de postantesis (Rallo y Cuevas, 1999). Así mismo, el vigor del árbol influye en la cosecha al ser el soporte de la masa foliar y el factor principal que determina la producción de biomasa y la productividad del cultivo (Loomis y Connor, 1992; Villalobos *et al.*, 1995; Mariscal, 1998; Mariscal *et al.*, 2000). Según Hermoso (1994), la estimación de la cosecha final pasa por considerar la capacidad productiva del ramo y multiplicar ésta por el número de ramos.

Los diferentes ensayos realizados en este estudio confirman que la producción en olivo se distribuye de manera análoga al modelo propuesto mediante clasificaciones visuales de categorías de floración y vigor.

Los olivares que cuentan con estructuras muy homogéneas en cuanto a tamaño de los árboles, como en el ensayo realizado sobre 'Manzanilla de Sevilla', se ajustan al modelo usando sólo categorías visuales de floración. Estas medidas visuales son suficientes, ya que integran la intensidad de floración del ramo y el número de ramos fructíferos presentes en la copa en razón de la uniformidad de la misma, atendiendo a lo expuesto por Hermoso (1994). Los coeficientes de determinación del modelo, que varían entre 0,48 y 0,64 (Cuadro 57), resultan aceptables dado el gran desequilibrio que existe entre el número de observaciones para cada una de las categorías de floración.

En parcelas sin homogeneidad en el tamaño de los árboles, como ocurre en el resto de los ensayos del estudio, la clasificación según categorías de vigor ha resultado ser más consistente que la de categorías floración en relación con el modelo (Figuras 38, 40 y 42), presentando un mayor valor del coeficiente de determinación (Cuadros 59, 62 y 65). En estos casos, las categorías de vigor integran la capacidad fructificante del árbol, de tal manera que una copa mayor tendrá un número mayor de ramos fructíferos para una misma categoría de floración. Los valores del coeficiente de determinación de las regresiones entre producción y volumen o superficie de copa (Figuras 44 y 45) confirman que las medidas que engloban al conjunto de ramos productivos son las que producen un mayor ajuste con la producción.

La densidad de copa puede influir en la aplicación del modelo, ya que las categorías de vigor han resultado más influyentes en el coeficiente de determinación que las de floración en 'Picual', manteniéndose un nivel parecido en 'Arbequina'. Esta variedad está

considerada como de vigor medio y de densidad de copa media (Tous y Romero, 1993), mientras que 'Picual' presenta una copa espesa y vigor elevado, según Barranco y Rallo (1984).

Los resultados obtenidos del coeficiente de determinación del modelo propuesto para las variedades 'Picual' (0,69 y 0,58, en los años 1998 y 1999), 'Arbequina' (0,61 y 0,63, respectivamente para 1998 y 1999) y el total de variedades del Banco de Germoplasma de Olivo del C.I.F.A. de Córdoba "Alameda del Obispo" (0,55 en 1999), resultan elevados, habida cuenta del desequilibrio del diseño en número de árboles en cada clase. Por ello, un estudio en condiciones más equilibradas podría servir para obtener una función sencilla de predicción de cosecha en olivo, basado en el presente modelo de categorías de floración y vigor.

*"If you can dream - and not make dreams your  
master,  
If you can think - and not make thoughts your  
aim,  
If you can meet with Triumph and Disaster  
And treat those two impostors just the same"*

*(Rudyard Kipling. If)*

## **V. DISCUSIÓN GENERAL**



## V. DISCUSIÓN GENERAL

La fructificación en las especies frutales, y por ende en el olivo, es una secuencia de procesos en el cual intervienen factores genéticos, ambientales y de manejo del cultivo. Las variaciones de cada uno de estos componentes van a influir en la variabilidad de la fructificación, formando un complejo entramado de relaciones e interacciones cuyo estudio es el objetivo general de este trabajo.

La alternancia de la producción es una de las características más sobresalientes en el proceso reproductor del olivo y de otros frutales. Este fenómeno es inherente a la naturaleza de las plantas policárpicas según Monselise y Goldschmidt (1982), siendo un mecanismo de supervivencia de las especies en el tiempo mediante la estrategia de formar el mayor número de semillas en el año de carga y acumular reservas en el año de descarga (Wright, 1989).

El estudio de la alternancia de la producción se puede afrontar bajo diferentes puntos de vista, ya que presenta variaciones espaciales, temporales, según la variedad cultivada, o según su influencia en las oscilaciones del mercado de los productos. El principal problema que presenta este tipo de estudios es la necesidad de un número elevado de años de datos para la aplicación de los índices de vecería (Monselise y Goldschmidt, 1982).

En olivo se han realizado trabajos sobre la variación de los índices de alternancia de producción entre diferentes regiones de Italia por Morettini (1950, cit. por Monselise y Goldschmidt, 1982), y en la zona de Córdoba por Navarro (1994). El presente trabajo muestra un mapa de intensidad de vecería en ámbitos municipales, comarcales y provinciales de Andalucía. Así mismo, se han relacionado las variedades predominantes de cada zona y los rendimientos obtenidos (kg de aceituna/ha) con los valores medios y las desviaciones estándar del índice de intensidad de vecería.

La intensidad de la vecería en Andalucía se sitúa en un nivel general intermedio, en un rango entre 0,2 y 0,39, (Figura 2). Se observa una mayor incidencia de la vecería en las áreas de montaña (Sierra de Segura y Sierra Mágina en Jaén o Los Pedroches en Córdoba) o de olivar marginal (Serranía de Ronda en Málaga, Alpujarras granadina y almeriense o Campiña de Cádiz) como se aprecia en la Figura 2. Por lo tanto, la vecería presenta un importante componente ambiental y de manejo de la explotación, de acuerdo con lo constatado por Navarro (1994).

La variedad cultivada también influye en el comportamiento alternante por zonas geográficas, ya que cultivares catalogados como veceros, por ejemplo 'Lechín de Sevilla', Verdial de Vélez-Málaga' o, en menor medida, 'Hojiblanca' (Figura 3) (Barranco y Rallo, 1994), presentan una mayor incidencia de alternancia de producción.

Una profundización en el estudio de la vecería en Andalucía, mediante la ampliación del número de datos y años para la realización de un mapa más exhaustivo serviría para un mayor control de las oscilaciones del mercado del aceite.

La variación de vecería que presenta una parcela depende en gran medida de sus características ambientales y de cultivo (Monselise y Goldschmidt, 1982; Poli, 1986; Navarro, 1994). En el estudio de la variación de producción en una parcela y entre sus árboles no se ha observado un nivel de alternancia elevado, según los diferentes índices estudiados (Cuadro 4). La sincronía en la parcela va aumentando con el tiempo (Figura 5) debido al aumento de producción de los árboles conforme éstos aumentan de tamaño. Los índices de vecería estudiados presentan valores mayores cuando se estudian entre árboles de la parcela (Cuadro 5) que en el estudio de la misma en su totalidad. Esto es debido a que no existe una sincronía absoluta entre los árboles y un porcentaje de los mismos se encuentra en contraalternancia, como también aprecia Navarro (1994).

El nivel de floración y/o fructificación del árbol va a influir durante todo el desarrollo del ciclo reproductor. Su influencia se extiende a un ciclo bienal, como ya han definido varios autores (Stutte y Martin, 1986a; Suárez, 1987; Márquez y Rallo, 1988; Fernández-Escobar *et al.*, 1992; Vargas, 1993; Rallo y Cuevas, 1999). La metodología empleada, mediante una clasificación visual en categorías de floración (Cuadro 6), ha resultado una herramienta muy útil para establecer las relaciones existentes entre los niveles de floración, la producción y la alternancia de cosecha en un ciclo bienal.

Atendiendo a las relaciones que se establecen entre la floración y la cosecha en un mismo año, se ha observado la elevada respuesta obtenida en plantaciones muy homogéneas en tamaño de árbol, ya que las categorías de floración integran la intensidad florífera del ramo con el número de ramos presentes en la copa (Cuadro 57 y Figura 37), como ya apuntaba Hermoso (1994).

Los árboles y ramas de categorías de fructificación extremas presentan una alternancia de producción acusada mientras que este hecho no es apreciado de manera drástica en árboles y ramas de fructificación media (Cuadros 7, 8, 9 y 18; Figuras 6, 7 y 8).

La estructura de las ramas según su porte y posición se relaciona, así mismo, con el nivel de fructificación que presenten. Las ramas erguidas y de posición alta han sido las más fructíferas (Cuadros 10, 11, 12, 23 y 24). Sin embargo, su evolución hacia posiciones bajas y portes medios y llorones, descritos en trabajos previos (Poli, 1986; Pastor, 1989), es autónoma e independiente de la producción, al observarse una pauta análoga en las tres categorías de fructificación consideradas. Así mismo, un estudio más profundo de la evolución de las ramas en el tiempo y sus características reproductoras, unido a diseños de intensidad y ejecución de poda, podrían ser de utilidad para el control de la alternancia de producción.

El hábito fructificante de los ramos en un mismo año, se corresponde con las categorías de floración propuestas (Cuadro 6). La intensidad de floración (iflor) en ramos presenta pocas variaciones entre años, siendo más o menos uniforme (Cuadros 27 y 28). Sin embargo, la variabilidad es muy acusada en el índice de cuajado (icuj), incidiendo la fertilidad de la flor en la mayor o menor actuación de los mecanismos de compensación de la carga (Cuadros 31, 34, 37, 40 y 43), como se describe en trabajos previos (Ait-Radi, 1991; Vargas, 1993). Así mismo, los índices de fructificación (ifru1 e ifru2) y productividad (ipro1 e ipro2) permiten apreciar los procesos de competencia entre frutos y la regulación del número y tamaño de los mismos (Lavee, 1986; Lavee, 1996; Rallo y Cuevas, 1999). Estos mecanismos de regulación de la carga resultan efectivos dentro del ramo, determinando el número y tamaño de frutos del mismo, pero no sirven para compensar las diferencias de nivel de floración entre árboles.

Las categorías de floración de los árboles integran tanto la intensidad florífera de sus ramos como el número de éstos, como se ha mencionado previamente. Así, mientras la intensidad de floración del ramo no presenta variaciones extremas entre categorías, sí se encuentran diferencias en el número de ramos fructíferos de los árboles de cada categoría, distribuyéndose la proporción de ramos fructíferos según las categorías, de manera creciente (Figura 31). Estas diferencias van a mantenerse hasta la cosecha, que presenta la misma pauta que las categorías de floración, en todos los años de estudio (Figuras 27 a 30 y Figura 32).

Las diferencias varietales en la productividad de ramos en olivo han sido abordadas en estudios previos (Rallo y Fernández-Escobar, 1985; Ait-Radi, 1991; Hermoso, 1994). En el presente trabajo se ha tratado de relacionar la influencia que la variedad, el sistema de riego y las diferencias anuales tienen sobre la productividad, así como establecer una clasificación de los 39 cultivares estudiados según su nivel de productividad.

La variedad parece ser el factor que más determina la productividad en olivo (Cuadro 46; Figuras 33 y 34), no apreciándose influencia de los otros dos factores considerados en este estudio.

La clasificación de variedades por productividad que se ha realizado en este trabajo (Cuadros 50 y 51) presenta siete grupos, con dos de especial interés: uno con cultivares de alta fructificación y pequeño tamaño de fruto, con variedades como 'Koroneiki', 'Rosciola', 'Arbequina', 'Megaritiki' o 'Chetoui'; y otro grupo de productividad media y tamaño de fruto mayor al correspondiente por su índice de fructificación. A este grupo pertenecen 'Picual', 'Manzanilla de Sevilla', 'Villalonga' y 'Limoncillo'. Aumentar el número de variedades presentes en esta clasificación puede servir de apoyo junto con otros criterios como rendimiento graso, composición acídica, resistencia a enfermedades o precocidad de entrada en producción (León, 1997; Santos-Antunes *et al.*, 1999; Santos-Antunes, 1999;

León y Rallo, 2000), para la selección de genitores en programas de mejora genética por cruzamiento que se están desarrollando actualmente.

El vigor de un árbol es otro factor que va a influir en la productividad y producción del mismo, por su condición tanto de soporte de la cosecha como de la masa foliar, elemento productor de biomasa (Loomis y Connor, 1992; Villalobos *et al.*, 1995; Mariscal, 1998; Mariscal *et al.*, 2000). En el presente trabajo se ha realizado una aproximación a las relaciones existentes entre vigor y producción con un sistema de categorías de vigor análogo al utilizado con categorías de floración (Cuadro 52).

En las parcelas con tamaño de árboles heterogéneo, la cosecha dependerá de las relaciones entre el vigor del árbol y su nivel de floración, ya que el número de ramos fructíferos va a englobarse en medidas de vigor, mientras que la intensidad de floración lo va a hacer en las categorías de floración ya expuestas (Cuadros 59, 62 y 65). La densidad de copa, un factor que no se ha estudiado en este trabajo, puede ser importante a la hora de hacer una aproximación a una función de predicción de cosecha potencial que integre categorías de vigor y floración. Dicha función tendría indudables aplicaciones prácticas.

La producción de las ramas también está relacionada con el vigor de las mismas, aunque el factor determinante de la cosecha es, una vez más, el nivel de floración y/o fructificación de las mismas, y no su vigor o porte (Figuras 18, 19 y 20).

En suma, la elaboración de un mapa de incidencia de vecería ha permitido comprobar la influencia de los componentes ambientales, de manejo y varietales en la alternancia de producción de olivo en distintas zonas geográficas. Así mismo, se ha constatado la incidencia de los niveles de floración en el ciclo reproductor, siendo la clasificación según categorías visuales de floración, fructificación y vigor, una herramienta muy útil para establecer las relaciones existentes entre dichas variables. Se ha comprobado la importancia de los mecanismos de compensación de la carga florífera dentro del ramo, aunque resultan insuficientes para equilibrar las diferencias observadas en nivel de floración entre árboles. La clasificación realizada con 39 variedades según el nivel de productividad del ramo puede ser útil para la elección de genitores en programas de mejora, así como el estudio de la estructura y evolución de ramas en un ciclo bienal puede ayudar a establecer estrategias de poda.

*“El secreto de resultar aburrido es decirlo todo”*

(Voltaire)

## **VI. CONCLUSIONES**

## VI. CONCLUSIONES

1. La realización de un mapa de incidencia de la alternancia de producción en Andalucía ha permitido constatar los siguientes hechos:
  - La incidencia de la vecería en Andalucía se sitúa en un nivel medio.
  - La vecería es mayor en las zonas de olivar de montaña o de cultivo marginal, confirmándose la importancia que sobre la alternancia de producción tienen las características ambientales y de manejo del cultivo.
  - Se aprecia la influencia de la variedad cultivada en la incidencia de la alternancia de producción.
2. El nivel de floración y/o fructificación es el factor más determinante del desarrollo del ciclo reproductor, tanto en el año de cosecha como en el ciclo bienal completo.
3. Los mecanismos de compensación de la carga florífera, mediante la regulación del número y tamaño de los frutos resultan efectivos dentro del ramo, pero no sirven para compensar las diferencias de nivel de floración entre árboles.
4. La metodología de clasificación mediante categorías visuales de floración, fructificación y/o vigor ha resultado de gran utilidad para establecer las relaciones existentes entre la floración, el vigor y la alternancia de producción, tanto a nivel de ramos como de ramas, árboles y parcelas.
5. Las categorías de floración integran la intensidad de floración de los ramos y el número de ramos fructíferos de la copa en árboles individuales y en plantaciones con gran homogeneidad en el tamaño de los mismos.
6. Las categorías de vigor integran el número de ramos fructíferos, y las categorías de floración, la intensidad de la misma, en plantaciones con árboles de tamaño heterogéneo.
7. Las ramas de portes erguidos y posición alta han sido las más fructíferas. Sin embargo, su evolución hacia portes llorones y posiciones bajas es independiente y autónoma del nivel de producción.
8. La variedad ha resultado ser, en el presente estudio, el factor más determinante en la variabilidad de los índices de fructificación y productividad en olivo.

*"Libraries are as forest, in which not only tall cedars and oaks are to be found, but bushes too and dwarfish shrubs, and as in apothecaries' shops all sort of drugs are permitted to be, so may all sort of books be in a library."*

(William Drummond of Hawthornden)

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- AFIFI, A. A., CLARK, V. *Computer-aided multivariate analysis*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1984, 458 p.
- AGUSTÍ, M., ALMELA, V., PONS, J. Effects of girdling on alternate bearing in citrus. *Journal of Horticultural Science*, 1992, vol. 67, nº 2, pp. 203-210.
- AGUSTÍ, M. *Citricultura*. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 1999, 416 p.
- AIT-RADI, A. *Productividad y fructificación en cultivares de olivo*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 1991, 139 p.
- ALCALÁ, A. R., BARRANCO, D. Prediction of flowering time in olive of the Córdoba Olive Collection. *HortScience*, 1992, vol. 27, pp. 1205-1207.
- ALMEIDA, F. J. *Safra e contra-safra na oliveira*. Lisboa: Direcção General dos Servicios agricolas, 1940, 154 p.
- ANGLES, S. Evolución de la geografía oleícola en Andalucía. *Olivae*, 1999, vol. 78, pp. 12-22.
- ASENSIO, M. L., ESPINO, R., CABELLO, F., ORTIZ, J. M. *Caracterización ampelográfica e isoenzimática de variedades de extremeñas de Vitis vinifera L* II Congreso Iberoamericano de Ciencias Hortícolas. 1997, Vilamoura, pp. 281-288.
- ASENSIO, M. L. *Caracterización de variedades de Vitis vinifera L. cultivadas en Extremadura, mediante estudios morfológicos, agronómicos y bioquímicos*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 2000, 372 p.
- BADR, S. A., HARTMANN, H. T., MARTIN, G. C. Endogenous gibberellins and inhibitors in relation to flower induction and inflorescence development in the olive. *Plant Physiol.*, 1970, vol. 46, pp. 674-679.
- BADR, S. A., HARTMANN, H. T. Effect of diurnally fluctuating vs. constant temperatures on flower induction and sex expression in the olive (*Olea europaea*). *Physiologia Plantarum*, 1971, vol. 24, pp. 40-45.
- BADR, S. A., HARTMANN, H. T. Flowering response of the olive (*Olea europaea* L.) to certain growth regulators applied under inductive and noninductive environments. *Bot. Gaz.*, 1972, vol. 133, pp. 387-392.



- BARATTA, B., CARUSO, T., CRESCIMANNO, P. L., INGLESE, P. Using urea as thinning agent in olive: the influence of concentration and time of application. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 163-166.
- BARONE, E., CARUSO, T., MARRA, F. P., MOTISI, A., KASKA, N., KUDEN, A. B., FERGUSON, L., MICHAILIDES, T. *Vegetative growth and inflorescence bud abscission in bearing and non-bearing pistachio trees*. 1<sup>st</sup> International Symposium on Pistachio Nut. 1994, Adana, Turkey, pp. 29-35.
- BARRANCO, D., RALLO, L. *Las variedades de olivo cultivadas en Andalucía*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Junta de Andalucía, 1984, 387 p.
- BARRANCO, D., KRUEGER, W. H. Timing of NAA application in olive thinning. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 167-169.
- BARRANCO, D., MILONA, G., RALLO, L. Épocas de floración de cultivares de olivo en Córdoba. *Investigación Agraria*, 1994, vol. 9, pp. 213-220.
- BARRANCO, D. Variedades y patrones. En: BARRANCO, D., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. *El cultivo del olivo*. 3<sup>a</sup> ed. Madrid: Junta de Andalucía y Ed. Mundi-Prensa, 1999, pp. 61-90.
- BARTOLINI, G., PREVOST, G., MESSERI, C., CARIGNANI, G. *Olive Germplasm: Cultivars and World-Wide Collections*. Roma: FAO edition, 1998, 459 p.
- BASAK, A., RECHNIO, H., CEGLOWSKI, M., GUZOWSKA, B. B. Plum fruit thinning with ethephon, paclobutrazol and mixture of NAA, ethephon and carbaryl. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 1993, vol. 1, nº 2, pp. 35-43.
- BELAJ, A. *Identificación y clasificación de variedades de olivo (Olea europaea L.) del Banco de Germoplasma de Córdoba con marcadores RAPDs*. Tesis de Master. Universidad de Córdoba, 1998, 119 p.
- BELAJ, A. *RAPD analysis support the autochthonous origin of olive cultivars*. 4<sup>th</sup> International Symposium on Olive Growing. 2000, Valenzano (Bari), Italia, (en prensa).
- BEN-TAL, Y., LAVEE, S. Girdling olive trees, a partial solution to biennial bearing. II. The influence of consecutive mechanical girdling, on flowering and yield. *Riv. Ortoflorofrutt. It.*, 1984, vol. 68, pp. 441-451.
- BEN-TAL, Y., LAVEE, S. Girdling olive trees, a partial solution to biennial bearing. III. Chemical girdling: its influence on flowering and yield. *Riv. Ortoflorofrutt. It.*, 1985, vol. 69, pp. 1-11.

- BERTSCHINGER, L., STADLER, W. Thinning time of Boskoop. *Obst und Weinbau*, 1997, vol. 133, nº 22, pp. 556-558.
- BINI, G., LENSI, M. Ossevazioni su alcuni aspetti dell'ontogenesi fiorale nell'olivo. *Riv. Ortoflorofrutt. It.*, 1981, vol. 65, pp. 371-380.
- BONGI, G., PALLIOTTI, A. Olive. En: SCHAFFER, B., ANDERSEN, P. C. *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops*. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 1994, vol. I: Temperate Crops, pp. 165-187.
- BROOKS, R. M., OLMO, H. P. *The Brooks and Olmo Register of Fruit & Nut Varieties*. 3rd ed. Alexandria, VA.: ASHS Press, 1997, 743 p.
- BUBAN, T., HESEMANN, C. U. Cytochemical investigations of the shoot apex of apple trees I. DNA, DNA- and RNA- and histone content of meristematic cell nuclei in terminal buds of spurs with and without fruits. *Acta Bot. Acad. Sci. Hungaricae*, 1974, vol. 25, pp. 53-62.
- BUBAN, T., FAUST, M. Flower bud induction in apple trees: internal control and differentiation. *Hort. Rev.*, 1982, vol. 4, pp. 174-203.
- BUSTAN, A., GOLDSCHMIDT, E. E. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. *Plant, Cell and Environment*, 1998, vol. 21, pp. 217-224.
- BYERS, R. E. Controlling growth of bearing apple trees with ethephon. *HortScience*, 1993, vol. 28, nº 11, pp. 1103-1105.
- CABALLERO, J., DEL RÍO, C. *Métodos de multiplicación*. En: BARRANCO, D. FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. *El cultivo del olivo*. 3ª ed. Madrid: Junta de Andalucía y Ed. Mundi-Prensa, 1999, pp. 91-116.
- CABALLERO, J., DEL RÍO, C. *Conservación de los recursos genéticos del olivo*. Seminario Internacional sobre innovaciones científicas y su aplicación en la olivicultura y la elaiotécnica. 1999, Florencia, Consejo Oleícola Internacional, 19 p.
- CABELLO, F., DE LA FUENTE, J. M., MUÑOZ, G. *Caracterización de las variedades de vid 'Tempranillo' y sus posibles sinonimias españolas*. II Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. 1993, Zaragoza, pp. 848-857.
- CHAN, B. G., CAIN, J. C. The effect of seed formation on subsequent flowering in apple. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1967, vol. 91, pp. 63-68.

- CIMATO, A., FIORINO, P. Influence of fruit bearing on flower induction and differentiation in olive. *Olea*, 1986, vol. 17, pp. 55-60.
- CIMATO, A., CANTINI, C., SANI, G. Climate-phenology relationships on olive cv Frantoio. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 171-174.
- CUEVAS, J., RALLO, L. *Respuesta a la polinización cruzada en olivo bajo diferentes temperaturas*. III Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 1988, Puerto de la Cruz-Tenerife, pp. 203-208.
- CUEVAS, J., RALLO, L. Response to cross-pollination in olive trees with different levels of flowering. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 179-182.
- CUEVAS, J. *Incompatibilidad polen-pistilo, procesos gaméticos y fructificación de cultivares de olivo (Olea europaea L.)*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 1992, 126 p.
- CUEVAS, J., RALLO, L., RAPOPORT, H. F. Initial fruit set at high temperature in olive, *Olea europaea L.* *Journal of Horticultural Science*, 1994, vol. 69, nº 4, pp. 665-672.
- CUEVAS, J., RALLO, L., RAPOPORT, H. F. Crop load effects on floral quality in olive. *Scientia Horticulturae*, 1994, vol. 59, nº 2, pp. 123-130.
- CUEVAS, J., RALLO, L., RAPOPORT, H. F. Procedure to study ovule senescence in olive. *Acta Horticulturae*, 1994, vol. 356, pp. 252-255.
- CUEVAS, J., RAPOPORT, H. F., RALLO, L. Relationships among reproductive processes and fruitlet abscission in 'Arbequina' olive. *Advances in Horticultural Science*, 1995, vol. 9, nº 2, pp. 92-96.
- DARBELLAY, C., AERNY, J., DESSIMOZ, A., EVEQUOZ, N. Controlling yield and fruit quality in the cultivation of Maigold apples. I: Influence of fruit load on vegetative growth and biennial bearing. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture*, 1995, vol. 27, nº 2, pp. 113-120.
- DARBELLAY, C., AERNY, J., DESSIMOZ, A., EVEQUOZ, N. Controlling yield and fruit quality in the cultivation of Maigold apples. 2: Influence of load on fruit quality. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture*, 1995, vol. 27, nº 3, pp. 151-156.
- DE LA ROSA, R. *Uso de marcadores moleculares en la mejora genética del olivo (Olea europaea L.)*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 2000, 104 p.
- DENNEY, J. O., MCEACHERN, G. R. An analysis of several climatic temperature variables dealing with olive reproduction. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 1983, vol. 108, nº 4, pp. 578-581.

- DIMASSI, K., THERIOS, I., BALATSOS, A. The blooming period and self-fruitfulness in twelve greek and three foreing olive cultivars. *Acta Horticulturae*, 1999, vol. 474, pp. 275-278.
- ERIS, A., BARUT, E., LAVEE, S., GOREN, R. *Decreasing severity of alternation using girdling and some plant regulators in olive*. 7<sup>th</sup> International Symposium on Plant Growth Regulators in Fruit Production. 1993, Jerusalem, Israel, pp. 131-133.
- EXTREMERA, G., RAPOPORT, H. F., RALLO, L. Caracterización del desarrollo normal del saco embrionario en olivo (*Olea europaea* L.). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 1988, vol. 45, pp. 197-211.
- FABBRI, A., ALERCI, L. Anatomical aspects of flower and leaf bud differentiation in *Olea europaea* L. *Acta Horticulturae*, 1999, vol. 474, pp. 245-249.
- FAHMY, I. Changes in carbohydrate and nitrogen content of Souri olive leaves in relation to alternate bearing. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1958, vol. 72, pp. 252-256.
- FAHMY, I., NASRALLAH, S. Changes in macro-nutrient elements of Souri olive leaves in alternate bearing years. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1959, vol. 74, pp. 372-377.
- FARMAHAN, H. L. Chemical thinning improves 'off' year crop harvest in Kinnow mandarin. *Horticultural Journal*, 1992, vol. 5, n° 2, pp. 67-72.
- FAUST, M. Evolution of fruit nutrition during the 20<sup>th</sup> Century. *HortScience*, 1979, vol. 14, pp. 321-325.
- FERGUSON, L., MARANTO, J., BEEDE, R. Mechanical topping mitigates alternate bearing of 'Kerman' pistachios (*Pistacia vera* L.). *HortScience*, 1995, vol. 30, n° 7, pp. 1369-1372.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. *Factores que afectan a la polinización y cuajado de frutos de olivo (Olea europaea L.)*. Madrid: Ed. Fundación Juan March, 1979, 43 p.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. *Polinización y cuajado de frutos en cultivares de olivo Olea eropaea L.* Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 1981, 167 p.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. Influencia de la polinización cruzada en el cuajado de frutos de cultivares de olivo (*Olea europaea* L.). *ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria*, 1981, vol. 45, pp. 51-58.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., GÓMEZ-VALLEDOR, G., RALLO, L. Influence of pistil extract and temperature on *in vitro* pollen germination and pollen tube growth of olive cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 1983, vol. 58, pp. 219-227.

- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., GÓMEZ-VALLEDOR, G. Cross-pollination in 'Gordal Sevillana' olives. *HortScience*, 1985, vol. 20, pp. 191-192.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., MARTIN, R., LOPEZ-RIVARES, E. P., SUÁREZ, M. P. Girdling as a means of increasing fruit size and earliness in peach and nectarine cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 1987, vol. 62, nº 4, pp. 463-468.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., BENLLOCH, M., NAVARRO, C., MARTIN, G. C. The time of floral induction in the olive. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1992, vol. 117, nº 2, pp. 304-307.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., MORENO, R., GARCÍA-CREUS, M. Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate bearing cycle. *Scientia Horticulturae*, 1999, vol. 82, pp. 25-45.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. Fertilización. En: BARRANCO, D., FERNANDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. *El cultivo del olivo*. 3ª ed. Madrid: Junta de Andalucía. Ed. Mundi-Prensa, 1999, pp. 245-266.
- FERNÁNDEZ, J. E., MORENO, F. Water use by the olive tree. *Journal of Crop Production*, 1999, vol. 2, nº 2, pp. 101-162.
- FERRARA, E., LORUSSO, G., LAMPARELLI, F. A study of floral biology and the technological features of seven olive cultivars of different origins. *Acta Horticulturae*, 1999, vol. 474, pp. 279-283.
- FINAZZO, S. F., DAVENPORT, T. L., SCHAFFER, B. Partitioning of photoassimilates in avocado (*Persea americana* Mill.) during flowering and fruit set. *Tree Physiology*, 1994, vol. 14, nº 2, pp. 153-164.
- GARCÍA-LUIS, A., FORNES, F., GUARDIOLA, J. L. Competition and fruitlet abscission in satsuma mandarin. En: *Citriculture*. Revohot, Israel: Balaban Publishers, 1988, pp.485-496.
- GARCÍA-ORTÍZ, A., FERNÁNDEZ, A., PASTOR, M., HUMANES, J. Poda. En: BARRANCO, D., FERNANDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. *El cultivo del olivo*. Madrid: Junta de Andalucía y Ed. Mundi-Prensa, 1999, pp. 315-352.
- GARCÍA, A., FERREIRA, J., FRÍAS, L., FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, A. *Fertilidad de las variedades de olivo españolas*. II Seminario Oleícola Internacional. 1975, Córdoba.
- GARCÍA, A., PUERTAS, B., LARA, M. *Variedades de vid en Andalucía*. Junta de Andalucía, 1990, 253 p.
- GOGUEY, T., LAVI, U., DEGANI, C., GAZIT, S., LAHAV, E., PESIS, E., PRUSKY, D., TOMER, E., WYSOKI, M. *Architectural approach of the mechanisms of canopy growth and flowering of mango trees*. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Mango Symposium. 1997, Tel Aviv, Israel, pp. 124-131.

- GOLOMB, A., GOLDSCHMIDT, E. E. Mineral nutrient balance and impairment of the nitrate-reducing system in alternate-bearing 'Wilking' mandarin trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1987, vol. 112, nº 2, pp. 397-401.
- GONZÁLEZ, F., CATALINA, L. Importancia de los factores nutricionales en la floración y fructificación del olivar. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 1977, pp. 961-971.
- HACKETT, W., HARTMANN, H. T. Morphological development of buds of olive as related to low temperature requirement for inflorescence formation. *Bot. Gaz.*, 1963, vol. 124, pp. 383-387.
- HACKETT, W., HARTMANN, H. T. Inflorescence formation in olive as influenced by low temperature, photoperiod and leaf area. *Bot. Gaz.*, 1964, vol. 125, pp. 65-72.
- HACKETT, W., HARTMANN, H. T. The influence of temperature on floral initiation in the olive. *Physiologia Plantarum*, 1967, vol. 20, pp. 430-436.
- HANSEN, P. Source/sink effects in fruit: an evaluation of various elements. En: WRIGHT, C. J. *Manipulation of fruiting*. Londres: Butterworths & Co. Ltd., 1989, pp. 29-37.
- HARTMANN, H. T. Olive flower-bud formation. *California Agriculture*, 1950, pp. 4-16.
- HARTMANN, H. T., PORLINGIS, I. C. Effects of different amounts of winter chilling on fruitfulness of several olive varieties. *Bot. Gaz.*, 1957, vol. 119, pp. 102-104.
- HARTMANN, H. T. Some responses of the olive to a nitrogen fertilizer. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1958, vol. 72, pp. 257-266.
- HARTMANN, H. T., PANETSOS, C. Effects of soil moisture deficiency during floral development on fruitfulness in the olive. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1962, vol. 78, pp. 209-217.
- HERMOSO, J. F. *Variación intraespecífica de la fructificación en cultivares de olivo*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba, 1994, 118 p.
- HEYWOOD, H. U. *Las plantas con flores*. Barcelona: Ed. Reverté, 1985, XI, 332 p.
- JACKSON, D. I., SWEET, G. B. Flower initiation in temperate woody plants. *Horticultural Reviews*, 1972, vol. 42, pp. 9-24.
- JACKSON, J. E., HAMER, J. C. The causes of year-to-year variation in the average yield of Cox's Orange Pippin apple in England. *Journal of Horticultural Science*, 1980, vol. 55, pp. 149-156.

- JACKSON, J. E. The manipulation of fruiting. En: WRIGHT, C. J. *Manipulation of fruiting*. Butterworths & Co. Ltd., 1989, pp. 3-12.
- JACOBONI, A., PINNOLA, M., BALTADORI, A. The production of *Olea europaea* L. in Viterbo in relation to the climatological factors. *Acta Horticulturae*, 1999, vol. 474, pp. 229-232.
- JOHNSON, R. S., WEINBAUM, S. A. Variation in tree size, yield, cropping efficiency, and alternate bearing among 'Kerman' pistachio trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1987, vol. 112, n° 6, pp. 942-945.
- KLEIN, I., WEINBAUM, S. A., DEJONG, T. M., MURAOKA, T. T. Relationship between fruiting, specific leaf weight, and subsequent spur productivity in walnut *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1991, vol. 116, n° 3, pp. 426-429.
- LANG, G. A. Dormancy: A new universal terminology. *HortScience*, 1987, vol. 22, n° 5, pp. 817-328.
- LAVEE, S. Olive. En: MONSELISE, S. *Handbook of fruit set and development*. CRC Press, 1986, pp. 261-276.
- LAVEE, S., HARSHMESH, H., AVIDAN, N. Phenolic acids. Possible involvement in regulating growth and alternate fruiting in olive trees. *Acta Horticulturae*, 1986, vol. 179, n° 1, pp. 317-328.
- LAVEE, S., AVIDAN, N., KLEIN, I. Protein content and composition of leaves and shoot bark in relation to alternate bearing of olive trees (*Olea europaea* L.). *Acta Horticulturae*, 1994, vol. 356, pp. 143-147.
- LAVEE, S. ¿Porqué la necesidad de nuevas variedades de olivos? En: *Olivicultura*. Barcelona: Fundación "La Caixa" - Ed. Agrolatino, 1994, pp. 29-37.
- LAVEE, S., RALLO, L., RAPOPORT, H. F., TRONCOSO, A. The floral biology of the olive: effect of flower number, type and distribution on fruitset. *Scientia Horticulturae*, 1996, vol. 66, pp. 149-158.
- LAVEE, S. Biología y fisiología del olivo. En: CONSEJO OLEÍCOLA INTERNACIONAL. *Enciclopedia Mundial del Olivo*. Barcelona: Ed. Plaza y Janés, 1996, pp. 59-106.
- LAVEE, S., RALLO, L., RAPOPORT, H. F., TRONCOSO, A. The floral biology of the olive II. The effect of inflorescence load and distribution per shoot on fruit set and load. *Scientia Horticulturae*, 1999, vol. 82, pp. 181-192.
- LEE, R. R., FALLAHI, E., FELLMAN, J. K. Flower bud position affects bloom and fruit quality. *Good Fruit Grower*, 1994, vol. 45, n° 7, pp. 40-43.

- LEÓN, L. *Variabilidad de la producción, de la fuerza de retención del fruto y de los componentes del rendimiento graso en cultivares y progenies de olivo*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba, 1997.
- LEÓN, L., RALLO, L. *Selection on olive progenies based on earliness of bearing and fruit oil content*. 4<sup>th</sup> International Symposium on Olive Growing. 2000, Valenzano (Bari), Italia, (en prensa).
- LESPINASSE, J. M., DELORT, J. F., EREZ, A., JACKSON, J. E. *Regulation of fruiting in apple. Role of the bourse and crowned brindles*. 5<sup>th</sup> International Symposium on Orchard and Plantation Systems. 1993, Tel Aviv, Israel, pp. 239-246.
- LOOMIS, R. S., CONNOR, D. J. *Crop ecology: productivity and management in agricultural systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992, 514 p.
- LÓPEZ- RIVARES, E. P., SUÁREZ, M. P. *Estudio de la épocas óptimas para el anillado en olivo*. III Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 1988, Puerto de la Cruz-Tenerife, pp. 215-220.
- MANRIQUE, T. *Desarrollo de la aceituna bajo diferentes regímenes de riego*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba, 1996, 105 p.
- MANRIQUE, T. *Pautas y procesos celulares en el crecimiento de la aceituna*. Tesis de Master. Universidad de Córdoba, 1997, 95 p.
- MANRIQUE, T., RAPOPORT, H. F. *Crecimiento del mesocarpo en seis variedades de aceituna*. VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. 1999, Murcia, pp. 126-131.
- MAPA (MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN). *Anuario de Estadística Agraria*. Madrid, 1998.
- MARANTO, J., KRUEGER, W. H. Olive fruit thinning. En: FERGUSON, L., SIBBETT, G. S., MARTIN, G. C. *Olive Production Manual*. Oakland, CA: Universidad de California, 1994, pp. 87-89.
- MARISCAL, M. J. *Intercepción de radiación solar y acumulación de biomasa por cubiertas de olivo*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 1998, 173 p.
- MARISCAL, M. J., ORGAZ, F., VILLALOBOS, F. J. Modelling and measurement of radiation interception by olive canopies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2000, pp. 183-197.
- MARTIN, G. C. Olive flower and fruit population dynamics. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 141-153.



- MARTIN, G. C., FERGUSON, L., POLITO, V. S. Flowering, pollination, fruiting, alternate bearing and abscission. En: FERGUSON, L., SIBBETT, G. S., MARTIN, G. C. *Olive Production Manual*. Oakland, CA: Universidad de California, 1994, pp. 51-56.
- MARTÍNEZ-DÍAZ, G., NAVARRO-AÍNZA, J. A., GRIJALVA-CONTRERAS, R. Branch position, defoliation, desbudding and girdling on floral initiation, flowering and fruit set of olive. *HortScience*, 1990, vol. 25, nº 9, pp. 170.
- MÁRQUEZ, J. A., RALLO, L. *Influencia de la fructificación sobre la distribución de materia seca en olivos jóvenes*. III Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 1988, Puerto de la Cruz-Tenerife, pp. 194-198.
- MÁRQUEZ, J. A. *Distribución de asimilados y cuajado de frutos en cultivares de olivo*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 1989, 128 p.
- MÁRQUEZ, J. A., RALLO, L. *Relación del ramo fructífero de olivo con el resto de la planta durante el desarrollo del fruto*. Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. 1995, pp. 254-259.
- MCLAUGHLIN, J. M., GREENE, D. W. Effects of BA, GA<sub>4+7</sub>, and daminozide on fruit set, fruit quality, vegetative growth, flower initiation and flower quality of 'Golden Delicious' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 1984, vol. 109, pp. 34-39.
- MONSELISE, S., GOLDSCHMIDT, E. E. Alternate bearing in fruit trees. *Hort. Rev.*, 1982, vol. 4, pp. 128-173.
- NAVARRO BURGOS, E. *Evaluación de métodos bioquímicos: isoenzimas y RAPDs en la identificación de variedades de olivo del Banco de Germoplasma de Córdoba*. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Córdoba, 1999, 97 p.
- NAVARRO, C., BENLLOCH, M., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. 1990. *Biochemical and morphological changes related to flowering in the olive*. XXIII International Horticultural Congress. Florencia, Italia, Abstract 3169.
- NAVARRO, C., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., BENLLOCH, M. Flower bud induction in 'Manzanillo' olive. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 195-198.
- NAVARRO, C. La vecería del olivo. *Curso Internacional de Olivicultura del Consejo Oleícola Internacional*, 1994, 13 p.
- O'NEILL, S. D., NADEAU, J. A. Postpollination flower development. *Hort. Rev.*, 1997, vol. 19, pp. 1-58.
- PASTOR, M. *Sistemas de manejo del suelo en olivar*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 1988, 262 p.

- PASTOR, M. *Olive pruning. Practical handbook on olive cultivation*. Madrid: Consejo Oleícola Internacional, 1989, 111 p.
- PINNEY, K., POLITO, V. S. Flower initiation in 'Manzanillo' olive. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 203-206.
- POLI, M. Étude bibliographique de la physiologie de l'alternance de production chez l'olivier (*Olea europaea* L.). *Fruits*, 1979, vol. 34, pp. 687-695.
- POLI, M. La vecería de la producción del olivo (I). *Olivae*, 1986, vol. 10, pp. 11-33.
- POLI, M. La vecería de la producción del olivo (II). *Olivae*, 1986, vol. 12, pp. 7-27.
- PORRAS, A. Recolección. En: BARRANCO, D., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. *El cultivo del olivo*. 3ª ed. Madrid: Junta de Andalucía y Ed. Mundi-Prensa, 1999, pp. 353-380.
- PRIESTLEY, C. A. The annual turnover of resources in young olive trees. *Journal of Horticultural Science*, 1977, vol. 52, pp. 105-112.
- PROIETTI, P., TOMBESI, A., BOCO, M. Influence of leaf shading and defoliation on oil synthesis and growth of olive fruits. *Acta Horticulturae*, 1994, vol. 356, pp. 272-277.
- PROIETTI, P., TOMBESI, A. Translocation of assimilates and source-sink influences on productive characteristics of the olive tree. *Advances in Horticultural Science*, 1996, vol. 10, nº 1, pp. 11-14.
- PROIETTI, P., TOMBESI, A. Effects of gibberelic acid, asparagine and glutamine on flower bud induction in olive. *Journal of Horticultural Science*, 1996, vol. 71, nº 3, pp. 383-388.
- RALLO MORILLO, P. *El papel de los procesos celulares en el crecimiento del fruto en cinco cultivares de olivo (Olea europaea L.)*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba, 1994, 105 p.
- RALLO, L., MARTIN, G. C., LAVÉE, S. Relationship between abnormal embryo sac development and fruitfulness in olive. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1981, vol. 106, pp. 813-817.
- RALLO, L., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. Influence of cultivar and flower thinning within the inflorescence on competition among olive fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1985, vol. 110, nº 2, pp. 303-308.
- RALLO, L. *En torno al olivar*. Lección inaugural. Universidad de Córdoba, 1986, 23 p.
- RALLO, L., SUAREZ, M. P. Seasonal distribution of dry matter within the olive fruit-bearing limb. *Advances in Horticultural Science*, 1989, vol. 3, nº 2, pp. 55-59.

- RALLO, L., CUEVAS, J., RAPOPORT, H. F. Fruit set pattern in self- and open-pollinated olive cultivars. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 219-222.
- RALLO, L., MARTIN, G. C. The role of chilling in releasing olive floral buds from dormancy. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 1991, vol. 116, pp. 1058-1062.
- RALLO, L., TORREÑO, P., VARGAS, A., ALVARADO, J. Dormancy and alternate bearing in olive. *Acta Horticulturae*, 1994, vol. 356, pp. 127-136.
- RALLO, L. Selección y mejora genética del olivo en España. *Olivae*, 1995, vol. 59, pp. 46-53.
- RALLO, L., CUEVAS, J. Fructificación y producción. En: BARRANCO, D. FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. *El cultivo del olivo*. 3ª ed. Madrid: Junta de Andalucía. Ed. Mundi-Prensa, 1999, pp. 117-150.
- RAMÍREZ, M., NAVARRO, C., RALLO, L. *Relationship among flowering, fruitfulness and crop in 'Manzanilla de Sevilla' olives*. 4<sup>th</sup> International Symposium on Olive Growing. 2000, Valenzano (Bari), Italia, (en prensa).
- RAMOS, A. *Inducción floral y latencia de las yemas del olivo (Olea europaea L.)*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 2000, 141 p.
- RAPOPORT, H. F., RALLO, L. Ovule development in normal and parthenocarpic olive fruits. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 223-226.
- RAPOPORT, H. F., POLITO, V. S., RALLO, L. 1990. *Pit hardening in the olive*. XXIII International Horticultural Congress. Florencia, Italia, Abstract 2364.
- RAPOPORT, H. F., RALLO, L. Fruit set and enlargement in fertilized and unfertilized olive ovaries. *HortScience*, 1991, vol. 26, pp. 896-898.
- RAPOPORT, H. F., RALLO, L. Postanthesis flower and fruit abscission in 'Manzanillo' olive. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 1991, vol. 116, pp. 720-723.
- RAPOPORT, H. F. The timing and developmental context of olive embryo growth. *Acta Horticulturae*, 1994, vol. 356, pp. 268-271.
- RAPOPORT, H. F. Botánica y morfología. En: BARRANCO, D., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. *El cultivo del olivo*. 3ª ed. Madrid: Junta de Andalucía y Ed. Mundi-Prensa, 1999, pp. 35-60.
- RECALDE, L., CHAVES, M. *Fertilización*. II Seminario Oleícola Internacional. 1975, Córdoba.

- REDDY, Y. T. N., SINGH, G. Relationship between leaf area and leaf number on fruit development in mango (*Mangifera indica* L.). *Gartenbauwissenschaft*, 1990, vol. 55, n° 3, pp. 138-141.
- REDDY, Y. T. N., GORAKH, S., SINGH, G. Further studies on the relationship between leaf number and area and fruit development in mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Horticultural Science*, 1991, vol. 66, n° 4, pp. 471-478.
- REDDY, Y. T. N., KURIAN, R. M. Effect of different leaf areas and leaf number on fruit growth of alternate and regular bearing cultivars of mango (*Mangifera indica* L.). *Gartenbauwissenschaft*, 1993, vol. 58, n° 1, pp. 42-45.
- REID, W., HUSLIG, S. M., SMITH, M. W., MANESS, N. O., WITHWORTH, J. M. Fruit removal time influences return bloom in pecan. *HortScience*, 1993, vol. 28, pp. 800-802.
- ROBBIE, F. A., ATKINSON, C. J. Wood and tree age as factors influencing the ability of apple flowers to set fruit. *Journal of Horticultural Science.*, 1994, vol. 69, pp. 609-623.
- SADOWSKI, A., LENZ, F., ENGEL, G., KEPKA, M., TAGLIAVINI, M., NEILSEN, G. H., MILLARD, P. Effect of fruit load on leaf nutrient content of apple trees. *Acta Horticulturae*, 1995, vol. 383, pp. 67-71.
- SANTOS-ANTUNES, A. F. *Acortamiento del periodo juvenil en olivo mediante técnicas de forzado de crecimiento y elección de genitores*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 1999, 205 p.
- SANTOS-ANTUNES, A. F., MOHEDO, A., TRUJILLO, I., RALLO, L. Influence of the genitors on the flowering of olive seedlings under forced growth. *Acta Horticulturae*, 1999, vol. 474, pp 103-105.
- SANZ, A., MONERRI, C., GONZALEZ-FERRER, J., GUARDIOLA, J. L. Changes in carbohydrates and mineral elements in Citrus leaves during flowering and fruit set. *Physiologia Plantarum*, 1987, vol. 69, n° 1, pp. 93-98.
- SARMIENTO, R., CATALINA, L., VALPUESTA, V. Variación estacional de ácidos fenóles en hojas de árboles vegetativos y productivos de *Olea europaea* L. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 1972, pp. 601-605.
- SARMIENTO, R., VALPUESTA, V., CATALINA, L., GONZÁLEZ, F. Variación en los contenidos de almidón y carbohidratos solubles en hojas y yemas de árboles de *Olea europaea* var. 'Manzanillo' en relación con los procesos vegetativo y productivo. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 1976, vol. 35, pp. 687-695.
- SAURE, M. C. Dormancy release in deciduous fruit trees. *Hort. Rev.*, 1985, vol. 7, pp. 239-287.

- SCHWABE, W. W. The flowering problem. En: ATHERTON, J. G. *Manipulation of flowering*. Londres: Butterworths & Co. Ltd., 1987, pp. 3-13.
- SECH (SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS). *Diccionario de Ciencias Hortícolas*. Ed. Mundi-Prensa, 1998, 605 p.
- SEDGLEY, M. Flowering of deciduous perennial fruit crops. *Hort. Rev.*, 1990, vol. 12, pp. 222-264.
- SERGENT, E., FERRARI, D., LEAL, F., LAVI, U., DEGANI, C., GAZIT, S., LAHAV, E., PESIS, E., PRUSKY, D., TOMER, E., WYSOKI, M. *Effects of potassium nitrate and paclobutrazol on flowering induction and yield of mango (Mangifera indica L.) cv. Haden*. 5<sup>th</sup> International Mango Symposium, Tel Aviv, Israel, 1997, vol. 455, pp. 180-187.
- SINGH, R. P., TANDON, V., SHARMA, N., SINGH, J. N. Irregular bearing behaviour of olive - Role of different weather components. *Acta Horticulturae*, 1999, vol. 474, pp. 285-288.
- SOUTHWICK, S. M., YEAGER, J. T., ZHOU, H. Flowering and fruiting in 'Patterson' apricot (*Prunus armeniaca*) in response to postharvest application of gibberellic acid. *Scientia Horticulturae*, 1995, vol. 60, nº 3, pp. 267-277.
- STUTTE, G. W., MARTIN, G. C. Effect of killing the seed on return bloom of olive. *Scientia Horticulturae*, 1986, vol. 29, pp. 107-113.
- STUTTE, G. W., MARTIN, G. C. Effect of light intensity and carbohydrate reserves on flowering in olive. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 1986, vol. 111, pp. 27-31.
- SUÁREZ, M. P., RALLO, L. *Influencia del pinzamiento y de la eliminación de área foliar en el cuajado de frutos en olivo*. I Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 1983, Valencia, pp. 585-591.
- SUÁREZ, M. P., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. Competition among fruits in olive II. Influence of inflorescence or fruit thinning and cross-pollination on fruit set components and crop efficiency. *Acta Horticulturae*, 1984, vol. 149, pp. 131-1343.
- SUÁREZ, M. P., RALLO, L. *Influencia de la polinización cruzada y del aclareo de inflorescencias y flores en la fructificación del olivo*. *ITEA Información Técnica Económica Agraria*, 1987, vol. 18, nº 71, pp. 8-17.
- SUÁREZ, M. P. *Influencia del aclareo de inflorescencias y de la polinización en la fructificación del olivo con particular referencia al cuajado*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 1987, 180 p.

- SUÁREZ, M. P., LÓPEZ-RIVARES, E. P., ORDOVÁS, J., RALLO, L. *Ensayos extensivos de aclareo de frutos en olivo*. III Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 1988, Puerto de la Cruz-Tenerife, pp. 182-187.
- SUÁREZ, M. P., LÓPEZ-RIVARES, E. P., ORDOVÁS, J. *Influencia del aclareo de flores y frutos en olivo sobre la floración del año siguiente*. Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. 1995, pp. 325-329.
- TAPIA-ITURRIETA, L. Estimación del añerismo: un estudio de caso en el Valle de Azapa, I Región. *Olivae*, 1985, vol. 15, pp. 14-29.
- TOUS, J., ROMERO, A. *Varietades del olivo*. Barcelona: Fundación 'La Caixa' y Ed. AEDOS, 1993, 172 p.
- TRUJILLO, I., RALLO, L., ASINS, M. J., CARBONELL, E. A. Isoenzymatic variability of olive cultivars according to their origin. *Acta Horticulturae*, 1990, vol. 286, pp. 137-139.
- TRUJILLO, I. *Identificación y clasificación de cultivares de olivo (Olea europaea L.) por análisis de isoenzimas*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 1992, 162 p.
- URIU, K. Periods of pistil abortion in the development of the olive flower. *Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1959, vol. 73, pp. 194-202.
- VARGAS, A. *Relación entre producción y fructificación en olivo en árboles en contraalternancia*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba, 1993, 83 p.
- VEMMOS, S. N., GOLDWIN, G. K. The photosynthetic activity of Cox's Orange Pippin apple flowers in relation to fruit setting. *Annals of Botany*, 1994, vol. 73, nº 4, pp. 385-391.
- VERNET, J. L. *Man and vegetation in the mediterranean area during the last 2000 years*. Dodrecht, Netherlands: Kluwer Ac. Press, 1990.
- VILLALOBOS, F. J., ORGAZ, F., MATEOS, L. Non-destructive measurement of leaf area in olive (*Olea europaea* L.) trees using a gap inversion method. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1995, vol. 73, pp. 29-42.
- WAY, R. D., SANFORD, J. C., LAKSO, A. N. Fruitfulness and productivity. En: MOORE, J. N., JANICK, J. *Methods in fruit breeding*. West Lafayette, Indiana: Purdue University Press, 1983, pp. 353-367.
- WESTWOOD, M. N. *Temperate-zone pomology: physiology and culture*. 3<sup>rd</sup> ed. Portland, Oregon: Timber Press, 1993, 510 p.
- WILSON, H. *Egyptian food and drink*. Princes Risborough, Aylesbury: Shire Publication, 1988, 64 p.

- WOOD, B. W. Relationship of reproductive and vegetative characteristics of pecan to previous-season fruit development and postripening foliation period. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1995, vol. 120, nº 4, pp. 635-642.
- WRIGHT, C. J. Interactions between vegetative and reproductive growth. En: WRIGHT, C. J. *Manipulation of fruiting*. Londres: Butterworths & Co. Ltd., 1989, pp. 15-27.
- ZOHARY, D., SPIEGEL-ROY, P. Beginnings of fruit growing in the Old World. *Science*, 1975, vol. 187, pp. 319-327.
- ZOHARY, D., HOPF, M. *Domestication of plants in the Old World*. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Oxford University Press, 1993, 280 p.
- ZOHARY, D. The wild genetic resources of the cultivated olive. *Acta Horticulturae*, 1994, vol. 365, pp. 62-65.

*“O Isis und Osiris, welche Wonne!  
Die düstre Nacht verscheucht der Glanz der Sonne.  
Bald fühlt der edle Jüngling neues Leben;  
bald ist er unserm Dienste ganz ergeben.  
Sein Geist ist kühn, sein Herz ist rein,  
bald, bald, bald wird er unser würdig sein.”*

*(Mozart/Schikaneder. Die Zauberflöte)*