



**UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS AGRÁRIAS**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DEL MEDIO AGRONÓMICO Y FORESTAL

# TESIS DOCTORAL

INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA, GENOTIPO Y DENSIDAD DE PLANTAS  
EN EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL *Lathyrus sativus* L.  
EN CONDICIONES DE SECAÑO MEDITERRÁNEO.

**Teresa Paula Carichas Carita Nunes**

2012



# UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

## ESCUELA DE INGENIERÍAS AGRARIAS



**Influencia de la fecha de siembra, genotipo y densidad de plantas en el crecimiento, rendimiento y calidad del *Lathyrus sativus* L. en condiciones de secano Mediterráneo.**

## TESIS DOCTORAL

**Teresa Paula Carichas Carita Nunes**

**Directores:  
Doctor Fernando Llera Cid  
Doctor Manuel Maria Tavares de Sousa  
Doctora Regina Bispo**

**2012**





**Departamento de Ingeniería del Medio  
Agronómico y Forestal**

**Influencia de la fecha de siembra, genotipo y densidad de  
plantas en el crecimiento, rendimiento y calidad del  
*Lathyrus sativus* L. en condiciones de secano  
Mediterráneo.**

Memoria presentada por la Licenciada en Ingeniería Agronómica  
**Teresa Paula Carichas Carita Nunes,**  
Para optar al grado de Doctor





Fernando Llera Cid, Doctor Ingeniero Agrónomo y Jefe de Sección de Investigación Principal de Cultivos Extensivos del Centro de Investigación La Orden-Valdesequera de la Junta de Extremadura

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada “Influencia de la fecha de siembra, genotipo y densidad de plantas en el crecimiento, rendimiento y calidad del *Lathyrus sativus* L. en condiciones de secano Mediterráneo.”, de la que es autora la Licenciada en Agronomía Teresa Paula Carichas Carita Nunes, ha sido realizada en el Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal bajo mi dirección y cumple las condiciones exigidas para optar al grado de Doctor.

Para que así conste, lo firmo autorizando su presentación

Fernando Llera Cid

2012





***A uma mãe e um pai extraordinários.***

***Aos meus pais.***

***A Teresa e João Carita.***



# ÍNDICE

---

<b>Agradecimientos</b>	i
<b>Índice de Tablas</b>	iii
<b>Índice de Figuras</b>	ix
<b>Índice de Anexos</b>	xv
<b>Abreviaturas</b>	xvii
<b>Resumen</b>	xix
<b>Resumo</b>	xxi
<b>Abstract</b>	xxiii
<b>1 – Introducción</b>	1
<b>1 – Introdução</b>	5
<b>1 – Introduction</b>	7
<b>2 - Revisión Bibliográfica</b>	9
<b>2.1 – Origen y dispersión del <i>Lathyrus sativus</i></b>	11
<b>2.1.1 – Origen</b>	11
<b>2.1.2 - Dispersión del <i>Lathyrus sativus</i></b>	12
<b>2.2 – Taxonomía y características botánicas</b>	13
<b>2.2.1 – Taxonomía</b>	13
<b>2.2.2 - Características botánicas y genética</b>	13
<b>2.3 – Propiedades nutricionales</b>	15
<b>2.3.1 - Sustancias bioactivas</b>	15
<b>2.3.1.1 - Proteínas</b>	16
<b>2.3.1.2 - Carbohidratos</b>	17
<b>2.3.1.3 - Grasas</b>	18
<b>2.3.1.4 – Fibra</b>	18
<b>2.3.1.5 – Vitaminas y minerales</b>	18
<b>2.3.2 - Factores antinutricionales</b>	19
<b>2.3.2.1 - Constituyentes termolábiles</b>	20
<b>2.3.2.1.1 - Inhibidores de la proteasa (Inhibidores de la tripsina y inhibidores de quimotripsina)</b>	20
<b>2.3.2.1.2 – Lectinas</b>	21
<b>2.3.2.1.3 - Inhibidores de amilasa</b>	21
<b>2.3.2.1.4 – Taninos</b>	21

2.3.2.2 - Constituyentes termoestables _____	22
2.3.2.2.1 – $\beta$ -N-oxaly-L- $\alpha$ - $\beta$ -ácido diaminopropionic (ODAP) _____	22
2.3.2.2.1.1 – Latirismo _____	24
2.3.2.2.1.2 - Como evitar el latirismo _____	25
2.3.2.2.2 – Saponinas _____	25
2.3.2.2.3 – Fitatos _____	25
2.3.2.2.4 – Oligosacáridos _____	26
2.3.2.3 - Otras propiedades _____	26
2.4 – Utilización _____	27
2.5 - Lugar en los sistemas de producción _____	28
2.6 – Ecología y agronomía _____	29
2.6.1 – Condiciones edafoclimáticas _____	29
2.6.2 – Siembra _____	30
2.6.2.1 – Fecha de siembra _____	31
2.6.2.2 – Densidad de siembra _____	32
2.6.3 – Malas Hierbas _____	34
2.6.4 – Plagas y enfermedades _____	35
2.6.5 – Rendimiento en grano _____	35
2.6.5.1 - Componentes del rendimiento _____	36
2.6.6 – Índice de cosecha _____	37
2.7 - Crecimiento y desarrollo _____	38
2.7.1 - Análisis del crecimiento _____	39
2.7.1.1 - Índice de area foliar _____	41
2.7.1.2 - Índice de duración de la superficie foliar _____	42
2.7.1.3 - Índice del crecimiento del cultivo _____	42
2.7.1.4 - Relación de área foliar y unidad de asimilación neta _____	42
2.8 – Perspectivas _____	43
<b>3 – Objetivos _____</b>	<b>45</b>
<b>4 – Material y Métodos _____</b>	<b>49</b>
4.1 – Localización _____	51
4.2 – Clima _____	51
4.3 – Suelo _____	52
4.4 - Practicas agronómicas _____	53
4.4.1 - Preparación del suelo y siembra _____	53
4.4.2 - Tratamientos fitosanitarios _____	53
4.4.3 – Cosecha _____	53
4.5 - Factores en estudio _____	53

4.5.1 - Fechas de siembra _____	54
4.5.2 – Genotipos _____	54
4.5.3 - Densidades de siembra _____	55
4.6 - Diseño experimental _____	55
4.6.1 - Unidades experimentales _____	55
4.7 - Observaciones realizadas en el material vegetal _____	55
4.7.1 - Observaciones realizadas durante el ciclo _____	55
4.7.1.1 - A nivel de la unidad experimental _____	55
4.7.1.2 - A nivel de la planta _____	56
4.7.2 - Observaciones realizadas a la cosecha _____	59
4.7.2.1 - A nivel de la unidad experimental _____	59
4.7.2.2 - A nivel de la planta _____	59
4.7.2.2.1 - Componentes del rendimiento _____	59
4.7.2.3 - A nivel de la semilla _____	59
4.8 - Análisis estadístico _____	60
<b>5 – Resultados y Discusión _____</b>	<b>63</b>
5.1 - Condiciones climáticas _____	65
5.1.1 – Temperatura y pluviometría _____	65
5.2 – Fenología _____	66
5.2.1 – Estados fenológicos _____	66
5.2.1.1 – Días al inicio de la floración _____	66
5.2.1.2. – Días a la plena floración _____	69
5.2.1.3 – Días al final de la floración _____	72
5.2.1.4 – Días a la maduración _____	73
5.2.2 – Sub períodos fenológicos _____	76
5.2.2.1 – Subperíodo fenológico: Siembra – Emergencia _____	76
5.2.2.2 – Subperíodo fenológico: Emergencia – Inicio de Floración _____	77
5.2.2.3 – Subperíodo fenológico: Inicio de Floración – Fin de Floración _____	80
5.2.2.4 – Subperíodo fenológico: Inicio de Floración – Maduración _____	83
5.2.2.5 – Subperíodo fenológico: Emergencia – Maduración _____	87
5.3 – Índices morfológicos _____	89
5.3.1 – Población por parcela _____	89
5.3.2 – Fitotoxicidad _____	92
5.3.3 – Altura de la cubierta vegetal _____	93
5.3.4 – Porte _____	95
5.4 - Análisis del crecimiento _____	97
5.4.1 - Evolución de la materia seca _____	97
5.4.2 - Distribución de la materia seca _____	102

5.4.3 - Evolución de la estructura foliar _____	112
5.4.3.1 - Índice del área foliar _____	112
5.4.3.2 - Duración del área foliar _____	117
5.4.3.3 - Índices de crecimiento _____	121
5.4.3.3.1 - Índice de crecimiento del cultivo _____	121
5.4.3.3.2 - Unidad de asimilación neta _____	125
5.5 - Índices agronómicos _____	128
5.5.1- Producción de biomasa total _____	128
5.5.2 - Índice de cosecha _____	134
5.6 - Rendimiento en grano y sus componentes _____	138
5.6.1 - Rendimiento en grano _____	138
5.6.2 - Componentes del rendimiento _____	144
5.6.2.1 - Número de Vainas m <sup>-2</sup> _____	146
5.6.2.2 - Número semillas vaina <sup>-1</sup> _____	150
5.6.2.3 - Peso de 100 semillas _____	151
5.6.3 - Análisis del rendimiento por coeficiente de sendero _____	154
5.6.3.1 - Influencia de la fecha de siembra _____	156
5.6.3.2 - Influencia del genotipo _____	158
5.6.3.3 - Influencia de la densidad de siembra _____	160
5.7 - Evaluación de los parámetros de calidad _____	162
5.7.1 - Proteína bruta _____	162
5.7.2 - Almidón _____	165
5.7.3 - Grasa _____	166
5.7.4 - Fibra bruta _____	168
5.7.5 - Fibra neutro detergente _____	170
5.7.6 - Fibra ácido detergente _____	171
5.7.7 - Lignina ácido detergente _____	173
5.7.8 - Ceniza _____	177
5.7.9 - Compuestos fenólicos totales _____	179
5.7.10 - $\beta$ -N-oxalyL-L- $\alpha$ - $\beta$ -ácido diaminopropionic - ODAP _____	182
<b>6 - Conclusiones</b> _____	185
<b>6 - Conclusões</b> _____	191
<b>6 - Conclusions</b> _____	195
<b>Referencias bibliográficas</b> _____	199
<b>Anexos</b> _____	223

# AGRADECIMIENTOS

---

Felizmente, durante las varias fases de esta tesis doctoral, pude contar con la importante ayuda de varias personas e instituciones. A todas ellas debo agradecerles su colaboración.

Al Doctor Fernando Llera, por su dirección, que fue importante, fundamental, rigurosa y exigente en todas las fases de la tesis y por su disponibilidad y prontitud en responder a nuestras peticiones de esclarecimientos.

Al Investigador Coordinador Manuel Maria Tavares de Sousa, responsable del sector de Forrajes, Pastos y Otros Cultivos del INIAV-Elvas, mi Jefe y mi amigo, por haberme permitido crecer profesionalmente, por mostrarme el camino, entendido los errores cometidos y corregido en el los momentos adecuados. Espero no decepcionar!

A la Doctora Regina Bispo por todo el apoyo dado en el análisis e interpretación estadísticos de los datos.

Al ex director de la Estación Nacional de Mejora de Plantas, Ingeniero José Mira Potes y al Coordinador de la Unidad de Investigación de Recursos Genéticos, Ecofisiología y Mejora de Plantas del INIAV, I.P., Doctor Benvindo Maçãs, por la disponibilidad de medios puestos a nuestra disposición, que permitieran la realización de este trabajo.

Al Doctor José Manuel Abreu por la ayuda crucial en la estructuración de la tesis y, en especial, por sus palabras amigas.

Al equipo del Laboratorio de Química del INIAV-Elvas y a la Ingeniera Teresa Dentinho del INIAV-Santarém, por la determinación de los parámetros de calidad solicitados.

A la Doctora Ana Carita, mi querida tía, por sus directrices, sugerencias y correcciones, que siempre se han tenido en cuenta.

A la Ingeniera Agrónoma Verónica Cruz Sobrado por la revisión cuidadosa y exhaustiva de todo el texto.

A mis colegas y amigos de la “Estação Nacional de Melhoramento de Plantas”/ INIAV-Elvas quiero transmitir mi reconocido agradecimiento, porque su colaboración fue imprescindible para el éxito de los muchos trabajos de campo y muestreos realizados.

À minha querida FAMÍLIA, em especial a Teresa e João Carita, meus pais, ao Luís, meu marido e, claro, às minhas queridas filhas, Joana e Catarina, que foram, são e serão sempre a minha prioridade, por tudo.





# ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 4.1</b> - Fechas de siembra de los ensayos LAT-DDS-07 y LAT-DDS-08 _____	54
<b>Tabla 5.1</b> - Inicio de la floración (DFI-I), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	68
<b>Tabla 5.2</b> - Plena floración (DFI-P), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	70
<b>Tabla 5.3</b> - Fin de la floración (DFI-F), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	72
<b>Tabla 5.4</b> - Maduración (DM), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas _____	74
<b>Tabla 5.5</b> - Valores del coeficiente de correlación entre el inicio, plena, fin de floración y la maduración (n.º días) _____	76
<b>Tabla 5.6</b> - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico “siembra hasta la emergencia” (F – DE), para cada una de las fechas de siembra. _____	77
<b>Tabla 5.7</b> - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico: de la emergencia a la floración (DE - DF), para cada una de las fechas de siembra. _____	78
<b>Tabla 5.8</b> - Período comprendido entre la emergencia y el inicio de la floración (DE - DF), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	79
<b>Tabla 5.9</b> - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico: del inicio de la floración al final de floración (DFI-I – DFI-F), para cada una de las fechas de siembra. _____	81
<b>Tabla 5.10</b> - Período comprendido entre el inicio de la floración y el final de la floración (DFI-I - DFI-F), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	82
<b>Tabla 5.11</b> - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico: del inicio de la floración a la maduración (DFI-I – DM), para cada una de las fechas de siembra. _____	84
<b>Tabla 5.12</b> - Período comprendido entre el inicio de la floración y la maduración (DFI-I	

- DM), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	85
<b>Tabla 5.13</b> - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico: de la emergencia a la maduración (DE – DM), para cada una de las fechas de siembra. _____	87
<b>Tabla 5.14</b> - Período comprendido entre la emergencia y la maduración (DE - DM), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	88
<b>Tabla 5.15</b> - Población (Pov), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	89
<b>Tabla 5.16</b> - Altura del cubierto (Alt), en centímetros, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	94
<b>Tabla 5.17</b> - Porte (E=1, SE=2, SP=3 o P=4), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	96
<b>Tabla 5.18</b> - Evolución de la materia seca total (MS Total) (g) expresada en % de materia seca total de la área cosechada según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra 2006/07, por muestro (M). _____	99
<b>Tabla 5.19</b> - Evolución de la materia seca total (MS Total) (g) expresada en % de materia seca total de la área cosechada según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en 2007/08, por muestro (M). _____	99
<b>Tabla 5.20</b> - Evolución de la materia seca de las hojas (MS Hojas) (g) expresada en % de materia seca total de la área cosechada según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en 2006/07, por muestro (M). _____	104
<b>Tabla 5.21</b> - Evolución de la materia seca de las hojas (MS Hojas) (g) expresada en % de materia seca total de la área cosechada según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en 2007/08, por muestro (M). _____	104
<b>Tabla 5.22</b> - Evolución de la materia seca de los tallos (MS Tallos) (g) expresada en % de materia seca total de la área cosechada según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en 2006/07, por muestro (M). _____	105
<b>Tabla 5.23</b> - Evolución de la materia seca de los tallos (MS Tallos) (g) expresada en % de materia seca total de la área cosechada según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en 2007/08, por muestro (M). _____	106
<b>Tabla 5.24</b> - Evolución de la materia seca de las flores (MS Flores) (g) expresada en % de materia seca total de la área cosechada según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en las dos campañas (2006/07 y 2007/08), por muestro (M). _____	109
<b>Tabla 5.25</b> - Evolución de la materia seca de las vainas (MS Vainas) (g) expresada en % de materia seca total de la área cosechada según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en las dos campañas (2006/07 y 2007/08), por muestro (M). _____	110

<b>Tabla 5.26(a)</b> - Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 1ª campaña (2006/07). _____	113
<b>Tabla 5.26(b)</b> - Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 2ª campaña (2007/08). _____	114
<b>Tabla 5.27(a)</b> - Evolución de la duración de la área foliar (LAD) (días), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 1ª campaña (2006/07). _____	118
<b>Tabla 5.27(b)</b> - Evolución de la duración de la área foliar (LAD) (días), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 2ª campaña (2006/07). _____	119
<b>Tabla 5.28(a)</b> - Evolución del índice de crecimiento del cultivo (CGR) ( $g m^{-2} d^{-1}$ ), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 1ª campaña (2006/07). _	121
<b>Tabla 5.28(b)</b> - Evolución del índice de crecimiento del cultivo (CGR) ( $g m^{-2} d^{-1}$ ), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 2ª campaña (2007/08). _	122
<b>Tabla 5.29</b> - Evolución de la unidad de asimilación neta (UAN) ( $g m^{-2}$ ), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la dos campañas (2006/07 y 2007/08). _____	125
<b>Tabla 5.30</b> - Peso de biomasa total al final del ciclo (PBT), en kg, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	128
<b>Tabla 5.31</b> - Índice de cosecha (IC), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	134
<b>Tabla 5.32</b> - Rendimiento de grano por ha ( $kg ha^{-1}$ ), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	139
<b>Tabla 5.33</b> - Componentes del rendimiento (número de vainas $m^{-2}$ , número de semillas por vaina y peso de 100 semillas) según fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, en la media de las dos campañas. _____	145
<b>Tabla 5.34</b> - Matriz de correlaciones ( $n = 705$ ) entre el rendimiento y sus componentes en el conjunto de las dos campañas. _____	154
<b>Tabla 5.35</b> - Análisis de regresión múltiple ( $n = 705$ ) del rendimiento de grano y sus componentes: $n^{\circ}$ vainas $m^{-2}$ , $n^{\circ}$ semillas vaina $^{-1}$ y peso de 100 semillas(g). _____	155
<b>Tabla 5.36</b> - Análisis por coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos del número vainas $m^{-2}$ , semillas vaina $^{-1}$ y peso de 100 semillas sobre el rendimiento en grano, en el conjunto de las dos campañas ( $N = 705$ ). _____	156
<b>Tabla 5.37</b> - Matriz de correlaciones ( $n = 240$ ) entre el rendimiento y sus componentes para la primera fecha de siembra (F1) en el conjunto de las dos campañas. _____	156
<b>Tabla 5.38</b> - Matriz de correlaciones ( $n = 225$ ) entre el rendimiento y sus componentes para la segunda fecha de siembra (F2) en el conjunto de las dos campañas. _____	157
<b>Tabla 5.39</b> - Matriz de correlaciones ( $N = 240$ ) entre el rendimiento y sus componentes para la tercera fecha de siembra (F3) en el conjunto de las dos campañas. _____	157

<b>Tabla 5.40</b> - Análisis de regresión múltiple (N = 240) del rendimiento de grano y sus componentes: n° vainas m <sup>-2</sup> , n° semillas espiga <sup>-1</sup> y peso de 100 semillas, para las tres fechas de siembra (F1, F2 y F3). _____	157
<b>Tabla 5.41</b> - Análisis por coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos del número vainas m <sup>-2</sup> , semillas vaina <sup>-1</sup> y peso de 100 semillas sobre el rendimiento en grano para las tres fechas de siembra (F1,F2 y F3), en el conjunto de las dos campañas (N = 240). _____	158
<b>Tabla 5.42</b> - Matriz de correlaciones (N = 165) entre el rendimiento y sus componentes para el genotipo Lat 5031 (G1) en el conjunto de las dos campañas. _____	158
<b>Tabla 5.43</b> - Matriz de correlaciones (N = 180) entre el rendimiento y sus componentes para el genotipo Lat 5038 (G2) en el conjunto de las dos campañas. _____	159
<b>Tabla 5.44</b> - Matriz de correlaciones (n = 180) entre el rendimiento y sus componentes para el genotipo Lat 4815 (G3) en el conjunto de las dos campañas. _____	159
<b>Tabla 5.45</b> - Matriz de correlaciones (N = 180) entre el rendimiento y sus componentes para el genotipo Lat 4810 (G4) en el conjunto de las dos campañas. _____	159
<b>Tabla 5.46</b> - Análisis de regresión múltiple (N = 180) del rendimiento de grano y sus componentes: n° vainas m <sup>-2</sup> , n° semillas vaina <sup>-1</sup> y peso de 100 semillas, para Los cuatro genotipos (G1, G2, G3 y G4). _____	159
<b>Tabla 5.47</b> - Análisis por coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos del número vainas m <sup>-2</sup> , semillas vaina <sup>-1</sup> y peso de 100 semillas sobre el rendimiento en grano para los cuatro genotipos (G1, G2, G3 y G4), en el conjunto de las dos campañas (N=180). _____	160
<b>Tabla 5.48</b> - Matriz de correlaciones (N = 345) entre el rendimiento y sus componentes para la densidad de siembra 30 plantas m <sup>-2</sup> (D1) en el conjunto de las dos campañas. _____	160
<b>Tabla 5.49</b> - Matriz de correlaciones (N = 360) entre el rendimiento y sus componentes para la densidad de siembra 60 plantas m <sup>-2</sup> (D2) en el conjunto de las dos campañas. _____	161
<b>Tabla 5.50</b> - Análisis de regresión múltiple (N = 360) del rendimiento de grano y sus componentes: n° vainas m <sup>-2</sup> , n° semillas espiga <sup>-1</sup> y peso de 100 semillas, para las dos densidades de siembra (D1 y D2). _____	161
<b>Tabla 5.51</b> - Análisis por coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos del número vainas m <sup>-2</sup> , semillas vaina <sup>-1</sup> y peso de 100 semillas sobre el rendimiento en grano para las dos densidades de siembra (D1 y D2), en el conjunto de las dos campañas (N = 360). _____	162
<b>Tabla 5.52</b> - Resumen de la estadística descriptiva del porcentaje de proteína por genotipo, en los dos años de ensayo. _____	163
<b>Tabla 5.53</b> - Contenido en proteína bruta (Prot), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos	

campañas. _____	164
<b>Tabla 5.54</b> - Contenido en almidón, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	166
<b>Tabla 5.55</b> - Contenido en grasa, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	167
<b>Tabla 5.56</b> - Contenido en fibra bruta, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	169
<b>Tabla 5.57</b> - Resumen de la estadística descriptiva del porcentaje de fibra bruta por genotipo, en los dos años de ensayo del LAT-DDS. _____	169
<b>Tabla 5.58</b> – Fibra neutro detergente (NDF), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad. _____	171
<b>Tabla 5.59</b> – Fibra ácido detergente (ADF), según la fecha de siembra el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campaña de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	172
<b>Tabla 5.60</b> – Lignina ácido detergente (ADL), según la fecha de siembra, genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	174
<b>Tabla 5.61</b> - Contenido en ceniza, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	178
<b>Tabla 5.62</b> - Contenido en compuestos fenólicos, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	180
<b>Tabla 5.63</b> - Valores del coeficiente de correlación entre factores de calidad determinados para LAT-DDS 2006/07 y 2007/08. _____	181
<b>Tabla 5.64</b> - Contenido en ODAP (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas. _____	183
<b>Tabla 5.65</b> - Valores del coeficiente de correlación entre factores de calidad determinados para LAT-DDS 2006/07 y 2007/08. _____	184
<b>Tabla 5.66</b> - Valores del coeficiente de correlación entre factores de calidad determinados para LAT-DDS 2006/07 y 2007/08. _____	184



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 3.1</b> - Localización, en INIAV-Elvas, de los ensayos LAT-DDS. _____	51
<b>Figura 4.2</b> – Fotografía de la flor y semilla y peso aproximado de 100 semillas de los cuatro genotipos utilizados en el ensayo LAT-DDS. _____	54
<b>Figura 4.3</b> - Esquema de la unidad experimental/parcela del ensayo LAT-DDS. _____	55
<b>Figura 4.4</b> – Fechas de siembra (F), fechas de emergencia (DE) y fechas de los muestreos (C). _____	57
<b>Figura 5.1</b> – Evolución de las temperaturas medias en los años agrícolas 2006/07 y 2007/08. _____	65
<b>Figura 5.2</b> – Diagrama ombrotérmico de los años agrícolas 2006/07 y 2007/08. _____	65
<b>Figura 5.3</b> – Unidades térmicas en diferentes estados fenológicos para las 3 fechas de siembra, en los 2 años de ensayos. _____	67
<b>Figura 5.4</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el inicio de la floración (DFL-I) en el conjunto de las dos campañas. _____	69
<b>Figura 5.5</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra a la plena floración (DFL-P) en el conjunto de las dos campañas. _____	71
<b>Figura 5.6</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo a la plena floración (DFL-P) en el conjunto de las dos campañas. _____	71
<b>Figura 5.7</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra al fin de floración (DFL-F) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con $P < 0,05$ . _____	73
<b>Figura 5.8</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra a la maduración (DM) en el conjunto de las dos campañas. _____	75
<b>Figura 5.9</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo a la maduración (DM) en el conjunto de las dos campañas. _____	75
<b>Figura 5.10</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el período entre la emergencia y el inicio de la floración (DE – DF) en el conjunto de las dos campañas. _____	80
<b>Figura 5.11</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el período entre el inicio y el fin de la floración (DFI-I – DFL-F) en el conjunto de las dos campañas. _____	83
<b>Figura 5.12</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el período entre el inicio de la floración y la maduración (DF – DM) en el conjunto de las dos campañas. _____	86
<b>Figura 5.13</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el período entre el inicio de la floración y la maduración (DF – DM) en el conjunto de las dos	

campañas. _____	86
<b>Figura 5.14</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el período entre la emergencia y la maduración (DF – DM) en el conjunto de las dos campañas. _____	88
<b>Figura 5.15</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en la población (Por) en el conjunto de las dos campañas. _____	90
<b>Figura 5.16</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo en la población (Pov) en el conjunto de las dos campañas. _____	91
<b>Figura 5.17</b> - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en la población (Pov) en el conjunto de las dos campañas. _____	91
<b>Figura 5.18</b> - Fitotoxicidad media registrada en el ensayo LAT-DDS en 2007/08, por fecha de siembra (1ª fecha – F1; 2ª fecha – F2; 3ª fecha – F3). _____	92
<b>Figura 5.19</b> - Fitotoxicidad media registrada en el ensayo LAT-DDS en 2007/08, por genotipo (genotipo 1 – G1; genotipo 2 – G2; genotipo 3 – G3; genotipo 4 – G4), a la derecha. _____	92
<b>Figura 5.20</b> - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en la fitotoxicidad (Fit) en 2007/08. _____	93
<b>Figura 5.21</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en la altura del cubierto (Alt – cm) en el conjunto de las dos campañas. _____	95
<b>Figura 5.22</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el porte de las plantas (Porte–1:E;2:SE;3:SP;4:P) en el conjunto de las dos campañas. _____	97
<b>Figura 5.23</b> – Evolución de la materia seca total (MSTot) (g/planta) registrada en las tres fechas de siembra (F1, F2 y F3), en 2006/07 y 2007/08. _____	98
<b>Figura 5.24</b> – Evolución de materia seca total (MSTot) (g/planta) registrada en los cuatro genotipos (G1, G2, G3, G4), en 2006/07 y 2007/08 por muestreo (M). _____	101
<b>Figura 5.25</b> – Evolución de materia seca total (MSTot) (g/planta) en las dos densidades de siembra (D1=30 plantas/m <sup>2</sup> y D2=60 plantas/m <sup>2</sup> ), en 2006/07 y 2007/08 por muestreo (M). _____	102
<b>Figura 5.26</b> – Evolución de la materia seca (MS) (g/planta) en los diferentes órganos de la planta, por fecha de siembra en 2006/07 y 2007/08. _____	103
<b>Figura 5.27</b> – Evolución de la materia seca (MS) (g/m <sup>2</sup> ) se las hojas de las plantas por genotipo en 2006/07 y 2007/08, por muestreo (M). _____	107
<b>Figura 5.28</b> – Evolución de la materia seca (MS) (g/m <sup>2</sup> ) de los tallos de las plantas por genotipo en 2006/07 y 2007/08, por muestreo (M). _____	108
<b>Figura 5.29</b> – Distribución de la materia seca (MS) (g/planta) en las flores de las plantas por genotipo en 2006/07 y 2007/08, por muestreo (M). _____	109
<b>Figura 5.30</b> – Evolución de la materia seca (MS) (g/planta) en las vainas de las plantas por genotipo en 2006/07 y 2007/08, por muestreo (M). _____	111
<b>Figura 5.31</b> - Evolución de la materia seca (MS) (g/planta) por los diferentes órganos vegetativos de las plantas, por densidad de siembra (D1 y D2) en 2006/07, por	



muestreo (M). _____	111
<b>Figura 5.32</b> - Evolución de la materia seca (MS) (g/planta) por los diferentes órganos vegetativos de las plantas, por densidad de siembra (D1 y D2) en 2007/08, por muestreo (M). _____	112
<b>Figura 5.33</b> – Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ) para las tres fechas de siembra. Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha). _____	115
<b>Figura 5.34</b> – Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ) para los genotipos tipo A (Lat 5031 y Lat 5038); Campañas 2006/07 y 2007/08. _____	116
<b>Figura 5.35</b> – Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ) para los genotipos tipo B (Lat 4815 y Lat 4810); Campañas 2006/07 y 2007/08. _____	116
<b>Figura 5.36</b> – Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ) para las dos densidades de siembra utilizadas (30 y 60 plantas/ $m^2$ ); Campañas 2006/07 y 2007/08. _____	117
<b>Figura 5.37</b> – Duración del área foliar (LAD) (días) para las tres fechas de siembra, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha). ____	119
<b>Figura 5.38</b> – Duración de la área foliar (LAD) (días) para los genotipos, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha). _____	120
<b>Figura 5.39</b> – Duración del área foliar (LAD) (días) para las dos densidades de siembra, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha). _____	121
<b>Figura 5.40</b> – Índice de crecimiento del cultivo (CGR) ( $g m^{-2} d^{-1}$ ) para las tres fechas de siembra, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha). _____	123
<b>Figura 5.41</b> – Índice de crecimiento del cultivo (CGR) ( $g m^{-2} d^{-1}$ ) para los genotipos, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha). ____	124
<b>Figura 5.42</b> – Índice de crecimiento del cultivo (CGR) ( $g m^{-2} d^{-1}$ ) para las dos densidades de siembra, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha). _____	125
<b>Figura 5.43</b> – Unidad de asimilación neta (UAN) ( $g m^{-2}$ ) para las tres fechas de siembra, para las dos campañas. _____	126
<b>Figura 5.44</b> – Unidad de asimilación neta (UAN) ( $g m^{-2}$ ) para los cuatro genotipos, para las dos campañas. _____	127
<b>Figura 5.45</b> – Unidad de asimilación neta (UAN) ( $g m^{-2}$ ) para las dos densidades de siembra, para las dos campañas. _____	127
<b>Figura 5.46</b> - Producción de biomasa total al final del ciclo (PBT) (kg), por fecha de siembra en las dos campañas. _____	129
<b>Figura 5.47</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el peso de la biomasa total (PBT – kg) en el conjunto de las dos campañas. _____	130
<b>Figura 5.48</b> - Producción de biomasa total al final del ciclo (PBT) (kg), por genotipo,	

en las dos campañas. _____	131
<b>Figura 5.49</b> - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en el peso de la biomasa total (PBT – kg) en el conjunto de las dos campañas. _____	132
<b>Figura 5.50</b> - Producción de biomasa total (PBT) (kg), por densidad de siembra, en las dos campañas. _____	133
<b>Figura 5.51</b> - Influencia de la interacción campaña x densidad de siembra en el peso de la biomasa total (PBT – kg) en el conjunto de las dos campañas. _____	133
<b>Figura 5.52</b> – Índice de cosecha (IC) (%), por fecha de siembra, en las dos campañas. _____	135
<b>Figura 5.53</b> – Índice de cosecha (IC) (%), por genotipo, en las dos campañas. _____	136
<b>Figura 5.54</b> - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en el índice de cosecha (IC – %) en el conjunto de las dos campañas. _____	137
<b>Figura 5.55</b> – Índice de cosecha (IC) (%), por densidad de siembra, en las dos campañas. _____	138
<b>Figura 5.56</b> – Rendimiento de grano (Rend) (kg ha <sup>-1</sup> ), por fecha de siembra, en las dos campañas. _____	140
<b>Figura 5.57</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> ) en el conjunto de las dos campañas. _____	141
<b>Figura 5.58</b> – Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> ), por genotipo, en las dos campañas. _____	142
<b>Figura 5.59</b> – Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> ), por densidad de siembra, en las dos campañas. _____	143
<b>Figura 5.60</b> - Influencia de la interacción campaña x densidad de siembra en el rendimiento de grano (Rend – kg) en el conjunto de las dos campañas. _____	144
<b>Figura 5.61</b> - Influencia de las interacciones campaña x fecha de siembra en el n. <sup>o</sup> vainas m <sup>-2</sup> en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05. _____	147
<b>Figura 5.62</b> - Influencia de las interacciones campaña x genotipo en el N <sup>o</sup> vainas m <sup>-2</sup> en el conjunto de las dos campañas. _____	148
<b>Figura 5.63</b> - Influencia de las interacciones fecha de siembra x genotipo en el n. <sup>o</sup> vainas m <sup>-2</sup> en el conjunto de las dos campañas. _____	148
<b>Figura 5.64</b> - Influencia de las interacciones genotipo x densidad de siembra en el n. <sup>o</sup> vainas m <sup>-2</sup> en el conjunto de las dos campañas. _____	149
<b>Figura 5.65</b> - Influencia de las interacciones campaña x fecha de siembra en el n. <sup>o</sup> semillas vaina <sup>-1</sup> en el conjunto de las dos campañas. _____	150
<b>Figura 5.66</b> - Influencia de las interacciones fecha de siembra x genotipo en el n. <sup>o</sup> semillas vaina <sup>-1</sup> en el conjunto de las dos campañas. _____	151
<b>Figura 5.67</b> - Influencia de las interacciones fecha de siembra x genotipo en peso de 100 semillas en el conjunto de las dos campañas. _____	152
<b>Figura 5.68</b> - Influencia de las interacciones campaña x genotipo en el peso de 100	

semillas en el conjunto de las dos campañas. _____	153
<b>Figura 5.69</b> - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en el porcentaje de proteína bruta en el conjunto de las dos campañas. _____	165
<b>Figura 5.70</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de grasa en el conjunto de las dos campañas. _____	168
<b>Figura 5.71</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de fibra en el conjunto de las dos campañas. _____	170
<b>Figura 5.72</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de ADF en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con $P < 0,05$ . _____	173
<b>Figura 5.73</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. _____	174
<b>Figura 5.74</b> - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo de siembra en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. _____	175
<b>Figura 5.75</b> - Influencia de la interacción campaña x densidad de siembra (Dens) en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. _____	176
<b>Figura 5.76</b> - Influencia de la interacción fecha de siembra x densidad de siembra en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. _____	176
<b>Figura 5.77</b> - Influencia de la interacción genotipo x densidad de siembra en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. _____	177
<b>Figura 5.78</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de ceniza en el conjunto de las dos campañas. _____	179
<b>Figura 5.79</b> - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el porcentaje de compuestos fenólicos en el conjunto de las dos campañas. _____	181
<b>Figura 5.80</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo (Genotipo) en el porcentaje de compuestos fenólicos en el conjunto de las dos campañas. _____	182
<b>Figura 5.81</b> - Influencia de la interacción campaña x genotipo (Genotipo) en el porcentaje de ODAP en el conjunto de las dos campañas. _____	182



# ÍNDICE DE ANEXOS

---

<b>Anexo 1</b> - Temperaturas medias durante los años de ensayo (° C) y medias de los últimos 30 años. _____	225
<b>Anexo 2</b> - Temperaturas máximas medias, mínimas medias e medias en los años agrícolas 2006/07 y 2007/08 (° C), por decena. _____	226
<b>Anexo 3</b> - Evolución de la precipitación, por decena, en los años agrícolas 2006/07 y 2007/08 (mm). _____	227
<b>Anexo 4</b> - Inicio de la floración (DFI-I), plena floración (DFI-P), fin de floración (DFI-F) y maduración en Unidades Térmicas, según la fecha de siembra por campaña. _____	228
<b>Anexo 5</b> – Número de días después de la siembra (DDS), según la fecha del muestreo y la fecha de siembra; Campaña 2006/07. _____	228
<b>Anexo 6</b> – Número de días después de la siembra (DDS), según la fecha del muestreo y la fecha de siembra; Campaña 2007/08. _____	228



# ABREVIATURAS

---

<b>ADF</b>	Fibra ácido detergente
<b>ADL</b>	Lignina ácido detergente
<b>Alt</b>	Altura de la cubierta vegetal
<b>Amd</b>	Amido
<b>ANF</b>	Factor anti-nutricional
<b>C</b>	Campaña
<b>CGR</b>	Índice de crecimiento del cultivo
<b>cm</b>	Centímetros
<b>Cz</b>	Ceniza
<b>C.V.</b>	Coefficiente de variación
<b>D</b>	Densidad de siembra
<b>D1</b>	Densidad de siembra de 30 semillas m <sup>2</sup>
<b>D2</b>	Densidad de siembra de 60 semillas m <sup>2</sup>
<b>DE</b>	Fecha de emergencia
<b>DF</b>	Fecha de floración
<b>DFI-I</b>	Fecha de inicio de floración
<b>DFI-F</b>	Fecha de fin de floración
<b>DDS</b>	Días después de la siembra
<b>DM</b>	Fecha de maduración
<b>ENMP</b>	Estación Nacional de Mejora de Plantas
<b>EWRC</b>	European Weed Research Council
<b>F</b>	Fecha de siembra
<b>F1</b>	Primera fecha de siembra
<b>F2</b>	Segunda fecha de siembra
<b>F3</b>	Tercera fecha de siembra
<b>Fit</b>	Fitotoxicidad
<b>g</b>	Gramos
<b>G</b>	Genotipo
<b>G1</b>	Genotipo 1 (Lat 5031)
<b>G2</b>	Genotipo 2 (Lat 5037)
<b>G3</b>	Genotipo 3 (Lat 4815)
<b>G4</b>	Genotipo 4 (Lat 4810)
<b>Grs</b>	Grasa
<b>ha</b>	Hectárea
<b>IC</b>	Índice de cosecha
<b>ICARDA</b>	International Center of Agricultural Research in the Dry Areas

<b>INIAV</b>	Instituto Nacional de InvestigaçãO Agrária e Pescas
<b>IPGRI</b>	International Plant Genetic Resources Institute
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>l</b>	Litro
<b>LAD</b>	Duraci3n del área foliar
<b>LAI</b>	Índice del área foliar
<b>LAR</b>	Raz3n de área foliar
<b>LAT-DDS</b>	Ensayo experimental de <i>Lathyrus sativus</i>
<b>Lat</b>	<i>Lathyrus sativus</i>
<b>M</b>	Muestreo
<b>m</b>	Metros
<b>MS</b>	Materia seca
<b>MSTot</b>	Materia seca total
<b>mm</b>	Milímetros
<b>NDF</b>	Fibra neutro detergente
<b>N.º vns m<sup>-2</sup></b>	Número de vainas m <sup>-2</sup>
<b>NºSem Vns<sup>-1</sup></b>	Número de semillas vaina <sup>-1</sup>
<b>ns</b>	No significativo
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>ODAP</b>	β-N-oxalyl-L -α-β-ácido diaminopropionic
<b>P</b>	Probabilidad
<b>P100S</b>	Peso de cien granos
<b>PBT</b>	Peso de biomasa total al final del ciclo (menos las raíces)
<b>p.a.</b>	Principio activo
<b>p.c.</b>	Producto comercial
<b>Ph</b>	Potencial de hidrógeno
<b>PI</b>	Plantas
<b>Pov</b>	Número de plantas por parcela
<b>Prod</b>	Producci3n de semilla
<b>Prot</b>	Proteína
<b>PT</b>	Precipitaci3n acumulada
<b>r</b>	Coefficiente de correlaci3n
<b>R<sup>2</sup></b>	Coefficientes de determinaci3n
<b>Rend</b>	Rendimiento en grano
<b>Rep</b>	Repetici3n
<b>T</b>	Temperatura
<b>TM</b>	Temperatura media
<b>UAN</b>	Unidad de asimilaci3n neta
<b>UT</b>	Unidades térmicas



**AUTOR:** Teresa Paula Carichas Carita Nunes

**DIRECTORES:** Fernando Llera Cid, Manuel Tavares de Sousa, Regina Bispo

**UNIVERSIDAD:** Universidad de Extremadura

**FECHA:** Junio/2012

**TÍTULO DE LA TESIS:** Influencia de la fecha de siembra, genotipo y densidad de plantas en el crecimiento, rendimiento y calidad del *Lathyrus sativus* L. en condiciones de secano Mediterráneo.

## RESUMEN

---

El *Lathyrus sativus* L. (almorta) es una leguminosa grano con gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales, incluyendo las difíciles condiciones del secano Mediterráneo. Teniendo en cuenta que son insuficientes los estudios de agronomía en este cultivo, se definieron como objetivos de esta investigación evaluar los efectos de tres fechas de siembra, cuatro genotipos y dos densidades de siembra sobre la fenología del cultivo, índices morfológicos, crecimiento (determinando la producción y distribución de la materia seca, estudiando la evolución de la estructura foliar, el área foliar y su duración y otros índices de crecimiento), rendimiento en grano y sus componentes, así como los parámetros de calidad de la semilla. El diseño experimental fue un factorial en split-split-plot con tres repeticiones. La parcela principal fue la densidad de siembra (D1 y D2), la subparcela el genotipo (G1, G2, G3 y G4) y la sub-subparcela la fecha de siembra (F1, F2 y F3), durante las campañas 2006/2007 y 2007/2008.

En cuanto a la fenología, índices morfológicos, índices agronómicos, rendimiento en grano, componentes del rendimiento y diversos parámetros de calidad del grano, sus resultados variaron conforme las condiciones ambientales de cada campaña.

Se identificaron genotipos con precocidad a inicio de floración y duración total del ciclo de desarrollo diferentes. El genotipo Lat 5031 demostró ser el más precoz (77 días a inicio de floración) y un ciclo de desarrollo más corto (145 días), mientras que el genotipo Lat 4810 presentó un inicio de la floración más tardío (85 días) y un ciclo de desarrollo más largo (154 días).

La duración del período reproductivo del *Lathyrus sativus* influyó positivamente en la producción de grano. Un periodo reproductivo más largo aumentó la producción de grano.

Se observaron diferentes sensibilidades al herbicida utilizado en postemergencia (bentazona); El material vegetal con semilla clara y mayor calibre fueron los más tolerantes a este herbicida.

Los genotipos de origen mediterráneo (semilla clara y mayor calibre) presentaron los valores máximos del índice de área foliar ( $LAI_{G4}$ :  $2,97 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) y con mayor duración de su periodo activo ( $LAD_{G4}$ : 40 días).

En general, los tres factores en estudio influyeron significativamente en el cultivo.

Se han obtenido mayores producciones de biomasa total (PBT) en las siembras más tempranas, cuando se utilizan genotipos de semilla clara y grande y se aplica una densidad de siembra de 60 plantas m<sup>-2</sup>.

El índice de cosecha (IC) fue sensible a las variaciones de las condiciones climáticas entre campañas. Se obtuvieron valores medios que variaron entre el 28% en 2006/07 y el 46% en 2007/08.

Los resultados de rendimiento de grano más interesantes se consiguieron cuando se realizó la siembra temprana con genotipos de semilla clara y grande, y a una dosis de siembra de 60 plantas m<sup>-2</sup>, alcanzándose 3284 kg ha<sup>-1</sup> de grano.

El análisis por coeficientes de sendero global demuestra que el componente que más influencia ejerce sobre el rendimiento es el peso de 100 semillas.

Los valores de la proteína bruta son altos, 22% y 23% para el genotipo 2 y 4, respectivamente. Los genotipos con semillas oscuras contienen niveles más altos de compuestos fenólicos (0,32%-0,40%). El porcentaje de ODAP ( $\beta$ -N-oxaly-L- $\alpha$ - $\beta$ -ácido diaminopropionic) en la semilla varía entre 0,42% en la primera fecha de siembra y 0,47% en la última fecha de siembra; El genotipo 2 presenta el menor porcentaje de esta neurotoxina (0,40%).

La selección/mejora del *Lathyrus sativus* debe tener en cuenta la duración del ciclo reproductivo (de preferencia largo), un mayor índice de área foliar y una larga duración del área foliar. Además, deben seleccionarse genotipos con semillas de gran tamaño y con una baja concentración de ODAP.

**Palabras clave:** *Lathyrus sativus* L., leguminosa grano, agronomía, fenología, crecimiento, rendimiento de grano, calidad.

**AUTOR:** Teresa Paula Carichas Carita Nunes

**ORIENTADORES:** Fernando Llera Cid, Manuel Tavares de Sousa, Regina Bispo

**UNIVERSIDADE:** Universidade da Extremadura, Espanha

**DATA:** Junho/2012

**TÍTULO DA TESE:** Influência de data de sementeira, genótipo e densidades de plantas no crescimento, rendimento e qualidade da semente de *Lathyrus sativus* L. em condições Mediterrânicas de sequeiro.

## RESUMO

---

O *Lathyrus sativus* L. (chícharo) é uma leguminosa grão com grande capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais, incluindo às difíceis condições do sequeiro mediterrânico. Considerando que são insuficientes os estudos agronómicos nesta cultura, definiram-se como objetivos desta investigação avaliar os efeitos de três datas de sementeira, quatro genótipos e duas densidades de sementeira na fenologia da cultura, índices morfológicos, crescimento (determinando a produção e distribuição da matéria seca, estudando a evolução da estrutura foliar, área foliar e respetiva duração e outros índices de crescimento), rendimento em grão e os seus componentes, assim como os parâmetros da qualidade da semente. O delineamento experimental utilizado foi um "split-split-plot" com três repetições. A parcela principal foi a densidade de sementeira (D1 e D2), a sub-parcela o genótipo (G1, G2, G3 e G4) e a sub-sub-parcela a data de sementeira (F1, F2, F3 e F4), durante os anos agrícolas 2006/07 e 2007/08.

Relativamente à fenologia, índices morfológicos, índices agronómicos, rendimento de grão, componentes do rendimento e vários parâmetros da qualidade da semente, os resultados variaram com as condições ambientais de cada ano agrícola.

Identificaram-se genótipos com precocidades ao início da floração e duração total do ciclo cultural diferentes. O genótipo Lat 5031 demonstrou ser o mais precoce (77 dias ao início da floração) e desenvolveu um ciclo cultural menor (145 dias), enquanto o Lat 4810 apresentou um início de floracção mais tardia (85 dias) e um ciclo cultura mais longo (154 dias).

A duração do período reprodutivo do *Lathyrus sativus* influenciou positivamente a produção de grão. A um período reprodutivo maior correspondem maior produção de grão.

Observaram-se diferentes sensibilidades ao herbicida de pós-emergência utilizado (bentazona); O material vegetal com semente clara y grão com calibre grande foram os máis tolerantes a este herbicida.

Os genótipos de origem mediterrânica (semente clara e de calibre grande) apresentam os maiores índices de área foliar ( $LAI_{G4}$ :  $2,97 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) com a maior duração do seu período ativos ( $LAD_{G4}$ : 40 dias).

Geralmente, os três fatores em estudo influenciaram significativamente esta cultura.

Obtiveram-se produções de biomassa total (PBT) maiores nas datas de sementeira mais precoces, quando se utilizaram genótipos de chícharo de semente grande e se optou por aplicar uma densidade de sementeira de 60 plantas m<sup>-2</sup> (D2).

O índice de colheita (IC) foi sensível às variações das condições climáticas entre campanhas. Obtiveram-se valores médios que variaram entre 28% em 2006/07 e 46% em 2007/08.

Os resultados relativos ao rendimento de grão mais interessantes foram obtidos quando se semeou cedo, utilizando genótipos de semente clara e grande, e a uma dose de sementeira de 60 plantas m<sup>-2</sup>, chegando aos 3284 kg ha<sup>-1</sup>.

A análise por “coeficiente de sendero” global mostra que o componente que mais influencia o rendimento é o peso de 100 sementes.

Os valores da proteína bruta são altos, 22% e 23% para o genótipo 2 e 4, respetivamente. Os genótipos com sementes escuras contêm níveis mais altos de compostos fenólicos (0,32% - 0,40%). A percentagem de ODAP ( $\beta$ -N-oxaly-L- $\alpha$ - $\beta$ -ácido diaminopropionic) na semente varia de 0,42% na primeira data de sementeira e 0,47% na última data de sementeira; O genótipo 2 apresenta a menor percentagem desta neurotoxina (0,40%).

A seleção/melhoramento do *Lathyrus sativus* deve ter em conta a duração do ciclo reprodutivo (de preferência longo), um grande índice de área foliar e uma grande duração da área foliar. Além disso, devem selecionar-se genótipos de semente grande e com baixa concentração de ODAP.

**Palavras-chave:** *Lathyrus sativus* L., leguminosa grão, agronomia, fenologia, crescimento, rendimento em grão, qualidade

**AUTHOR:** Teresa Paula Nunes Carita Carichas

**ADVISERS:** Fernando Llera Cid, Manuel Tavares de Sousa, Regina Bispo

**UNIVERSITY:** University of Extremadura, Spain

**DATE:** June, 2012

**THESIS:** Influence of sowing date, genotype and plant density on growth, yield and seed quality of *Lathyrus sativus* L. in rainfed Mediterranean conditions.

## ABSTRACT

---

The *Lathyrus sativus* L. (grass pea) is a grain legume with great adaptability to different environmental conditions, including the difficult conditions of dryland Mediterranean. Considering that there are insufficient agronomic studies in this culture, it was defined as objectives of this research to evaluate the effects of three sowing dates, four genotypes and two densities of sowing on the crop phenology, morphological tables, growth (by determining the production and distribution of dry matter, studying the development of leaf structure, leaf area and its duration and other relevant technical and growth rates), grain yield and its components as well as the parameters of seed quality. The experimental design was based on the model "split-split-plot" with three replications. The main plot was density of sowing (D1 and D2), the sub-plot genotype (G1, G2, G3 and G4) and sub-sub-plot sowing date (F1, F2, F3 and F4) during the growing seasons 2006/07 and 2007/08.

For the phenology, morphological indices, agronomic indices, grain yield, yield components and various parameters of seed quality, the results varied with the environmental conditions of each yearly crop.

Different precocity till flowering and duration of cultural cycle were found in grass pea genotypes. The genotype Lat 5031 proved to be the earliest (77 days to flowering) and develop a shorter cultural cycle (145 days), while Lat 4810 showed a late beginning of flowering (85 days) and a cultural cycle longer (154 days).

The duration of the reproductive period of *Lathyrus sativus* had a positive impact on grain production. A longer reproductive period increased grain production.

There was a different sensitivity to the herbicide used in postemergence (bentazone). Plant material with clear and larger caliber seed were the most tolerant to this herbicide.

The genotypes of Mediterranean origin (big and pale seed) have the highest rates of leaf area ( $LAI_{G4}$ :  $2,97 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) with longer duration of their active period ( $LAD_{G4}$ : 40 days).

Generally, the three factors studied significantly influenced this crop.

Grass pea presented higher production of total biomass (PBT) when they were sown earlier, when were used genotypes with large seed and a density of 60 plants  $\text{m}^{-2}$  (D2).

The harvest index (IC) was sensitive to variations in weather conditions between years; values ranging from 28% in 2006/07 and 46% in 2007/08.

The most interesting results of grain yield were obtained on earlier sowing dates, when using genotypes with pale and large seed, and sowing 60 plants per m<sup>2</sup>, reaching 3284 kg ha<sup>-1</sup> of grain yield.

Analysis by global "path coefficient analysis" shows that the component that influences the yield is the weight of 100 seeds.

The values for crude protein are high, 22% and 23% for the genotype 2 and 4, respectively. Genotypes with dark seeds contain higher levels of phenolic compounds (0,32% - 0,40%). The percentage of ODAP ( $\beta$ -N-oxaly-L- $\alpha$ - $\beta$ -diaminopropionic acid) in the seed varies from 0,42% in the first sowing date to 0,47% in the last sowing date; Genotype 2 has the lowest percentage of this neurotoxin (0,40%).

Selection / improvement of *Lathyrus sativus* should take into account the duration of the reproductive cycle (preferably a long one), a large leaf area index and a long period of leaf area. Furthermore, genotypes with large seed and low concentration of ODAP should be selected.

**Key-words:** *Lathyrus sativus* L., grain legume, agronomy, phenology, growth, grain yield, quality

# Introducción





# 1 - INTRODUCCIÓN

---

Es fundamental definir sistemas de producción agrícola económica y ambientalmente eficientes para diferentes condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas. Esto es particularmente importante cuando se piensa en un país como Portugal, en el que es enorme la variabilidad de clima, de suelo, de estructura de las explotaciones y que, como afirma el Instituto de Meteorología, I. P. (2010), las proyecciones climáticas apuntan frecuentes e intensas olas de calor, de frío, sequías, inundaciones y otros eventos, en un Planeta cada vez más caliente.

El *Lathyrus sativus* (almorta) es una leguminosa anual con la increíble capacidad de tolerar duras condiciones ambientales para su crecimiento y se considera una de las más prometedoras fuentes de genes de interés (Campbell, 1997).

Para Siddique *et al.* (1996) la almorta es una alternativa potencial, como leguminosa grano, en muchos sistemas de cultivo en todo el mundo.

La almorta puede ser una alternativa interesante para algunos sistemas agrícolas de secano en muchas regiones de Portugal, ya que ha sido reconocida como una leguminosa adaptable, capaz de crecer en una gran variedad de sistemas agrícolas, sujeta a una serie de condiciones ambientales. Esta capacidad de adaptación conlleva una respuesta flexible a las condiciones ambientales durante las temporadas de crecimiento (Rao & Northup, 2008). Además, es considerado un alimento funcional, por tener componentes bioactivos que aportan beneficios a la salud, posee un alto nivel de proteína, tiene sabor agradable, posee un alto índice de la fijación biológica del nitrógeno, puede ser usado como forraje o pienso para animales, los granos se usan como alimento humano o como alimento animal y requiere pocos insumos. Hemos visto reforzada nuestra idea con la opinión del Ministerio de Agricultura, Desarrollo Rural y Pescas de Portugal, que afirmó que la pequeña agricultura tiene que tener futuro, debe ser apoyada y es necesaria para el país. Dicen también que sin este tipo de agricultura aumentan los problemas relacionados con el abandono (MADRP, 2010).

A pesar de éstas y otras ventajas, el *Lathyrus sativus* L. está insuficientemente explotado y estudiado (Polignano *et al.*, 2005). Debido a su carácter marginal, no existen datos a nivel mundial relativos a la superficie cultivada y, como afirma Santonoceto *et al.* (2004), es limitada la información sobre el comportamiento agronómico de esta especie.

Para Smartt (1984) es bastante sorprendente que un cultivo que se ha utilizado como una leguminosa grano, durante al menos 8000 años y sigue siendo tan utilizada, haya evolucionado tan poco. Este autor considera que es probable que la falta de progreso como leguminosa grano sea debido a su interés como cultivo forrajero. Las presiones de selección impuestas a los cultivos forrajeros son en muchos sentidos lo opuesto a los cultivos de grano. Una semilla grande es una ventaja en cultivos de grano, pero no es necesaria en un cultivo forrajero, mientras que el crecimiento vegetativo exuberante, deseable en un forraje, es mucho menos importante en una leguminosa grano, sobre todo si éste se origina a expensas de la producción de semillas.

Mucho trabajo se ha llevado a cabo con un enfoque multidisciplinario en varios países, en general, con el objetivo principal, de desarrollar/seleccionar variedades con bajos niveles de ODAP, por ser la principal limitación de este cultivo. Ahora, las investigaciones deben dirigirse a los aspectos ecológicos, fisiológicos y propiedades químicas de la almorta, como afirman Yang & Zhang (2005).

De acuerdo con Yang & Zhang (2005) la reintroducción de la almorta ayudará a mejorar la disponibilidad de alimentos y la protección del medio ambiente en muchas zonas del mundo. Siendo así y debido a la escasa información existente, para las condiciones de secano mediterráneo, sobre el comportamiento agronómico de la almorta se consideró importante adquirir información experimental mediante la comparación de diferentes genotipos de *Lathyrus sativus* L. cuando son sembrados en diferentes fechas y con diferentes densidades de siembra. Además, decidimos analizar algunos parámetros de la calidad de la semilla ya que como Campbell (1997) afirma, existen pocos estudios sobre los aspectos nutricionales en esta especie.

# 1 - INTRODUÇÃO

---

É fundamental definir sistemas de produção agrícola económica e ambientalmente eficientes para diferentes condições edafo-climáticas e socioeconómicas. Isto é particularmente importante quando se pensa num país como Portugal, onde é enorme a variabilidade de clima, de solo, de estrutura das explorações e que, como afirma o Instituto de Meteorologia, I. P. (2010), as projeções climáticas preveem frequentes e intensas ondas de calor, de frio, sequías, inundações e outros eventos, num planeta cada vez mais quente.

O *Lathyrus sativus* (chícharo) é uma leguminosa anual com a incrível capacidade de tolerar condições ambientais para o seu crescimento e é considerada uma das prometedoras fontes de genes de interesse (Campbell, 1997).

Para Siddique *et al.* (1996), o chícharo é uma alternativa potencial, como leguminosa grão, em muitos sistemas agrícolas do mundo.

O chícharo pode ser uma alternativa interessante para alguns sistemas agrícolas de sequeiro em muitas regiões de Portugal, já que é reconhecida com uma leguminosa adaptável, capaz de crescer em diferentes sistemas agrícolas, sujeito a variadas condições ambientais. Esta capacidade de adaptação leva a uma resposta flexível às condições ambientais durante as épocas de crescimento (Rao & Northup, 2008). Além disso, é considerado um alimento funcional, por ter componentes bioactivos que aportam benefícios para a saúde, possui um alto nível de proteína, tem um sabor agradável, apresenta alto índice de fixação simbiótica biológica de nitrogénio, pode ser usado como forragem ou ração para animais, os grãos usam-se para alimentação humana ou animal e requer pouco investimento. Vimos reforçada a nossa ideia com a opinião do Ministério de Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas de Portugal, que afirmou que a pequena agricultura tem que ter futuro, deve ser apoiada e que é necessária para o país. Dizem também que sem este tipo de agricultura aumentam os problemas relacionados com o abandono (MADRP, 2010).

Apesar de estas e outras vantagens, o *Lathyrus sativus* L. está insuficientemente explorado e estudado (Polignano *et al.*, 2005). Devido ao seu carácter marginal, não existem dados a nível mundial relativos à superfície cultivada e, como afirma Santonoceto *et al.* (2004), é limitada a informação sobre o comportamento agronómico de esta espécie. Para Smartt (1984) é bastante surpreendente que uma cultura que se tem utilizado como uma

leguminosa grão, pelo menos há 8000 anos e que continua a ser tão utilizada, tenha evoluído tão pouco. Este autor considera que provavelmente a falta de evolução enquanto leguminosa grão se deva ao seu interesse como cultura forrageira. As pressões de seleção impostas às culturas forrageiras são, em muitos sentidos, opostas às das culturas para grão. Obter semente grande é vantajoso em culturas para grão, mas não é necessário numa cultura forrageira. Por outro lado, enquanto um crescimento vegetativo exuberante, desejado numa forrageira, é muito menos importante numa leguminosa grão, principalmente se este for à custa da produção de semente.

Muito tem sido o trabalho realizado com uma abordagem multidisciplinar em vários países, em geral, com o objetivo principal de desenvolver/selecionar variedades com níveis baixos de ODAP, por ser a principal limitação desta cultura. Agora, as investigações devem ser direcionadas para os aspetos ecológico, fisiológicos e propriedades químicas do chícharo, como afirmam Yang & Zhang (2005).

# 1 - INTRODUCTION

---

It is essential to define economic systems of agricultural production environmentally efficient and for different soil, climatic and socio-economic conditions. Those are particularly important when one thinks about a country like Portugal, where the discrepancy in climate, soil and farm structure is enormous, which, according to the Institute of Meteorology, I.P. (2010) the climatic forecasts will show more frequent and intense heat and cold waves, draught, floods and other events in a planet that is getting hotter and hotter.

The *Lathyrus sativus* (grasspea) is an annual legume with the incredible ability to tolerate extreme environmental conditions for growth and is considered a promising source of interest in genetic studies (Campbell, 1997).

For Siddique *et al.* (1996), grasspea is a potential alternative, such as grain legumes in many agricultural systems around the world.

Grasspea can be an interesting alternative for some dryland farming systems in many regions of Portugal, since it is recognized as an adaptable pulse, able to grow in different farming systems and even when subjected to various environmental conditions. This adaptability leads to a flexible response to environmental conditions during the growing seasons (Rao & Northup, 2008). Furthermore, this legume is considered a functional food, having bioactive components that contribute to health benefits. Has a high protein content, has a pleasant taste, has high biological nitrogen fixation in the soil, can be used as fodder or pellet feed for animals, grains are used for human and animal consumption and requires little investment. We see our idea strengthened with the opinion of the Ministry of Agriculture, Rural Development and Fisheries of Portugal, that said our small size farm system has to have a future, should be supported and is necessary for the country. It also said without this type of agriculture, the problems associated with land desertion increases (MADRP, 2010).

Despite these and other advantages, *Lathyrus sativus* L. is insufficiently explored and studied (Polignano *et al.*, 2005). Because of its marginal nature, no data on the world area under cultivation exists and, as Santonoceto *et al.* (2004) stated, there is limited information on the agronomic behaviour of this species. To Smartt (1984), is quite surprising that a culture that has been used as pulse for at least 8000 years and continues to be so used has evolved so little. This author believes that probably the lack of evolution as a grain legume is due to its focus as a forage crop. The selection pressures imposed on the forage crops are in many ways opposed to grain crops. Getting large seed is advantageous in grain crops, but is not required

in a forage crop. Moreover, while exuberant vegetative growth is desired in forage, is significantly less in grain legumes, especially if this is at the cost of seed production.

Much work with a multidisciplinary approach in several countries has been done, in general, with the main objective to develop / select varieties with low ODAP, which is the main limitation of this culture. Now, further research should be directed to the ecological and physiological aspects and chemical properties of grasspea, as stated by Yang & Zhang (2005).

# **Revisión Bibliográfica**





## 2 – REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – ORIGEN Y DISPERSIÓN DEL *LATHYRUS SATIVUS*

#### 2.1.1 – ORIGEN

Las leguminosas grano<sup>1</sup> han sido utilizadas por el hombre desde la más remota antigüedad (Moreno, 1993). Las leguminosas grano se cultivan en todo el mundo, y se cultivan principalmente por sus granos, que son cosechados en la madurez y comercializados como productos secos ricos en proteínas, principalmente para la alimentación de los animales en los países desarrollados y para el consumo humano en los países en desarrollo (Crépon *et al.*, 2004).

El *Lathyrus sativus* L. (**Almorta**) es una de las más de cuarenta especies de leguminosas grano existentes en el mundo, y ha sido encontrada tanto en el Nuevo como el Viejo Mundo (IPGRI, 2000). Saraswat (1980) verificó que el *Lathyrus* es un cultivo muy antiguo.

Esta especie junto a los guisantes (*Pisum sativum* L.), las habas (*Vicia faba* L.) y los garbanzos (*Cicer arietinum*), fueron las primeras leguminosas cultivadas según los hallazgos arqueológicos del período Neolítico, la Edad de Bronce y la Edad de Hierro, en Europa, Medio Oriente y el valle del Nilo (López-Bellido, 1994).

Erskine *et al.* (1994) sugiere que el *L. sativus* fue originalmente domesticada como cultivo secundario, como consecuencia de ser considerado una mala hierba de la lenteja (*Lens culinaris*).

Probablemente, es un derivado de la especie silvestre genéticamente más cercana, *Lathyrus cicera* (Hopf, 1986).

Vavilov (1951) describió dos Centros de Origen distintos para el *Lathyrus*, es decir, zonas distintas donde se ha formado en cuanto especie biológica (Moreno, 1993). Uno es el Centro de Asia Central, que incluye India, Afganistán, República de Tajikistán y Uzbekistán, y oeste de Tian-Shan. El segundo es el Centro de Abisinia. También es identificado como centro de diversidad el sur y suroeste de Asia, y regiones alrededor de la Región Mediterránea. Sin embargo, la combinación de pruebas arqueobotánicas y fitogeográficas reunidas, lleva a la conclusión de que el origen del *L. sativus* cultivado se encuentra en la

---

<sup>1</sup> Se entiende por leguminosa de grano las leguminosas cultivadas principalmente por sus granos (que son ricos en proteínas, almidones y , algunas veces también en aceite), que pueden emplearse para el consumo humano, alimentación animal o con otros fines (www.grainlegumes.com).

península de los Balcanes, en el período Neolítico temprano, fecha del comienzo del 6º milenio AC (Kislev 1989).

Este autor sugiere que la práctica de la agricultura con plantas anuales, incluyendo el sector de los cereales y legumbres tales como lentejas y guisantes, introducido desde el Oriente Próximo en torno a 6000 AC permitió la domesticación de *L. sativus* en esta región. Esto significa que *L. sativus* es quizás el primer cultivo domesticado en Europa como consecuencia de la expansión de la agricultura del Oriente Próximo, como lo corrobora Kislev (1989).

Smartt (1994) cree que el género *Lathyrus* se originó en el suroeste y centro de Asia, con una posterior propagación hacia el este del Mediterráneo.

Para Tarade *et al.* (2007), todas las líneas de *L. sativus* parecen dividirse en dos orígenes geográficos, un grupo deriva del subcontinente Indio y otro de la región Mediterránea. Yunus & Jackson (1991) observaron una clara separación de los genotipos en dos grupos principales, basados principalmente en el tamaño de los órganos vegetativos, el color de la flor y color de la semilla. Un grupo consiste en los genotipos con las flores de color azul originarios del sur-oeste y el sur de Asia y Etiopía, mientras que el otro grupo reúne los que tienen flores de color blanco y color blanco y azul con una distribución más occidental, alrededor de la cuenca mediterránea.

### **2.1.2 - DISPERSIÓN DEL *LATHYRUS SATIVUS* L.**

Su localización ha demostrado la difusión de tales especies desde su centro de domesticación. Las semillas encontradas son consideradas formas cultivadas más que formas silvestres, debido a su mayor tamaño (López-Bellido, 1994).

No existen datos, a nivel mundial, de la superficie cultivada de este grupo de leguminosas dado su carácter marginal (López-Bellido, 1994).

Entre las leguminosas grano procedentes del Viejo Mundo destacan por su estado de marginación actual dos especies del género *Lathyrus*: *Lathyrus sativus* L. y *Lathyrus cicera* L. (López-Bellido, 1994).

Smartt (1984) y IPGRI (2000) definen la distribución geográfica del *L. sativus* de la siguiente forma: las líneas con flor azul se concentran en el suroeste de Asia y Etiopía, mientras que las líneas con flor blanca y de color misto se encuentran en Europa, Islas Canarias y países de la antigua URSS. La almorta ha sido cultivada en varios países de

Europa, entre los que se encuentran Portugal, España, Creta, Rodas, Chipre, Siria, Líbano, Palestina, Egipto, Cáucaso, Irak, Irán, Afganistán, norte y centro de India, Asia Central, Micronesia y también países del norte de África, del África tropical y en Australia.

Es un cultivo económicamente importante en India, Bangladesh, Pakistán, Nepal y Etiopía. Es cultivado en el centro, sur y este de Europa (desde el sur de Alemania hasta Portugal y España, este de los Balcanes y Sur de Rusia), en Creta, Rodas, Chipre, Oeste de Asia y norte de África (Siria, Líbano, Palestina, Egipto, Irak, Afganistán, Marruecos y Argelia) (Campbell, 1997; IPGRI, 2000; Granati *et al.*, 2003) e India (Duke, 1981; IPGRI, 2000) y posiblemente en otros países.

Campbell (1997) refiere que, desde 1947, su cultivo y uso en Europa, en la región del Mediterráneo y en el Oriente Medio, ha disminuido.

Actualmente, la almorta está siendo reintroducida en muchas partes del mundo como abono verde, forraje y para alimentación humana (Yang & Zhang, 2005), como por ejemplo en Sicilia, Marche y Puglia, donde su producción está aumentando lentamente (Crinò *et al.*, 2004).

## 2.2 – TAXONOMÍA Y CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

### 2.2.1 – TAXONOMÍA

El género *Lathyrus* pertenece a la familia *Leguminosae* (= *Fabaceae*), sub-familia *Papilionoideae*, tribu *Vicieae* (Moreno, 1993; Campbell, 1997).

Es una especie anual cultivada, que reúne genotipos con características muy diversas (Franco, 1996). De las cerca de 187 especies pertenecientes al género *Lathyrus*, sólo el *L. sativus* es utilizado como un cultivo para alimentación humana (Allkin *et al.*, 1983). Es la única especie ampliamente cultivada de un género que tiene como miembros una especie ornamental: *Lathyrus odoratus* (Campbell, 2002).

### 2.2.2 - CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y GENÉTICA

Las características botánicas del *Lathyrus sativus*, descritas por Franco (1996) y López- Bellido (1994) son:

**Raíces:** Raíz principal mucho más desarrollada que las secundarias. Nódulos alargados cuando son jóvenes, ramificándose sucesivamente a medida que envejecen.

**Hojas:** tienen peciolo alado, son alternas lanceoladas, compuesta de dos folíolos con un solo zarcillo, a veces ramificado en dos o tres. Estípulas lanceoladas, semi-sagitadas, irregulares.

**Tallos:** Alados, robustos y ascendentes, al tiempo que volubles, de una longitud que oscila en función de la humedad. La longitud de sus entrenudos varía entre 31 y 43 cm.

**Flores:** Axilares solitarias y con un largo pedúnculo. La coloración de la corola es muy variable, azul púrpura, rosa o blanca. Para Smart (1984) y Franco (1996) existe una relación directa entre el color de la flor y el color del grano, de forma que las flores blancas dan semillas de color blanco, crema o verde; las flores blancas con manchas o venosidades rosa y/o azul dan semillas blancas con la sutura de color negro o marrón; las flores rosas y azules dan semillas con colores primarios oscuros (marrón violeta-azulado, y negro) y jaspeados más o menos intensos en negro o marrón, presentándose incluso semillas totalmente negras.

**Vainas:** Muy aplastadas lateralmente y con dos alas en la sutura dorsal. Contiene 1-5 granos.

**Semillas:** Lisas, de forma heterogénea según su ubicación en la vaina, pero todas ellas con su cara principal sub-cuadrada irregular, aplastada por un extremo y en sección transversal triangular (en forma de cuña). Color de fondo primario blanco, crema, verde, marrón, azulado, morado, pardo, grisáceo o negro, con jaspeados o moteados en color secundario marrón o negro y con un pequeño hilo sobre el borde más ancho.

La germinación es hipogea, el epicótilo púrpura-verde. Las dos primeras hojas son simples. La primera hoja es pequeña, con dos estípulas laterales (Campbell, 1997).

Se clasifican los ecotipos de la almorta según el color primario de la flor, las marcas en las vainas y el tamaño y el color de la semilla (IPGRI, 2000).

La biología de la flor de esta especie favorece la autofecundación. No obstante, hay indicaciones de que existe "outcrossing" - fecundación cruzada dentro de la misma especie (9.8 – 27.8 %), dependiendo de factores ambientales y genéticos (López-Bellido, 1994; Campbell, 1997). Kaul *et al.* (1986) registró 4 - 16% de fecundación cruzada y Rahman *et al.* (1995), 10-28%. Por otro lado, Chowdury & Slinkard (1997) registraron sólo 2%, pero en condiciones desfavorables para la presencia de abejas.

También para Franco (1996), la tasa de alogamia es alta, y afirma que probablemente se deba a la frecuente visita de insectos, ya que las flores son grandes y muy vistosas. Rahman *et al.* (1995) observó una gran variación de la tasa de fecundación cruzada. Genotipos con flor roja y blanca tienen la tasa más alta y más baja, 27,8% y el 9,8%, respectivamente y supuso que estas diferencias se debieron al color rojo de la flor que atraía a más abejas que el color blanco. Para Campbell (1997) no es evidente si es el viento

o los insectos los principales responsables de la transmisión del polen de flor en flor, ya que para él son estos dos los principales responsables del rápido aumento de la heterogeneidad en las diferentes poblaciones.

Cada estirpe de *Rhizobium* tiene una determinada capacidad para inducir la nodulación y cada planta tiene una determinada susceptibilidad para ser infectada (Fuentes, 1999). Esta especificidad definirá el rendimiento nitro fijador del sistema planta - bacteria (Urbano, 2002). La especie nodulante de la almorta es el *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (Prévost & Antoun, 2008).

La cantidad de nitrógeno fijado por las leguminosas puede variar dentro de un rango muy amplio, entre 10 y 300 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (LaRue & Patterson, 1981). Urbano (2002) estableció, para las especies de leguminosas cultivadas habitualmente en la zona mediterránea, los siguientes tres grupos de cultivos: Cultivos fuertemente fijadores, Cultivos medianamente fijadores y Cultivos poco fijadores. Según el mismo autor, la almorta pertenece al grupo poco fijador, que suelen fijar menos de 100 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Como hemos referido anteriormente, en la especie *Lathyrus sativus* se presenta un gran número de variedades y tipos que difieren en el color de las flores, forma de crecimiento y en el color y forma de las semillas. Se distinguen dos variedades: la almorta oscura menuda y la almorta blanca grande. Según Jackson & Yunus (1984) y López-Bellido (1994), la primera es posiblemente la forma originaria de la especie. La almorta blanca grande es quizás una selección de la anterior, con semillas mayores, de color más claro y más achatada.

El género *Lathyrus* es predominantemente diploide con 2n=14 cromosomas (Campbell, 1997; IPGRI, 2000; Karadag & Buyukburc, 2003).

La almorta ha sido identificada como una importante fuente de genes nuevos para su uso en programas de mejora de leguminosas grano, por sus resistencias a estrés bióticos y abióticos (McCutchan, 2003).

## **2.3 – PROPIEDADES NUTRICIONALES**

### **2.3.1 - SUSTANCIAS BIOACTIVAS**

Se han atribuido beneficios para la salud a tres grupos principales de componentes de las semillas de leguminosas: factores no nutricionales, proteínas y carbohidratos.

Para Singh *et al.* (1999), Lisiewska *et al.* (2006) y Dilis & Trichopoulou (2009), las leguminosas grano son una buena fuente de carbohidratos y proteínas, que juntas constituyen el 70-80% del total de la materia seca de la semilla, de vitaminas (principalmente

del grupo B) y de compuestos inorgánicos. Teniendo en cuenta estas características, las leguminosas son consideradas alimentos funcionales, o sea, alimentos que producen efectos beneficiosos sobre la salud de los consumidores (Martins & Bento, 2007).

La presencia de determinadas cantidades de algunos factores no nutricionales como los fitatos, taninos, alcaloides, saponinas, oligosacáridos, etc., se han vinculado con las propiedades de promoción de la salud en las últimas dos décadas, y en la actualidad, se considera que las sustancias bioactivas naturales desempeñan un importante papel en la prevención de las enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Musquiz, 2001). También, para McIntosh & Topping (1999), los fitatos, algunos taninos e inhibidores de la tripsina pueden tener efectos benéficos en la salud humana, ya que tiene un efecto antioxidante que puede ayudar a prevenir la aparición del cáncer.

Según Aletor *et al.* (1994) y Akalu *et al.* (1998), las semillas de *L. sativus* contienen 31% de proteína, 41% de carbohidratos, 17% de fibra dietética total (2% soluble y 15% insoluble), 2% de grasa y el 2% de cenizas, en relación al porcentaje de materia seca. Rotter *et al.* (1991) presenta los siguientes valores para la composición de semillas de *Lathyrus sativus*,

Componente	Intervalo
Agua (%)	7,50 - 8,20
Almidón (%)	48,00 - 52,30
Proteína (%)	25,60 - 28,40
Fibra ácido detergente (%)	4,30 - 7,30
Cenizas (%)	2,90- 4,60
Grasa (%)	0,58 - 0,80
Calcio (mg / kg)	0,07 - 0,12
Fósforo (mg / kg)	0,37 - 0,49
Lisina (mg / kg)	18,40 - 20,40
Treonina (mg / kg)	10,20 - 11,50
Metionina (mg / kg)	2,50 - 2,80
Cisteína (mg / kg)	3,80 - 4,30

### 2.3.1.1 - PROTEÍNAS

Las proteínas a que nos referimos anteriormente, son ricas en la mayoría de los aminoácidos esenciales, especialmente en lisina, pero son generalmente pobres en aminoácidos que contienen azufre, en metionina y cisteína (Campbell, 1997; Fikre *et al.*, 2008), así como en triptófano que deben suplementarse con el aporte de otros componentes de la dieta (López, 1991). Duranti (2006) considera que la calidad de esta proteína es inferior a la de productos de origen animal debido a la cantidad limitada de aminoácidos con azufre, la resistencia a la proteólisis debido a la naturaleza de la semilla y la presencia de otros compuestos con el potencial para reducir la biodisponibilidad de las proteínas.

Para Morazzoni *et al.* (2007), estas proteínas pueden tener un efecto positivo en la regulación del colesterol en la sangre, de los niveles de glucosa y en el peso corporal.

Para el carácter del contenido de proteína bruta, el control genético es complejo, la variación del contenido de proteínas depende no sólo del genotipo que controla la síntesis y la acumulación de fracciones específicas de proteína, sino también de los genotipos que controlan otros factores, como la absorción de nutrientes, vigor de la planta, madurez, rendimiento y tamaño de grano (Reyes-Moreno & Parede-López, 1993). El contenido de proteína también puede estar influenciado por factores ambientales tales como diferentes años agrícolas, la ubicación geográfica, las condiciones edafológicas y climáticas de los diferentes sitios de cultivo. El nitrógeno proporcionado al cultivo durante su desarrollo, también pueden influir en el contenido de proteínas en los granos (Buratto *et al.*, 2009).

Las leguminosas grano presentan un porcentaje de proteína, en relación a la materia seca, entre 20-40% (Abreu & Bruno Soares, 1998).

### **2.3.1.2 - CARBOHIDRATOS**

Las semillas de las leguminosa grano tienen en general un alto contenido en hidratos de carbono: del 35% en altramuces al 60% para habas y guisantes rugosos y 67% para guisantes lisos, constituyendo aproximadamente el 50% del peso de las leguminosas grano (Haro, 1983). Para López (1991) son el grupo de componentes mayoritarios de las leguminosas grano. El principal constituyente es el almidón (Haro, 1983). Los otros son xilosa, celulosa y azúcares (Haro, 1983; Bressani & Elias, 1988).

El almidón y la sacarosa son los principales productos de la fotosíntesis en las plantas superiores. La sacarosa es translocada en la planta para sostener el crecimiento y el almidón se acumula en el cloroplasto para servir como reserva de hidratos de carbono durante los períodos en que la fotosíntesis no se produce (Hewitt *et al.*, 1985). La mayoría de las especies de plantas acumulan una cantidad suficiente de almidón durante el período de luz para satisfacer la demanda de energía durante la oscuridad y mantener un crecimiento efectivo (Hewitt *et al.*, 1985). Capri (2003) refiere que el principal objetivo de este nutriente es suministrar energía.

El almidón es la forma de reserva carbonada más importante en vegetales (Romero *et al.*, 1999).

### **2.3.1.3 - GRASAS**

El valor nutritivo de las semillas está determinado no sólo por la cantidad sino también por calidad de los lípidos que contienen. Así, los ácidos grasos presentes en los lípidos desempeñan un papel importante en la calidad/nivel de vida, la nutrición y el sabor de los alimentos (Chinnasamy *et al.*, 2005).

Para Haro (1983) y López (1991), la grasa de las leguminosas son ricas en aceites esenciales. En la mayoría de los casos, el ácido oleico y linoleico representan alrededor del 65% del total de ácidos grasos presentes en estas semillas.

Chinnasamy *et al.* (2005) en sus estudios, encontró que las semillas de almorta muestran una concentración superior de ácidos grasos insaturados en relación a los ácidos grasos saturados. Por lo tanto, las semillas de almorta pueden ser importantes para la salud nutricional y son una valiosa fuente de nutrición.

El contenido de las leguminosas grano en este principio nutritivo es bajo en general, entre el 1 y el 2% a excepción del garbanzo que contiene 6%, del cacahuete y de la soja (Haro, 1983).

### **2.3.1.4 - FIBRA**

Las fibras son esenciales para la salud humana en diferentes niveles. De hecho, desempeñan un papel importante en la absorción de nutrientes. Permite escalonar la absorción de varios nutrientes a lo largo del tiempo (Gatel & Champ, 1998).

Una dieta alta en fibra vegetal es esencial para la prevención de la obesidad, enfermedades coronarias y diabetes (Anderson *et al.*, 1979; Kaline, 2007).

Las leguminosas grano son una gran fuente de fibra (Gatel & Champ, 1998).

### **2.3.1.5 – VITAMINAS Y MINERALES**

El contenido en vitaminas de las leguminosas grano es escaso, salvo algunas hidrosolubles del grupo B y entre ellas destacan la vitamina B1, vitamina B3 y la vitamina B5 (López, 1991; Gatel & Champ, 1998).



Las leguminosas grano son una fuente de potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro y zinc (Haro, 1983; Dilis & Trichopoulou, 2009). En cuanto a los aportes minerales, López (1991) destaca dos fundamentales para la alimentación humana: calcio y hierro.

Estudios recientes realizados por Brunet *et al.* (2008) verifican que el *Lathyrus sativus* L. es tolerante a la deficiencia en nutrientes esenciales y capaz de almacenar grandes cantidades de plomo en los tejidos de la raíz. Por lo tanto, podría utilizarse para el desarrollo de nuevos sistemas de rizofiltración, es decir, concentrar este contaminante procedente de las aguas en sus raíces.

### 2.3.2 - FACTORES ANTINUTRICIONALES

Los factores antinutricionales (ANF's) son descritos como sustancias no fibrosas de origen natural que ejercen efectos negativos sobre el rendimiento o la salud de los animales, Van Barneveld *et al.* (1999). Para Silva & Silva (1999), estas sustancias causan efectos fisiológicos adversos o disminuyen la biodisponibilidad de determinados nutrientes.

Los factores antinutricionales, conforme describe Cruz *et al.* (2001), pueden afectar el valor de los alimentos o interactuar con otros nutrientes componentes de la dieta (efecto indirecto). Estos productos dan a la planta baja palatabilidad, lo que provoca que los animales eviten o reduzcan su consumo. Otros tienen la capacidad de asociarse con algunos de los componentes de los alimentos, lo que dificulta su absorción en el intestino. Otra acción de las sustancias antinutricionales es dificultar el ataque de los nutrientes por las enzimas en el tracto digestivo (Birk, 1989).

La mayoría de estas sustancias proporcionan a las plantas la capacidad de defensa contra ataques de hongos, bacterias, insectos y pájaros (Birk, 1989).

La presencia de uno o varios de estos factores es con frecuencia limitante en lo que concierne al uso. La cocción suele eliminar casi todos estos factores (aunque no, por ejemplo, la de flatulencia) (Moreno, 1993).

La mayoría de las semillas de leguminosas contienen diversos factores antinutricionales (ANF's) (Mekbungwan, 2007).

Los factores antinutricionales, excepto la neurotoxina ODAP, están presentes en la almorta en concentraciones similares a los encontrados en otras leguminosas grano, incluyendo inhibidores de la tripsina, inhibidores de quimo tripsina, inhibidores de amilasa,

lectinas, taninos, fitatos y oligosacáridos. El efecto de los ANF's en esta especie y el comportamiento de los animales no está bien entendido y, a veces se confunde con los efectos de ODAP (Hanbury *et al.*, 2000).

Para Enneking & Wink (2000) y Lambein *et al.* (1993), los factores antinutricionales en leguminosas grano se pueden dividir en varios grupos basados en sus propiedades químicas y físicas como son, por ejemplo, aminoácidos no proteicos, alcaloides, isoflavonas, taninos, oligosacáridos, saponinas, fitatos, lectinas, inhibidores de la proteasa y de la amilasa, y latirógenotipos. Nos basaremos en la clasificación de los ANF's en termolábiles (desapareciendo tras un adecuado tratamiento térmico) y termoestables (pudiendo desaparecer por lavado o por cocción) presentada por Haro (1983).

### **2.3.2.1 - CONSTITUYENTES TERMOLÁBILES**

#### **2.3.2.1.1 - INHIBIDORES DE LA PROTEASA (INHIBIDORES DE LA TRIPSINA E INHIBIDORES DE QUIMO TRIPSINA)**

Las plantas han desarrollado defensas contra el ataque de insectos y otros herbívoros, que se activan como consecuencia de las heridas sufridas, entre las que se ha descrito la acumulación de inhibidores de proteasas (Fayos *et al.*, 1999).

Inhibidores de la tripsina (TIA) y de quimotripsina (CTIA) son constituyentes comunes de las semillas de leguminosas (Mekbungwan, 2007).

Su presencia en el tracto intestinal inhibe la acción de la tripsina, que es responsable de la digestión de las proteínas, lo que conlleva un aumento de la producción de enzimas por el páncreas y la hipertrofia de este órgano (Carvalho *et al.*, 2002).

En la nutrición humana estos factores antinutricionales tienen pocas consecuencias, ya que son termolábiles y generalmente, son destruidos en condiciones normales de cocción (Ojimelukwe *et al.*, 1995).

Estos inhibidores son destruidos en el rumen y así, no son un problema para los animales rumiantes. En especies monogástricas pueden dar lugar a la hipertrofia del páncreas si está presente en cantidades suficientes.

La tasa de crecimiento de los animales se ve deprimida por la TIA y CTIA (Deshpande Damodaran*et*, 1990).

Hanbury *et al.* (2000) encontró que TIA en almorta es considerablemente más bajo que en soja y frijoles, pero más alto que en los garbanzos.

#### **2.3.2.1.2 – LECTINAS**

Las lectinas están presentes en la mayoría de las leguminosas (Lienerd, 1989), interfieren con la digestión y absorción de nutrientes y aumentan la síntesis de proteínas, lo que reduce la eficiencia de utilización de nutrientes. Estas sustancias son inactivadas cuando se cocinan (Enneking & Wink, 2000).

Los niveles de este ANF en *L. sativus* y *L. cicera* se desconoce, sin embargo, Srivastava & Khokhar (1996) detectaron lectinas en todas las líneas de *L. sativus* estudiadas.

#### **2.3.2.1.3 - INHIBIDORES DE AMILASA**

El inhibidor de la actividad de la amilasa es la principal enzima involucrada en la digestión del almidón en los mamíferos. La inhibición de la amilasa se cree que reduce su actividad, pero el debate sobre la intensidad de su efecto continúa (Deshpande & Damodaran, 1990).

#### **2.3.2.1.4 - TANINOS**

Se definen los taninos como compuestos fenólicos que residen en el tegumento la mayoría de ellos (Deshpande *et al.*, 1982). La principal característica de los compuestos fenólicos es su actividad antioxidante (Dilis & Trichopoulou, 2009).

Se pueden clasificar en dos clases: de bajo peso molecular hidrolizable y de mayor peso molecular y no hidrolizables (o condensada). Los taninos hidrolizables más comunes tienen poco efecto sobre la digestibilidad (Deshpande & Campbell, 1992). Estos taninos están presentes en la fracción de la fibra dietética de diferentes alimentos y pueden considerarse indigestos o poco digestivos (Bartolomé *et al.*, 1995).

Los taninos son antioxidantes, inhibidores de determinadas enzimas e influyen negativamente en la digestibilidad de la proteína, sin embargo, sus efectos sobre los seres humanos siguen siendo desconocidos (Silva & Silva, 1999).

Moseley & Griffiths (1979), Deshpande & Campbell (1992), Chang *et al.* (1994) y Campbell, (1997) encontraron que los taninos condensados y compuestos fenólicos totales están altamente relacionados con la pigmentación del tegumento: el color blanco o crema de las semillas de *L. sativus* se asocia a bajos niveles de taninos, mientras que las semillas oscuras, en general, tienen mayor nivel de taninos. Observaciones similares respecto a *L. sativus* fueron hechos por Urga *et al.* (1995) y Wang *et al.* (1998a y 1998b).

Los genotipos que carecen de taninos condensados contienen niveles más bajos de otros compuestos fenólicos (Campbell, 1997).

El contenido de compuestos fenólicos en el género *Lathyrus* puede variar entre 3,8 – 29,2 mg/g en harina de semilla (Pastor-Cavada *et al.*, 2009). En la almorta, el mismo autor, determinó 4,3 mg/g en harina de semilla.

### **2.3.2.2 - CONSTITUYENTES TERMOESTABLES**

#### **2.3.2.2.1 – $\beta$ -N-oxalyl-L- $\alpha$ - $\beta$ -ácido diaminopropionic (ODAP)**

La almorta contiene un aminoácido neurotóxico llamado ODAP ( $\beta$ -N-oxalyl-L- $\alpha$ - $\beta$ -ácido diaminopropionic), identificado por primera vez por Bell en 1962 (Bell, 1962; Murti *et al.*, 1964; Rao *et al.*, 1964).

Para Lienerd (1970), Campbell (1997), Zhao *et al.* (1999) y Wang *et al.* (2000), la presencia de ODAP es la principal limitación de esta especie, ya que es de los principales compuestos antinutricionales.

Prakash *et al.* (1977) y Campbell (1997) encontraron ODAP en todos los tejidos de la planta de *L. sativus*, independientemente de la edad o la variedad, pero el contenido máximo se observó en la hoja en fase vegetativa y en el embrión en la fase de reproducción. Para Lambein (1993), la concentración de ODAP en la semilla madura de almorta es dos o tres veces menor que en su plántula. Esta toxina es cuantitativamente el segundo aminoácido en las semillas de la almorta, pero con gran variación desde 0,20 mg/g, en semillas secas de líneas de Canadá, a 5,4 mg/g de las semillas secas en una muestra en Raipur (India) (Fikre *et al.*, 2008).

Para Rao *et al.* (1964), la ODAP tiene la capacidad de inhibir el crecimiento de algunos insectos y levaduras, por lo que puede tener un papel protector para la planta (Hanbury *et al.*, 2000).

Como esta neurotoxina funciona como un soporte para la molécula de zinc (Lambien *et al.*, 1994), los suelos pobres en zinc y con alto contenido de hierro (suelos de reacción ácida), pueden ser responsables del alto nivel de esta neurotoxina en las semillas maduras (Abd El-Moneim *et al.*, 1999).

Esta sustancia causa el latirismo en los seres humanos y animales (López-Bellido, 1994; Hanbury *et al.*, 2000). El contenido de ODAP seguro para el consumo humano es inferior al 0,2% (Abd El-Moneim *et al.*, 1999) y Dahiya (1976)).

La concentración de ODAP en *L. sativus* varía mucho entre genotipos y ambientes (Dahiya & Jeswani, 1975, Ramanujan *et al.*, 1980; Lambein *et al.*, 1993 y Abd El-Moneim *et al.*, 1999) pero para Hanbury *et al.* (1999), las condiciones ambientales no son tan importantes como el genotipo. Hussain *et al.* (1997) e Yang & Zhang (2005) destacan que la salinidad y la sequía pueden aumentar las concentraciones de ODAP, y para Haque *et al.* (1992), el estrés hídrico puede duplicar el nivel de esta toxina. Por otra parte, la salinidad en el suelo puede reducir el nivel de toxinas en las semillas.

Aunque se han hecho muchos intentos para encontrar una relación entre el contenido de ODAP y el color de la flor y de la semilla, los resultados han sido insatisfactorios (Dahiya, 1985) o no han tenido éxito (Roy & Rao, 1978). Para Dahiya (1976), los genotipos con semillas color crema tienen contenido bajo en neurotoxina. Pero Quader *et al.* (1986) informó que las plantas de flor blanca contienen más toxina en comparación con las plantas de flor azul. Sin embargo, Kaul *et al.* (1986) no encontró ninguna asociación entre el color de la flor y de las semillas con el contenido de neurotoxina.

Para varios investigadores la relación existente entre el contenido de proteína bruta y de ODAP es negativa (Misra *et al.*, 1980).

Existen dos formas de obtener genotipos altamente productivos y con niveles bajos de la neurotoxina, una forma sería usar la ingeniería genética para producir transgénicos (Hanbury *et al.*, 1999 y Hanbury *et al.*, 2000) y la segunda, eliminando la sustancia tóxica a través de una selección cuidadosa y de cruzamientos entre variedades poco y muy tóxicas (Ben Brahim *et al.*, 2001).

### 2.3.2.2.1.1 - LATIRISMO

Hay dos tipos diferentes de latirismo: neurolatirismo y osteolatirismo, que afectan al sistema nervioso y a la formación del hueso, respectivamente (Cohn, 1995).

El neurolatirismo es un síndrome que provoca la parálisis irreversible de las extremidades inferiores, por lesiones neurológicas debidas a la degeneración de la médula espinal. En casos extremos llega a producir la muerte (Rao *et al.*, 1964; López-Bellido, 1994; Campbell, 2002).

Se sabe que desde la época clásica, varias especies del genero *Lathyrus*, en particular el *L. sativus*, están implicadas en la enfermedad que provoca una parálisis en los seres humanos y animales conocida como latirismo o más específicamente neurolatirismo. Los ruminantes y monogástricos pueden verse afectados, aunque según la literatura consultada son los monogástricos los más afectados (Hugon *et al.*, 2000).

Este síndrome está estrechamente vinculado a la sequía extrema, causa del hambre, pobreza y malnutrición (Enneking, 1998), que es cuando la almorta tiene más probabilidades de desempeñar un papel importante en la dieta (Campbell, 2002), es decir, cuando es la exclusiva o principal fuente de nutrientes durante períodos prolongados. Como indica Lambein & Ahmed. (2005), el latirismo ha sido a menudo descrito como una enfermedad de la pobreza, la ignorancia y el hambre provocada por la sequía.

El riesgo del latirismo depende de la preparación de la almorta y de su mezcla con cereales y antioxidantes en la dieta (Getahun *et al.*, 2003).

Actualmente, varios estados de la India y Nepal prohíben la venta de la almorta por este motivo (Campbell, 2002). En España, las autoridades decretaron en 1982 la prohibición del consumo de esta legumbre así como la recogida y destrucción de lo almacenado, tanto en crudo como en harina (Franco, 1996).

Cohn & Streifler (1981) alertan de la necesidad de prestar mucha atención a la evaluación de la toxicidad en ODAP, porque también otras toxinas pueden estar presentes en las semillas.

La susceptibilidad de las especies animales al latirismo es difícil de entender, pero parece ser que los caballos y los animales jóvenes son los más susceptibles (Hanbury *et al.*, 2000).

### **2.3.2.2.1.2 - COMO EVITAR EL LATIRISMO**

Se consigue evitar el latirismo utilizando variedades con bajos niveles de esta toxina o cuando forme parte de la dieta en pequeñas cantidades.

Diferentes métodos de tratamiento se han propuesto para la reducción de la cantidad total de contenido ODAP (Tekle-Haimont *et al.*, 1993), pero ninguno la puede destruir completamente (Tarade, 2007). Son varios los autores que indican que la maceración o remojo de la semilla en agua, seguida de la cocción y el tratamiento a altas temperaturas, parecen inactivar o reducir ostensiblemente el componente latirógeno, evitando su toxicidad (López-Bellido, 1994; Franco, 1996).

### **2.3.2.2.2 – SAPONINAS**

Las saponinas pueden ser consideradas como un factor de resistencia de las leguminosas contra infecciones microbianas y herbívoros (Enneking & Wink, 2000).

Pueden producir efectos deletéreos ya que en altas concentraciones pueden limitar la disponibilidad de micronutrientes esenciales produciendo una reducción del crecimiento en animales (Burbano *et al.*, 1992).

Las saponinas son generalmente inocuas para los seres humanos (Fenwick *et al.*, 1991 y Enneking & Wink, 2000) y pueden tener algunos beneficios al reducir los niveles de colesterol en la sangre (Fenwick *et al.*, 1991; Burbano *et al.*, 1992).

### **2.3.2.2.3 - FITATOS**

Los fitatos son una clase de complejos de origen natural que se forman durante el proceso de maduración de las semillas y granos de cereales (Maga, 1982).

Son compuestos químicos utilizados por las plantas para almacenar el mineral de fósforo dentro de sus células (Burbano *et al.*, 1992, Campos, 2006), y en muchos casos supone el 50-80% del total de fósforo en las semillas (Warkentin *et al.*, 2007).

Este compuesto, generalmente, no es digerido por los seres humanos ni por el ganado no ruminante, la mayoría es excretado (Warkentin *et al.*, 2007).

Las características antinutritivas de este compuesto se deben a su capacidad para formar una unión irreversible con elementos minerales, interfiriendo con su disponibilidad (Burbano *et al.*, 1992; Singh *et al.*, 1999).

Según Campos (2006), desde los años 90, numerosos estudios científicos han demostrado que los fitatos también actúan como poderosos antioxidantes (para evitar la oxidación o envejecimiento de las células), cumpliendo así un papel importante en la reducción del riesgo de muchas enfermedades crónicas y enfermedades degenerativas como algunos tipos de cáncer y artritis.

Su concentración varía entre 0,49-1,09% en *Lathyrus* spp. (Hanbury *et al.*, 2000). Para este autor, estos niveles de fitatos son elevados en comparación con los guisantes 0,15-0,70%.

#### **2.3.2.2.4 – OLIGOSACÁRIDOS**

Este tipo de carbohidratos no pueden ser metabolizados por monogástricos y pasan a través del colon donde las bacterias pueden romperlos, produciendo dióxido de carbono, metano e hidrógeno; esto causa molestias, calambres y flatulencia (Enneking & Wink, 2000 y Singh *et al.*, 1999). Como estos síntomas no son agradables, estos compuestos contribuyen a la disuasión del consumo de estas semillas de leguminosas por los herbívoros (Enneking & Wink, 2000).

Sin embargo, los oligosacáridos tienen un papel en la regulación osmótica en el tracto gastrointestinal, lo que puede ser beneficioso en el mantenimiento de la flora, ayudando a prevenir la aparición de cáncer de colon (Singh *et al.*, 1999).

Kuo *et al.* (1995) encontraron un contenido de oligosacáridos en almorta de 6,1%, mayor que en las habas que tienen de media 3,4%. Es un porcentaje bajo comparado con el 20%, que según Enneking & Wink (2000), es frecuente en la mayoría de las leguminosas.

#### **2.3.2.3 - OTRAS PROPIEDADES**

Para Enneking & Wink (2000), las plantas que producen semillas ricas en fuentes energéticas (carbohidratos, lípidos y proteínas), como es el caso de la almorta, por lo general acumulan potentes compuestos químicos de defensa.



Como leguminosa que es, la almorta contiene alérgenos termoestables que causan alergia pero con menos frecuencia que, por ejemplo, la lenteja, el garbanzo o el guisante (Martinez *et al.*, 2000).

Las semillas de *L. sativus* contienen una alta cantidad de l-homoarginina, que puede actuar como un precursor de la lisina en animales superiores (Quereshi *et al.*, 1977; Abd El-Moneim *et al.*, 1999).

Recientemente, la extracción de metales pesados por las plantas se ha convertido en una prometedora y rentable alternativa para reducir los niveles de metales pesados en los suelos. La inmovilización eficaz de iones de plomo por las raíces de la almorta podría representar una nueva e interesante característica para el desarrollo de estrategias de fitorremediación<sup>2</sup> (Brunet, 2008).

## 2.4 – UTILIZACIÓN

La almorta es un cultivo de múltiple aptitud y muy valorado por contener abundantes nutrientes (Yang & Zhang, 2005).

Su semilla se puede utilizar en la alimentación humana o animal (López-Bellido, 1994), condicionada, principalmente, por la presencia de la neurotoxina ODAP (Granati *et al.*, 2003).

Esta especie forma parte de la dieta de las personas de muchas regiones, debido principalmente, a su alto contenido en proteínas y en segundo lugar, por la adecuada proporción de grasas que presentan las semillas de muchas especies (Moreno, 1993). Es muy utilizada en la alimentación humana, en forma de legumbres verdes, sobre todo la semilla seca remojada en agua y cocida, o bien descascarada y convertida en harina para mezclarla con cereales y hacer pan o gachas. Puede, utilizarse también, como agente espesante de alimentos en pastas y salsas, pudiendo incorporarse en alimentos diseñados para que la gente se sacie pronto (Akalu *et al.*, 1998).

Yadav (1995) describe otras formas de utilización de este cultivo, como por ejemplo, utilizar las vainas verdes como verduras o aperitivos.

---

<sup>2</sup> La fitorremediación ha sido definida como el uso de plantas verdes para eliminar o acumular contaminantes peligrosos para el medio ambiente ([www.biorrehid.cebas.csic.es/ant\\_fitorremediacion.html](http://www.biorrehid.cebas.csic.es/ant_fitorremediacion.html)).

Su biomasa se puede utilizar en la alimentación de algunas especies animales en forma de forraje, pienso o paja. La paja de estas leguminosas tiene un buen valor alimenticio para el ganado.

Franco (1996) informa que, tradicionalmente, los ganaderos reservan siempre almortas para proporcionárselas al ganado ovino, especialmente a los que tienen problemas o que precisan una alimentación intensiva, ya que los ovinos parecen ingerirla, sin manifestar problemas de latirismo en una dieta completa continua. El mismo autor indica que puede haber peligrosidad, tanto en el grano como particularmente en el forraje para el ganado equino y en particular para las yeguas gestantes, en las que puede provocar abortos.

Su cultivo juega un papel importante como abono en verde, enterrado al final del invierno para mejorar la fertilidad de los suelos. (López-Bellido, 1994).

## **2.5 - LUGAR EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

La almorta es poco exigente en cuanto a las condiciones medioambientales, por lo que puede competir (ser alternativa) con otros cultivos (Rybiński *et al.*, 2008). Para este autor esta capacidad resulta, entre otras cosas, de su extraordinaria resistencia a la sequía, y de acuerdo con datos de la literatura se puede cultivar con precipitaciones de 380 mm. Esto es especialmente importante en vista del cambio climático global y del período cíclico de sequía de los últimos años. El beneficio de incluir leguminosas, como la almorta, en una rotación con cereales se revela en: mejor control de malezas, reciclaje de nutrientes, beneficios estructurales del suelo, control de la erosión (Chatel *et al.*, 1982; Miyan & Belloti, 1998). También, debido a su capacidad para absorber el nitrógeno de la atmósfera y mejorar la nutrición nitrogenada de los cultivos siguientes. La almorta es un valioso elemento en la rotación de cultivos (Chatel *et al.*, 1982; Miyan & Belloti, 1998; Rybiński *et al.*, 2008). La incorporación de la almorta en la rotación puede hacer que el sistema de producción sea más sostenible, mejorando la fertilidad del suelo y rompiendo el ciclo de plagas y enfermedades (Abd El-Moneim *et al.*, 1999).

La capacidad del *L. sativus* para proporcionar un rendimiento económico en la mayoría de las condiciones adversas hizo a este cultivo muy popular en la agricultura de subsistencia de muchos países en desarrollo, y ofrece un gran potencial para su uso en otras partes del mundo.

Chinnasamy *et al.* (2005) y Vaz Patto *et al.* (2006) indican que la almorta, al ser un cultivo con una notable resistencia al estrés abiótico, ha sido aceptada como una planta de cultivo modelo para la agricultura sostenible.

Más recientemente, surge un renovado interés por este cultivo justificado por la necesidad de recuperar las tierras marginales y para proporcionar una alternativa eficiente para el trigo. Asimismo, la investigación sobre la utilización de la almorta en la alimentación será de gran importancia para estimular la expansión de este cultivo en sistemas de agricultura sostenible y de bajos-inputs (Crinò *et al.*, 2004).

## **2.6 – ECOLOGÍA Y AGRONOMÍA**

La productividad de un cultivo se define por la interacción entre la planta, el entorno de producción y el manejo. Para obtener altos rendimientos es necesario conocer las prácticas culturales compatibles con una producción económica y que permitan maximizar la tasa de acumulación de materia seca en el grano. Las principales prácticas de gestión que deben ser considerados son: la fecha de siembra recomendadas para la región de producción, la elección de cultivares adaptados a esta región, el uso del espacio y la densidad adecuada para este tipo de cultivo, monitoreo y control de malezas, plagas y enfermedades y reducir al mínimo la posible pérdida de la cosecha (Ritchie *et al.*, 1982).

### **2.6.1 – CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS**

La almorta tiene un sistema radical muy resistente y penetrante (Chinnasamy *et al.*, 2005; Yan *et al.*, 2006), que le permite crecer bien bajo condiciones ambientales adversas, en zonas áridas o semi-áridas (Campbell, 1997; Yan *et al.*, 2006), activando nutrientes solubles y transportándolos desde las capas más profundas del suelo, con una mejora simultánea de sus capacidades hidráulicas (Campbell *et al.* 1994). Como refiere Franco (1996), Tiwari & Campbell (1996a y 1996b), Malek *et al.* (1999), Hanbury *et al.* (2005) e Yang & Zhang (2005), la almorta es la leguminosa grano más resistente a la sequía y a climas áridos.

Puede crecer en condiciones de alta (1500 mm) y baja pluviometría (300 mm) (Asthana, 1995).

Para Hanbury *et al.* (2005) su tolerancia al frío es moderada.

Como Abd El-Moneim *et al.* (1999) indica cuando otros cultivos fallan bajo condiciones climáticas adversas, la almorta puede convertirse en la única fuente de alimento.

Esta especie tiene un amplio rango de adaptación, prospera en cualquier textura de suelo, desde arcillosa hasta arenosa, con pH entre 6,0-7,5, siendo sensible a los suelos ácidos. Para Campbell (1997), la capacidad de la almorta de prosperar en suelos pobres es debida a su baja exigencia en nutrientes. Supera a la mayoría de las leguminosas en capacidad de producción en suelos de baja fertilidad y tolerando inundaciones (Handbury *et al.*, 2005; Yang & Zhang, 2005). Los suelos más apropiados, según Franco (1996), son los de textura franca con cal, aunque no en exceso, ya que puede provocar clorosis temporales, en estado de plántula.

### 2.6.2 – SIEMBRA

El *L. sativus* es sembrado en regiones con condiciones ambientales muy diversas.

En el sudeste asiático se produce almorta en regiones marginales, normalmente saturadas de agua, en tierras bajas, o zonas de cultivo de arroz y desempeñan un papel importante en el aumento de la intensidad de cultivo. En esas zonas, los agricultores no pueden producir buenas cosechas de trigo, oleaginosas u otras leguminosas de invierno. La almorta es sobre todo sembrada en los campos de arroz, en noviembre, cuando el terreno se encuentra totalmente saturado de humedad. En la India, Bangladesh, Nepal y Pakistán es, generalmente, sembrada a una dosis de 40 kg ha<sup>-1</sup>. No hay ninguna preparación de la tierra y la siembra es al voleo, directamente sobre el agua estancada en los campos de arroz, antes de la cosecha del mismo. En Etiopía y Siria, la dosis de siembra puede variar de 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup>. En la región del Mediterráneo, el *L. sativus*, *L. cicera* y *L. ochrus* normalmente son sembrados después de las primeras lluvias de otoño. En Pakistán, se siembra en noviembre y por lo tanto crece bajo condiciones invernales. La almorta, en el sudeste de Asia, suele sembrarse mezclada con otros cultivos, como una forma de prevención contra condiciones climáticas adversas que podrían afectar el crecimiento o el rendimiento de los distintos cultivos utilizados en la mezcla (Campbell, 1997). Según Hanbury *et al.* (2005), en ambientes de tipo mediterráneo en Australia Occidental, se puede sembrar la almorta en cualquier momento, desde principios de abril hasta finales de junio en todas las zonas de lluvia.

En las condiciones climáticas del Alto Alentejo (veranos cálidos y pluviometría abundante, pero irregular, en el invierno), la fecha y densidad de siembra parece influir en la

producción de los cultivos, entre éstos, algunas leguminosas, aparentemente, manifiestan particular sensibilidad.

Es conveniente sembrar la almorta a una profundidad de 4-6 cm (Hanbury *et al.*, 2005).

### 2.6.2.1 – FECHA DE SIEMBRA

La fecha de siembra se define por un conjunto de factores ambientales que reaccionan unos con otros y que interactúan con la planta, promoviendo cambios en el rendimiento afectando otras características agronómicas (Cámara, 1991). Dapaah *et al.* (2000) considera que la fecha de siembra puede ser importante para determinar el éxito de la cosecha y maximizar el rendimiento de semillas.

Fagnao *et al.* (1998) indica que, en particular y en regiones con condiciones climáticas limitantes, la fecha de siembra influye fuertemente en la producción de las leguminosas grano. Este autor testó el comportamiento del garbazo, almorta y lenteja en siembra de otoño y primavera. Las tres especies obtuvieron mayores producciones de grano en la siembra de otoño. Concluye que la siembra de primavera reduce la fertilidad de las plantas (menor número de vainas por planta y de semillas por vaina) y el crecimiento de las semillas (menor peso promedio de las semillas).

Sembrar temprano permite una mayor producción de materia seca, facilita y aumenta la eficiencia de la cosecha. A diferencia de otras leguminosas, la almorta en siembra temprana, no fomenta el desarrollo de enfermedades. Para Adisarwanto & Knight, (1997), en condiciones mediterráneas, los cultivos sembrados temprano en el otoño desarrollan un prolongado período reproductivo, dando lugar a plantas más grandes y de mayor rendimiento con respecto a las siembras más tardías (Marcellos & Constable, 1986). También para Loss & Siddique (1997), la siembra tardía, reduce los rendimientos de grano de los cultivos de leguminosas, generalmente,

Como hemos referido anteriormente, en la región Mediterránea este cultivo se siembra, normalmente, después de las primeras lluvias (Campbell, 1997) pero se puede sembrar más tarde, cuando es necesario el control de la maleza, porque es una especie tolerante a la sequía (Hanbury *et al.*, 2005), y por otra parte, porque es menos competitivo con las malas hierbas. Según López-Bellido (1994), la siembra se debe efectuar en otoño o a principios de invierno. Sembrando temprano el cultivo tolera mejor una posible sequía de

primavera. Santonoceto *et al.* (2004) confirma que en condiciones ambientales de tipo mediterráneos, la precocidad es una pieza clave en muchos cultivos de otoño-invierno.

Siendo el *Lathyrus sativus* y el *L. cicera* especies estrechamente relacionadas y con comportamientos muy semejantes (Hanbury *et al.*, 2000), se puede suponer que tal como el *L. cicera*, el *L. sativus* es una planta muy resistente al frío en estado de plántula, admitiendo por tanto, siembras de otoño-invierno tempranas (septiembre-octubre) o tardías (diciembre-febrero) e incluso siembras de primavera temprana (marzo), sin que en ningún caso se hayan presentado daños significativos a causa del frío (Franco, 1996).

En muchas especies, el desarrollo de las raíces depende del cultivar y fecha de siembra, con consecuencias para el crecimiento aéreo y producción de semilla (Vocanson *et al.*, 2006). Las condiciones climáticas, particularmente la temperatura y radiación, varían considerablemente de mes en mes, con diferencias significativas entre otoño y primavera, en cada etapa de desarrollo del cultivo. A través de la fecha de siembra es posible aumentar el sistema radicular de los cultivos y así reducir el riesgo de stress hídrico al final del ciclo (Taylor, 1980), potenciando la estabilidad del rendimiento y contenido de proteína de la semilla (Vocanson *et al.*, 2006).

Considerando que, además de las grandes variaciones existentes dentro de la especie *Lathyrus sativus* L., el desarrollo de este cultivo está muy condicionado por el ambiente a que esta sujeto y, como refiere Carrubba *et al.* (2006), en ambientes semiáridos (regiones donde la almorta puede considerarse una alternativa cultural), la fecha de siembra es uno de los factores que más influye en la producción de grano, es necesario conocer cuál es el efecto de este importante factor en su productividad.

### **2.6.2.2 – DENSIDAD DE SIEMBRA**

El nivel óptimo de población de plantas parece diferir según las condiciones ambientales y el tipo de planta. En un ambiente que permita un adecuado crecimiento vegetativo y reproductivo, la mayoría de las variedades de leguminosas grano muestran pequeños cambios de cosecha con grandes variaciones en población (Guerrero, 1983).

El número de plantas  $m^{-2}$  ó población está directamente relacionado con la dosis de siembra, aunque puede estar influenciado por la facultad germinativa de las semillas, preparación del suelo, fecha de siembra y condiciones ambientales, sobre todo la temperatura del aire y la temperatura y humedad del suelo (Ferro Palma, 2009).

Respecto a la densidad de siembra a utilizar en regiones con condiciones menos favorables al desarrollo del cultivo, donde el crecimiento de las plantas individuales es limitado, tal como ocurre en ambientes con baja precipitación (menos de 325 mm), Fagnao *et al.* (1998) y Hanbury & Siddique (1999) indican que deben ser utilizadas altas densidades de siembra. Es decir, y como el autor informa, la densidad de siembra podrá compensar los perjuicios causados por las condiciones extremas. Las densidades más bajas se pueden utilizar cuando las condiciones son más favorables, donde los entornos de las plantas tienen una mejor oportunidad de expresar su potencial de rendimiento individual (Hanbury & Siddique, 1999). Fagnao *et al.* (1998) confirmó su teoría al verificar en su investigación, donde sembró a las densidades de 20, 40 y 60 plantas  $m^{-2}$ , que el aumento de la densidad de siembra llevó a un mayor rendimiento de grano debido al aumento de la biomasa. No obstante, el número de vainas por planta sufren una reducción. Carita & Tavares de Sousa (2009) obtuvieron resultados semejantes. Experimentaron cinco densidades de siembra (20, 40, 60, 80 y 100 plantas  $m^{-2}$ ) durante dos años. También, en uno de los años, las mayores producciones de grano fueron obtenidas con las densidades más altas. Según Hanbury & Siddique (1999), para la producción de semilla, la densidad de siembra deberá ser 50-80 plantas  $m^{-2}$  y para producción de forraje 70-80 plantas  $m^{-2}$ . Para este autor, en general, el aumento de las dosis de siembra aumentará el rendimiento de forraje.

La variación en la densidad de siembra provoca cambios en el microclima de los cultivos, modificando algunos parámetros. Altas densidades aumentan la fotosíntesis, reducen la respiración y la foto respiración (Poulain *et al.*, 1986); al mismo tiempo, aceleran la maduración de la cosecha (Amato *et al.*, 1992). No obstante, se aconseja lo contrario, es decir, menores densidades de siembra, para regiones donde las plantas individuales tienen mejor oportunidad de expresar su potencial productivo (precipitación mayor que 325 mm) (Regan *et al.*, 2005; Hanbury *et al.*, (2005).

Siddique *et al.* (1996) define las dosis de siembra considerando el porcentaje de germinación de semillas y el respectivo peso medio para alcanzar el objetivo de la densidad de 25 plantas  $m^{-2}$ , en diferentes regiones de Australia Occidental, donde obtuvo producciones entre 720 y 1560  $kg\ ha^{-1}$ . Para Muehlbauer & Tullu (1997), la densidad de siembra varía entre 45-90  $kg\ ha^{-1}$  en función del método de cultivo, ya sea como cultivo único o intercalado con otras especies, dependiendo del objetivo, alimentación humana o animal, y el tamaño de la semilla. Según Muehlbauer (1993), son comunes las densidades de 20 a 25 plantas  $m^{-2}$ , pero cuando se utilizan genotipos de semilla pequeña las densidades deben de ser ligeramente superiores. En Chile, la densidad de siembra recomendada es de 40 a 48 plantas  $m^{-2}$ , tanto para siembra de otoño-invierno como de primavera. Según Franco (1996), y para las condiciones de Castilla y León, la almorta se siembra para obtener 80 y 100 plantas  $m^{-2}$ . Para López-Bellido (1994), la densidad a

emplear es de 150-200 kg ha<sup>-1</sup> e indica que a veces, la cebada se utiliza como tutor a la dosis de 15-20 kg ha<sup>-1</sup>.

El tipo de comportamiento abordado anteriormente, concuerda con la información que Carneiro (1990) nos transmite: la respuesta de un cultivo a factores como la densidad de siembra dependen de las condiciones ambientales, la plasticidad ecológica del genotipo y de la persistencia de las plantas en el campo.

### 2.6.3 – MALAS HIERBAS

Las malas hierbas pueden competir con las leguminosas grano y reducir significativamente el rendimiento (Muehlbauer, 1993), siendo el período más sensible el comprendido entre los primeros 30-60 días del cultivo (Emden *et al.*, 1988). Además, los exudados de las malas hierbas pueden alterar la cloración de las semillas y reducir la calidad del cultivo (Muehlbauer, 1993). La reducción de la producción provocada por las malas hierbas, situada entre el 40-90%, varía mucho con la localidad, especies de la flora natural y de las prácticas culturales realizadas, donde se incluye la fecha y densidad de siembra. Esta flora indeseable, dependiendo de su densidad al final del ciclo cultural, puede perjudicar/dificultar la cosecha (Emden *et al.*, 1988).

Campbell (1997) y Regan *et al.* (2005) describen el *Lathyrus sativus* como un cultivo de crecimiento lento en invierno, pero que produce hojas, flores y vainas rápidamente en primavera y que compite poco con las malas hierbas. Las bajas temperaturas del invierno y la débil interceptación de la radiación luminosa realizada por la cubierta vegetal son los factores responsables del lento crecimiento inicial. El período de crecimiento exponencial resulta del efecto positivo provocado por la expansión del área foliar que incrementa la interceptación de la radiación luminosa y la actividad fotosintética (Loomis & Connor, 1992).

Como refiere Young *et al.* (1999), las malas hierbas representan un problema para este cultivo, ya que reducen la producción y la calidad, interfieren en la cosecha y aumentan los costes de almacenaje.

Esta especie tolera una amplia gama de herbicidas en presembrado, incluidos cyanazina, diuron, metribuzina e imazethapyr. Son seguros para el uso en post-emergencia las sustancias activas flumetsulam e imazamox. La almorta es sensible a la sulfonilurea (Mera *et al.*, 2005 y Seymour, 2006). En muchos países el control de esta infestación es realizada a mano.



Sarker *et al.* (1999), Sillero *et al.* (2005) y Fernández-Aparicio *et al.* (2007), encontraron en el género *Lathyrus* niveles de resistencia bajos a la mala hierba parasita *Orobanche crenata* (jopo). Por otro lado, para Ruiz (2006), el debilitamiento causado en el cultivo de la almorta por el ataque de jopo suele ser considerable, llegando incluso a la destrucción de la planta huésped. Este parásito es un obstáculo importante para la producción de leguminosas en el Mediterráneo y en los países de Asia oriental (Rubiales *et al.*, 2003).

#### 2.6.4 – PLAGAS Y ENFERMEDADES

El oídio (*Erysiphe polygoni* DC) y el mildiu (*Peronospora lathyri-palustris* Gaumann) son las dos principales enfermedades que pueden infectar a la almorta (Campbell, 1997). No obstante, Sarker *et al.* (1999) encontró genotipos con alguna resistencia al *Erysiphe polygoni* DC.

Campbell (1997) considera que las pérdidas causadas por estos genotipos y la reacción varietal no están debidamente estudiadas

El *Lathyrus sativus* es más resistente a muchas plagas, incluido las de almacenamiento, que la mayoría de las legumbres (Hanbury *et al.*, 1995; Campbell, 1997).

El pulgón puede ser una de las principales plagas de la almorta; parece ser que es poco conocida la resistencia a este insecto, excepto el *Lathyrus aphaca* (Pandey *et al.*, 1995; Asthana, 1995).

Según Weimer (1947), las diferentes especies de *Lathyrus*, por lo tanto también el *L. sativus*, presentan resistencia a la *Ascochyta blight*. Esta especie también revela resistencia a la *Botrytis blight* causada por la *Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr. (Sarker *et al.*, 1999).

#### 2.6.5 – RENDIMIENTO EN GRANO

La productividad de un cultivo está definida por la interacción entre la planta, el ambiente de producción y el manejo (Martins *et al.*, 1999), es decir, es función de causas genotípicas (potencial genotípico de producción), de las condiciones ambientales determinadas por factores climáticos durante el ciclo cultural y del adecuado uso de inputs (Nunes, 1993).

El efecto de las condiciones ambientales desfavorables sobre la producción no depende únicamente de su origen e intensidad, si no también de la etapa fenológica en que ocurre (Truong & Duthion, 1993).

A pesar de ser un cultivo muy rústico, cuando se somete a estrés biótico o abiótico la producción y calidad del grano se ven afectadas, así como su capacidad de fijar nitrógeno (Ney & Wery, 1998).

El *L. sativus* es una planta poco exigente durante todo el ciclo de cultivo (Franco, 1996; Chinnasamy *et al.*, 2005).

El rendimiento en grano es el principal factor que determina el éxito comercial de los cultivos, mejor rendimiento significa una mayor rentabilidad.

Son diversas las referencias a la productividad de la almorta:

En condiciones de pequeña agricultura, los rendimientos de la almorta oscilan entre 700 y 1000 kg ha<sup>-1</sup> (Región del Maule - Chile) (Tay *et al.*, 2004). En los ensayos, en varias regiones de Chile, las producciones en siembra de otoño y primavera, en dos temporadas, obtenidas fueron:

	Otoño	Primavera
<b>2000/01</b>	1042-1430 kg/ha	1728-2487 kg/ha
<b>2001/02</b>	4214-4661 kg/ha	4207-4498 kg/ha

Según Guerrero & López-Bellido (1983), en España el rendimiento en grano está comprendidos entre 500-2600 kg ha<sup>-1</sup>. Duke (1981) registró producciones entre 312-1500 kg ha<sup>-1</sup> en India.

En Portugal, Carita (2006) obtuvo producciones comprendidas entre 1046 y 2579 kg ha<sup>-1</sup> con genotipos de semilla oscura y pequeña (siembra de otoño-invierno), y entre 700 y 1592 kg ha<sup>-1</sup> en genotipos de semilla clara y gran calibre (siembra de primavera).

El aumento de producción y un bajo nivel de la neurotoxina ODAP han sido los criterios de selección de la mayoría de los programas de mejora. No obstante, alguno de los componentes del rendimiento, como el número de vainas por nudo o el aumento de semillas por vaina han sido descuidados por la mayoría de los programas de mejora. Este aspecto requiere más dedicación para que sea posible sacar mayor partido de esta valiosa leguminosa grano (Campbell, 1997).

### 2.6.5.1 - COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

La producción de semillas es el resultado de diversos procesos de crecimiento y desarrollo que se expresan, en última instancia, en los componentes del rendimiento. La mayor producción se obtiene cuando todos los componentes están al máximo (Westermann & Crothers, 1977). Según los mismos autores, algunos de los componentes y factores que afectan directamente al rendimiento por planta de las leguminosas grano son los siguientes: número de vainas por planta (el componente más estrechamente ligado a la producción), número de semillas por vaina y peso de las semillas. Características cuantitativas como el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina, altura de la planta, longitud del ciclo y productividad, son las más influenciadas por el manejo.

López-Bellido *et al.* (2005) refieren que un aumento en uno de los componentes de rendimiento se ve compensado por una disminución de uno o más de los otros, produciendo lo que se conoce como un "efecto de compensación o de plasticidad". Para este autor la base de esta capacidad de compensación depende del desarrollo secuencial de los componentes de rendimiento; Los cambios en uno de los componentes afectan al desarrollo de los demás. Sin embargo, el efecto compensatorio no siempre es totalmente efectivo, y bajo ciertas circunstancias, el aumento de la densidad de población puede no ser suficiente para garantizar altos rendimientos.

Después de los componentes del rendimiento establecidos en el período vegetativo, se crean los demás componentes en el período reproductivo, formándose así el rendimiento de la semilla (Aguilera, 1987). La formación y la variación de estos componentes se ven afectados por la densidad de población (López-Bellido *et al.*, 2005).

A partir de sus componentes primarios y según Khanna-Chopra & Sinha (1987), a semejanza de otras leguminosas grano como el garbanzo, el rendimiento en grano puede ser expresado por medio de la siguiente fórmula:

$$R \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = N^{\circ} \text{ de vainas m}^{-2} \times N^{\circ} \text{ semillas vaina}^{-1} \times \text{peso de 100 granos (g)} \times 10^{-1}$$

### 2.6.6 – ÍNDICE DE COSECHA

La relación existente entre el peso seco del grano y el peso seco total corresponde al índice de cosecha (IC).

Es uno de los criterios más utilizados para medir la eficiencia en el reparto de los asimilados entre paja y grano, estando por tanto directamente relacionado con el rendimiento (García del Moral & Ramos, 1989).

El IC depende sobre todo de su patrón de desarrollo, de la distribución de asimilados entre los órganos vegetativos y reproductivos de las plantas y de la capacidad de translocación de asimilados hacia el órgano cosechable (Austin *et al.*, 1980).

La compartimentación de los asimilados entre las partes vegetativas y reproductivas de un cultivo puede ser modificado por las prácticas agronómicas, como la elección de la densidad de siembra, fertilización, riego, elección de la fecha de siembra y elección del cultivar (López-Bellido *et al.*, 2005).

Para la mayoría de los cultivos, en condiciones favorables, la producción de materia seca aumenta con la densidad hasta un límite a partir del cual la competencia entre plantas limita cualquier producción adicional. A partir de entonces, el índice de cosecha tiende a disminuir y el rendimiento de semillas a menudo muestra una respuesta negativa a aumentos de densidad de siembra (Donald, 1963).

## **2.7 - CRECIMIENTO Y DESARROLLO**

Crecimiento es el fenómeno natural que se refiere al aumento de tamaño, más o menos continuo, y a la formación de nuevos órganos, que las plantas realizan a lo largo de su vida (Meyer *et al.*, 1973). El crecimiento de un cultivo puede ser considerado como el resultado de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el dosel foliar, de la eficiencia con que esta radiación es convertida en materia seca, de las pérdidas de asimilados originadas por la respiración de las plantas y del reparto de asimilados entre los distintos órganos de las plantas (Molina Cano, 1989).

El crecimiento de una planta, expresado en ganancia de peso seco, presenta un período inicial en que el crecimiento es lento, seguido de una fase de rápido aumento de acumulación de materia seca y finalmente una disminución de dicha acumulación (López-Bellido, 1994). Según este autor, estas etapas del crecimiento se deben a que al comienzo del ciclo, la planta depende de las reservas de la semilla para la formación de sus órganos. Después, con el desarrollo del sistema radicular y la emergencia de las hojas, se observa un rápido crecimiento, debido a los procesos anabólicos dependientes de la fotosíntesis. Cuando la planta alcanza su tamaño definitivo se estabiliza la formación de materia seca, produciéndose a continuación la senescencia y posteriormente la muerte.

El *Lathyrus sativus* tiene un crecimiento indeterminado (Talukdar, 2009), cada tallo está constituido por una sucesión de unidades funcionales (fitómeros) de organización idéntica, constituidos por una hoja, su meristemo axilar y el entrenudo subyacente. Si el meristemo terminal apical se mantiene vegetativo, no diferenciándose en meristemo floral, continúa produciendo hojas en nuevas posiciones axilares, posibilitando el crecimiento continuo de las ramificaciones (Lecoeur, 1994).

El crecimiento y desarrollo de las plantas son reguladas por factores endógenos (genotípicos y hormonales) y por factores exógenos (ambientales) (Meyer *et al.*, 1973; Larcher, 2003).

Las hormonas vegetales o fitohormonas son sustancias naturales, producidas por las plantas que incentivan, retardan o inhiben procesos fisiológicos y morfológicos (Meyer *et al.*, 1973; Larcher, 2003).

El crecimiento de las leguminosas, tal como otras especies, es afectado por muchos factores como son la radiación, temperatura, precipitación, etc. La radiación interceptada por la superficie foliar ha sido presentada como el factor más importante de la productividad de los cultivos (Hawting, 1982), siendo considerado como uno de los factores intrínsecos en los que el hombre ha intervenido con más eficacia (Evans, 1980). Según Fancelli & Dourado Neto (2000), los procesos de la fotosíntesis, respiración, transpiración y evaporación, son funciones directas de la energía disponible en el medio ambiente, comúnmente conocida como el calor, mientras que el crecimiento, desarrollo y translocación de fotoasimilados están vinculados a la disponibilidad de agua del suelo, y sus efectos son muy pronunciados en condiciones de altas temperaturas donde la tasa de evaporación es alta.

Para Hanbury *et al.* (2005) los principales factores que influyen en la adaptación de la almorta, son la disponibilidad de agua y nutrientes, temperatura y toxicidades ambientales.

Según Meyer (1973), los factores ambientales pueden tener, a veces, efectos directos en la modificación de los factores genotípicos, induciendo mutaciones. No obstante, el efecto principal de los factores ambientales sobre el desarrollo y las reacciones de las plantas se ejerce por vía de la interacción con los factores genotípicos.

Para Rayburn (1993), las etapas del desarrollo de las leguminosas son controladas por la duración del día y la temperatura.

### 2.7.1 - ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO

La productividad de un cultivo, en cualquier ecosistema, depende de una serie de interrelaciones complejas entre plantas individuales, comunidad vegetal y medio ambiente. Estas relaciones, de conformidad con el potencial genotípico, se manifiestan a través de procesos fisiológicos (Lopes & Maestri, 1973).

El análisis del crecimiento produce conocimientos de valor práctico e informaciones exactas, referentes al crecimiento y comportamiento de genotipos, que pueden ser utilizados por los productores, de manera que les permita elegir la variedad que mejor se adapte a cada región (Sharma *et al.*, 1993). El análisis del crecimiento es un método que sigue la dinámica de la producción fotosintética, siendo de vital importancia para comprender los procesos de la morfología y fisiología de la planta y su influencia sobre el rendimiento (Cardoso *et al.*, 1987). Magalhães (1985) describe las condiciones morfofisiológicas de la planta en diferentes intervalos de tiempo, lo que permite controlar la dinámica de la productividad, medida por medio de los índices bioquímicos y fisiológicos. Para este autor se trata de un método que se utilizará en la investigación del efecto de fenómenos ecológicos en el crecimiento, como la adaptabilidad de las especies a diferentes ecosistemas, en los efectos de la competencia, las diferencias genotípicas en la capacidad productiva y la influencia de prácticas agronómicas en el crecimiento. La base de este análisis es la medición secuencial de la acumulación de biomasa en la planta, determinándose, por lo general, teniendo en cuenta la materia seca de la planta o su fitomasa. Esta información se obtiene a intervalos regulares de tiempo, normalmente una semana o cada 14 días para las plantas de ciclo corto (Magalhães, 1985).

Según Hunt (2003), este análisis se refiere a un conjunto de métodos cuantitativos que describen e interpretan los resultados de las plantas cultivadas en sistemas naturales, semi-naturales, o en condiciones controladas. Rayburn (1993) considera que el análisis del crecimiento es una técnica fundamental para cuantificar los componentes del crecimiento. Este análisis presenta una ventaja importante: los valores primarios (peso seco de la planta entera o de parte de la planta y las dimensiones del aparato asimilador: área de hojas y tallos, etc.), en que se basa son fáciles de obtener y no requiere equipo laboratorial complejo. A partir de estos valores es posible calcular varios índices y características que definen cuantitativamente el crecimiento de las plantas, permitiendo simultáneamente, establecer relaciones entre la producción de materia seca y el aparato asimilador (Teixeira & Ricardo, 1983). Puede también ser utilizada para la investigación del efecto de fenómenos ecológicos sobre el crecimiento, como la adaptabilidad de especies a ecosistemas diversos, efectos de competición, diferencias genotípicas de la capacidad productiva, e influencia de prácticas agronómicas que afectan al crecimiento, que están asociados con fenómenos

fisiológicos básicos, como la fotosíntesis, respiración, transporte de asimilados, metabolismo del nitrógeno, etc. (Magalhães, 1985).

### 2.7.1.1 - ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (LAI)

Según Silva (2007) y Peixoto & Peixoto (2009), el área foliar representa la materia prima para la fotosíntesis, siendo de gran importancia para la producción de carbohidratos, grasas, proteínas y fibras. Debido a esto, el área foliar de una planta puede estar directamente relacionado con diversos parámetros morfológicos y fisiológicos de interés agronómico (Silva, 2007).

El índice de área foliar (LAI - "leaf area index") expresa la relación entre la superficie foliar de un cultivo y la superficie de terreno donde se proyecta el cultivo (Loomis & Connor, 1992). Se trata de un índice de crecimiento cuyo tamaño mide la capacidad de un cultivo en interceptar la radiación y depende de diversos factores agronómicos y climáticos, como la temperatura, la disponibilidad de agua, la densidad de siembra y la dosis de nitrógeno fertilizante (Loomis & Connor, 1992).

Según Poulain *et al.* (1986), el desarrollo del índice de área foliar depende principalmente de la temperatura ambiental (temperatura día y noche), el agua disponible para el cultivo y la densidad de plantas. En general y para todas las condiciones, el LAI máximo siempre se logra con una mayor densidad de plantas (Singh *et al.*, 1988; Tuttobene & Vagliasindi, 1995), aunque Loss, *et al.* (1997a) señala que los valores más altos se registran en los ambientes más favorables, independientemente de la densidad de plantas. El LAI máximo se obtiene durante la floración y hasta el inicio del llenado de las vainas, y es el índice que mejor explica las diferencias en los índices de crecimiento de los cultivos (Coelho & Pinto, 1989). El LAI es afectado por otros factores, como el genotipo. Alto uso de "inputs" aumenta los valores del LAI, sin embargo el máximo rendimiento se alcanza con valores menores del LAI. El suministro de agua es el principal factor que controla el crecimiento vigoroso de tallos y superficie de la hoja (López-Bellido *et al.*, 2005).

Para Peixoto & Peixoto (2009), la interpretación fisiológica de las diferentes etapas del crecimiento pueden ser explicadas de la siguiente forma:

- (i) En primer lugar, la planta depende de las reservas de la semilla para la producción de los componentes de diferentes órganos. En esta etapa la tasa de crecimiento es constante y es fundamentalmente vegetativo, caracterizándose por un crecimiento exponencial.
- (ii) Después del desarrollo de la raíz y expansión de las hojas, la planta extrae el agua y los nutrientes en el sustrato que se desarrolla y se inicia el proceso anabólico dependiente de la fotosíntesis. Aumenta el índice de

área foliar (LAI), pasando a una fase de crecimiento lineal, con un mayor incremento de la tasa de materia seca (MS).

- (iii) Cuando alcanza el tamaño final, la planta entra en la fase de senescencia, disminuyendo el LAI, con un menor consumo de energía luminosa, resultando una disminución en la acumulación de materia seca, con la translocación de los asimilados a los órganos de reserva, y la consecuente degeneración del sistema fotosintético.

#### **2.7.1.2 - ÍNDICE DE DURACIÓN DE LA SUPERFICIE FOLIAR (LAD)**

La duración del área foliar (LAD - "leaf area duration") se obtiene a partir del índice de área foliar y se calcula como la semisuma del valor del índice de área foliar entre dos muestreos multiplicado por el número de días transcurridos entre ambos (García del Moral & Ramos, 1989). La LAD refleja la capacidad del cultivo para producir y mantener su área foliar verde y por tanto, la capacidad del cultivo para llevar a cabo la fotosíntesis (Patanita, 2006).

La LAD depende sobre todo de las condiciones ambientales y técnicas de cultivo (Ferro Palma, 2009). La conjugación de condiciones ambientales de estrés hídrico con un déficit en la absorción de nutrientes, en especial el nitrógeno, acelera la senescencia de las hojas (Austin *et al.*, 1977).

#### **2.7.1.3 - ÍNDICE DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO (CGR)**

El CGR mide el incremento en materia seca y se define como el aumento en materia seca total por unidad de superficie de cultivo y por unidad de tiempo.

Para Barradas (2004) el valor de LAI óptimo, corresponde al máximo índice de crecimiento del cultivo (CGR), y el momento del ciclo cultural en que se verifica, depende mucho del genotipo, de las condiciones ambientales y de las técnicas culturales utilizadas. Para este autor, la disminución del CGR puede estar asociada a la reducción del LAI y de la unidad de asimilación neta (UAN).

#### **2.7.1.4 - RELACIÓN DE ÁREA FOLIAR (LAR) y UNIDAD DE ASIMILACIÓN NETA (UAN)**

La razón del área foliar (LAR), en general representa la relación entre el material vegetal con capacidad fotosintética, los tejidos con actividad respiratoria y el peso específico de la hoja (Hunt, 1978). La unidad de asimilación neta (UAN) constituye el indicador de la



eficiencia fotosintética y corresponde al inverso del LAR. Para Hunt (1978), el índice de crecimiento depende de la intensidad de la radiación, del fotoperiodo y de la temperatura. Según Teixeira & Ricardo (1983), días largos y temperatura próxima a la temperatura óptima para el crecimiento inducen valores elevados, por el contrario, el ensobramiento causado por el aumento del área foliar a lo largo del ciclo y por la densidad de plantas, está negativamente relacionado con este índice.

## 2.8 - PERSPECTIVAS

El consumo humano de legumbres ha aumentado en los últimos años, ya que sus semillas son consideradas como una fuente beneficiosa de nutrientes alimentarios. De hecho, se recomienda como alimento básico por las organizaciones de salud y nutricionistas (Muzquiz, 2001). Por otro lado, y como comenta Hanbury *et al.* (2000), el uso de leguminosas como fuente de proteínas para la industria de la alimentación animal se espera que aumente aún más en el futuro próximo.

Siendo así y considerando que: (i) el *Lathyrus sativus* está insuficientemente explorado y estudiado (Poliganno, 2005); (ii) la almorta reúne una serie de características (adaptada a crecer en condiciones adversas, varios tipos de resistencias a plagas y enfermedades, alto nivel de proteína, sabor agradable, alto índice de fijación de nitrógeno, múltiples aptitudes, poco exigente en insumos, producciones estables e interesantes) que la hacen atractiva al productor y al consumidor (Campbell, 1997; Vaz Patto, 2006); (iii) se espera que la industria de la alimentación animal recurra cada vez más a la proteína vegetal (Hanbury *et al.*(2000) y (iv) el consumo humano de leguminosas grano continúe aumentando (Muzquiz, 2005), la almorta puede convertirse en una buena alternativa, si se consiguen seleccionar genotipos con niveles de ODAP (0,5 - 1,5%), para los sistemas agrícolas mediterráneos.

Por otro lado, Smartt (1984) afirma que utilizando densidades altas, combinado con el aumento del tamaño de las semillas y la eliminación de neurotoxina ODAP, puede hacer que esta especie tenga un gran potencial para las zonas semiáridas de los países desarrollados, es decir, que pueda considerarse una alternativa interesante para los sistemas agrícolas de secano de estas regiones.

Para que sea posible la construcción de estrategias nacionales y globales sobre sistemas y desarrollo agrícola sostenible y preservación de la diversidad genotípica es necesaria la cuantificación de la biodiversidad local. Consecuentemente, investigadores y políticos tienen que dirigir su atención hacia estos cultivos olvidados, y/o poco utilizados

para garantizar la seguridad alimentaria, nutrición y bienestar de los seres humanos en todo el mundo (Erskine, *et al.*, 1994). En Portugal ha surgido un interés renovado por la almorta (ganando importancia en la dieta alimentaria), que ha sido hasta ahora un cultivo poco utilizado, como producto local y típico.

# Objetivos



# 3 – OBJETIVOS

---

En el presente trabajo de investigación se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- 1) Determinar cuál es el mejor momento para realizar la siembra del *Lathyrus sativus* L. (almorta), utilizando tres fechas de siembra.
- 2) Caracterizar distintos grupos de genotipos, uno con flor blanca, semilla clara y de gran calibre y otro con flor azul, semilla oscura y de pequeño calibre.
- 3) Evaluar los efectos de la utilización de dos densidades de siembra: 30 plantas m<sup>-2</sup> y 60 plantas m<sup>-2</sup>.

Para conseguir estos objetivos, se decidió estudiar la influencia que ejerce la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra sobre:

- a) La fenología del cultivo.
- b) Índices morfológicos.
- c) El crecimiento: determinando la producción y distribución de la materia seca, estudiando la evolución de la estructura del área foliar y su duración y otros índices de crecimiento.
- d) El rendimiento en grano y sus componentes.
- e) Los parámetros de calidad de la semilla de almorta.



# **Material y Métodos**





# 4 – MATERIAL Y MÉTODOS

## 4.1 – LOCALIZACIÓN

El ensayo (LAT-DDS), se ha realizado en los campos experimentales de la ex Estación de Mejora de Plantas de Elvas (ENMP) (Figura 4.1), actual INIAV-Elvas, (Elvas - Portugal) que está situada a una altitud de 208 m, con una latitud de  $38^{\circ} 53'$  y una longitud de  $7^{\circ} 09'$ , durante 2 años agrícolas consecutivos, 2006/2007 (LAT-DDS-07) y 2007/2008 (LAT-DDS-08).

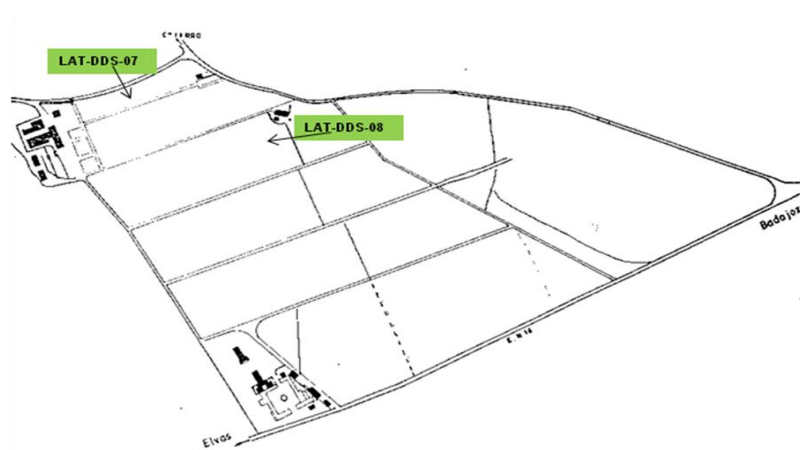


Figura 4.1 - Localización, en INIAV - Elvas, de los ensayos LAT-DDS

## 4.2 – CLIMA

El clima de Elvas es un clima semiárido mediterráneo templado, con veranos cálidos y pluviometría abundante en invierno. Según Koppen es un clima mesotérmico húmedo, con estación seca y caliente en el verano, la temperatura media del mes más cálido es superior a  $22^{\circ} \text{C}$ , y la temperatura media del mes más frío está entre  $0$  y  $18^{\circ} \text{C}$  (Inzunza, 2005).

Según Thornthwaite el clima es mesotérmico o templado con una evapotranspiración potencial de 712 a 845 mm, moderado (eficacia térmica en el verano superior al 48%), sub-húmedo seco (índice hídrico comprendido entre  $-20$  y  $0\%$ ) y con un exceso moderado de agua en invierno (Reis & Gonçalves, 1987).

La precipitación en el mes más seco es inferior a un tercio de la del mes más lluvioso del semestre frío y no sobrepasa los 40 mm (Serviço Meteorológico Nacional, 1950).

### 4.3 – SUELO

Los ensayos se instalaron en dos localizaciones distintas de los campos experimentales del INIAV-Elvas. Según la clasificación de S.R.O.A. (1964), los referidos suelos pertenecen a la familia de los suelos Mediterráneos Pardos de Quartzodioritos-Pmg, con pH 6-8, de textura media, con altos contenidos en fósforo y ricos en potasio.

El análisis de suelos se llevó a cabo por el INIAV - Unidad de Investigación de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e o Ordenamento do Território – Portugal). Los métodos utilizados se dan ahora: pH (H<sub>2</sub>O): suspensión del suelo: agua 1:2.5 (v/v)/potenciometría (método interno), materia orgánica: combustión seca en analizador elemental (Norma ISO 10694:1995), nitrógeno total: combustión seca en un analizador elemental (Norma ISO 13878:1998), fósforo y potasio extractable: Egner-RHIEM<sup>3</sup> modificado/ICP OES (método interno), magnesio extractable: acetato de amonio 1M (pH=7)/EAA (método interno), necesidad de cal: de acuerdo con la tabla Quelhas dos Santos, hierro, manganeso, zinc y cobre extraíble: AAAC-EDTA (Lakanen)/AAS (método interno), boro extractable: agua hirviendo/ICP-OES (método interno), carbonatos: volumetría (Norma ISO 10693:1995); caliza activa: método de Drouineau (método interno), Análisis granulométrico (arena, limo y arcilla): densímetro de Bouyoucos (método interno); bases/cationes de intercambio (calcio, magnesio, potasio, sodio) y la acidez titulable: acetato de amonio 1 M (pH=7)/EAA (calcio y magnesio) y CEE (potasio y sodio) (método interno).

Las características del terreno son las siguientes:

Parámetros	Resultados
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm)	>200
Potasio (K <sub>2</sub> = ppm)	>200
Magnesio (Mg ppm)	>125
Materia Orgánica (%)	1,3
Textura	Grosera (franco-arenosa)
pH(H <sub>2</sub> O)	8,2
pH (KCl)	7,2
Necesidad de Cal (CaCO <sub>3</sub> - t/ha)	0
Carbonatos (CaCO <sub>3</sub> - %)	0
Calcio de cambio (Ca cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	17
Magnesio de cambio (Mg cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	1,68
Potasio de cambio (K cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,54
Sódio de cambio (Na cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,11
Acidez de cambio (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0
Capacidad de cambio catiónico (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	19,33
Grado de saturación de bases (GSB) (%)	100

<sup>3</sup> La extracción con una solución de 0,1 N de lactato de amonio 0,4 N de ácido acético que tiene un pH entre 3,65 y 3,75 AAS = espectrofotometría de absorción atómica con llama; CEE = espectrometría de emisión atómica con llama, ICP-OES = espectrometría de emisión de plasma con detector óptico. GSB= nivel de saturación de bases/cationes.

## **4.4 - PRÁCTICAS AGRONÓMICAS**

### **4.4.1 - PREPARACIÓN DEL SUELO Y SIEMBRA**

Para preparar el suelo para la siembra, en los dos años de ensayo, se efectuaron dos pases cruzados con grada de discos y se abrieron las líneas manualmente.

Todas las parcelas fueron sembradas a mano. La profundidad de la siembra fue aproximadamente de 5 cm.

### **4.4.2 - TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS**

En los dos ensayos se hizo una aplicación de herbicida en pré-emergencia (prometrina (1 kg) + terbutrina (2 Kg) p.c./ha).

Para prevenir el desarrollo del insecto *Bruchus affinis*, que puede afectar al valor comercial y al poder germinativo de la semilla, se aplicó el insecticida clorpirifos (principio activo), a la dosis de 1,50 l p.a./ha, durante la floración, en aplicaciones separadas entre sí aproximadamente 15 días.

### **4.4.3 – COSECHA**

La madurez es evidente cuando las vainas pierden su color verde y las plantas se tornan quebradizas. A medida que cada tratamiento alcanzaba la madurez, se cosechaba manualmente las dos líneas centrales de cada parcela para la determinación y/o observaciones previstas, que son descritas en el sub-capítulo 4.7.2.1 Las restantes seis líneas fueron recolectadas, también manualmente, con el único objetivo de recuperar la semilla producida.

## **4.5 - FACTORES EN ESTUDIO**

En este trabajo de investigación se optó por evaluar el efecto de los siguientes factores:

- 1º - Fecha de siembra (F)
- 2º - Genotipo (G)
- 3º - Densidad de siembra (D) ,

por considerar que estos factores y sus respectivas interacciones eran los más influyentes en el desarrollo de la almorta para las condiciones edafoclimáticas del Sur de Portugal.

#### 4.5.1 - FECHAS DE SIEMBRA

Se sembró en tres fechas distintas: Siembra de otoño (**F1**) - mediados de diciembre, Siembra de invierno (**F2**) - mediados de enero y Siembra de invierno (**F3**) - mediados de febrero. Las fechas F1 y F2 engloban las épocas de siembra tradicionalmente realizadas cuando el objetivo es la producción de semilla, producción de materia seca o para producción de forraje. Cuando se pretende, principalmente, producir semilla se opta por siembras más tardías, como es el caso de la F3.

Tabla 4.1 - Fechas de siembra de los ensayos LAT-DDS-06/07 y LAT-DDS-07/08

	1ª Fecha (F1)	2ª Fecha (F2)	3ª Fecha (F3)
<b>LAT-DDS-06/07</b>	13/12/2006	15/01/2007	15/02/2007
<b>LAT-DDS-07/08</b>	11/12/2007	21/01/2008	14/02/2008

#### 4.5.2 – GENOTIPOS

Se utilizaron cuatro genotipos, escogidos entre la Colección de *Lathyrus sativus* del INIAV-Elvas. Incluimos genotipos de los dos grandes grupos existentes, en relación con la morfología de la flor y semilla:

Genotipos tipo A: - flor violeta, semilla pequeña y oscura; Origen: International Center of Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).

Genotipos tipo B: - flor blanca, semilla grande y clara; Origen: Portugal.

Considerando esta decisión y después de analizados los resultados de la caracterización molecular de toda la colección (Pereira *et al.*, 2008), se optó por seleccionar los siguientes genotipos:



Figura 4.2 – Fotografía de la flor y semilla y peso aproximado de 100 semillas de los cuatro genotipos utilizados en el ensayo LAT-DDS

### 4.5.3 - DENSIDADES DE SIEMBRA

Se optó por las siguientes densidades de siembra: 30 plantas  $m^{-2}$  (**D1**) y 60 plantas  $m^{-2}$  (**D2**). En el cálculo del número de semillas a sembrar por tratamiento se consideró el potencial germinativo de cada genotipo.

### 4.6 - DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue el de parcelas sub-subdivididas (split-split-plot) con tres repeticiones. La parcela principal fue la densidad de siembra (D1 y D2), la subparcela el genotipo (G1, G2, G3 y G4) y la sub-subparcela la fecha de siembra (F1, F2 y F3).

#### 4.6.1 - UNIDADES EXPERIMENTALES

Cada parcela tenía 8 líneas, de 4 metros de largo, y la distancia entre líneas era de 0,30 m (Figura 4.3).

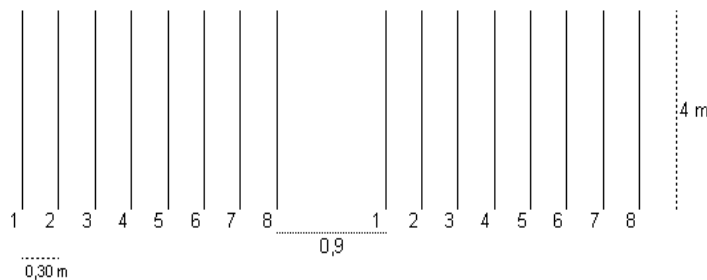


Figura 4.3 - Esquema de la unidad experimental/parcela del ensayo LAT-DDS.

### 4.7 - OBSERVACIONES REALIZADAS EN EL MATERIAL VEGETAL

#### 4.7.1 - OBSERVACIONES REALIZADAS DURANTE EL CICLO

Entre la siembra y la cosecha se registraron diferentes tipos de datos, teniendo como universo la totalidad de cada unidad experimental o plantas individualizadas.

##### 4.7.1.1 - A NIVEL DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

A lo largo del desarrollo del ciclo vegetativo del cultivo se registraron algunos datos fenológicos:

- Emergencia (DE): número de días desde la siembra a la emergencia del 50% de las plantas.

- Inicio de la floración (DFI-I): número de días desde la siembra hasta que 5% de las plantas inicien la floración.

Plena floración (DFI-P): número de días desde la siembra hasta la plena floración (50% de las plantas con flores).

- Fin de la floración (DFI-F): número de días desde la siembra hasta que termine la floración (5% de las plantas con flores).

- Maduración completa (DM): número de días desde la siembra hasta la maduración completa de la parcela (80% de las plantas con vainas maduras).

Con estos datos se determinará la duración de las principales fases del desarrollo fisiológico, calculando posteriormente el respectivo número de grado días: duración del período vegetativo entre la emergencia e inicio de la floración; la duración del período reproductivo: entre el inicio de la floración y la maduración y, por fin, la duración de la floración: entre el inicio y el fin de ésta.

Las anteriores fechas observadas, fueron posteriormente transformadas en su integral térmica – grados días (UT), después de la emergencia. Se consideró como temperatura base de crecimiento: 4°C (Tavares de Sousa, Comunicación personal).

También se registró:

- Población/Número de plantas por parcela (Pov): Utilizamos la escala usada por ICARDA (2006): 1= 90% o más; 2= 80-89%; 3=70-79%; 4=60-69%; 5=menos de 60%). Se realizó a la emergencia completa.

- La altura de la cubierta vegetal (Alt): se midió la altura real alcanzada por las plantas, antes de la recolección.

- El porte al final de la floración: utilizamos una escala en que 1 - correspondía a plantas erectas, 2 - a plantas semi-erectas, 3 - plantas semi-postradas y 4 - a plantas postradas.

- Fitotoxicidad (Fit): evaluada, en 2007/08, entre diez y quince días después de la aplicación del herbicida en post-emergencia (utilizamos las normas de la “European Weed Research Council” (EWRC, 1964): 1 - sin fitotoxicidad a 9> 85% plantas destruidas)

#### **4.7.1.2 - A NIVEL DE LA PLANTA**

Con el objetivo de cuantificar el crecimiento y determinar la materia seca, se realizaron varios muestreos destructivos.

Los muestreos, distanciados entre sí en quince días aproximadamente, se hicieron en las líneas 2, 3, 6, ó 7 de cada unidad experimental, en 0,5 m lineales, definidos aleatoriamente.

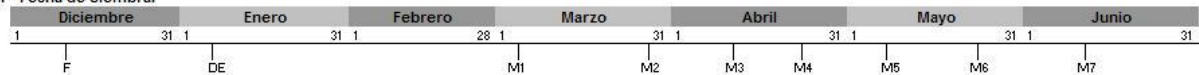
Las fechas de los muestreos en los dos años fueron las siguientes:

Año de Ensayo	Nº de Muestreo	Fecha	Días entre muestreos
2007	M1	05 marzo	-
	M2	26 marzo	21
	M3	11 abril	16
	M4	23 abril	12
	M5	07 mayo	14
	M6	23 mayo	16
	M7	08 junio	16
2008	M1	08 marzo	-
	M2	17 marzo	9
	M3	31 marzo	14
	M4	14 abril	14
	M5	28 abril	14
	M6	12 mayo	14
	M7	26 mayo	14
	M8	11 junio	16

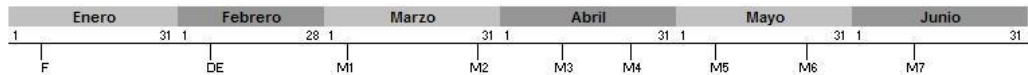
Los muestreos se iniciaron a principios de Marzo, después de la emergencia de los tratamientos correspondientes a la tercera fecha de siembra, y se mantuvieron hasta la maduración fisiológica, como se puede verificar en la figura 4.4.

Ensayo: LAT-DDS-2006/07

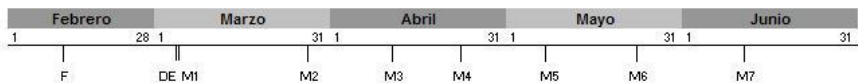
1ª Fecha de siembra:



2ª Fecha de siembra:



3ª Fecha de siembra:



Ensayo: LAT-DDS-2007/08

1ª Fecha de siembra:



2ª Fecha de siembra:



3ª Fecha de siembra:



Figura 4.4 – Fechas de siembra (F), fechas de emergencia (DE) y de los muestreos (M)

Las plantas fueron separadas en partes: hojas, tallos (con pecíolos), folíolos, flores y vainas con semillas y órganos senescentes.

Se determinaron los siguientes parámetros fisiológicos:

- Materia Verde: Registramos el peso en verde de los distintos órganos.
- Área foliar: Se consideró como hoja con actividad fotosintética, el raquis y el conjunto de los folíolos verdes. Se utilizó el medidor "Portable area meter. Model LI – 3000 Square centimeter".
- Materia seca (MS): Los órganos de las plantas fueron introducidos en cajas de papel y puestos en una estufa de ventilación forzada a 105 °C durante 24 horas, para que llegasen a tener un peso constante. El peso seco total fue determinado sumando los pesos secos de todos los órganos.

A partir de los parámetros fisiológicos determinados, se calcularon los siguientes índices:

- Índice de área foliar (LAI): este índice expresa la relación entre el área foliar del cultivo y la superficie del suelo que cubre, por lo tanto, es un número abstracto que relaciona metro cuadrado de superficie foliar con metro cuadrado de terreno.

$$\text{LAI (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)} = \text{Superficie foliar} / \text{superficie cultivada}$$

- Índice de Duración de la superficie foliar (LAD): este índice estima la producción fotosintética, es decir, expresa la influencia del tiempo sobre el crecimiento del cultivo durante el período en que este mantiene activa su superficie foliar.

$$\text{LAD (días)} = (\text{LAI}_1 + \text{LAI}_2) (\text{tiempo}_2 - \text{tiempo}_1) / 2$$

- Índice de Crecimiento del cultivo (CGR): Se calcula este índice para conocer la velocidad de crecimiento del cultivo. Evalúa el incremento en materia seca y se define como el aumento en materia seca total por unidad de superficie de cultivo y por unidad de tiempo.

$$\text{CGR (g m}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)} = (\text{Peso MS total}_2 - \text{Peso MS total}_1) / (\text{tiempo}_2 - \text{tiempo}_1) * 1/\text{área del terreno}$$

- Razón de área foliar (LAR): Define el área foliar por unidad de peso seco total.

$$\text{LAR (m}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} = \text{Área foliar (m}^2\text{)} / \text{Peso seco total (g)}$$

- Unidad de asimilación neta (UAN): constituye el indicador de la eficiencia fotosintética

$$\text{UAN (g m}^{-2}\text{)} = 1 / \text{LAR}$$



## **4.7.2 - OBSERVACIONES REALIZADAS A LA COSECHA**

### **4.7.2.1 - A NIVEL DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL**

A partir de las dos líneas centrales de la parcela se determinaron las siguientes variables:

- Peso de biomasa total (PBT): consideramos el peso total de la biomasa acumulada al final del ciclo, menos las raíces.

- Producción de semilla (Prod): registramos el peso total de las semillas producidas en las líneas antes mencionadas.

- Peso de 100 semillas (P100S): para el cálculo de esta variable se utilizaran dos muestras de 100 semillas.

- Índice de cosecha (IC): este parámetro se determinó a través de la razón entre la producción de semilla y la producción total de biomasa.

### **4.7.2.2 - A NIVEL DE LA PLANTA**

En cada una de las setenta y dos unidades experimentales, se cosecharon cinco plantas de las dos líneas centrales. Con base en los descriptores del IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) se caracterizó cada planta morfológicamente y se obtuvieron algunos componentes del rendimiento.

#### **4.7.2.2.1 - COMPONENTES DEL RENDIMIENTO**

- Número de vainas por  $m^2$  ( $N^{\circ}$  vns  $m^{-2}$ )
- Número de semillas por vaina ( $N^{\circ}$  Sem Vns $^{-1}$ )
- Peso de 100 semillas - g (P100S)

### **4.7.2.3 - A NIVEL DE LA SEMILLA**

En la semilla madura obtenida en cada parcela se evaluaron características físicas y químicas:

Característica física:

- Peso de 100 semillas (P100S)

Características químicas:

Humedad del grano: fue determinada con el medidor KETT AQ 600. Los resultados de esta medida no aparecen en los resultados, ya que su determinación fue necesaria como paso previo al cálculo de otros parámetros.

Almidón (Amd): método de Clegg (1956)

Fenólicos totales (FenT): La evaluación de los compuestos fenólicos se realizó de acuerdo con Khazaal *et al.* (1993). Los fenólicos totales se determinaron utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu de acuerdo con el método de Julkunen-Tiit (1995) y la concentración se midió en equivalente de ácido tánico (100 773, Merk KGaA, Darmstadt, Germany) como estándar.

Ácido b-N-oxalil-L-a-b-diaminopropiónico (ODAP): Se usó un método colorimétrico sensible y específico para su determinación descrito por RAO (1978).

Proteína (Prot): El contenido en proteína bruta se determinó a través del método Kjeldhal (N \* 6,25) (Norma Portuguesa 2030, 1983). Se determinó a partir del porcentaje de nitrógeno obtenido mediante digestión Kjeldhal y subsiguiente destilación y valoración con ácido sulfúrico M/14. Una vez obtenido el porcentaje de nitrógeno contenido en la muestra de materia seca, se calculó la proteína bruta mediante la operación matemática:  $PB = \%N * 6,25$ .

Ceniza (Cz): determinado según la norma portuguesa 872 (Norma Portuguesa 872, 1983).

Grasa (Grs): se determinó por el sistema de extracción Soxhlet (Norma Portuguesa 876, 1971(adaptación))

Para la separación de la fibra en Fibra Neutro Detergente (NDF), Fibra Ácido Detergente (ADF) y Lignina Ácido Detergente (ADL) se utilizó una adaptación del método de Robertson y Van Soest (1980) (Norma ISO/CD 13905, 1994; Norma ISO/CD 13906, 1994).

#### **4.8 - ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para cada uno de los parámetros estudiados se llevó a cabo un análisis de la varianza, utilizando el programa SPSS, según un diseño experimental en parcelas sub-subdivididas, el cual muestra el grado de significación de los factores de la parcela principal (Densidad de siembra), subparcela (Genotipo) y sub-subparcela (Fecha de siembra).

También calculamos el coeficiente de variación (C.V. - %) en cada análisis para evaluar el grado de precisión de los resultados.

Si el análisis era significativo, se calculaba la mínima diferencia significativa mediante el test de Tuckey (5%).

Se estudiaron además las relaciones entre algunos de los parámetros analizados. Para ello se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson y regresiones lineales simples y múltiples mediante el programa estadístico "IBM SPSS Statistics".

Para realizar el análisis del rendimiento por coeficientes de sendero ("path coefficient análisis") se utilizó el programa Nuevo3.exe (García del Moral *et al.*, 1991).



# **Resultados y Discusión**



# 5 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 5.1 - CONDICIONES CLIMÁTICAS

### 5.1.1 – TEMPERATURA Y PLUVIOMETRÍA

En la Figura 5.1 se presentan los datos, registrados en el puesto meteorológico situado en el INIAV-Elvas, de las temperaturas medias (T medias), temperaturas medias de las máximas (T máximas) y medias de las mínimas (T mínimas) para los dos años agrícolas (2006/07 y 2007/08) en que se instalaron los ensayos. La misma información comparada con los últimos 30 años y por decena se encuentra reunida en los anexos 1 y 2.

La evolución de las temperaturas fue similar en los dos años, a excepción de las temperaturas mínimas en Noviembre de 2006 que se mantuvieron más altas que en 2007.

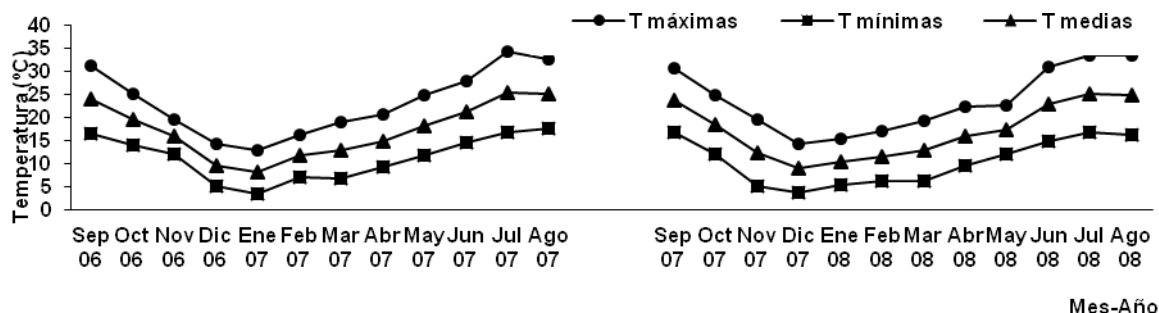


Figura 5.1 – Evolución de las temperaturas medias en los años agrícolas 2006/07 y 2007/08

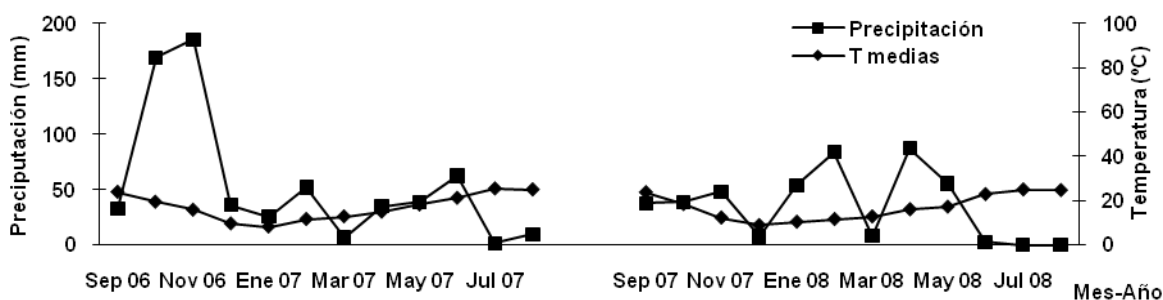


Figura 5.2 – Diagrama ombrotérmico de los años agrícolas 2006/07 y 2007/08

En la Figura 5.2 se representan los datos meteorológicos (precipitación y temperatura media), en Elvas de las campañas agrícolas referidas anteriormente mediante un diagrama ombrotérmico. En él se observa que en 2006/07, se trata de un clima bixérico, es decir, con dos períodos secos (marzo-abril y a partir de mediados de junio hasta septiembre), es decir, períodos en que la temperatura es superior a la precipitación. El 65%

del total de la precipitación se concentró antes de la primera y segunda fecha de siembra y el 73% antes de la tercera fecha de siembra. Solamente, cerca del 20% del total de la precipitación ocurrió en el período comprendido entre el inicio de la floración y la maduración.

En el segundo año agrícola (2007/08) se constata que existen tres períodos secos. Los dos primeros (diciembre y marzo) de menor intensidad que el que ocurrió a partir de mayo, ya con temperaturas bastantes elevadas. La precipitación en este año de ensayo fue de 423 mm, menor que en el primer año (654 mm), y distribuido de distinta forma. En cuanto al primer año, el porcentaje de precipitación ocurrida a partir de la siembra estuvo comprendida entre el 26 y 35% para la 1ª y 2ª fecha de siembra y 27% para la 3ª fecha de siembra; en el segundo año fue mayor (71%, 56% y 55% para la 1ª, 2ª y 3ª fechas de siembra).

Consideramos importante desde ya considerar que, como afirmado por Khanna-Chopra & Sinha (1987), los tres principales factores físicos que influyen en la fenología, crecimiento y en la productividad son la duración del día, la temperatura y la disponibilidad de agua.

## **5.2 – FENOLOGÍA**

### **5.2.1 – ESTADOS FENOLÓGICOS**

#### **5.2.1.1 – DÍAS AL INICIO DE LA FLORACIÓN**

El número de días desde la siembra al inicio de la floración es semejante en las dos campañas pero significativamente diferente entre fechas de siembra, genotipos y densidades de siembra (Tabla 5.1). Fueron dos años con temperaturas semejantes y en que la distribución de la precipitación, desde la siembra hasta el inicio del ciclo reproductivo, no fue diferente, por lo que las condiciones ambientales no causaron comportamientos distintos. No obstante, el comportamiento por fecha de siembra no fue exactamente igual entre años. En el segundo año de ensayo y para la primera fecha de siembra fueron necesarios más días para que la almorta iniciase su período reproductivo. Ocorre lo contrario con la segunda y tercera fecha de siembra, ya que son necesarios más días para iniciarse la floración en el primer año (Tabla 5.1), y como se puede observar en la Figura 5.3, el sumatorio de la media de las unidades térmicas necesarias para que la almorta inicie este período son, en las tres fechas de siembra, superiores en el segundo año.



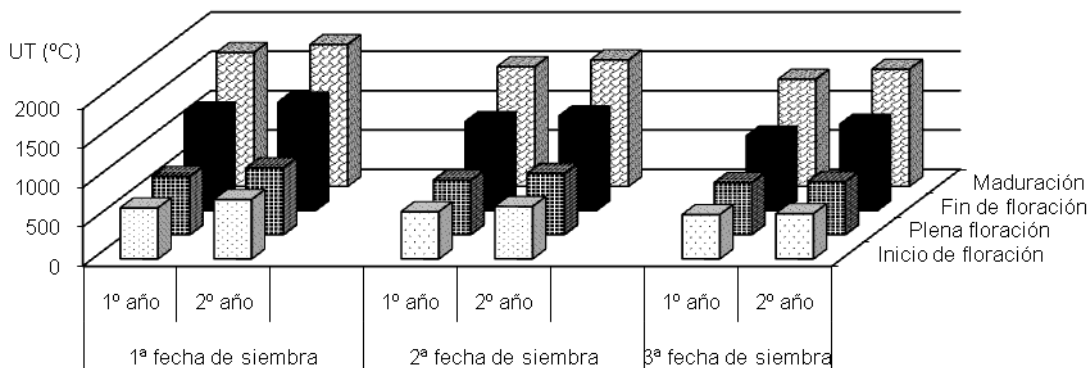


Figura 5.3 - Unidades térmicas en diferentes estados fenológicos para las 3 fechas de siembra, en los 2 años de ensayos.

El comportamiento de los genotipos, en lo que se refiere a esta variable, no es homogéneo entre los dos grupos (tipo A y tipo B). En las dos campañas, el genotipo 1 (tipo A) es el más precoz y el genotipo 4 (Tipo B) el último en iniciar la floración, lo que coincide con Campbell (1997), es decir, los genotipos de semilla pequeña florecen antes, son más precoces, que los de semilla de mayor calibre. Para Siddique *et al.* (1999) una floración temprana permite un período más largo de crecimiento reproductivo, y esto es importante en ambientes de tipo mediterráneo.

Como refiere Manzano (2007) son varios los factores que afectan a la floración, como por ejemplo determinadas condiciones fotoperiódicas, las bajas temperaturas, la calidad y cantidad de luz y la disponibilidad de nutrientes. Para esta autora, el momento en que se da la transición a la floración está determinado por la interacción entre la competencia de la planta, controlada por su programa de desarrollo interno, y las señales medioambientales que marcan las condiciones más favorables para su eficiencia reproductiva. En el caso concreto de los ensayos en estudio, verificamos que, como media y en ambos años de ensayo, los tratamientos con la dosis de siembra mayor (60 plantas/m<sup>2</sup>) entraron en floración antes que los tratamientos con 30 plantas/m<sup>2</sup>, probablemente porque había mayor competencia entre plantas, es decir, que el *L. sativus*, como otras especies, puede que responda al estrés producido por condiciones desfavorables adelantando la floración.

Tabla 5.1 – Inicio de la floración (DFI-I), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	103 a	108 a	105 a
	<b>2ª Fecha</b>	82 b	77 b	79 b
	<b>3ª Fecha</b>	62 c	61 c	61 c
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	77 c	78 c	77 d
	<b>Lat 5038</b>	83 b	84 a	83 b
	<b>Lat 4815</b>	82 b	82 b	82 c
	<b>Lat 4810</b>	86 a	85 a	85 a
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	83	83	83
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	81	81	81
<b>Media general</b>		82	82	82
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				ns
<b>Fecha de siembra (F)</b>		***	***	***
<b>Genotipo (G)</b>		***	***	***
<b>Densidad de siembra (D)</b>		***	**	***
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			***
	<b>C x G</b>			ns
	<b>F x G</b>	ns	***	ns
	<b>C x F x G</b>			***
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	*	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
<b>C x F x G x D</b>			ns	
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		21	24	23

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación(p<0,001)

En el conjunto de las dos campañas se observó un efecto significativo de la interacción campaña x fecha de siembra. Se verifica que el efecto de la campaña no es igual para las tres fechas de siembra. En cada una de las campañas, las fechas de siembra presentan resultados significativamente distintos entre ellas. En la primera fecha existe una evolución positiva, es decir, en el segundo año la almorta tardó más en florecer, fue más tardía, en la segunda fecha de siembra (Figura 5.4), ocurre lo contrario, y en la 3ª fecha de siembra no se observan diferencias significativas entre campañas.

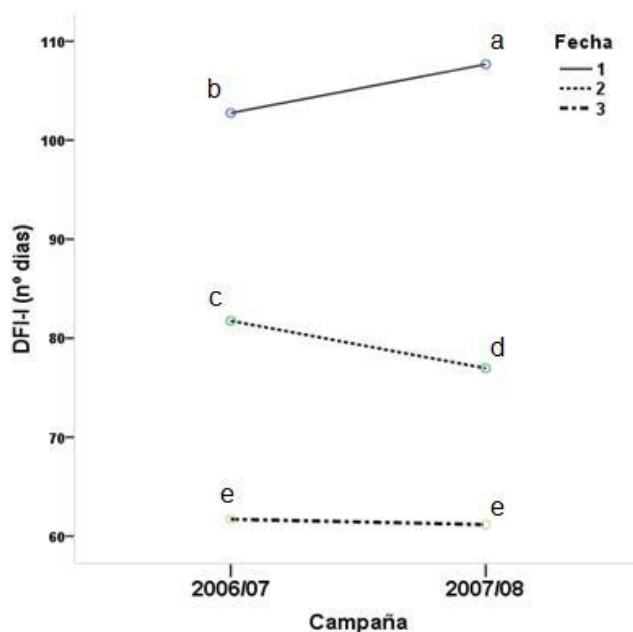


Figura 5.4 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el inicio de la floración (DFI-I) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

#### 5.2.1.2. – DÍAS A LA PLENA FLORACIÓN

Para esta variable no se observó ninguna influencia ambiental. La influencia de fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra fue semejante a la verificada para la anterior variable analizada (Inicio de la floración: Tabla 5.1), lo que parece natural ya que estos dos estados fenológicos distan entre sí entre 8 a 12 días, período en que las condiciones climáticas no fueron muy distintas y en que se reunieron las condiciones necesarias, como por ejemplo la unidades térmicas (Figura 5.3), para que el 50% o más de la parcela estuviese en floración.

Siddique *et al.* (1995), obtuvieron la fecha media de floración a los 98 días después de la siembra, valor similar a los obtenidos en nuestros ensayos.

Tabla 5.2 - Plena floración (DFI-P), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		<b>Campaña</b>		<b>Media</b>
		<b>2006/07</b>	<b>2007/08</b>	
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	115 a	116 a	115 a
	<b>2ª Fecha</b>	91 b	88 b	90 b
	<b>3ª Fecha</b>	69 c	70 c	69 c
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	84 b	86 c	85 c
	<b>Lat 5038</b>	96 a	94 a	95 a
	<b>Lat 4815</b>	92 b	91 b	91 b
	<b>Lat 4810</b>	95 a	94 a	94 a
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	93 a	92 a	93 a
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	90 b	90 b	90 b
<b>Media general</b>		92	91	91
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				ns
<b>Fecha de siembra (F)</b>		***	***	***
<b>Genotipo (G)</b>		***	***	***
<b>Densidad de siembra (D)</b>		***	***	***
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			***
	<b>C x G</b>			**
	<b>F x G</b>	ns	***	ns
	<b>C x F x G</b>			***
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G x D</b>			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		22	22	22

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

La influencia de la interacción campaña x fecha de siembra y campaña x genotipo en la plena floración en el conjunto de las dos campañas fue significativo.

En la relación entre la campaña y la fecha de siembra se constata (Figura 5.5) que entre fechas existen comportamientos significativamente diferentes, pero para cada una de las tres fechas no. Podemos decir que, dentro de cada fecha de siembra, la plena floración no fue afectada por las condiciones ambientales.

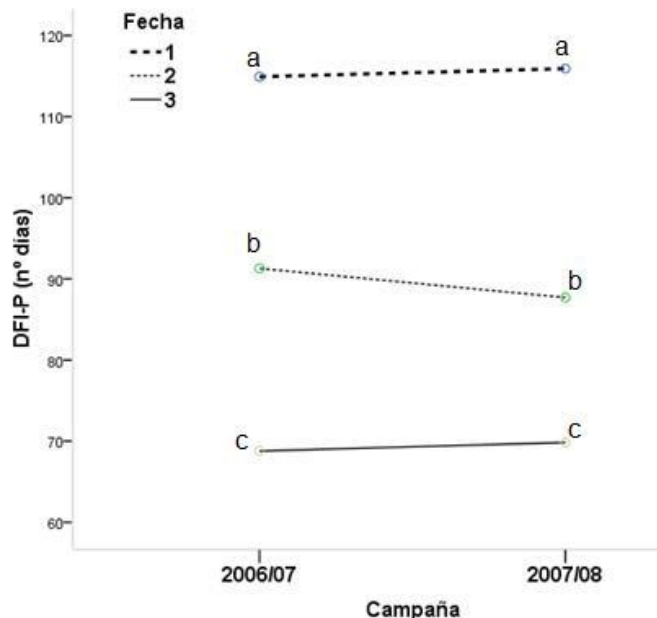


Figura 5.5 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra a la plena floración (DFI-P) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

Al analizar la Figura 5.6 observamos que para el genotipo 1 no existen diferencias significativas entre el primer y segundo año de ensayo y que se comporta como más tardío en la campaña 2007/08. Los otros tres genotipos tardan menos días en alcanzar la plena floración en 2007/08.

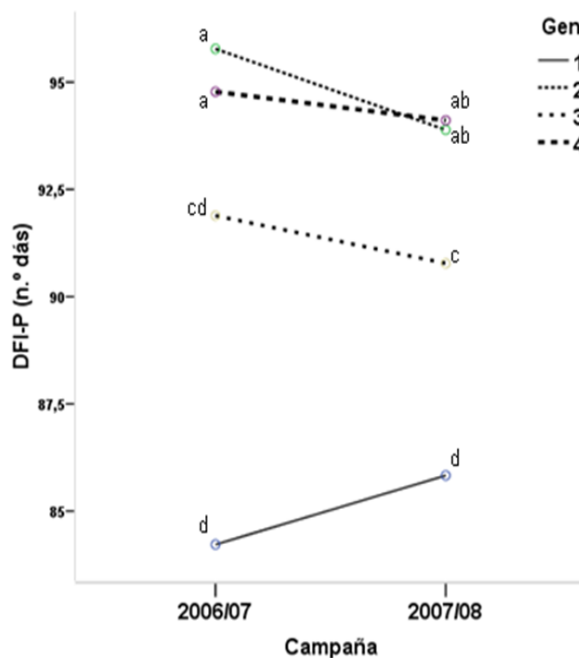


Figura 5.6 - Influencia de la interacción campaña x genotipo a la plena floración (DFI-P) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

### 5.2.1.3 – DÍAS AL FINAL DE LA FLORACIÓN

Al contrario de lo ocurrido para las dos variables anteriores, en el final de floración el factor campaña sí tuvo un efecto altamente significativo. En ambos años y en todos los tratamientos la floración terminó entre mediados de mayo y los primeros días de junio. En este período de tiempo las condiciones climáticas fueron distintas entre estos dos años: en 2007 la temperatura media máxima en la 2ª y 3ª decena de mayo y la 1ª decena de junio fueron superiores a las de 2008 (Anexo 2). En cuanto la precipitación, fue mayor en el segundo año (Anexo 3). Estos factores deben haber contribuido a que este estado fenológico se retrasase en el segundo año en relación al primero, confirmándose este comportamiento en la primera y tercera fecha de siembra (Tabla 5.3).

La densidad de siembra no afectó de forma significativa el número de días al fin de floración, contrariamente a lo que sucedió con la fecha de siembra y el genotipo.

Tabla 5.3 - Fin de la floración (DFI-F), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	155 a	158 a	156 a
	<b>2ª Fecha</b>	123 b	120 b	121 b
	<b>3ª Fecha</b>	91 c	101 c	96 c
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	119 b	124 b	121 b
	<b>Lat 5038</b>	123 b	129 a	126 a
	<b>Lat 4815</b>	125 a	125 b	125 a
	<b>Lat 4810</b>	124 a	127 ab	126 a
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	124	126	125
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	122	126	124
<b>Media general</b>		123 B	126 A	125
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		***	***	***
<b>Genotipo (G)</b>		**	***	***
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	ns	ns
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			***
	<b>C x G</b>			ns
	<b>F x G</b>	ns	***	ns
	<b>C x F x G</b>			*
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G x D</b>			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		22	19	20

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

Sólo en el primer año los genotipos, en relación al final de la floración, se agrupan por tipo A y tipo B, pero en una relación diferente de lo que Hanbury *et al.* (1999) encontró. En el actual estudio y en 2007, los genotipos de semilla grande (tipo B) llegan al final de

floración más tarde que los genotipos de semilla pequeña (tipo A). El genotipo 1, en la media de los dos años, se demarca de los otros tres aparentando ser, de todos ellos, el más precoz (Tabla 5.3).

Una vez más, en el conjunto de los años de ensayo la interacción campaña x fecha de siembra fue significativa. Para la primera y segunda fecha, no existen diferencias significativas entre las dos campañas, mientras que para la última fecha sí se muestran estas diferencias, de tal forma que en la segunda campaña la almorta tuvo una floración mas tardía (Figura 5.7).

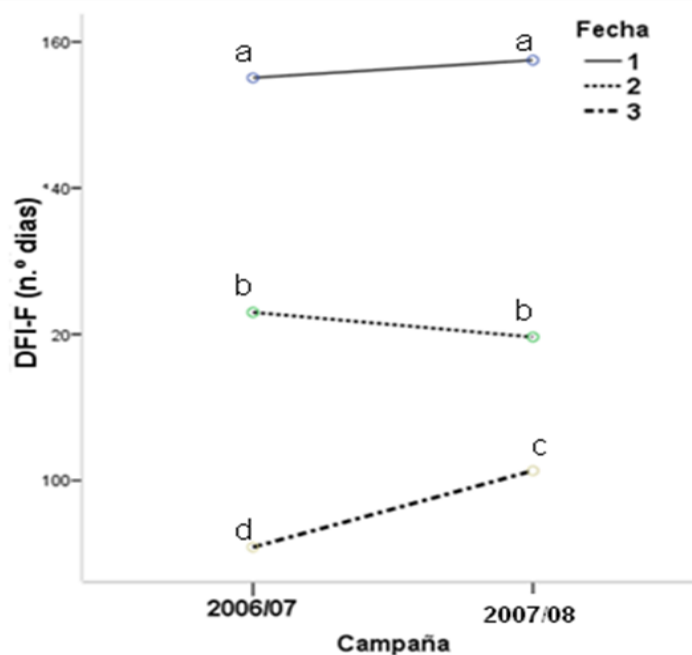


Figura 5.7 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra al fin de floración (DFI-F) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

#### 5.2.1.4 – DÍAS A LA MADURACIÓN

De los cuatro factores estudiados sólo la densidad de siembra no tuvo una influencia significativa sobre los días a maduración (Tabla 5.4).

En la campaña 2007/08 la almorta tardó más en terminar su ciclo, probablemente porque la precipitación ocurrida en abril y mayo fue mayor que en los mismos meses de 2007 (Anexo 3).

La segunda fecha de siembra manifestó un comportamiento homogéneo en los dos años de ensayo, es decir, el mismo número de días a la maduración (147 días). En las otras dos fechas y en el segundo año, fueron necesarios más días para que la almorta terminase su ciclo vegetativo (Tabla 5.4).

Los genotipos de origen mediterráneo (tipo B) se comportaron más tardíos, siendo el genotipo 4 el que, en ambas campañas, mantuvo claramente este tipo de comportamiento. A semejanza de lo verificado por Campbell (1997), los genotipos de semilla pequeña terminan su ciclo antes que los de semilla grande.

De acuerdo con Campbell (1997) y Hanbury *et al.* (1995), podemos decir que el ambiente afecta esta característica y que los genotipos deben ser evaluados en el ambiente en que van a ser utilizados.

Los valores medios de esta variable obtenidos por Hanbury *et al.* (1995), en regiones de clima mediterráneo de Australia, son: 137 – 148 días.

La habilidad de florecer precozmente y madurar rápidamente han sido en general características clave en la mejora de la adaptación en tierras con clima mediterráneo (Loss & Siddique, 1994). El hecho de que exista un amplio rango en la duración de la floración puede ser interesante, ya que así la almorta puede adaptarse a diferentes ambientes. Es probable que la selección por una madurez precoz sea importante en la mejora de la adaptación del *Lathyrus* para este tipo de clima (Siddique *et al.*, 1995).

Tabla 5.4 - Maduración (DM), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campaña.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	182 a	187 a	184 a
	2ª Fecha	147 b	147 b	147 b
	3ª Fecha	116 c	126 c	121 c
Genotipo	Lat 5031	139 c	151 b	145 c
	Lat 5038	148 b	153 a	150 b
	Lat 4815	153 ab	154 a	153 ab
	Lat 4810	154 a	154 a	154 a
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	147	153	150
	60 Pl/m <sup>2</sup>	149	153	151
<b>Media general</b>		148 B	153 A	151
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		***	***	***
<b>Genotipo (G)</b>		***	***	***
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	*	ns
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			***
	<b>C x G</b>			***
	<b>F x G</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G</b>			ns
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G x D</b>			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		19	17	18

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

Del estudio de la interacción entre la campaña y la fecha de siembra, se depende que en la primera y tercera fecha de siembra el número de días a la maduración es mayor



en la segunda campaña, pero sólo para la 3ª fecha, la diferencia de las dos campañas es significativa (Figura 5.8).

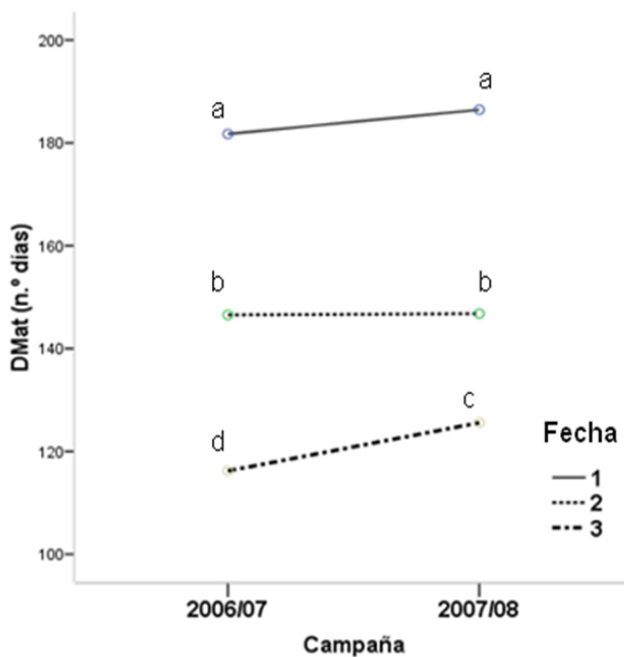


Figura 5.8 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra a la maduración (DM) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las medias con P<0,05.

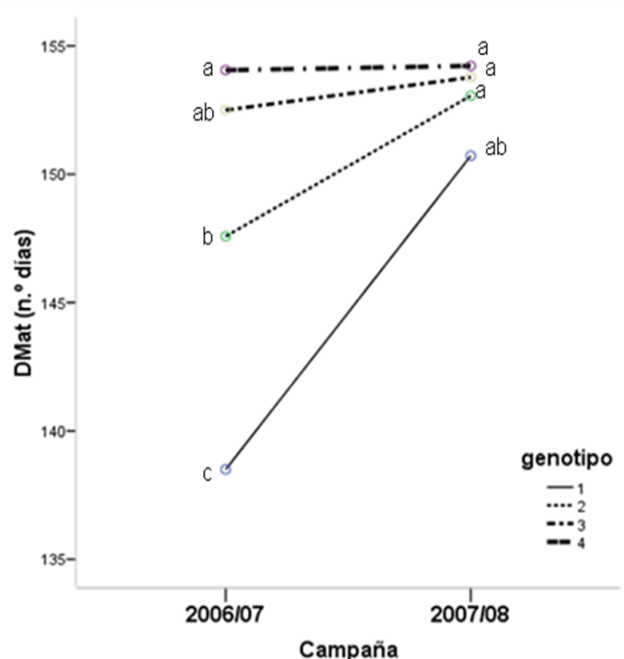


Figura 5.9 - Influencia de la interacción campaña x genotipo a la maduración (DM) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las medias con P<0,05.

Estudiando la interacción campaña x genotipo se observa que en la primera campaña los genotipos tipo B (semilla clara) se comportan de idéntica forma y los genotipos de tipo A (semilla oscura) presentan un número de días a la maduración significativamente distintos entre ellos y menores que los de tipo B. Entre campañas no existen diferencias para los genotipos tipo B, lo que lleva a creer que al final del ciclo este tipo de genotipo de *L. sativus* es menos sensible a alteraciones climáticas, más concretamente a la temperatura del aire. El genotipo 1, en la primera campaña reveló ser el más precoz en llegar a la maduración, con diferencias significativas para los demás genotipos. (Figura 5.9). En la segunda campaña, todos los genotipos presentan un número de días a la maduración muy semejante entre ellos y mayores que en la primera, sin que existan diferencias significativas.

Como era de esperar, las características fenológicas anteriormente estudiadas, están alta y positivamente relacionadas (Tabla 5.5). Todos estos estadíos fenológicos son muy dependientes del mismo factor: la temperatura del aire (Almeida, 2010).

Tabla 5.5 - Valores del coeficiente de correlación entre el inicio, plena, fin de floración y la maduración (n.º días).

	DFI-I	DFI-P	DFI-F	DM
DFI-I	1	0,986**	0,965**	0,960**
DFI-P		1	0,967**	0,957**
DFI-F			1	0,966**
DM				1

\*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

## 5.2.2 – SUBPERÍODOS FENOLÓGICOS

Cuando analizamos el desarrollo de la almorta, temperatura media (TM), unidad térmica (UT) y precipitación total acumulada (PT), en los diferentes tratamientos y en los diferentes sub-períodos fenológicos (Tabla 5.6 y 5.10), como los comprendidos entre la siembra y la emergencia (F – DE), la emergencia y el inicio de la floración (DE – DF), el inicio y fin de la floración (DFI-I – DFI-F), el inicio de la floración y la maduración (DFI – DM) y, finalmente, la emergencia y la maduración (DE – DM) se constata que hay diferencias que merecen una discusión particularizada.

### 5.2.2.1 – SUBPERÍODO FENOLÓGICO: SIEMBRA – EMERGENCIA

En la Tabla 5.6 se observa que en la primera fecha de siembra la temperatura media fue semejante en las dos campañas. En la segunda fecha de siembra la temperatura media en 2007 fue inferior que la temperatura media en 2008, y en la tercera fecha de siembra la temperatura media en 2007 fue superior.

Para los tratamientos relativos a la primera fecha de siembra y en los dos años, el número de días entre la siembra y la emergencia es de 27. Los tratamientos de la segunda

fecha en 2007, necesitaron 6 días más que los sembrados en 2008. Probablemente, esta diferencia se justifica por la menor temperatura media verificada. Entre los tratamientos sembrados en último lugar, la relación es inversa a la anteriormente descrita, es decir, en 2007 fueron necesarios menos días para que las plantas emergiesen.

Tabla 5.6 - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico “siembra hasta la emergencia” (F – DE), para cada una de las fechas de siembra

			F – DE					
			2007			2008		
F	G	D	TM (°C)	PT (mm)	F - DE (n.º días)	TM (°C)	PT (mm)	F - DE (n.º días)
1	1	1	8,3	0,0	27	8,9	49,4	27
1	1	2	8,3	0,0	27	8,9	49,4	27
1	2	1	8,3	0,0	27	8,9	49,4	27
1	2	2	8,3	0,0	27	8,9	49,4	27
1	3	1	8,3	0,0	27	8,9	49,4	27
1	3	2	8,3	0,0	27	8,9	49,4	27
1	4	1	8,3	0,0	27	8,9	49,4	27
1	4	2	8,3	0,0	27	8,9	49,4	27
2	1	1	8,4	53,2	25	11,3	3,6	19
2	1	2	8,4	53,2	25	11,3	3,6	19
2	2	1	8,4	53,2	25	11,3	3,6	19
2	2	2	8,4	53,2	25	11,3	3,6	19
2	3	1	8,4	53,2	25	11,3	3,6	19
2	3	2	8,4	53,2	25	11,3	3,6	19
2	4	1	8,4	53,2	25	11,3	3,6	19
2	4	2	8,4	53,2	25	11,3	3,6	19
3	1	1	13,1	14,7	16	12,6	80,2	19
3	1	2	13,1	14,7	16	12,6	80,2	19
3	2	1	13,1	14,7	16	12,6	80,2	19
3	2	2	13,1	14,7	16	12,6	80,2	19
3	3	1	13,1	14,7	16	12,6	80,2	19
3	3	2	13,1	14,7	16	12,6	80,2	19
3	4	1	13,1	14,7	16	12,6	80,2	19
3	4	2	13,1	14,7	16	12,6	80,2	19

Leyenda: F-fecha de siembra; G-genotipo; D-densidad de siembra.

### 5.2.2.2 – SUBPERÍODO FENOLÓGICO: EMERGENCIA – INICIO DE FLORACIÓN

La temperatura media en los dos años de ensayo fue muy similar. Las unidades térmicas (UT) y la precipitación (P) de este período, para todos los tratamientos han sido siempre superiores en 2007/08 (Tabla 5.7). Estas diferencias ambientales tuvieron un efecto significativo ente campañas sobre el comportamiento de este cultivo (Tabla 5.8).

Tabla 5.7 - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico: de la emergencia a la floración (DE - DF), para cada una de las fechas de siembra

			DE - DF							
			2007				2008			
F	G	D	TM (°C)	UT (°C)	PT (mm)	DE - DF (n.º días)	TM (°C)	UT (°C)	PT (mm)	DE - DF (n.º días)
1	1	1	10,8	502	79,0	72	11,7	560	97,3	78
1	1	2	10,8	502	79,0	72	11,7	560	97,3	78
1	2	1	10,9	542	79,0	77	11,7	596	103,8	82
1	2	2	10,9	515	79,0	74	11,7	574	103,8	81
1	3	1	10,9	542	79,0	77	11,7	596	103,8	82
1	3	2	10,9	515	79,0	75	11,7	584	103,8	79
1	4	1	11,1	570	79,0	80	11,6	617	103,8	83
1	4	2	11,0	560	79,0	79	11,6	609	103,8	82
2	1	1	12,8	447	40,3	50	12,7	496	88,4	55
2	1	2	12,7	438	38,3	49	12,6	480	88,4	53
2	2	1	12,8	551	61,0	63	13,2	641	143,5	60
2	2	2	12,6	493	45,6	57	13,1	578	117,5	59
2	3	1	12,5	502	46,6	58	13,0	586	117,5	59
2	3	2	12,6	473	45,2	54	13,0	548	108,5	58
2	4	1	12,6	539	61,0	62	13,2	631	122,5	60
2	4	2	12,5	517	53,4	60	13,0	604	122,5	59
3	1	1	12,6	359	27,3	41	13,8	389	37,3	36
3	1	2	12,6	370	27,3	42	13,7	398	37,3	35
3	2	1	13,3	454	28,8	48	13,8	461	63,3	46
3	2	2	13,0	412	27,3	45	13,6	424	37,3	44
3	3	1	13,2	440	27,3	47	13,8	451	42,3	42
3	3	2	12,7	382	27,3	43	13,7	406	37,3	41
3	4	1	13,4	479	28,8	50	13,8	479	91,1	48
3	4	2	13,4	479	28,8	50	13,8	479	91,1	46

Leyenda: F-fecha de siembra; G-genotipo; D-densidad de siembra.

Los genotipos se comportan de forma totalmente distinta entre ellos. El genotipo 1 (Lat 5031) inicia la floración más precozmente y el genotipo 4 (Lat 4810) entra en floración más tardíamente.

La totalidad de los tratamientos de la primera fecha de siembra y la mayoría de los de la segunda fecha de siembra necesitan menos días para iniciar la floración en 2006/07. Sin embargo, para la tercera fecha de siembra ocurre lo contrario (Tabla 5.7 y 5.8).

En la densidad de siembra, se observa que para densidades menores corresponde un período entre emergencia e inicio de la floración mayor.

Tabla 5.8 - Período comprendido entre la emergencia y el inicio de la floración (DE - DF), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	76 a	81 a	78 a
	2ª Fecha	57 b	58 b	57 b
	3ª Fecha	46 c	42 c	44 c
Genotipo	Lat 5031	55 c	56 c	55 d
	Lat 5038	61 b	62 a	61 b
	Lat 4815	59 b	60 b	60 c
	Lat 4810	64 a	63 a	63 a
Densidad	30 PI/m <sup>2</sup>	61 a	61 a	61 a
	60 PI/m <sup>2</sup>	58 b	60 b	59 b
Media general		59 B	60 A	60
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				**
Fecha de siembra (F)		***	***	***
Genotipo (G)		***	***	***
Densidad de siembra (D)		***	***	***
C x F				***
C x G				ns
F x G		ns	***	ns
C x F x G				**
C x D				ns
Interacción	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			**
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
	C x F x G x D			ns
	Coeficiente de variación (%)		22	29

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

Estudiando la Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra, se encuentran diferencias importantes entre las tres fechas de siembra en cada campaña, y entre campañas para la fecha 1 y fecha 3. La totalidad de los tratamientos de la primera fecha de siembra y la mayoría de los de la segunda fecha de siembra necesitan menos días para iniciar la floración en 2006/07 (Tabla 5.7). Sin embargo, para la tercera fecha de siembra ocurre lo contrario (Tabla 5.7 y Figura 5.10).

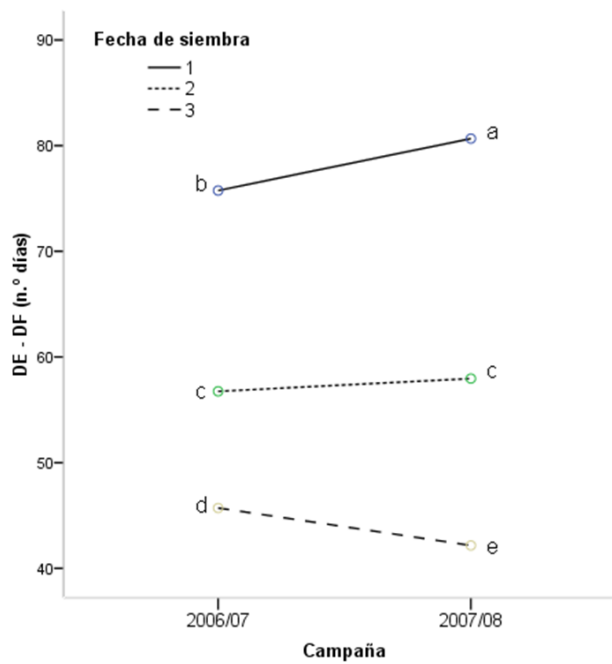


Figura 5.10 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el período entre la emergencia y el inicio de la floración (DE – DF) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las medias con  $P < 0,05$ .

### 5.2.2.3 – SUBPERÍODO FENOLÓGICO: INICIO DE FLORACIÓN – FIN DE FLORACIÓN

La duración de la floración es un fenómeno crítico en el ciclo de vida de muchas plantas (Sola & Ehrlén, 2007). Es una característica importante ya que, y como refiere Weller *et al.* (2007), influye significativamente en la producción de muchas leguminosas.

La floración depende de la temperatura y del fotoperíodo (Duc *et al.*, 1992).

En esta fase del desarrollo de la almorta, los comportamientos son muy diversos entre tratamientos, concretamente entre fecha de siembra y con un efecto importante del ambiente (Tabla 5.9).

Se verifica que la duración media de la floración por fecha de siembra es de 51, 42 y 35 días para la primera, segunda y tercera fecha de siembra respectivamente, pero entre la segunda y tercera fecha las diferencias no son significativas (Tabla 5.9). Siddique *et al.* (1995) encontraron en uno de sus estudios que la duración de la floración es mayor en el *L. sativus* (35 días) que en *L. cicera* (19 días) y *L. ochrus* (23 días), especies de las que está muy próximo.

Tabla 5.9 - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico: del inicio de la floración al final de floración (DFI-I – DFI-F), para cada una de las fechas de siembra

			DFI-I - DFI-F							
			2007				2008			
F	G	D	TM (°C)	UT (°C)	PT (mm)	DFI-I – DFI-F (n.º días)	TM (°C)	UT (°C)	PT (mm)	DFI-I – DFI-F (n.º días)
1	1	1	14,6	503	63,3	47	15,7	711	101,8	53
1	1	2	15,1	580	63,3	52	15,6	683	101,8	51
1	2	1	16,2	694	60,3	56	16,0	674	94,3	50
1	2	2	15,4	628	63,3	53	15,8	709	94,3	51
1	3	1	16,1	665	60,3	54	16,0	645	94,3	47
1	3	2	16,0	628	63,3	58	15,8	662	94,3	50
1	4	1	16,4	655	60,3	51	16,4	655	94,3	48
1	4	2	15,5	552	60,3	47	16,3	662	94,3	49
2	1	1	15,6	546	60,3	46	16,7	609	96,8	47
2	1	2	15,4	527	60,3	44	16,7	608	96,8	48
2	2	1	17,8	509	37,6	36	17,1	472	63,2	43
2	2	2	17,1	561	53,0	42	16,7	557	88,5	46
2	3	1	17,2	555	53,0	41	16,7	431	65,2	37
2	3	2	16,8	602	53,7	45	16,5	552	91,5	44
2	4	1	17,9	555	43,0	38	17,1	446	65,2	40
2	4	2	17,3	517	45,2	38	17,0	431	65,2	38
3	1	1	17,1	406	37,6	30	16,6	515	69,7	41
3	1	2	17,3	452	37,6	33	16,6	469	113,6	39
3	2	1	17,0	352	37,6	26	17,2	541	108,6	40
3	2	2	17,2	370	37,6	27	16,9	591	112,8	42
3	3	1	17,9	430	37,6	30	17,1	542	67,7	42
3	3	2	17,6	464	37,6	32	16,8	534	88,5	39
3	4	1	18,2	426	36,1	29	17,1	561	62,3	40
3	4	2	17,6	368	36,1	26	17,0	521	61,5	38

Leyenda: F-fecha de siembra; G-genotipo; D-densidad de siembra.

En el comportamiento de los genotipos, se observa un comportamiento semejante entre el genotipo 1 y 3 y entre los genotipos 2 y 4.

Tabla 5.10 - Período comprendido entre el inicio de la floración y el final de la floración (DFI-I - DFI-F), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	52 a	50 a	51 a
	2ª Fecha	41 b	43 b	42 b
	3ª Fecha	29 c	40 c	35 b
Genotipo	Lat 5031	42	47 a	44 a
	Lat 5038	40	45 ab	43 b
	Lat 4815	44	43 ab	43 a
	Lat 4810	38	42 b	40 b
Densidad	30 PI/m <sup>2</sup>	40	44	42
	60 PI/m <sup>2</sup>	42	45	43
<b>Media general</b>		41 B	44 A	43
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		***	***	***
<b>Genotipo (G)</b>		ns	**	**
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	ns	ns
<b>Interacción</b>				***
	C x F			ns
	C x G			ns
	F x G	ns	ns	ns
	C x F x G			ns
	C x D			ns
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
	C x F x G x D			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		27	13	21

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

De la interpretación de la Figura 5.11 se deduce que al sembrar más tarde se crean condiciones para que la almorta sea más afectada por las condiciones ambientales entre campañas. Para la primera y segunda fecha de siembra no son significativas las diferencias entre campañas.



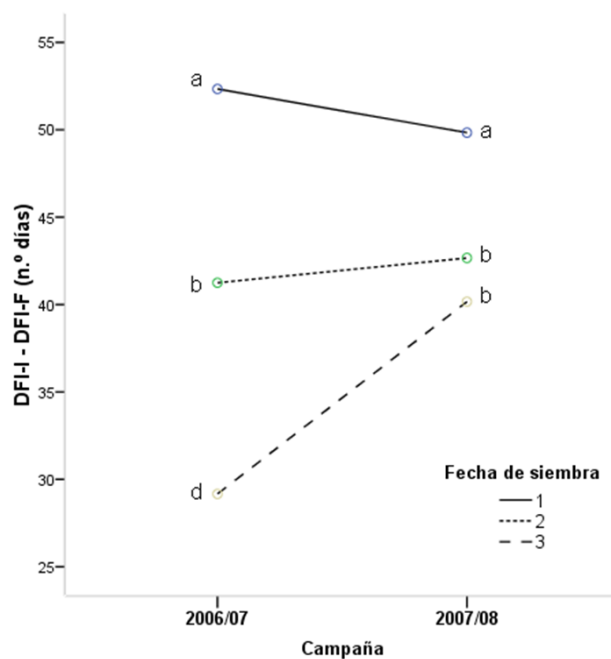


Figura 5.11 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el período entre el inicio y el fin de la floración (DFI-I – DFI-F) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las medias con  $P < 0,05$ .

#### 5.2.2.4 – SUBPERÍODO FENOLÓGICO: INICIO DE FLORACIÓN – MADURACIÓN)

En el período reproductivo DF – DM del ensayo 2007/08, la precipitación registrada fue mayor. Como afirma Mwanamwenge *et al.* (1998) la cantidad de agua disponible en esta fase del ciclo del cultivo determina en parte el rendimiento de semillas.

Por otra parte, las temperaturas medias fueron similares en los dos años de ensayo, para la primera y segunda fecha de siembra y ligeramente superiores para la tercera fecha en 2006/07 (Tabla 5.9).

La mayoría de los tratamientos del ensayo del primer año tuvieron un período reproductivo (66 días) menor que los de segundo año (71 días). Son excepciones el tratamiento (1,2,2) y (2,3,2) con idéntico número de días y los tratamientos (1,3,1), (1,3,2) y (1,4,2) con mayor número días.

Tabla 5.11 - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico: del inicio de la floración a la maduración (DFI-I – DM), para cada una de las fechas de siembra.

DF - DM										
2007							2008			
F	G	D	TM (°C)	UT (°C)	PT (mm)	DFI-I – DM (n.º)	TM (°C)	UT (°C)	PT (mm)	DFI-I – DM (n.º)
1	1	1	15,9	818	78,3	67	15,8	800	125,1	80
1	1	2	16,1	880	78,3	72	15,8	859	149,4	79
1	2	1	17,1	968	75,3	73	16,3	907	142,7	78
1	2	2	17,2	1135	140,7	77	16,7	1088	142,7	77
1	3	1	17,4	1163	137,7	87	17,0	1133	145,2	78
1	3	2	17,3	1206	140,7	90	17,0	1126	145,2	81
1	4	1	17,4	1296	75,5	73	16,8	1308	142,7	79
1	4	2	17,9	1306	137,7	93	18,0	1315	145,2	79
2	1	1	17,0	870	75,3	66	17,1	873	142,7	71
2	1	2	16,5	826	75,3	65	16,9	836	142,7	72
2	2	1	18,7	896	52,8	60	18,0	851	111,1	69
2	2	2	18,1	929	68,2	65	17,7	899	113,6	69
2	3	1	18,3	923	68,2	67	17,8	938	116,1	72
2	3	2	17,9	969	68,9	69	17,5	944	139,9	69
2	4	1	18,7	907	130,4	66	18,4	965	116,1	68
2	4	2	18,5	909	60,4	62	17,9	850	113,6	70
3	1	1	17,9	706	52,6	50	16,5	638	115,6	69
3	1	2	18,0	694	52,6	50	16,6	643	113,6	69
3	2	1	18,8	752	52,8	50	17,2	673	108,6	61
3	2	2	18,9	909	87,8	60	17,7	834	113,6	64
3	3	1	18,9	765	115,0	53	18,4	965	116,1	65
3	3	2	18,9	684	52,8	60	17,4	812	113,6	66
3	4	1	19,0	895	113,5	59	18,2	847	64,8	61
3	4	2	19,0	824	61,7	54	17,8	758	62,3	61

Leyenda: F-fecha de siembra; G-genotipo; D-densidad de siembra.

Como era previsible, esta fase del ciclo disminuye desde la primera hasta la tercera fecha de siembra. En 2006/07, de 79 a 55 días y en 2007/08, de 79 a 64 días (valores medios por fecha de siembra) (Tabla 5.12).

Al contrario de lo que indica Hanbury *et al.* (1999), encontramos que los genotipos mediterráneos (G3 y G4) tienen un desarrollo del período reproductivo más largo que los restantes. Una vez más, las condiciones ambientales pueden ser la causa de este tipo de comportamiento.

La densidad de siembra afecta a la duración de este subperíodo fenológico, que se revela ser más largo cuando la densidad es mayor, al contrario de lo que ocurre con el período entre la emergencia y el inicio de la floración.

Tabla 5.12 - Período comprendido entre el inicio de la floración y la maduración (DFI-I - DM), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	79 a	79 a	79 a
	2ª Fecha	65 b	70 b	67 b
	3ª Fecha	55 c	64 c	59 c
Genotipo	Lat 5031	61 c	73 a	67 b
	Lat 5038	64 bc	69 b	67 b
	Lat 4815	71 a	72 a	71 a
	Lat 4810	68 ab	70 b	69 ab
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	64	71	67 b
	60 Pl/m <sup>2</sup>	68	71	70 a
<b>Media general</b>		66 B	71 A	69
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		***	***	***
<b>Genotipo (G)</b>		**	***	**
<b>Densidad de siembra (D)</b>		*	ns	*
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			***
	<b>C x G</b>			***
	<b>F x G</b>	ns	**	ns
	<b>C x F x G</b>			*
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G x D</b>			ns
	<b>Coefficiente de variación (%)</b>		20	9

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

La influencia del ambiente es visible en cada campaña, ya que en ambas son importantes las diferencias entre fechas de siembra.

Entre campañas apenas existen diferencias para la siembra más tardía (Figura 5.12). Hubo un aumento de este subperíodo fenológico entre la primera (55 días) y la segunda (64 días) campaña (Tabla 5.12). La segunda fecha de siembra se revela como la menos sensible a las variaciones ambientales entre campañas ya que, y a excepción del número de días al inicio de la floración, para todos los períodos y subperíodos fenológicos no manifiesta diferencias entre campañas.

Los cuatro genotipos utilizados desarrollaron un período reproductivo mayor en 2007/08 (Figura 5.13). No obstante, sólo para el genotipo 1 esta diferencia es significativa. En esta campaña los genotipos se comportan de forma similar, al contrario de lo ocurrido en 2006/07, donde existen diferencias entre los genotipos, principalmente entre el genotipo 1 y el genotipo 3.

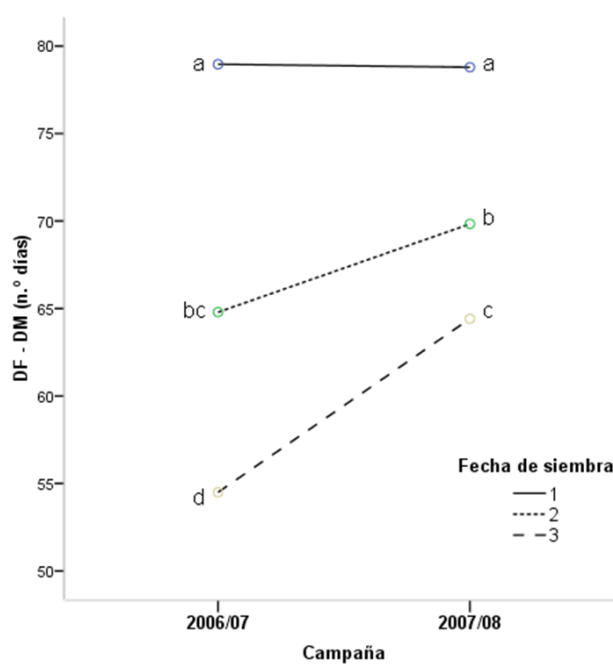


Figura 5.12 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el período entre el inicio de la floración y la maduración (DF – DM) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las medias con  $P < 0,05$ .

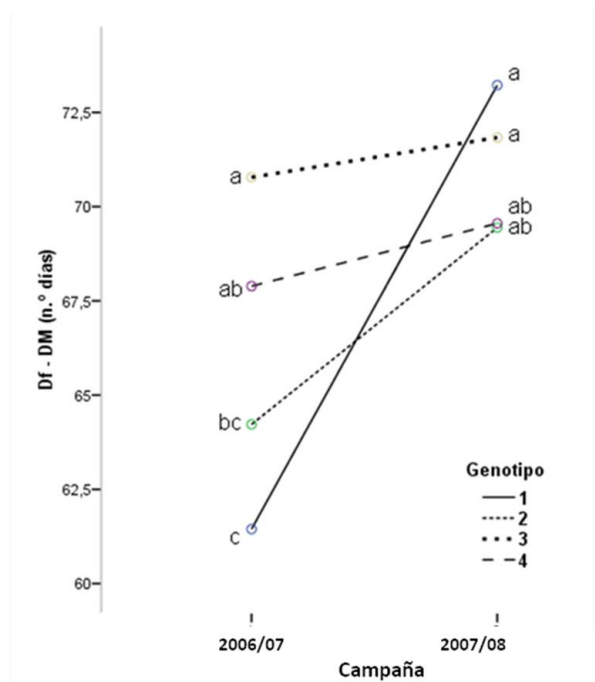


Figura 5.13 - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el período entre el inicio de la floración y la maduración (DF – DM) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las medias con  $P < 0,05$ .

### 5.2.2.5 – SUBPERÍODO FENOLÓGICO: EMERGENCIA – MADURACIÓN

Una vez más, las condiciones ambientales afectan de forma significativa a este cultivo.

Es marcada la diferencia de duración del ciclo cultural entre las tres fechas de siembra (Tabla 5.14). De la primera a la segunda fecha de siembra existe una diferencia media de 32 días y para la tercera fecha de 54 días; el ciclo es 22 días más corto cuando comparamos la tercera con la segunda fecha de siembra. De forma general, el ciclo vegetativo de la almorta fue menor en el primer año de ensayo (2006/07), siendo el genotipo 1 el que se comportó como más precoz y el genotipo 4 el más tardío, en ambos años de ensayo (Tablas 5.13 y 5.14).

La densidad de siembra no ha afectado a la duración del ciclo de este cultivo (Tabla 5.14).

Para Thomson *et al.* (1997), la principal forma de adaptación a climas Mediterráneos de baja pluviometría, como es el caso de la región donde se han desarrollado estos ensayos, es utilizar especies/genotipos con ciclos cortos y con potencial para obtener una gran biomasa total. Cuando se analice la productividad y la biomasa obtenida, se tendrá oportunidad de entender cuál de estos genotipos y en qué fecha se adecua mejor a nuestro ambiente.

Tabla 5.13 - Temperatura media (TM), Unidades térmicas (UT), Precipitación acumulada (PT) y Duración en días del sub-período fenológico: de la emergencia a la maduración (DE – DM), para cada una de las fechas de siembra

				DE - DM							
				2007				2008			
F	G	D	TM (°C)	UT (°C)	PT (mm)	DE - DM (n.º días)	TM (°C)	UT (°C)	PT (mm)	DE - DM (n.º días)	
1	1	1	13,4	1303	157,3	139	13,7	1352	221,4	158	
1	1	2	13,5	1377	157,3	144	13,8	1411	245,7	157	
1	2	1	14,0	1501	157,3	150	13,9	1497	246,5	160	
1	2	2	14,3	1643	219,7	152	14,4	1654	246,5	158	
1	3	1	14,4	1697	219,7	163	14,5	1723	249,0	161	
1	3	2	14,4	1714	219,7	164	14,6	1742	249,0	160	
1	4	1	14,1	1567	157,5	154	14,1	1563	246,5	161	
1	4	2	14,8	1857	219,7	172	15,1	1916	249,0	161	
2	1	1	15,2	1308	104,1	116	15,0	1353	231,1	126	
2	1	2	15,0	1245	104,1	113	14,9	1304	231,1	125	
2	2	1	15,6	1435	104,3	123	15,5	1482	233,6	129	
2	2	2	15,6	1416	104,3	122	15,5	1468	231,1	128	
2	3	1	15,7	1467	104,3	125	15,5	1516	233,6	131	
2	3	2	15,6	1435	104,3	123	15,5	1482	233,6	128	
2	4	1	15,7	1511	166,5	128	15,8	1582	233,6	128	
2	4	2	15,6	1416	104,3	122	15,5	1468	231,1	129	
3	1	1	15,0	1053	94,6	91	15,3	1018	150,9	105	
3	1	2	15,1	1074	94,6	92	15,4	1031	150,9	104	
3	2	1	15,6	1192	94,8	98	15,6	1123	150,9	106	
3	2	2	15,8	1305	129,8	105	16,0	1248	150,9	108	
3	3	1	16,0	1427	157,0	100	16,5	1402	153,4	107	
3	3	2	15,8	1275	94,8	103	15,9	1209	150,9	107	
3	4	1	15,9	1360	157,0	109	16,2	1317	154,8	109	
3	4	2	15,8	1289	105,2	104	15,9	1229	150,9	108	

Leyenda: F-fecha de siembra; G-genotipo; D-densidad de siembra.

Tabla 5.14 - Período comprendido entre la emergencia y la maduración (DE - DM), en número de días, según la fecha de siembra, el genotipo y la de densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campaña

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	155 a	159 a	157 a
	2ª Fecha	122 b	128 b	125 b
	3ª Fecha	100 c	107 c	103 c
Genotipo	Lat 5031	116 c	129 b	123 c
	Lat 5038	125 b	131 a	128 b
	Lat 4815	130 ab	132 a	131 ab
	Lat 4810	131 a	133 a	132 a
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	125	132 a	128
	60 Pl/m <sup>2</sup>	126	131 b	129
Media general		125 B	131 A	128
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				***
Fecha de siembra (F)		***	***	***
Genotipo (G)		***	***	***
Densidad de siembra (D)		ns	*	ns
Interacción	C x F			ns
	C x G			***
	F x G	ns	ns	ns
	C x F x G			ns
	C x D			ns
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
	C x F x G x D			ns
	<b>Coefficiente de variación (%)</b>		19	27

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

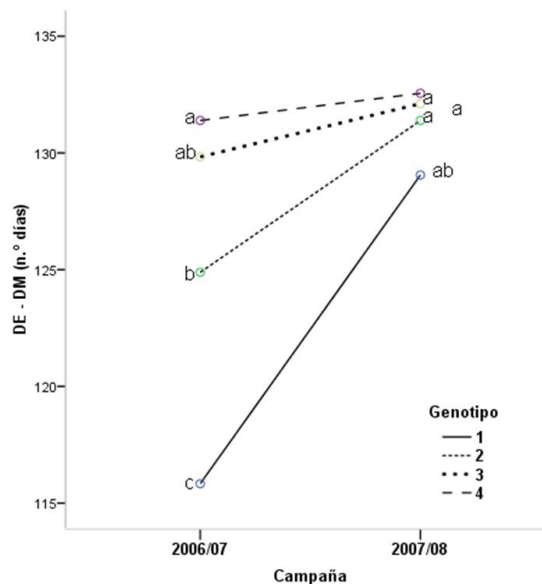


Figura 5.14 - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el período entre la emergencia y la maduración (DE – DM) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las medias con P<0,05.

Se considera que en 2007/08 las condiciones fueron más favorables al crecimiento de la almorta, principalmente debido a una mejor distribución de la precipitación total (Figura

5.2 y Anexo 3). Además, las unidades térmicas acumuladas fueron superiores en esta campaña (Tabla 5.13 y Anexo 4). Los cuatro genotipos no sufrieron grandes limitaciones de crecimiento y desarrollaron ciclos de cultivo semejantes en cuanto al número de días (Figura 5.14). Lo contrario ocurrió en 2006/07. La distribución de la precipitación total no fue tan favorable y las temperaturas a final del ciclo del cultivo (mayo-junio) fueron mayores que en 2007/08. Así, los genotipos se comportaron de diferente forma conforme a su potencial. Destacamos el genotipo 1 como el más precoz, seguido con diferencia del genotipo 2. Como más tardío, sin duda, el genotipo 4 (Figura 5.14).

### 5.3 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS

#### 5.3.1 – POBLACIÓN POR PARCELA

Se considera importante verificar la instalación de este cultivo en cada tratamiento, ya que puede haber heterogeneidad en la emergencia o problemas causados por su manejo, como lo ocurrido en el segundo año de ensayo (fitotoxicidad por herbicida), y porque como afirma Donald (1963) en general, la variación en el número de plantas por unidad de superficie influye en el crecimiento a nivel de la comunidad y a nivel individual, debido a la competencia interna que existe en cada una de las plantas que constituyen la comunidad.

Tabla 5.15 - Población (Pov: 1=90% o más; 2=80-89%; 3=70-79%; 4=60-69%; 5=menos de 60%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	1	1 b	1 b
	2ª Fecha	1	2 a	2 a
	3ª Fecha	1	1 b	1 b
Genotipo	Lat 5031	2	2 a	2 a
	Lat 5038	1	2 b	1 b
	Lat 4815	1	1 c	1 b
	Lat 4810	1	1 c	1 b
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	1	2 a	1
	60 Pl/m <sup>2</sup>	1	1 b	1
Media general		1 B	2 A	1
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				***
Fecha de siembra (F)		ns	***	***
Genotipo (G)		*	***	***
Densidad de siembra (D)		ns	**	*
Interacción	C x F			***
	C x G			***
	F x G	*	***	***
	C x F x G			**
	C x D			ns
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D			ns
	C x F x G x D	ns	ns	ns
Coeficiente de variación (%)		52	71	67

ns: No significativo; \*: Significación (P <0,05); \*\*: Significación (P <0,01); \*\*\*: Significación (p <0,001)

Existen diferencias significativas en la población por parcela entre las dos campañas (Tabla 5.15). Según Anderson (1986), la variación en el número de plantas por superficie es mayor entre años debido a las variaciones en la humedad del suelo y temperatura, que a cualquier otro factor.

Las variaciones medias de la población por parcela están comprendidas entre el nivel 1 (90% o más) y el nivel 2 (80-89%). Probablemente esta variación en el número de plantas no es la principal causa de las diferentes producciones de grano obtenidas.

En 2007/08 el número de plantas en las parcelas es significativamente superior para la segunda fecha de siembra.

En el conjunto de las dos campañas es significativa la interacción campaña x fecha de siembra, campaña x genotipo y fecha de siembra x genotipo.

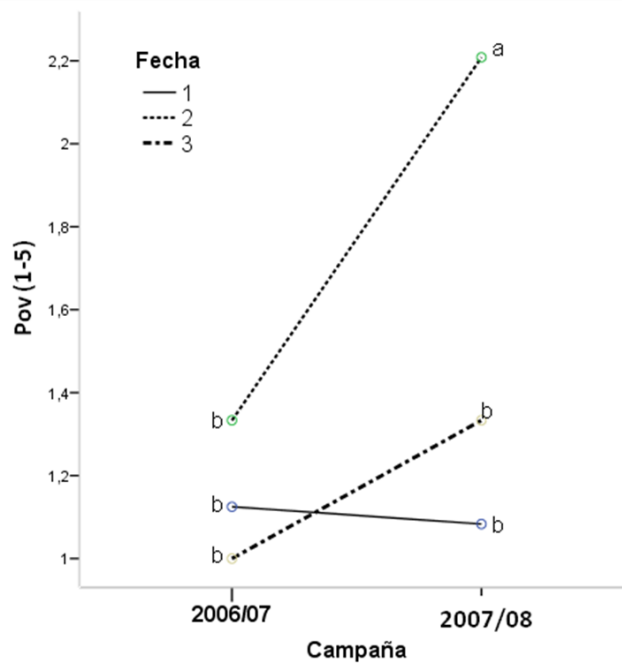


Figura 5.15 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en la población (Pov) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

En la primera fecha de siembra se nota una disminución, pero no significativa de 2006/07 a 2007/08 (Figura 5.15). Es en la segunda fecha que existe una diferencia entre campañas muy significativa. No obstante el *L. sativus*, en muchas condiciones ambientales, consigue compensar una menor emergencia con un mayor desarrollo vegetativo.



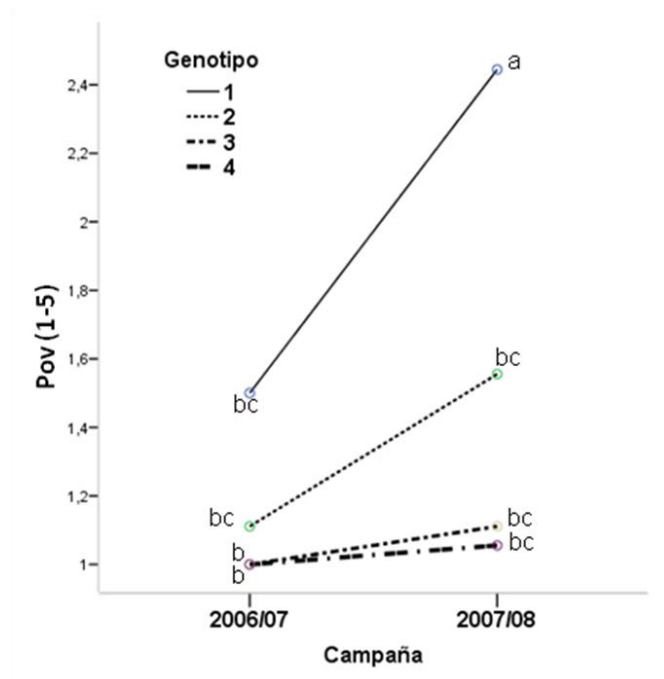


Figura 5.16 - Influencia de la interacción campaña x genotipo en la población (Pov) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

Todos los genotipos, a excepción del genotipo 1, se comportaron de forma similar entre las dos campañas. Sabiendo que el poder germinativo de las semillas de todos los genotipos era semejante, se atribuyeron estas reducidas diferencias del número de plantas por parcela entre campañas, fechas de siembra y genotipos a las condiciones edafoclimáticas que de alguna forma afectaron negativamente a la emergencia de algunas de las semillas.

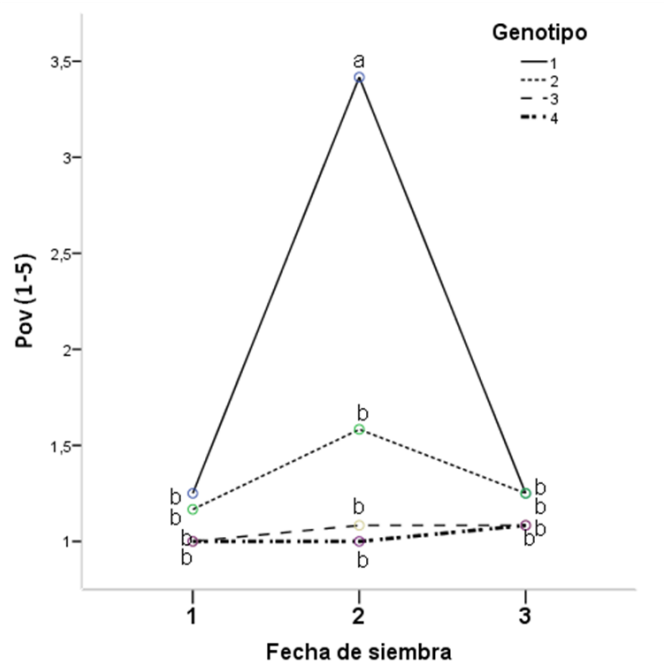


Figura 5.17 - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en la población (Pov) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

En la interacción fecha de siembra x genotipo, se verificó que destaca de forma significativa el genotipo 1 (Figura 5.17).

De los resultados anteriormente analizados se deduce que de todos los genotipos utilizados, es el genotipo 1 el que tuvo un poco más de dificultad en instalarse y que es la segunda fecha de siembra la que tiene condiciones más desfavorables a la emergencia de este cultivo.

En los genotipos 1 y 2 parece existir una influencia negativa de la fecha de siembra, de tal forma que para la segunda fecha de siembra la población de plantas disminuye respecto a la primera y tercera fecha de siembra.

### 5.3.2 – FITOTOXICIDAD

En la segunda campaña (2007/08) se aplicó en postemergencia un herbicida (bentazona (s.a.): 0,5 l pc/ha). Éste se reveló fitotóxico para algunos genotipos y de forma distinta en las diferentes fechas de siembra (Figura 5.18 y 5.19). La segunda y tercera fecha de siembra fueron las más afectadas. En los tratamientos correspondientes a estas fechas se encontraban las plantas en estadíos fenológicos más jóvenes, más sensibles a la acción del herbicida aplicado.

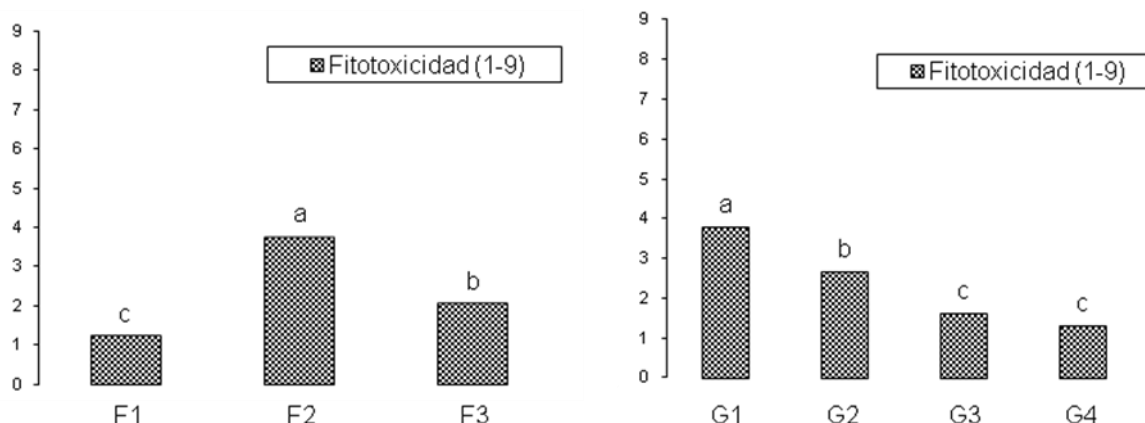


Figura 5.18 y 5.19 - Fitotoxicidad media registrada en el ensayo LAT-DDS en 2007/08, por fecha de siembra (1ª fecha – F1; 2ª fecha – F2; 3ª fecha – F3), a la izquierda y por genotipo (genotipo 1 – G1; genotipo 2 – G2; genotipo 3 – G3; genotipo 4 – G4), a la derecha. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05.

Sin duda alguna, los genotipos tipo A (G1 y G2) fueron los más perjudicados, es decir, el *L. sativus* de flor colorida y de semilla pequeña y pigmentada se revelan más sensibles que los genotipos típicos de la región Mediterránea al herbicida aplicado. En las restantes parcelas, el número de plantas por parcela corresponde aproximadamente a la densidad de siembra utilizada.

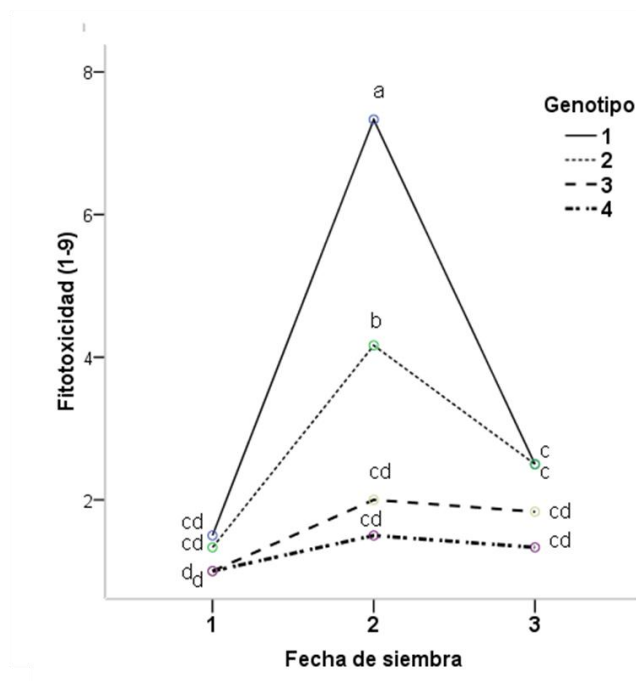


Figura 5.20 - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en la fitotoxicidad (Fit) en 2007/08. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

Como podemos observar en la Figura 5.20, la interacción fecha de siembra x genotipo en la evaluación de la fitotoxicidad es significativa. El efecto del herbicida fue particularmente grave para el genotipo 1 – fecha 2, seguido del genotipo 2 – fecha 2, ambos mostraron diferencias significativas respecto a las restantes situaciones.

### 5.3.3 – ALTURA DE LA CUBIERTA VEGETAL

La altura de las plantas de la almorta es muy variable, ya que es una característica que depende mucho del ambiente; en suelos pobres y con escasa humedad, la altura suele estar comprendida entre 30-50 cm, mientras que en suelos fértiles con buena disponibilidad de humedad puede superar los 150 cm (Mera *et al.* 2005). Según Campbell (1997), las plantas de semilla pequeña son más bajas, mientras que las de semillas grandes originarias de la región mediterránea, por lo general, producen plantas mayores con una mayor biomasa.

Se considera que más que la altura de la planta, es la altura de la cubierta vegetal la que permite entender mejor el comportamiento de este cultivo, en lo que se refiere por ejemplo, a la distribución de flores y vainas fértiles en los ramos, a la producción de biomasa, al porte y al encamado. Por ejemplo, cuando el crecimiento vegetativo de cada planta es muy exuberante no es posible mantener un porte muy erecto, porque la arquitectura de la planta no soporta el peso de los ramos. Esta característica tiene varias implicaciones, como son: la fructificación no se dará en la parte inferior de la planta, ya que

en esta zona no se desarrollan convenientemente los nudos reproductivos aumentando la tendencia al encamado del cultivo y la cosecha mecánica se hace más difícil.

Tabla 5.16 - Altura de la cubierta vegetal (Alt), en centímetros, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	37 b	32	34 ab
	2ª Fecha	36 b	30	33 b
	3ª Fecha	43 a	31	37 a
Genotipo	Lat 5031	41 a	28 b	34 ab
	Lat 5038	41 a	34 a	38 a
	Lat 4815	40 a	32 a	36 a
	Lat 4810	32 b	29 b	30 b
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	39	31	35
	60 Pl/m <sup>2</sup>	39	30	34
<b>Media general</b>		39 A	31 B	35
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		**	ns	**
<b>Genotipo (G)</b>		**	***	***
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	ns	ns
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			**
	<b>C x G</b>			ns
	<b>F x G</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G</b>			ns
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
<b>C x F x G x D</b>			ns	
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		24	16	24

ns: No significativo; \*: Significación (P <0,05); \*\*: Significación (P <0,01); \*\*\*: Significación (p <0,001)

En nuestros ensayos, la altura de la cubierta vegetal varió significativamente entre las dos campañas. La variación de esta característica en las dos campañas está comprendida entre 30 cm (2ª fecha de siembra – 2007/08) y 43 cm (3ª fecha de siembra – 2006/07), siendo que, en media, es en esta fecha de siembra donde la cubierta vegetal consigue mayor altura, probablemente por el crecimiento vegetativo/producción de biomasa, menor cuando se siembra más tarde, permitiendo a las plantas mantenerse más erguidas. En 2007/08 y en todas las fechas de siembra, genotipos y densidades alcanzan una altura menor que en 2006/07 (Tabla 5.16). Se atribuye este comportamiento (menor altura debido a mayor crecimiento), una vez más a las condiciones climáticas, ya que en el primer año de ensayo, a pesar de la precipitación ser 35% superior relativamente al segundo año, ésta fue peor distribuida, es decir, las condiciones ambientales no fueron tan favorables al desarrollo del cultivo.

Se verifica que el genotipo de tipo B Lat 4810 (genotipo 4) obtuvo siempre la altura más baja, con diferencia significativa para los restantes, a excepción del segundo año en que el genotipo 1 (Lat 5031) registró valores semejantes (Tabla 5.16). Este último genotipo

alcanzó estos resultados como consecuencia del efecto nefasto, en algunas parcelas, del herbicida aplicado. Una de las características del genotipo 4 es la producción de mucha biomasa, a lo que se atribuye la baja altura de la cubierta vegetal, porque ésta provoca un desarrollo del tipo postrado.

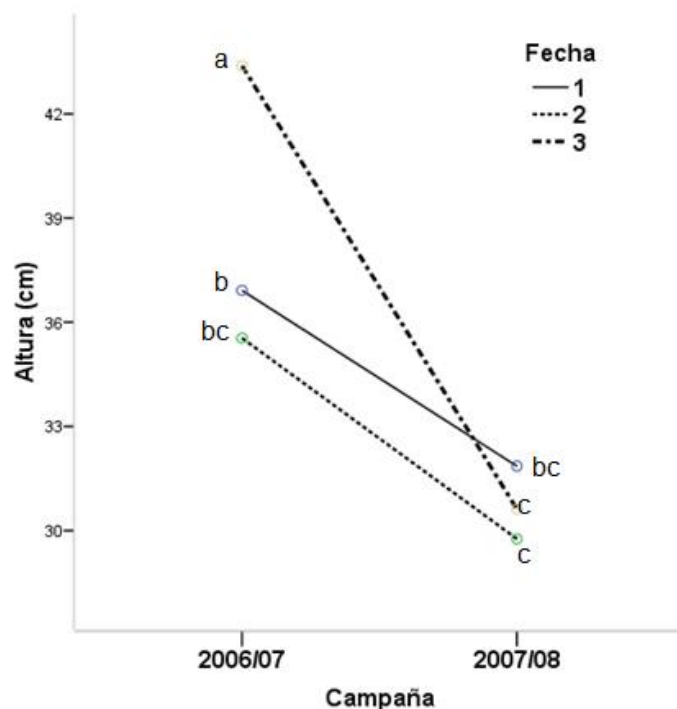


Figura 5.21 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en la altura del cubierto (Alt – cm) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

La altura de la cubierta vegetal es variable entre campañas, particularmente en la última fecha, que sufre una reducción significativa respecto a la primera campaña.

En la primera campaña es distinta la altura de la cubierta entre la fecha 3 y las dos restantes, y en la segunda campaña no se observan diferencias entre fechas de siembra (Figura 5.21). Los factores que afectan esta característica provocaron más variación entre fechas en 2006/07. Probablemente esto se debe a que las condiciones ambientales fueron más ventajosas para el crecimiento, principalmente por la precipitación en el inicio del año agrícola (Figura 5.21), lo que permitió manifestar mejor el potencial del cultivo en las dos primeras fechas de siembra.

#### 5.3.4 – PORTE

La relación entre el porte y la producción de biomasa es positiva y significativa ( $R^2=0,587^{**}$ ), por lo que cuanto mayor es la producción de biomasa mayor tendencia a que las plantas adquieran un porte postrado. Esto explica por qué los tratamientos de la primera

fecha de siembra presentan un porte semi-postrado (Tabla 5.17), ya que es en éstos donde la producción de biomasa fue mayor.

Tabla 5.17 - Porte (1=Erecto, 2=semi-erecto, 3=semi-prostrada o 4=postrada), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	3 a	2 a	3 a
	<b>2ª Fecha</b>	3 a	2 b	2 b
	<b>3ª Fecha</b>	1 b	2 ab	2 c
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	2 c	2 b	2 c
	<b>Lat 5038</b>	2 bc	2 b	2 c
	<b>Lat 4815</b>	3 b	2 a	2 b
	<b>Lat 4810</b>	3 a	3 a	3 a
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	2	2	2
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	3	2	2
<b>Media general</b>		2	2	2
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				**
<b>Fecha de siembra (F)</b>		***	*	***
<b>Genotipo (G)</b>		***	***	***
<b>Densidad de siembra (D)</b>		*	*	**
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			***
	<b>C x G</b>			ns
	<b>F x G</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G</b>			ns
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
<b>C x F x G x D</b>			ns	
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		56	41	50

ns: No significativo; \*: Significación (P <0,05); \*\*: Significación (P <0,01); \*\*\*: Significación (p <0,001)

Los genotipos Lat 4815 y Lat 4810 (genotipos tipo B) tuvieron un desarrollo de acuerdo con las características normales de los de su grupo (origen europeo y mediterráneo), es decir, un gran desarrollo vegetativo, por lo que presentan un porte semi-postrado al contrario de los genotipo Lat 5031 y Lat 5038 (genotipos tipo A).

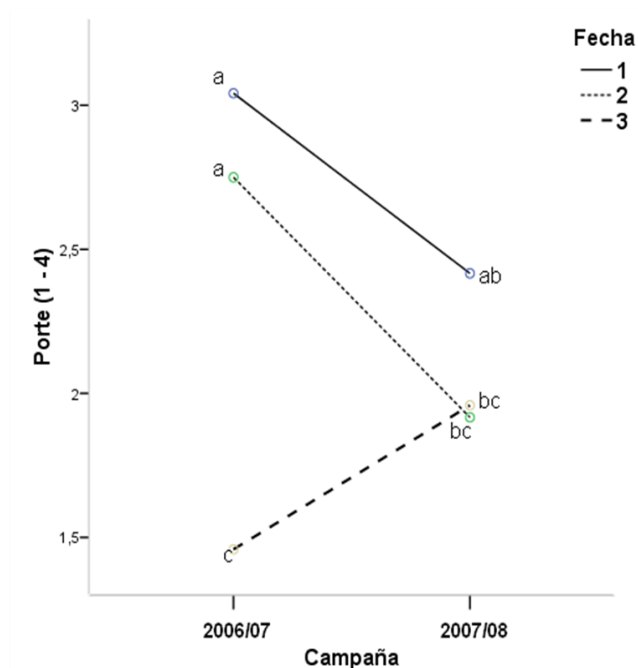


Figura 5.22 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el porte de las plantas (Porte – 1=Erecto, 2=semi-erecto, 3=semi-prostrada o 4=postrada) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

La interacción descrita en la Figura 5.22 revela que en las dos primeras fechas de siembra las plantas tienen portes más prostrados. En 2006/07 se observa que las dos primeras fechas de siembra tienen, también, portes más postrados. Sin embargo, en la campaña 2007/08 no se muestran diferencias significativas entre las tres fechas de siembra. Del estudio de la interacción campaña x fechas de siembra se depende que el porte más erecto se obtiene cuando se retrasa la fecha de emergencia.

## 5.4 - ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

### 5.4.1 - EVOLUCIÓN DE LA MATERIA SECA

La acumulación de materia seca es una medida del rendimiento de una planta y depende de manera crucial del área foliar, la radiación solar disponible, la eficiencia del uso de la radiación y la disponibilidad de agua y nutrientes del suelo (Abreu, 1987). El desarrollo del área foliar y la producción de materia seca de la almorta es demasiado lento durante un largo período después de la emergencia.

En la Figura 5.23 es posible observar la evolución de la materia seca total (MSTot) a lo largo del ciclo de la almorta para las tres fechas de siembra, en 2006/07 y 2007/08. En la segunda campaña, la cantidad MSTot fue mayor, probablemente porque la distribución de la precipitación fue más favorable al cultivo. En la primera campaña cerca de 65% del total de la precipitación ocurrió antes de la primera y segunda fecha de siembra y el 73% antes de la

tercera fecha de siembra; en la segunda campaña más de la mitad de la precipitación total tuvo lugar después de las tres fechas de siembra (Anexo 3).

El estrés hídrico que las plantas puedan haber sufrido en la primera campaña puede también ser responsable de la diferencia de MSTot entre las dos campañas, ya que y como Wery (1987) afirma, el estrés hídrico se refleja en una disminución más o menos fuerte en la producción de materia seca según el estado en que se produzca.

#### 5.4.1.1 - INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

En ambas campañas se obtiene una mayor cantidad de MSTot en la primera fecha de siembra (F1). Esta diferencia es más marcada en 2007/08. Entre la segunda y tercera fecha de siembra sólo existen diferencias significativas en el muestreo M5 en la primera campaña (Tablas 5.18) y en M4 y M6 en la segunda campaña (Tabla 5.19). De estos resultados se deduce que en las siembras más tardías se produce una mayor demanda evaporativa, ya que el cultivo crece con temperaturas cada vez mayores, lo que probablemente contribuye a una menor acumulación de materia seca.

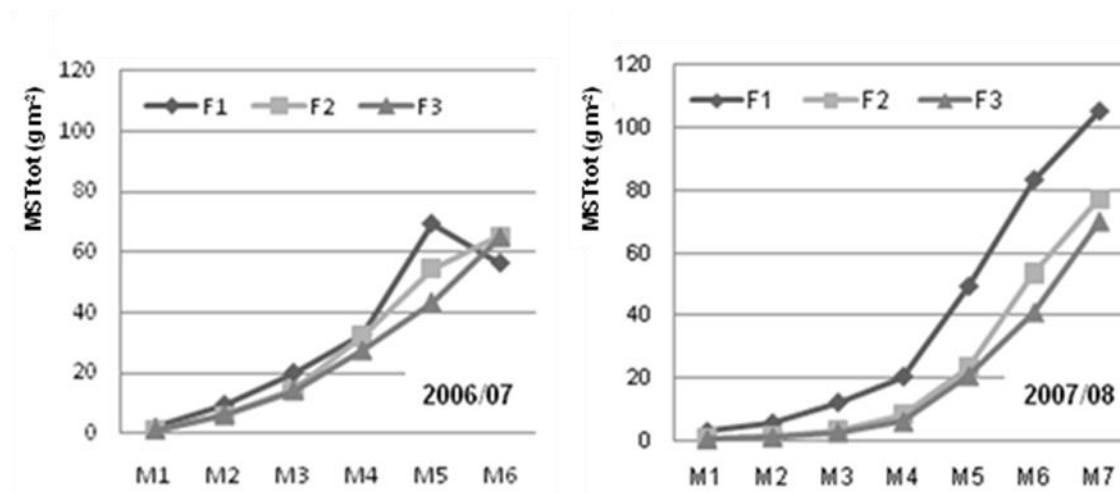


Figura 5.23 – Evolución de la materia seca total (MSTot) ( $\text{g m}^{-2}$ ) registrada en las tres fechas de siembra (F1, F2 y F3), en 2006/07 y 2007/08.

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)



Tabla 5.18 - Evolución de la materia seca total (MS Total) (g m<sup>-2</sup>) según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra 2006/07, a lo largo del ciclo.

		MS Total M1	MS Total M2	MS Total M3	MS Total M4	MS Total M5	MS Total M6
Fecha	1ª Fecha	1,91 a	9,63 a	20,28 a	32,57 a	69,37 a	56,69
	2ª Fecha	1,00 b	5,89 b	14,41 b	32,27 b	54,68 b	65,81
	3ª Fecha	1,08 b	6,25 b	14,10 b	27,35 b	43,37 c	65,51
Genotipo	Lat 5031	2,20 a	13,15 a	25,99 a	48,68 a	68,43 a	65,92 b
	Lat 5038	1,91 a	8,51 b	19,45 b	33,78 b	56,48 a	90,63 a
	Lat 4815	0,94 b	5,31 c	13,16 c	25,59 c	57,86 a	53,98 bc
	Lat 4810	0,28 c	2,05 d	6,46 d	14,88 d	40,46 b	40,15 c
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,86 b	5,08 b	13,27 b	27,35 b	55,05	64,14
	60 Pl/m <sup>2</sup>	1,80 a	9,42 a	19,26 a	34,11 a	56,56	61,20
Media general		1,33	7,25	16,26	30,73	55,81	62,67
<b>Significación global del análisis de varianza</b>							
Fecha de siembra		***	***	***	*	***	ns
Genotipo		***	***	***	***	***	***
Densidad de siembra		***	***	***	***	ns	ns
Interacción	Fecha x Gen	***	***	***	***	***	***
	Fecha x Den	ns	**	ns	ns	ns	ns
	Gen x Den	ns	**	***	*	**	ns
	Fecha x Gen x Den	***	**	ns	***	***	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación (P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

Fechas de los muestreos en 2006/07: M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio

Tabla 5.19 - Evolución de la materia seca total (MS Total) (g m<sup>-2</sup>) según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra 2007/08, a lo largo del ciclo.

		MS Total M1	MS Total M2	MS Total M3	MS Total M4	MS Total M5	MS Total M6	MS Total M7
Fecha	1ª Fecha	2,65 a	5,40 a	12,01 a	19,53 a	50,95 a	84,71 a	105,16 a
	2ª Fecha	0,62 b	1,30 b	3,19 b	8,22 b	22,35 b	56,33 b	77,24 b
	3ª Fecha	1,89 b	0,84 b	2,41 b	5,87 c	19,64 b	43,22 c	70,04 b
Genotipo	Lat 5031	0,44 c	1,05 b	2,12 b	5,93 c	15,86 c	43,66 b	50,91 c
	Lat 5038	0,50 c	1,57 b	3,31 b	8,55 c	22,99 c	52,51 b	79,29 b
	Lat 4815	1,48 b	3,58 a	8,15 a	13,69 b	38,03 b	75,40 a	102,08 a
	Lat 4810	2,18 a	3,85 b	9,89 a	16,65 a	47,03 a	74,10 a	104,31 a
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,62 b	1,79 b	4,04 b	8,57 b	26,77 b	52,24 b	81,71
	60 Pl/m <sup>2</sup>	1,68 a	3,24 a	7,69 a	13,83 a	35,18 a	70,60 a	86,58
Media general		1,15	2,51	5,87	11,20	30,98	61,42	84,15
<b>Significación global del análisis de varianza</b>								
Fecha de siembra		***	***	***	***	***	***	***
Genotipo		***	***	***	***	***	***	***
Densidad de siembra		***	***	***	***	***	***	ns
Interacción	Fecha x Gen	***	***	***	***	*	*	ns
	Fecha x Den	***	***	***	*	ns	**	ns
	Gen x Den	***	ns	**	ns	*	ns	ns
	Fecha x Gen x Den	***	ns	ns	ns	ns	***	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

Fechas de los muestreos en 2007/08: M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio

Se deduce que en la primera campaña (2006/07) se observa una disminución de la MSTot al final del ciclo en la primera fecha de siembra (F1) debido al inicio precoz de la senescencia del cultivo. La fecha de siembra F1 corresponde al tratamiento en que el cultivo desarrolla el ciclo más largo, por lo que, en un determinado momento, y en relación a F2 y F3 el cultivo está en un estadio fenológico más avanzado. Considerando que, según Khanna-Chopra & Sinha (1987), los tres principales factores físicos que influyen en el

crecimiento, desarrollo y la productividad son la duración del día, la temperatura y la disponibilidad de agua, y que en esta campaña las temperaturas máximas en el período reproductivo del cultivo superaron los 20°C, la disponibilidad de agua durante el desarrollo del cultivo fue reducida y además, es una fase en que se produce una intensa transferencia de asimilados hacia la vaina y grano, creemos que se daban las condiciones para que se produjera la senescencia de hojas y tallos. En las otras dos fechas (F2 y F3) y en las tres fechas de la campaña 2007/08 y debido principalmente a su tipo de crecimiento indeterminado, la almorta acumuló materia seca (MS) hasta el final del ciclo. En 2006/07, el momento de máxima acumulación de materia seca ocurrió alrededor de los 145, 128 y 97 días después de la siembra (DDS) (Anexo 5)<sup>4</sup>, para la primera, segunda y tercera fecha de siembra respectivamente. En 2007/08 este momento ocurrió a los 167, 126 y 102 DDS (Anexo 6), para la primera, segunda y tercera fecha de siembra respectivamente.

#### 5.4.1.2 - INFLUENCIA DEL GENOTIPO

El crecimiento y la acumulación de peso seco de la planta son variables dependientes de factores genéticos (O'Toole & Bland, 1987) y ambientales (Hebert *et al.*, 2001), entre otros.

Globalmente, en 2006/07 la almorta tuvo un crecimiento inicial más acelerado, porque la humedad del suelo era elevada, debido a la precipitación ocurrida al inicio del año agrícola (Figura 5.2), es decir, las condiciones de humedad del suelo eran más favorables al desarrollo inicial del cultivo. Desde el momento en que se realizó el primer muestreo, en ambas campañas, los genotipos tipo A se comportaron de forma distinta de los de tipo B, existiendo diferencias significativas entre ellos (Tablas 5.18 y 5.19).

En 2006/07 y en los muestreos M2, M3 y M4, los genotipos presentan una MSTot significativamente distintas entre ellos, relación que no se mantiene hasta el final del ciclo. En la primera campaña, el máximo de acumulación de MSTot se alcanzó con el genotipo 2 (G2), diferenciándose claramente de los restantes genotipos (Tabla 5.18) y fue el único que mantuvo una evolución de la MSTot siempre creciente. Contrariamente a lo esperado, en esta misma campaña, los genotipos tipo B acumularon menos materia seca que los de tipo A, y entre ellos existen diferencias significativas a excepción del último muestreo (Figura 5.24). Se piensa que estos genotipos fueron más sensibles a la baja precipitación ocurrida durante el ciclo del cultivo.

---

<sup>4</sup> En el Anexo 5 y Anexo 6 se indican los días después de la siembra en cada muestreo, para cada fecha de siembra, en 2006/07 y 2007/08, respectivamente.

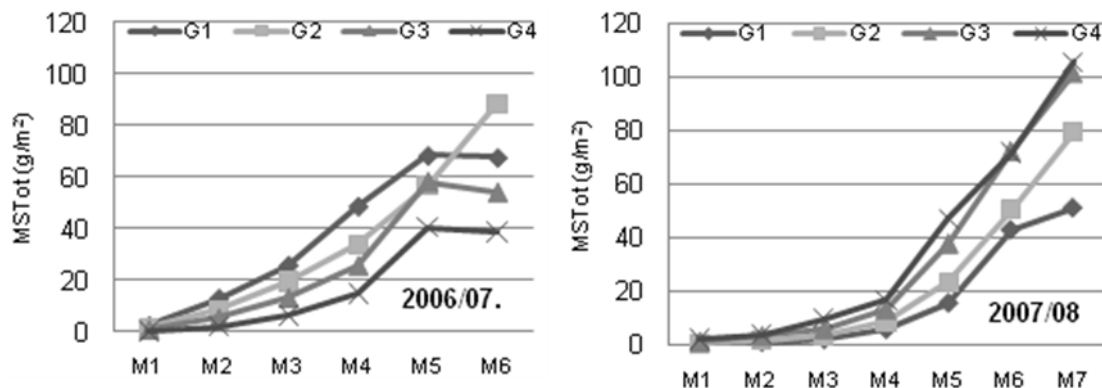


Figura 5.24 – Evolución de materia seca total (MSTot) ( $\text{g m}^{-2}$ ) registrada en los cuatro genotipos (G1, G2, G3, G4), en 2006/07 y 2007/08 a lo largo del ciclo.

**Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

En 2007/08, los genotipos tipo A demostraron un desarrollo similar entre ellos pero con valores inferiores a los de tipo B, siendo estas diferencias altamente significativas (Figura 5.24; Tabla 5.19). En ambas campañas, en el último muestreo, el genotipo G2 presenta una MSTot significativamente superior a G1. Los genotipos tipo A no presentaron una variación importante entre campañas, es decir, entre condiciones ambientales distintas alcanzaron valores semejantes. Entre los genotipos tipo B hubo diferentes comportamientos, siendo el genotipo 4 (G4) el que consiguió en el último muestreo mayor acumulación de MSTot, pero no significativamente distinto del G3, a semejanza de lo registrado en 2006/07. En esta campaña y para los cuatro genotipos, el máximo de acumulación de MSTot se alcanzó en el último muestreo.

#### 5.4.1.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

El efecto de la densidad de siembra no mostró diferencias significativas en los dos últimos muestreos de la primera campaña y en el último muestreo de la segunda campaña. En todos los restantes muestreos de las dos campañas, con la densidad de siembra mayor se obtienen MSTot superiores (Tablas 5.18 y 5.19). Eran de esperar la existencia de algunas diferencias, debido a la gran diferencia de plantas por  $\text{m}^2$  y porque no hubo problemas con la emergencia.

El *Lathyrus sativus* revela cierta plasticidad ya que, en ambas campañas y al final del ciclo, los tratamientos con menos plantas por  $\text{m}^2$  (con menores densidades de siembra (D1)) alcanzan MSTot semejante a los tratamientos con mayor densidad de siembra (D2) (Figura 5.25).

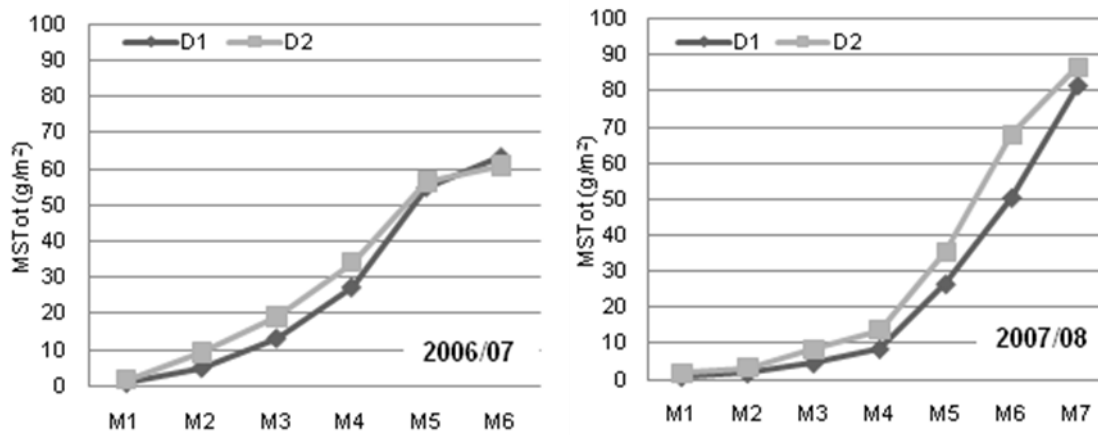


Figura 5.25 – Evolución de materia seca total (MSTot) ( $\text{g m}^{-2}$ ) en las dos densidades de siembra (D1=30 plantas  $\text{m}^{-2}$  y D2=60 plantas  $\text{m}^{-2}$ ), en 2006/07 y 2007/08 a lo largo del ciclo. (Fechas de los muestreos 2006/07: M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio. Fechas de los muestreos en 2007/08: M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 mayo; M8- 11 junio)

#### 5.4.2 - DISTRIBUCIÓN DE LA MATERIA SECA

El patrón de acumulación de materia seca en almorta, identificado en este trabajo (Figura 5.26), se parece a la del garbanzo. Este último cultivo muestra una típica curva sigmoidea con una fase vegetativa lenta, una larga fase de crecimiento después de la floración y una disminución en la fase de desarrollo del fruto (Khanna-Chopra & Sinha, 1987).

En general, el desarrollo vegetativo fue lento hasta el muestreo 3 (M3) y 5 (M5), en 2006/07 y 2007/08, respectivamente. El crecimiento de las hojas y de los tallos es responsable de la acumulación de MS en la fase vegetativa.

Algunas de las diferencias morfológicas entre genotipos tipo A y tipo B son las dimensiones de los órganos estudiados: hojas, tallos, flores y vainas. En los genotipos tipo B, unitariamente, todos ellos desarrollan hojas, tallos, flores y vainas de mayor dimensión.

##### 5.4.2.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

Cuando analizamos la distribución de la materia seca entre las hojas, tallos, flores y vainas según la fecha de siembra y durante las dos campañas, constatamos que, en general, en la primera fecha (F1) se acumula significativamente más materia seca, en cada uno de estos órganos, comparativamente a las otras dos fechas (F2 y F3) (Tabla 5.20 a Tabla 5.25; Figura 5.26). Esto lleva a pensar que en las siembras tempranas se crean condiciones para un mayor desarrollo vegetativo del *Lathyrus sativus*. El cultivo sembrado temprano desarrolla un ciclo más largo. Su crecimiento inicial es reducido, es decir, el crecimiento vegetativo es lento, pero la almorta soporta las condiciones invernales, como el frío, al mismo tiempo que aprovecha la disponibilidad de agua propia de la época para

germinar e instalarse en el suelo. En siembras tempranas, como F1, el número de horas de luz y la temperatura disminuyen cuando el cultivo se está instalando en el campo. Según Khanna-Chopra & Sinha (1987) existen estudios que evidencian que, a diferencia del trigo, el desarrollo del área foliar y la producción de materia seca es muy lento durante un largo período después de la emergencia, como en el garbanzo,

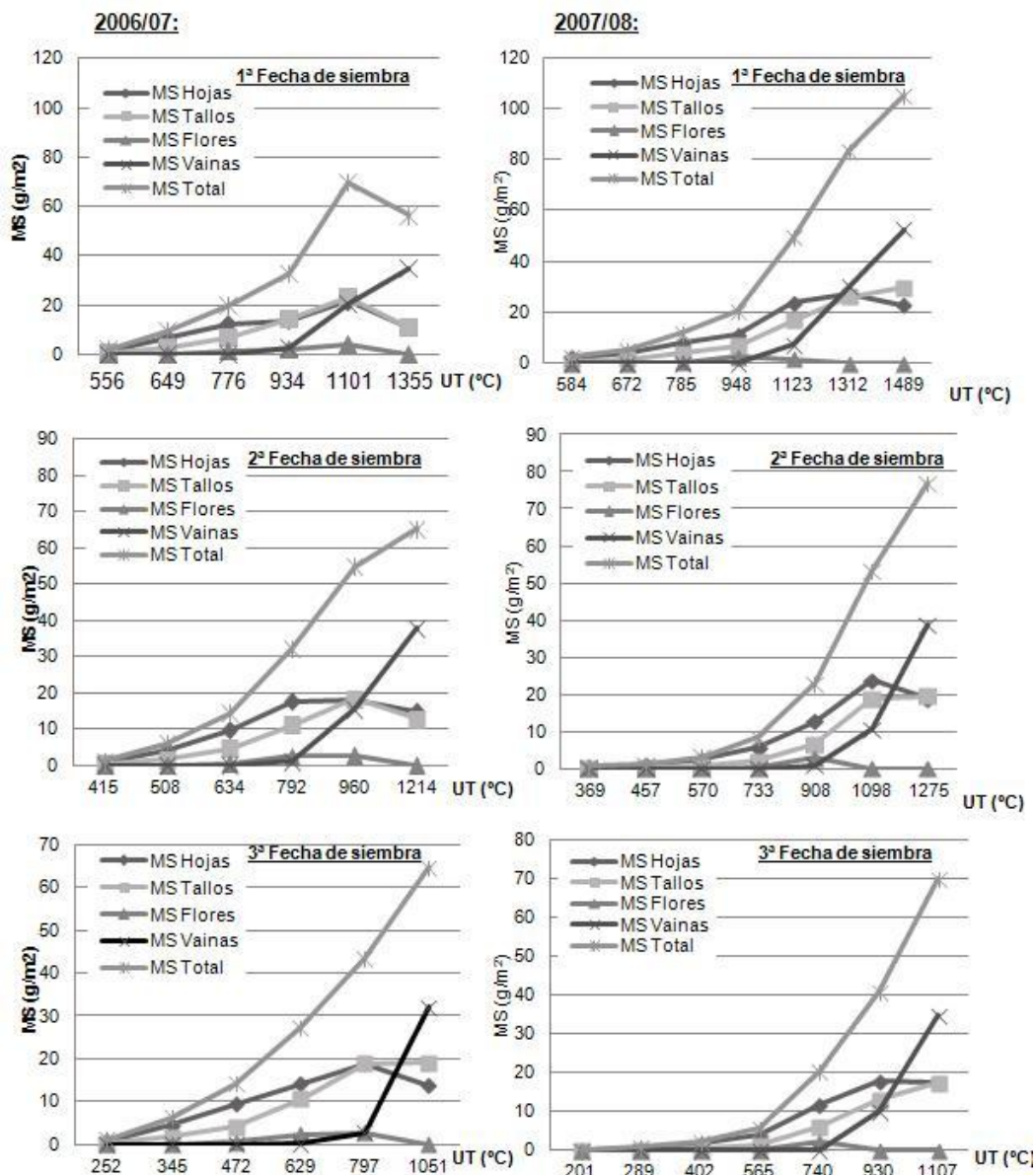


Figura 5.26 – Evolución de la materia seca (MS) ( $\text{g m}^{-2}$ ) en los diferentes órganos de la planta, por fecha de siembra en 2006/07 y 2007/08.

En general y para ambas campañas, no se observan diferencias significativas para la MS en las **hojas** entre la segunda y tercera fecha de siembra (Tabla 5.20 y 5.21). La acumulación de MS debido a las hojas es creciente hasta las 1101, 960 y 797 unidades térmicas para F1, F2 y F3 de 2006/07, respectivamente y hasta las 1312, 1098 y 930 unidades térmicas para F1, F2 y F3 de 2007/08, respectivamente.

Para Kramer (1963) existe una estrecha relación entre la disponibilidad de agua y el área foliar, siendo menor el crecimiento de las hojas con la reducción de la humedad del suelo, lo que sugiere una gran sensibilidad de esta variable a la sequía. Es posible que este

tipo de sensibilidad y la transferencia de asimilados/energía hacia las vainas y semilla (órganos reproductivos) son los responsables de la senescencia de las hojas, que es más intensa en F1 en 2006/07 (Figura 5.26). Se considera que este fenómeno es el responsable del descenso de la acumulación de MS poco después del inicio de la floración. Así, a partir de esta fase de desarrollo del cultivo, el aumento de la acumulación de MS se debe principalmente a la formación de las vainas y los granos.

Tabla 5.20 - Evolución de la materia seca de las hojas (MS Hojas) ( $\text{g m}^{-2}$ ) según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en 2006/07, a lo largo del ciclo.

		MS Hojas M1	MS Hojas M2	MS Hojas M3	MS Hojas M4	MS Hojas M5	MS Hojas M6
Fecha	1ª Fecha	1,53 a	6,83 a	12,07 a	13,80 b	21,47	10,82
	2ª Fecha	0,78 b	4,25 b	9,52 b	17,51 a	18,18	14,67
	3ª Fecha	0,83 b	4,46 b	9,32 b	14,20 b	18,91	13,65
Genotipo	Lat 5031	1,69 a	8,89 a	14,79 a	22,87 a	21,74 a	10,94 b
	Lat 5038	1,53 a	6,17 b	11,93 b	14,93 b	21,97 a	17,09 a
	Lat 4815	0,76 b	4,03 c	9,48 b	13,58 b	19,18 ab	14,66 ab
	Lat 4810	0,21 c	1,63 d	5,01 c	9,30 c	15,18 b	9,50 b
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,68 b	3,71 b	8,60 b	13,44 b	20,19	13,81
	60 Pl/m <sup>2</sup>	1,42 a	6,66 a	12,00 a	16,90 a	18,85	12,28
<b>Media general</b>		1,05	5,18	10,31	15,17	19,52	13,05
<b>Significación global del análisis de varianza</b>							
Fecha de siembra		***	***	**	**	ns	ns
Genotipo		***	***	***	***	*	**
Densidad de siembra		***	***	***	***	ns	ns
Interacción	Fecha x Gen	***	***	***	***	***	***
	Fecha x Den	*	**	ns	*	ns	***
	Gen x Den	*	*	**	ns	ns	ns
	Fecha x Gen x Den	***	**	ns	***	*	**

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

Fechas de los muestreos en 2006/07: M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio

Tabla 5.21 - Evolución de la materia seca de las hojas (MS Hojas) ( $\text{g m}^{-2}$ ) según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en 2007/08, a lo largo del ciclo.

		MS Hojas M1	MS Hojas M2	MS Hojas M3	MS Hojas M4	MS Hojas M5	MS Hojas M6	MS Hojas M7
Fecha	1ª Fecha	2,10 a	3,94 a	8,03 a	11,08 a	23,52 a	27,15 a	22,69 a
	2ª Fecha	0,50 b	0,94 b	2,34 b	5,70 b	12,74 b	23,73 a	18,69 b
	3ª Fecha	0,14 c	0,62 b	1,84 b	4,20 b	12,06 b	17,84 b	17,63 b
Genotipo	Lat 5031	0,33 c	0,73 b	1,21 b	3,51 c	7,20 d	13,53 c	9,40 c
	Lat 5038	0,36 c	1,13 b	2,35 b	5,40 c	12,29 c	20,88 b	16,71 b
	Lat 4815	1,19 b	2,61 a	5,68 a	8,36 b	18,78 b	27,58 a	25,05 a
	Lat 4810	1,76 a	2,86 a	7,05 a	10,71 a	26,15 a	29,63 a	27,53 a
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,68 b	1,32 b	3,01 a	5,42 b	14,80 b	20,25 b	20,00
	60 Pl/m <sup>2</sup>	1,42 a	2,35 a	5,13 b	8,57 a	17,41 a	25,56 a	19,34
<b>Media general</b>		1,05	1,83	4,07	6,99	16,11	22,91	19,67
<b>Significación global del análisis de varianza</b>								
Fecha de siembra		***	***	***	***	***	***	***
Genotipo		***	***	***	***	***	***	***
Densidad de siembra		***	***	***	***	*	***	ns
Interacción	Fecha x Gen	***	***	***	***	ns	ns	**
	Fecha x Den	ns	***	ns	ns	ns	ns	**
	Gen x Den	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Fecha x Gen x Den	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación P<0,001)

Fechas de los muestreos en 2007/08: M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio

Hay que señalar que la acumulación de MS en los **tallos** es muy similar a la ocurrida en las hojas. Esto es síntoma del gran área verde/fotosintéticamente activa correspondiente a los tallos en esta especie, que algunas veces es superior a la de las hojas, sobre todo al final del ciclo vegetativo (Figura 5.26; Tabas 5.22 y 5.23).

En la tercera fecha de siembra (F3) de 2006/07 y en todas las fechas de siembra de 2007/08 la acumulación de MS en los tallos es creciente hasta los últimos muestreos. El tipo de comportamiento de esta variable en las dos primeras fechas de siembra de la primera campaña (disminución) es semejante al descrito para la misma variable en garbanzo por Khanna-Chopra & Sinha (1987). Como se puede observar en la Figura 5.26 y Tabla 5.25, la intensidad de producción de vainas en M5 de F1 y F2 (campaña 2006/07), es significativamente mayor que en F3, lo que quiere decir que la absorción de energía, es decir, la intensidad de crecimiento por parte de estos órganos es mayor, lo que justifica la senescencia precoz en relación a F3 de hojas y tallos.

Tabla 5.22 - Evolución de la materia seca de los tallos (MS Tallos) ( $\text{g m}^{-2}$ ) según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en 2006/07, a lo largo del ciclo.

		MS Tallos M1	MS Tallos M2	MS Tallos M3	MS Tallos M4	MS Tallos M5	MS Tallos M6
<b>Fecha</b>	1ª Fecha	0,38 a	2,71 a	6,83 a	14,24 a	23,42 a	10,84 b
	2ª Fecha	0,22 b	1,54 b	4,46 b	11,21 b	18,21 b	12,66 b
	3ª Fecha	0,25 b	1,71 b	4,16 b	10,60 b	18,85 b	19,07 a
<b>Genotipo</b>	Lat 5031	0,51 a	3,96 a	9,07 a	18,01 a	28,03 a	17,00 a
	Lat 5038	0,037 b	2,33 b	6,62 b	15,68 a	20,94 b	15,07 ab
	Lat 4815	0,18 c	1,23 c	3,53 c	9,50 b	19,35 b	12,51 b
	Lat 4810	0,07 d	0,42 c	1,38 d	4,88 c	12,33 c	12,17 b
<b>Densidad</b>	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,19 b	1,32 b	4,10 b	11,13	19,09	14,18
	60 Pl/m <sup>2</sup>	0,38 a	2,65 a	6,20 a	12,91	21,23	14,20
<b>Media general</b>		0,28	1,99	5,16	12,02	20,16	14,19
<b>Significación global del análisis de varianza</b>							
<b>Fecha de siembra</b>		***	***	***	**	**	***
<b>Genotipo</b>		***	***	***	***	***	**
<b>Densidad de siembra</b>		***	***	***	ns	ns	ns
<b>Interacción</b>	Fecha x Gen	***	***	***	***	***	***
	Fecha x Den	*	*	ns	ns	*	***
	Gen x Den	**	**	**	ns	ns	***
	Fecha x Gen x Den	**	*	ns	**	***	***

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

Fechas de los muestreos en 2006/07: M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio

Tabla 5.23 - Evolución de la materia seca de los tallos (MS Tallos) ( $\text{g m}^{-2}$ ) según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en 2007/08, a lo largo del ciclo.

		MS Tallos M1	MS Tallos M2	MS Tallos M3	MS Tallos M4	MS Tallos M5	MS Tallos M6	MS Tallos M7
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	0,55 a	1,46 a	3,77 a	6,08 a	16,76 a	25,98 a	29,82 a
	<b>2ª Fecha</b>	0,12 b	0,36 b	0,85 b	2,14 b	6,68 b	18,99 b	19,57 b
	<b>3ª Fecha</b>	0,05 b	0,21 b	0,56 b	1,54 b	6,07 b	13,12 c	17,56 b
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	0,11 c	0,32 b	0,86 b	1,80 c	4,86 b	10,99 c	8,40 c
	<b>Lat 5038</b>	0,14 bc	0,44 b	0,94 b	2,55 c	7,73 b	17,89 b	20,86 b
	<b>Lat 4815</b>	0,30 ab	0,96 a	0,27 a	3,78 b	11,90 a	22,56 ab	29,49 a
	<b>Lat 4810</b>	0,42 a	0,99 a	2,82 a	4,90 a	14,84 a	26,01 a	30,52 a
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	0,14 b	0,47 b	1,02 b	2,46 b	8,57 b	17,03 b	21,67
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	0,34 a	0,89 a	2,42 a	4,05 a	11,10 a	21,70 a	22,96
<b>Media general</b>		0,24	0,68	1,72	3,25	9,83	19,36	22,32
<b>Significación global del análisis de varianza</b>								
<b>Fecha de siembra</b>		***	***	***	***	***	***	***
<b>Genotipo</b>		***	***	***	***	***	***	***
<b>Densidad de siembra</b>		***	***	***	***	***	***	ns
<b>Interacción</b>	<b>Fecha x Gen</b>	***	***	***	***	***	ns	*
	<b>Fecha x Den</b>	***	***	***	***	ns	ns	*
	<b>Gen x Den</b>	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
	<b>Fecha x Gen x Den</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: No significativo; \*:Significación ( $P<0,05$ ); \*\*:Significación( $P<0,01$ ); \*\*\*: Significación ( $P<0,001$ )

Fechas de los muestreos en 2007/08: M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio

En las dos campañas el *Lathyrus sativus* emitió **flores** hasta los penúltimos muestreos. En 2007/08 y para las tres fechas de siembra, fue necesario acumular más unidades térmicas que en 2006/07 para que se lograra alcanzar el momento de máxima emisión de flores (Figura 5.26). A partir del momento de máxima emisión de flores se inicia la formación de vainas.

A partir de la fructificación y del crecimiento del grano, la acumulación de la MS en las **vainas** gana representatividad (Figura 5.26), porque el crecimiento de este cultivo continúa después de la floración y fructificación. Se inicia una fase de competencia por asimilados entre partes vegetativas y el desarrollo reproductivo. Consideramos que la disponibilidad de humedad a partir de esta fase puede afectar a la acumulación de materia seca y al desarrollo de los componentes del rendimiento, ya que la fase de crecimiento del fruto y senescencia de las hojas está relacionada con la aparición del estrés hídrico y aumento de las temperaturas.

Khanna-Chopra & Sinha (1987) afirma que en garbanzo, si llueve en el período de llenado de grano, la senescencia se produce más lentamente y si hay un aumento brusco de temperatura provoca una maduración prematura.

#### 5.4.2.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO

Durante la primera campaña no existe ni un comportamiento homogéneo por genotipo ni por tipo de genotipo (tipo A o tipo B), es decir, los genotipos no mantienen un



comportamiento regular a lo largo de su desarrollo, en lo que se refiere a la acumulación de MS por los diferentes órganos de la planta. Tampoco, las diferencias entre genotipo y en cada muestreo son semejantes, lo que revela que cada genotipo reacciona de diferente forma a las mismas condiciones climáticas y que por otro lado, tienen distintos ritmos de crecimiento (Tablas 5.20 a 5.25; Figuras 5.27 a 5.30).

En lo que se refiere a la acumulación de MS en las **hojas**, en la campaña 2006/07, se deduce que los genotipos tipo A revelan valores superiores a los de tipo B en el primer y segundo muestreo, lo que quiere decir que se formaron mayor número de hojas y no hojas de mayor dimensión. Después de esta fase ya no se identifica este tipo de relación entre genotipos (Tabla 5.20). Contrariamente a lo esperado, los valores menores son obtenidos por el genotipo 4 seguido del genotipo 3 (Figura 5.27). En la fecha del muestreo 5 (M5) la acumulación de materia seca era máxima, para todos los genotipos a excepción del genotipo 1 que fue en M4. Considerando estos datos, parece que G1 es un poco más precoz que los restantes genotipos. Esta desaceleración de acumulación de MS puede repercutir en la producción final.

En 2007/08 el crecimiento inicial fue más lento que en 2006/07. Un crecimiento inicial lento es una característica de la mayoría de las leguminosas grano, obteniéndose valores interesantes a partir del período reproductivo. La máxima acumulación de MS para los cuatro genotipos se verificó cuando se efectuó el sexto muestreo (M6). En esta campaña y contrariamente a lo ocurrido en la primera campaña, los genotipos tipo B registraron mayor acumulación de MS que los tipo A (Figura 5.27). Los dos genotipos tipo A tuvieron un comportamiento muy semejante entre ellos a lo largo de gran parte del ciclo, lo que no ocurrió para los tipo B (Tabla 5.19).

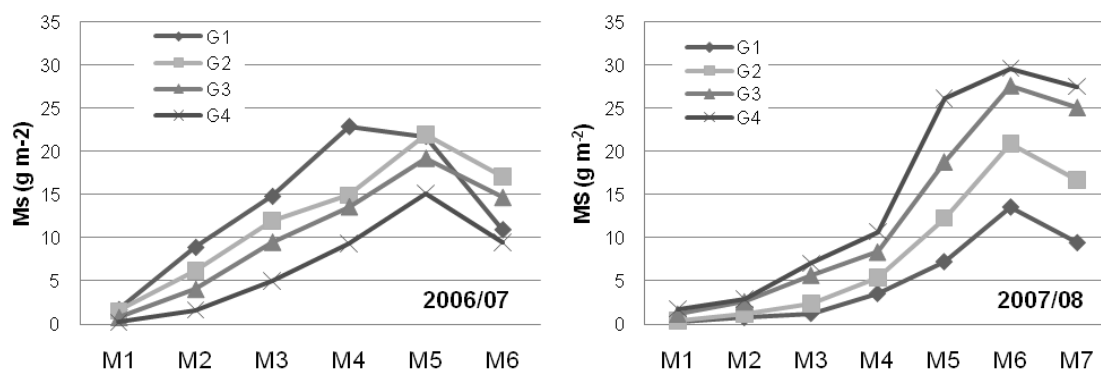


Figura 5.27 – Evolución de la materia seca (MS) ( $\text{g m}^{-2}$ ) de las hojas de las plantas por genotipo en 2006/07 y 2007/08, a lo largo del ciclo.

(**Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

El desarrollo de los **tallos** por genotipo es similar al de las hojas. En 2006/07 el momento de acumulación máxima de MS es idéntico para todos ellos (M5). A partir de ese momento todos los genotipos sufren una disminución de la acumulación de la MS de los

tallos, que y de igual forma a lo ocurrido con las hojas, se cree que es debido al efecto de la competencia por los asimilados, por la baja disponibilidad de agua y aumento de la temperatura. En 2007/08 el genotipo 1 tiene su punto de inflexión en la acumulación de MS en M6 (Tablas 5.22 y 5.23; Figura 5.28). En esta última campaña, cuando las condiciones ambientales permitieron el alargamiento del ciclo, el genotipo 1 (G1) reveló un potencial de crecimiento inferior a los restantes.

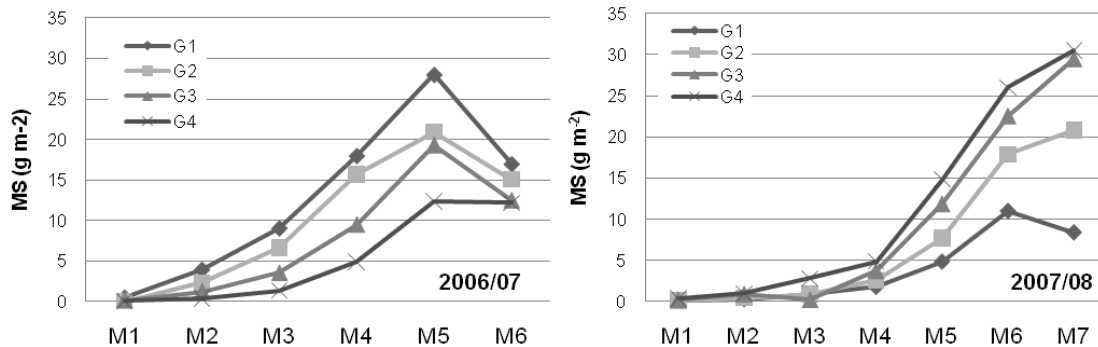


Figura 5.28 – Evolución de la materia seca (MS) ( $\text{g m}^{-2}$ ) de los tallos de las plantas por genotipo en 2006/07 y 2007/08, a lo largo del ciclo.  
**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

En 2006/07 se registró la presencia de **flores** desde el tercer (M3) hasta el quinto (M5) muestreo en todos los genotipos, existiendo diferencias significativas entre ellos (Tabla 5.24). En los primeros muestreos el genotipo 1 tiene los niveles mayores de MS y el genotipo 4 los menores (Tabla 5.24; Figura 5.29). En el muestreo M4 los genotipos G1 y G2 son los que acumulan mayor cantidad de MS de flores y sin embargo, en el muestreo M5 son los G3 y G4.. De todos los genotipos fue el G3 el que produjo más flores hasta más tarde.

Tabla 5.24 - Evolución de la materia seca de las flores (MS Flores) ( $g\ m^{-2}$ ) en las dos campañas (2006/07 y 2007/08), a lo largo del ciclo.

		MS Flores M3		MS Flores M4		MS Flores M5		MS Flores M6	
		2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
Fecha	1ª Fecha	1,17 a	0,21 a	2,13	2,10 a	3,98 a	3,42 a	.	1,54
	2ª Fecha	0,43 b	0,00 b	2,51	0,38 b	2,77 b	2,04 b	.	2,81
	3ª Fecha	0,62 b	0,00 b	2,35	0,12 b	2,85 ab	1,39 b	.	2,29
Genotipo	Lat 5031	1,86 a	0,04	3,86 a	0,54 c	2,40 b	1,26 c	.	0,99 b
	Lat 5038	0,90 b	0,01	2,40 b	0,58 bc	2,08 b	1,80 bc	.	2,08 ab
	Lat 4815	0,15 c	0,2	2,35 b	1,34 a	5,06 a	3,56 a	.	3,35 a
	Lat 4810	0,07 c	0,03	0,71 c	1,01 ab	3,27 b	2,52 b	.	2,45 ab
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,55 b	0,01	2,09	0,67 b	2,67 b	2,06	.	1,80
	60 Pl/m <sup>2</sup>	0,93 a	0,12	2,57	1,07 a	3,73 a	2,51	.	2,64
Media general		0,74	0,7	2,33	0,87	3,20	2,29	.	2,22
<b>Significación global del análisis de varianza</b>									
Fecha de siembra		**	**	ns	***	*	***	.	ns
Genotipo		***	ns	***	***	**	***	.	*
Densidad de siembra		*	ns	ns	***	**	ns	.	ns
Interacción	Fecha x Gen	**	ns	***	***	***	ns	.	ns
	Fecha x Den	ns	*	ns	*	ns	ns	.	ns
	Gen x Den	ns	ns	ns	ns	*	ns	.	ns
	Fecha x Gen x Den	ns	*	ns	ns	ns	ns	.	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

Fechas de los muestreos en 2006/07: M1-5 marzo; M2-26 arzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
 Fechas de los muestreos en 2007/08: M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio

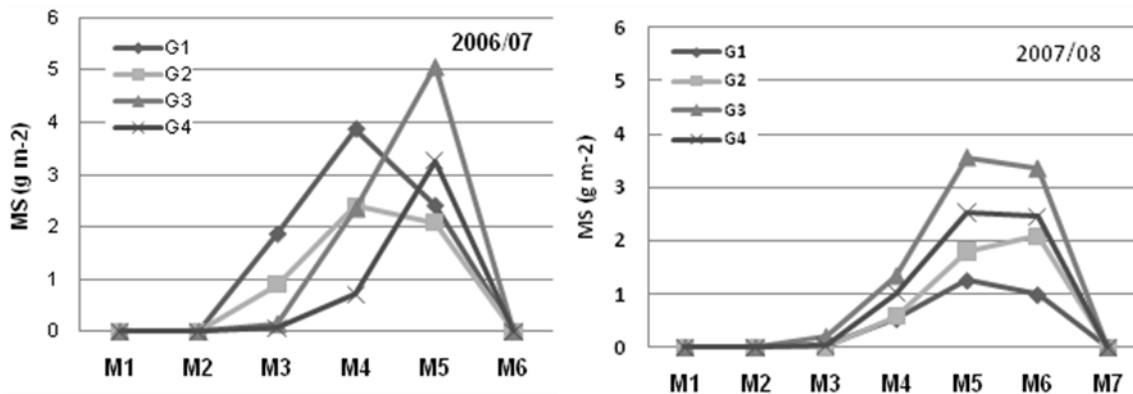


Figura 5.29 – Distribución de la materia seca (MS) ( $g\ m^{-2}$ ) en las flores de las plantas por genotipo en 2006/07 y 2007/08, a lo largo del ciclo.

(Fechas de los muestreos 2006/07: M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
 Fechas de los muestreos en 2007/08: M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

Observando la Figura 5.29 se verifica que, en general y en 2007/08, la floración comenzó más tarde. El comportamiento de los genotipos no fue muy homogéneo a lo largo de los muestreos. No obstante los tipo B presentan valores ligeramente más altos que los del tipo A (Tabla 5.24; Figura 5.29), lo que no quiere decir que hayan producido más flores, sino que las flores de estos genotipos son mayores que la de los genotipos tipo A. El punto de máxima acumulación de MS en las flores ocurrió en M5 para todos los genotipos, a excepción del G2 que fue en M6, que lógicamente no coincide con el punto de acumulación máxima de MS en las hojas y en los tallos. Por un lado la almorta sigue su crecimiento vegetativo pero ve reducida la intensidad de producción de flores y por otro lado parte de

ellas fructificaron y originaron vainas. Según Khanna-Chopra & Sinha (1987), las flores formadas tardíamente pueden producir frutos de peso igual al de las flores formadas al inicio de la floración, siempre que los factores ambientales adversos, como temperaturas demasiado altas o demasiado bajas o escasez de agua no entren en juego, lo que en nuestras condiciones ocurre frecuentemente.

Las **vainas** fértiles alcanzan su punto máximo de acumulación de MS al final de ciclo, con el grano completamente formado, en la maduración completa. En ambas campañas los genotipos se comportan de forma indiferenciada de su tipo, es decir, no es posible identificar el comportamiento típico de los genotipos tipo A y de tipo B (Tabla 5.25; Figura 5.30). No obstante, se puede observar que en 2006/07 y a final de ciclo vegetativo, los genotipos tipo A tienen niveles mayores de MS, probablemente porque produjeron más vainas, ya que son de menores dimensiones que las del tipo B. En 2007/08 ocurrió lo contrario (Figura 5.30).

Tabla 5.25 - Evolución de la materia seca de las vainas (MS Vainas) (g m<sup>-2</sup>) según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en las dos campañas (2006/07 y 2007/08), a lo largo del ciclo.

		MS Vainas M4		MS Vainas M5		MS Vainas M6		MS Vainas M7	
		2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	2,40 a	.	20,50 a	7,25 a	34,7	30,03 a	.	52,53 a
	<b>2ª Fecha</b>	1,04 b	.	15,51 b	0,89 b	37,85	10,80 b	.	38,85 b
	<b>3ª Fecha</b>	0,20 b	.	2,76 c	0,12 b	32	9,96 b	.	34,84 b
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	3,93 a	.	16,26 a	2,54 ab	39,68 ab	18,15 ab	.	33,09 b
	<b>Lat 5038</b>	0,76 b	.	11,48 ab	1,17 b	56,11 a	11,66 c	.	41,78 ab
	<b>Lat 4815</b>	0,16 b	.	14,27 ab	3,79 a	26,67 bc	21,91 a	.	46,51 a
	<b>Lat 4810</b>	0,00 b	.	9,68 b	3,51 ab	16,94 c	16,01 bc	.	47,30 a
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	0,70	.	13,10	1,35 b	35,42	13,16 b	.	39,88
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	1,72	.	12,74	4,16 a	34,28	2070 a	.	44,27
<b>Media general</b>		1,21	.	12,92	2,75	34,85	16,93	.	42,07
<b>Significación global del análisis de varianza</b>									
<b>Fecha de siembra</b>		***	.	***	***	ns	***	.	***
<b>Genotipo</b>		***	.	*	*	***	***	.	**
<b>Densidad de siembra</b>		*	.	ns	***	ns	***	.	ns
<b>Interacción</b>	<b>Fecha x Gen</b>	***	.	*	*	**	***	.	ns
	<b>Fecha x Den</b>	ns	.	ns	***	*	**	.	ns
	<b>Gen x Den</b>	**	.	**	**	ns	*	.	ns
	<b>Fecha x Gen x Den</b>	ns	.	***	ns	ns	***	.	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

Fechas de los muestreos en 2006/07: M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio

Fechas de los muestreos en 2007/08: M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio

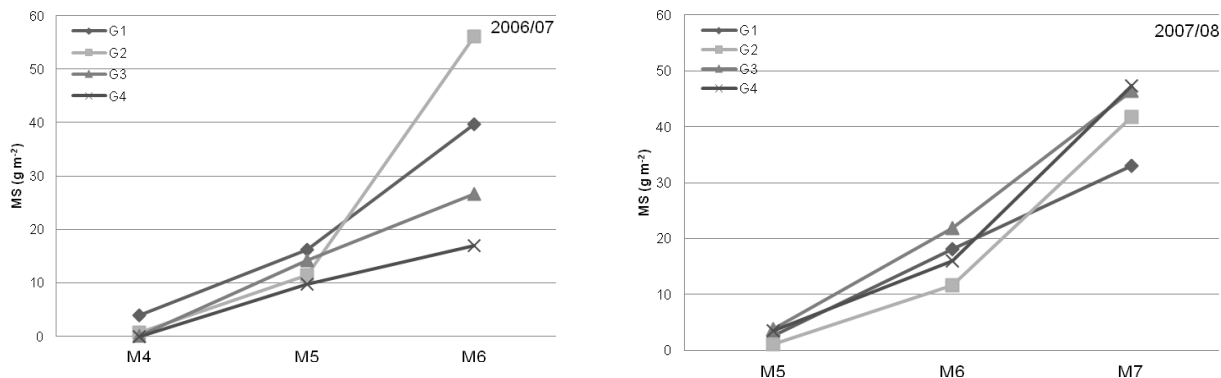


Figura 5.30 – Evolución de la materia seca (MS) ( $g\ m^{-2}$ ) en las vainas de las plantas por genotipo en 2006/07 y 2007/08, a lo largo del ciclo.

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

### 5.4.2.3 – INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

Podemos decir que el efecto de la densidad de siembra, globalmente en las dos campañas, tuvo un efecto significativo en la acumulación de la materia seca total (Tablas 5.18 y 5.19) en el inicio del crecimiento de la almorta, un comportamiento semejante a la acumulación de materia seca por las hojas, tallos, flores y vainas.

En 2006/07, la densidad de siembra, tuvo un efecto significativo en la acumulación de MS-Hojas hasta el muestro 4 (M4), y hasta el muestreo 3 (M3) en los tallos (Tablas 5.20 a 5.23), revelando que en estos momentos con la segunda densidad de siembra (D2) se obtiene mayor acumulación de MS (Figuras 5.31 y 5.32). Este factor no influye en la MS acumulada en M4, es decir, no existen diferencias significativas entre las dos densidades de siembra (Tabla 5.24). En la primera campaña, la densidad de siembra no se revela un factor influyente en la acumulación de MS en las vainas (Tabla 5.25).

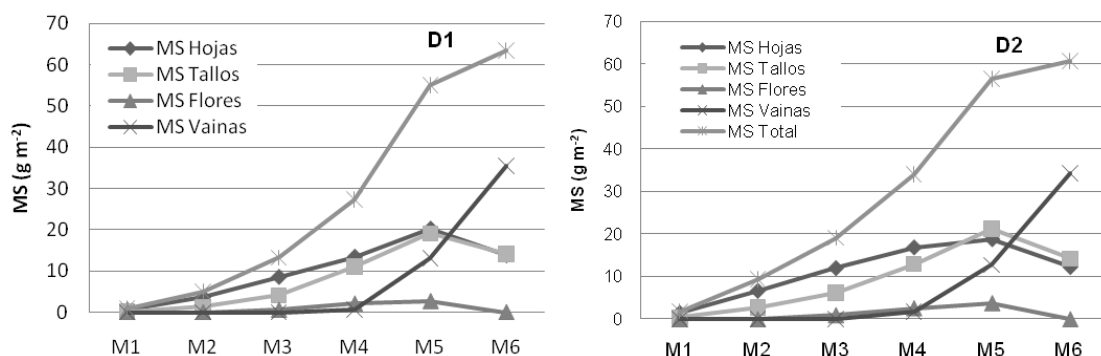


Figura 5.31 - Evolución de la materia seca (MS) ( $g\ m^{-2}$ ) por los diferentes órganos de las plantas, por densidad de siembra (D1 y D2) en 2006/07, a lo largo del ciclo.

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio)

El efecto del factor densidad de siembra en 2007/08 es, en general, similar el de la anterior campaña.

En ambas campañas, este cultivo llegó al final del ciclo consiguiendo unos resultados en cuanto a MS de hojas, tallos, flores y vainas, semejante entre las dos densidades, lo que revela, la capacidad de compensar la menor densidad con el mayor desarrollo global de la almorta.

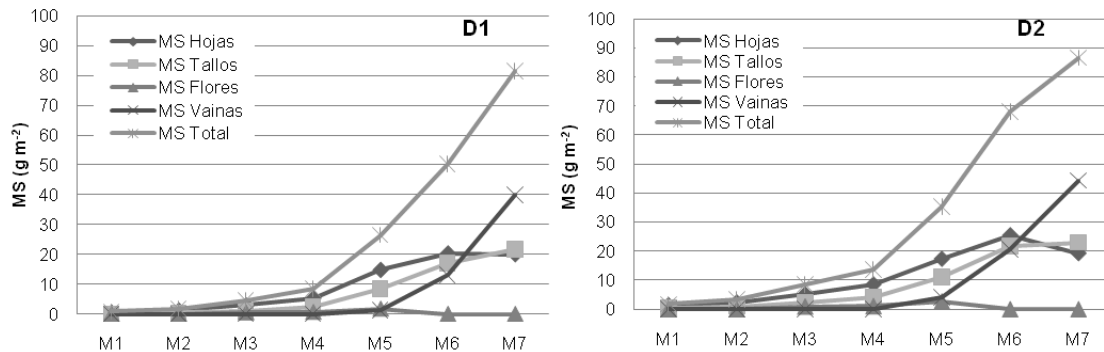


Figura 5.32 - Evolución de la materia seca (MS) ( $\text{g m}^{-2}$ ) por los diferentes órganos de las plantas, por densidad de siembra (D1 y D2) en 2007/08, a lo largo del ciclo.

(**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 mayo; M8- 11 junio)

### 5.4.3 - EVOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA FOLIAR

#### 5.4.3.1 - ÍNDICE DEL ÁREA FOLIAR

##### 5.4.3.1.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

La lenta formación del área foliar que esta especie presenta durante un largo período de tiempo después de la emergencia resulta, según Khanna-Chopra & Sinha (1987), en un desarrollo del dosel (canopia) pobre y en menos intercepción de la radiación incidente.

La almorta, durante la primera campaña y para las tres fechas de siembra, presenta un aumento del LAI hasta el muestreo 5. Momento en que alcanza el máximo LAI y que corresponde, en general, al período fenológico comprendido entre la plena floración y el fin de floración (Figura 5.33). La expansión de la superficie de la hoja es más rápida a temperaturas más altas (y más lenta a temperaturas más bajas), lo que está de acuerdo con la influencia de la temperatura sobre la tasa de expansión de las hojas (Mohamed *et al.*, 1988).

Hasta este momento (M5) existieron diferencias significativas entre las tres fechas de siembra. A partir del muestreo 5 el LAI de la primera y segunda fecha de siembra es semejante (Tabla 5.26(a)). Tanto en la primera como en la segunda campaña, los valores máximos de LAI son obtenidos durante la floración y hasta el inicio del llenado de las vainas, de acuerdo con lo descrito por Coelho & Pinto (1989).

En 2007/08 se obtienen los valores máximos de LAI en momentos diferentes en función de la fecha de siembra. Para la primera fecha de siembra es en el muestreo 5, pero para la segunda y tercera es en el muestreo 6 (Tabla 5.26(b)).

Desde mediados de mayo en adelante, período al que corresponden los muestreos 5 y 6 en 2006/07 y 2007/08, respectivamente, las lluvias fueron escasas y las temperaturas empezaron a subir lo que pudo provocar algún estrés hídrico, y esto pudo ser el motivo del descenso del LAI a partir de estas fases; Vidal *et al.* (1981) afirma que la influencia del estrés hídrico sobre el crecimiento del aparato vegetativo se hace sentir sobre todo a nivel del limbo foliar: disminuyendo su superficie de manera significativa. Esta reducción en el crecimiento de las hojas conduce rápidamente a una fuerte disminución en el índice de área foliar. Por otro lado, este comportamiento también se justifica porque, en la floración y llenado de la vaina, hay un progresivo secado y caída de hojas, que se intensifica en los momentos siguientes, en los que se produce la transferencia de asimilados hacia los órganos reproductivos. No obstante, y de acuerdo con Aguiar-Netto *et al.* (1995), la materia seca total aumenta a pesar de la reducción del área foliar. Esto se debe a una partición diferencial de asimilados, preferencialmente dirigidos hacia los órganos reproductivos

Tabla 5.26(a) - Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 1ª campaña (2006/07).

		LAI 1 M1	LAI 2 M2	LAI 3 M3	LAI 4 M4	LAI 5 M5	LAI 6 M6
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	0,33 a	1,25 a	1,89 a	2,50 a	2,63 a	1,64 a
	<b>2ª Fecha</b>	0,10 b	0,49 b	1,02 b	1,57 b	2,56 a	1,58 a
	<b>3ª Fecha</b>	0,02 c	0,16 c	0,46 c	1,05 c	1,56 b	0,95 b
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	0,09 c	0,39 c	0,65 c	1,01 b	1,46 b	0,70 b
	<b>Lat 5038</b>	0,08 c	0,46 c	0,77 c	1,96 a	1,89 b	1,13 b
	<b>Lat 4815</b>	0,16 b	0,73 b	1,23 b	2,02 a	2,85 a	1,90 a
	<b>Lat 4810</b>	0,28 a	0,97 a	1,83 a	1,84 a	2,79 a	1,84 a
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	0,09 b	0,45 b	0,95 b	1,59	2,36	1,21 b
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	0,21 a	0,82 a	1,29 a	1,81	2,14	1,57 a
<b>Media general</b>		0,15	0,63	1,12	1,71	2,25	1,39
<b>Significación global del análisis de varianza</b>							
<b>Fecha de siembra</b>		***	***	***	***	***	***
<b>Genotipo</b>		***	***	***	***	***	***
<b>Densidad de siembra</b>		***	***	***	ns	ns	**
<b>Interacción</b>	<b>Fecha x Gen</b>	***	**	**	*	ns	***
	<b>Fecha x Den</b>	***	***	ns	ns	ns	n
	<b>Gen x Den</b>	**	*	ns	*	**	***
	<b>Fecha x Gen x Den</b>	*	ns	ns	**	ns	***

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

Tabla 5.26(b) - Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 2ª campaña (2007/08).

		LAI 1 M1	LAI 2 M2	LAI 3 M3	LAI 4 M4	LAI 5 M5	LAI 6 M6	LAI 7 M7
<b>Fecha</b>	1ª Fecha	0,29 a	0,39 a	0,96 a	1,24 a	2,61 a	2,46 a	1,77
	2ª Fecha	0,08 b	0,10 b	0,32 b	0,59 b	1,11 b	2,24 a	1,43
	3ª Fecha	0,01 c	0,05 c	0,24 b	0,46 b	1,12 b	1,71 b	1,47
<b>Genotipo</b>	Lat 5031	0,05 c	0,06 b	0,20 c	0,35 c	0,53 d	0,98 c	0,75 c
	Lat 5038	0,07 c	0,11 b	0,29 c	0,57 c	1,18 c	1,90 b	1,29 b
	Lat 4815	0,14 b	0,25 a	0,67 b	0,91 b	2,07 b	2,70 a	2,02 a
	Lat 4810	0,25 a	0,30 a	0,86 a	1,23 a	2,68 a	2,97 a	2,18 a
<b>Densidad</b>	30 PI/m <sup>2</sup>	0,07 b	0,12 b	0,36 b	0,59 b	1,50	1,84 b	1,45
	60 PI/m <sup>2</sup>	0,18 a	0,24 a	0,65 a	0,94 a	1,73	2,44 a	1,67
<b>Media general</b>		0,13	0,18	0,51	0,76	1,61	2,14	1,56
<b>Significación global del análisis de varianza</b>								
<b>Fecha de siembra</b>		***	***	***	***	***	***	ns
<b>Genotipo</b>		***	***	***	***	***	***	***
<b>Densidad de siembra</b>		***	***	***	***	ns	***	ns
<b>Interacción</b>	Fecha x Gen	***	***	***	***	**	ns	ns
	Fecha x Den	***	***	***	ns	ns	ns	ns
	Gen x Den	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Fecha x Gen x Den	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

(Fechas de los muestreos 2006/07: M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
 Fechas de los muestreos en 2007/08: M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

Según Llera (2010), para muchos cultivos es necesario un LAI de 3 a 5 para captar 80-90% de la fracción fotosintéticamente activa de la radiación incidente. En nuestro caso, los valores máximos obtenidos no alcanzan los mencionados por este autor (Tablas 5.26(a y b) y Figura 5.33). No obstante, son valores semejantes a los determinados por Santonoceto *et al.* (2004). Abd El-Moneim *et al.* (1990) obtuvieron valores de LAI máximos de 4,49 y 6,23 en condiciones medias de temperatura y humedad semejantes a las nuestras. Para Khanna-Chopra & Sinha (1987), en condiciones de secano, no existen posibilidades de una intercepción total de la luz, incluso en condiciones de regadío y con niveles de LAI elevados, nunca ocurre la intercepción total de la luz.



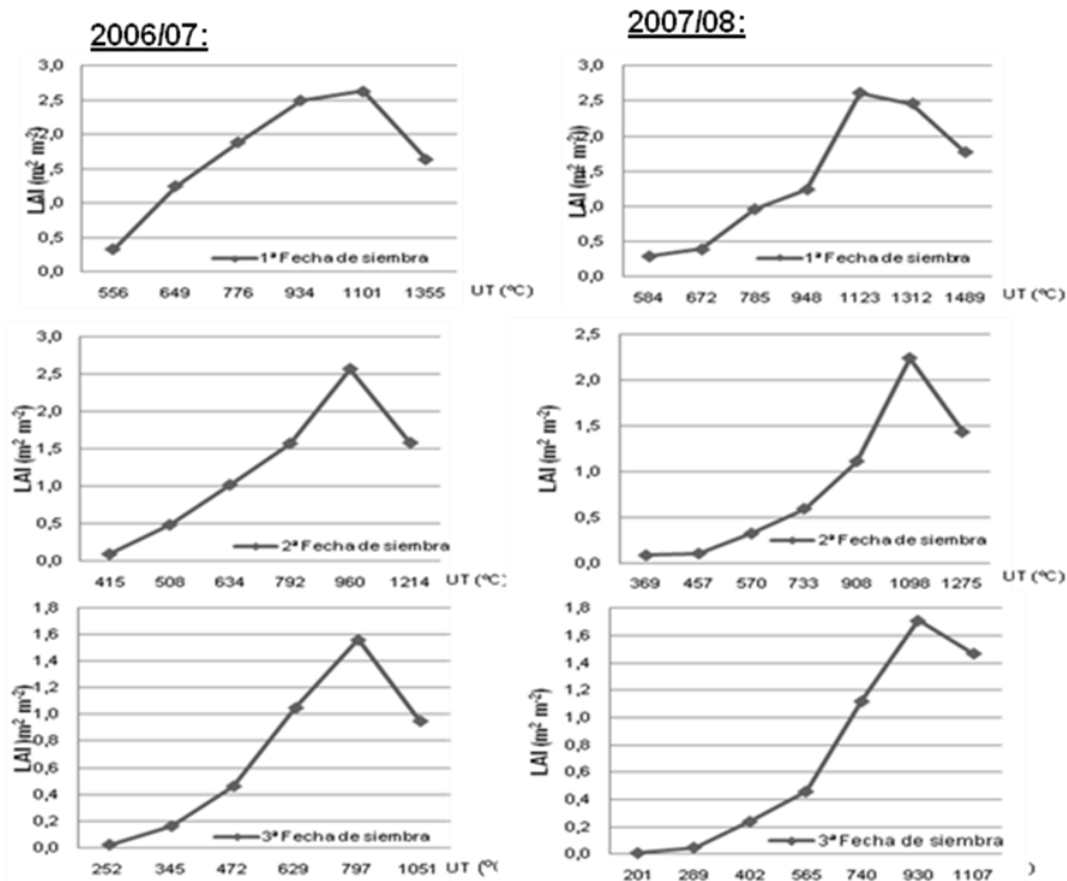


Figura 5.33 – Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ) para las tres fechas de siembra. Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha).

#### 5.4.3.1.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO

Son significativas las diferencias entre los genotipos tipo A y tipo B, tanto para 2006/07 como para 2007/08, siendo los de tipo B los que tienen mayores valores del LAI. Los genotipos tipo B se caracterizan, entre otras características, por desarrollar folíolos y tallos claramente más anchos que los de tipo A.

Globalmente, en las dos campañas, los genotipos tipo A desarrollan índices de área foliar idénticos entre ellos y significativamente inferiores a los obtenidos por los genotipos tipo B (Tabla 5.26 (a y b)). De los dos genotipos pertenecientes al tipo B destacamos el Lat 4810 como el que produce un LAI significativamente mayor de los cuatro ensayados. Entre los genotipos de semilla clara (tipo B) verificamos que o no existen diferencias significativas entre ellos dos o que el genotipo 4 presenta valores significativamente superiores al genotipo 3. En la primera campaña, para el LAI 4, 5 y 6, las diferencias entre el genotipo 3 y 4 no son significativas (Tabla 5.26(a)), en cambio en la segunda campaña este tipo de comportamiento ocurre solamente en el LAI 6 y 7, ya próximo del final de la floración (Tabla 5.26(b) y Figura 5.35).

Estos resultados corroboran los datos de López-Bellido *et al.* (2005): el genotipo, además de los factores agronómicos y climáticos, afecta al LAI.

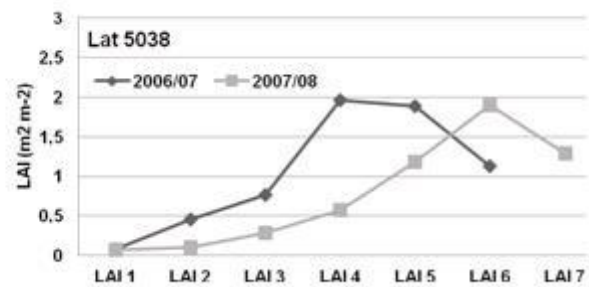
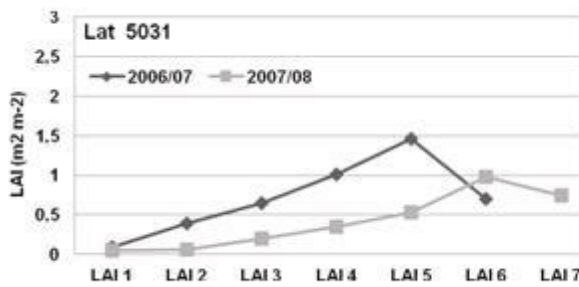


Figura 5.34 – Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ) para los genotipos tipo A (Lat 5031 y Lat 5038); Campañas 2006/07 y 2007/08.

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** LAI1/M1-5 marzo; LAI2/ M2-26 marzo; LAI3/M3-11/abril; LAI4/M4-23 abril; LAI5/M5-7 mayo; LAI6/M6-23 mayo; LAI7/M7-8 junio

**Fechas de los muestreos en 2007/08:** LAI1/M1-8 marzo; LAI2/M2-17 marzo; LAI3/M3-31 marzo; LAI4/M4-14 abril; LAI5/M5-28 abril; LAI6/M6-12 mayo; LAI7/M7-26 maio; M8- 11 junio)

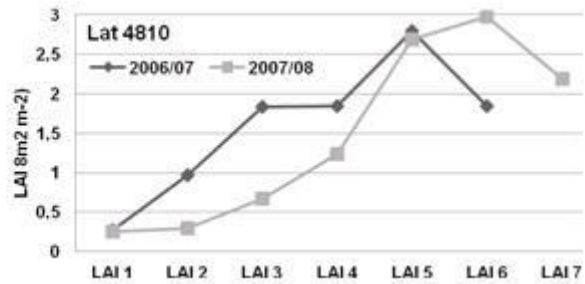
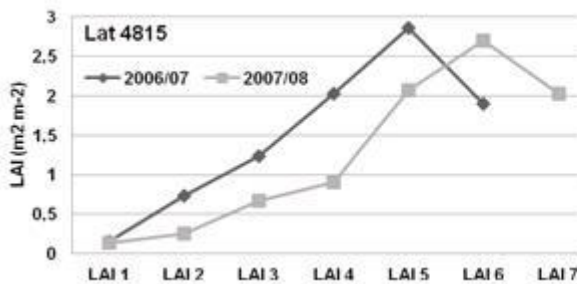


Figura 5.35 – Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ) para los genotipos tipo B (Lat 4815 y Lat 4810); Campañas 2006/07 y 2007/08.

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** LAI1/M1-5 marzo; LAI2/ M2-26 marzo; LAI3/M3-11/abril; LAI4/M4-23 abril; LAI5/M5-7 mayo; LAI6/M6-23 mayo; LAI7/M7-8 junio

**Fechas de los muestreos en 2007/08:** LAI1/M1-8 marzo; LAI2/M2-17 marzo; LAI3/M3-31 marzo; LAI4/M4-14 abril; LAI5/M5-28 abril; LAI6/M6-12 mayo; LAI7/M7-26 maio; M8- 11 junio)

Para todos los genotipos en estudio el LAI aumenta y alcanza el máximo en el período reproductivo, contrariamente a lo que sucede a la mayoría de los cultivos con hábito de crecimiento determinado. Según Pereira & Machado (1987), para este último tipo de especies, el área foliar aumenta rápidamente hasta un máximo en la etapa vegetativa temprana, disminuyendo posteriormente con el desarrollo de la planta. Para estos autores, este comportamiento indica que en un principio la mayoría de los asimilados se convierten en hojas, con el objetivo de interceptar la mayor cantidad de radiación solar.

### 5.4.3.1.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

Para Poulain *et al.* (1986) el LAI depende, entre otros factores, de la densidad de siembra. Los resultados presentados en este trabajo lo corroboran (Tablas 5.26(a) y 5.26(b)). En 2006/07, sólo en LAI 4 y LAI 5 no existen diferencias entre las dos densidades de siembra. En la mayoría de las situaciones el LAI es superior para la mayor densidad de siembra (D2), tanto en 2006/07 como en 2007/08. Durante 2007/08, el LAI obtenido con la segunda densidad de siembra es siempre superior a excepción de lo registrado en LAI5 y LAI7, en que son semejantes (Tabla 5.26). Teniendo en cuenta lo referido por Singh *et al.*

(1988) y Tuttobene & Vagliasindi (1995), estos resultados se deben principalmente al efecto de la densidad de plantas, ya que para este autor el LAI máximo siempre se logra con la mayor densidad de plantas. Por otra parte, y según Dantuma & Thompson (1983), después de un cierto momento y dependiendo de la densidad de siembra, la competencia ocurre entre las plantas por la luz y otros recursos lo que conduce a una disminución del crecimiento de las plantas individuales.

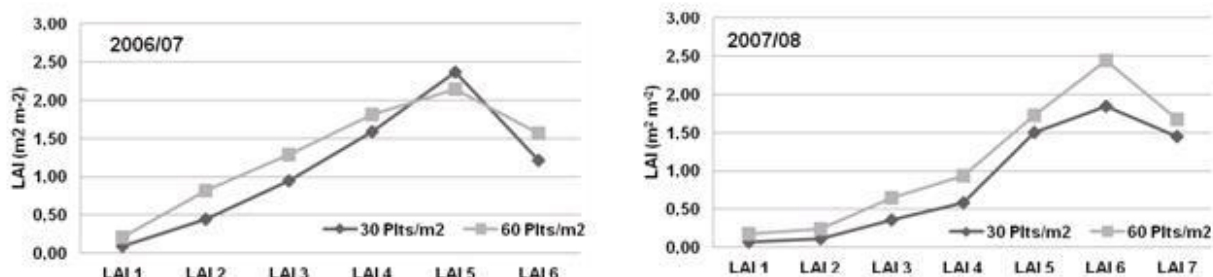


Figura 5.36 – Evolución del índice de área foliar (LAI) ( $m^2 m^{-2}$ ) para las dos densidades de siembra utilizadas (30 y 60 plantas/ $m^2$ ); Campañas 2006/07 y 2007/08.

(**Fechas de los muestreos 2006/07:** LAI1/M1-5 marzo; LAI2/ M2-26 marzo; LAI3/M3-11/abril; LAI4/M4-23 abril; LAI5/M5-7 mayo; LAI6/M6-23 mayo; LAI7/M7-8 junio)

(**Fechas de los muestreos en 2007/08:** LAI1/M1-8 marzo; LAI2/M2-17 marzo; LAI3/M3-31 marzo; LAI4/M4-14 abril; LAI5/M5-28 abril; LAI6/M6-12 mayo; LAI7/M7-26 maio; M8- 11 junio)

Sabemos que a medida que aumenta la densidad de plantas, la competencia entre las plantas se hace más intensa, lo que puede afectar el crecimiento, desarrollo y producción de cada planta. Más adelante se verá cómo las densidades de siembra utilizadas en este trabajo afectan a la producción de almorta.

#### 5.4.3.2 - DURACIÓN DEL ÁREA FOLIAR

El LAD expresa, en términos cuantitativos, el tiempo que la planta mantiene su superficie foliar fotosintéticamente activa.

La cantidad de radiación que las plantas pueden capturar, factor que según Waggoner & Berger (1987) está estrechamente relacionado con la productividad de los cultivos, es función de la duración del área foliar (LAD). Esta variable depende del valor que alcance el índice de área foliar (LAI) durante el ciclo del cultivo (Bergamin Filho *et al.*, 1997).

##### 5.4.3.2.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

Durante 2006/07 y a semejanza del LAI, los tratamientos sembrados en fechas más tempranas presentan LAD significativamente superiores a los tratamientos sembrados más tardíamente (Tabla 5.27(a)), es decir, y como afirma Urchei *et al.* (2000), mayores valores de área foliar permitieron que las hojas perdurasen más tiempo fotosintéticamente activas. En 2007/08 los resultados para este índice son más variables. A lo largo de gran parte del ciclo

de la almorta, la LAD es semejante entre la segunda y tercera fecha de siembra: LAD3, LAD 4 y LAD 5 (Tabla 5.27(b) y Figura 5.37).

En ambas campañas la duración de la área foliar crece casi hasta el final de floración, empezando después un acentuado descenso. Para cultivos de hábito de crecimiento determinado, como el trigo, cebadas y triticales, Gallardo (1989) comprobó que los valores de la LAD postfloración son menores a los de la LAD prefloración, ya que conforme a lo que García del Moral & Ramos (1989) afirman, las condiciones climatológicas disminuyen los valores de la LAD postfloración. En las primeras fechas de siembra de las dos campañas, la LAD máxima es obtenida precozmente en comparación a las segundas y terceras fecha de siembra (Figura 5.37).

Tabla 5.27(a) - Evolución de la duración de la área foliar (LAD) (días), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 1ª campañas (2006/07).

		LAD 1	LAD 2	LAD 3	LAD 4	LAD 5	LAD 6
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	16,62 a	25,12 a	26,34 a	35,90 a	34,15 a	11,61 a
	<b>2ª Fecha</b>	6,28 b	12,10 b	15,56 b	28,91 b	33,10 a	11,22 a
	<b>3ª Fecha</b>	1,91 c	4,96 c	9,01 c	18,24 c	20,10 b	6,75 b
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	5,00 c	8,32 c	9,95 c	17,31 b	17,29 b	4,87 b
	<b>Lat 5038</b>	5,66 c	9,85 c	16,39 b	26,94 a	24,15 b	8,13 b
	<b>Lat 4815</b>	9,34 b	15,68 b	19,50 ab	34,06 a	37,99 a	13,41 a
	<b>Lat 4810</b>	13,07 a	22,39 a	22,03 a	32,44 a	37,03 a	13,01 a
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	5,72 b	11,22 b	15,30 b	27,68	28,51	8,53 b
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	10,82 a	16,89 a	18,64 a	27,69	29,71	11,18 a
<b>Media general</b>		8,27	14,06	17,0	27,69	29,11	9,86
<b>Significación global del análisis de varianza</b>							
<b>Fecha de siembra</b>		***	***	***	***	***	***
<b>Genotipo</b>		***	***	***	***	***	***
<b>Densidad de siembra</b>		***	***	**	ns	ns	**
<b>Interacción</b>	<b>Fecha x Gen</b>	***	***	*	ns	**	***
	<b>Fecha x Den</b>	***	**	ns	ns	ns	ns
	<b>Gen x Den</b>	**	ns	*	**	***	***
	<b>Fecha x Gen x Den</b>	*	ns	**	*	***	***

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

Tabla 5.27(b) - Evolución de la duración de la área foliar (LAD) (días), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 2ª campaña (2007/08).

		LAD 1	LAD 2	LAD 3	LAD 4	LAD 5	LAD 6	LAD 7
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	3,09 a	3,38 a	15,39 a	26,94 a	35,49 a	29,63 a	15,07
	<b>2ª Fecha</b>	0,80 b	2,93 a	6,36 b	11,90 b	23,47 b	25,73 ab	14,62
	<b>3ª Fecha</b>	0,28 c	1,99 b	4,88 b	11,08 b	19,82 b	22,28 b	16,15
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	0,51 c	1,09 c	3,85 c	6,14 d	10,57 c	12,11 c	6,39 c
	<b>Lat 5038</b>	0,78 c	1,65 c	6,02 c	12,28 c	21,56 b	22,30 b	12,31 b
	<b>Lat 4815</b>	1,75 b	3,52 b	11,01 b	20,79 b	33,36 a	33,04 a	19,17 a
	<b>Lat 4810</b>	2,50 a	4,80 a	14,63 a	27,35 a	39,56 a	36,07 a	23,25 a
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	0,89 b	1,95 b	6,66 b	14,63 b	23,39 b	23,02 b	15,18
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	1,89 a	3,58 a	11,11 a	18,64 a	29,13 a	28,75 a	15,38
<b>Media general</b>		1,39	2,77	8,88	16,64	26,26	25,88	15,28
<b>Significación global del análisis de varianza</b>								
<b>Fecha de siembra</b>		***	***	***	***	***	***	ns
<b>Genotipo</b>		***	***	***	***	***	***	***
<b>Densidad de siembra</b>		***	***	***	**	**	***	ns
<b>Interacción</b>	<b>Fecha x Gen</b>	***	**	***	***	*	ns	ns
	<b>Fecha x Den</b>	***	*	***	ns	ns	ns	ns
	<b>Gen x Den</b>	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<b>Fecha x Gen x Den</b>	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

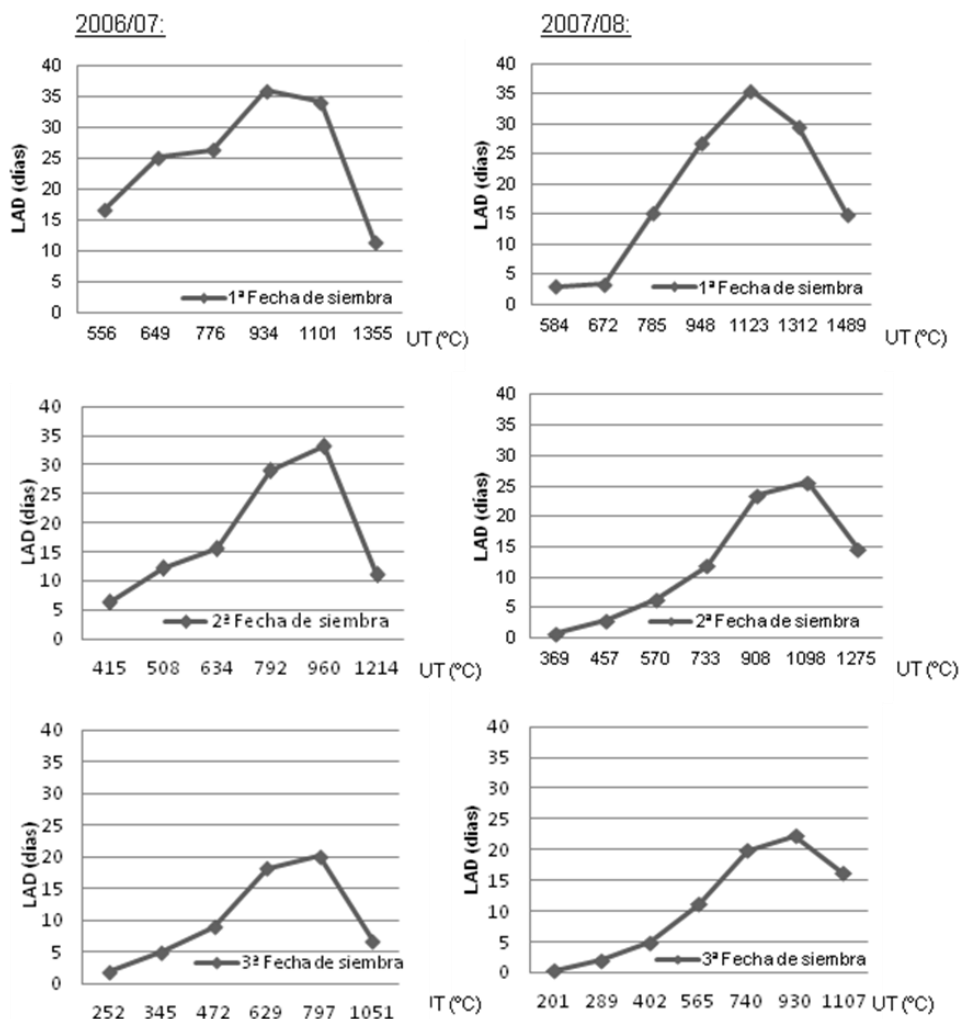


Figura 5.37 – Duración del área foliar (LAD) (días) para las tres fechas de siembra, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha).

### 5.4.3.2.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO

El factor genotipo afecta significativamente los valores de la LAD, ya que se observa que existen diferencias importantes entre ellos (Tabla 5.27(a y b)). Durante la mayor parte del desarrollo de la almorta son evidentes las diferencias entre la LAD de los genotipos tipo A y tipo B, siendo los valores más altos los del tipo B, principalmente al genotipo Lat 4810. Por el contrario, los valores más bajos de la LAD son siempre relativos al genotipo Lat 5031 (Figura 5.38). Probablemente este tipo de comportamiento tendrá repercusiones en la productividad alcanzada por cada uno de los genotipos. Evans *et al.* (1975) afirma que la LAD afecta al rendimiento del grano.

Debido al hábito de crecimiento indeterminado del *L. sativus* se verifica que el área foliar se mantiene activa hasta muy tarde, hasta después de la floración. Después de esta fase y con la falta de lluvias, y con el aumento de temperatura, se acelera la senescencia del cultivo, consecuentemente lleva a una reducción acentuada de la LAD. Cuando estos dos fenómenos son muy intensos se puede producir una senescencia precoz (Khanna-Chopra & Sinha, 1987).

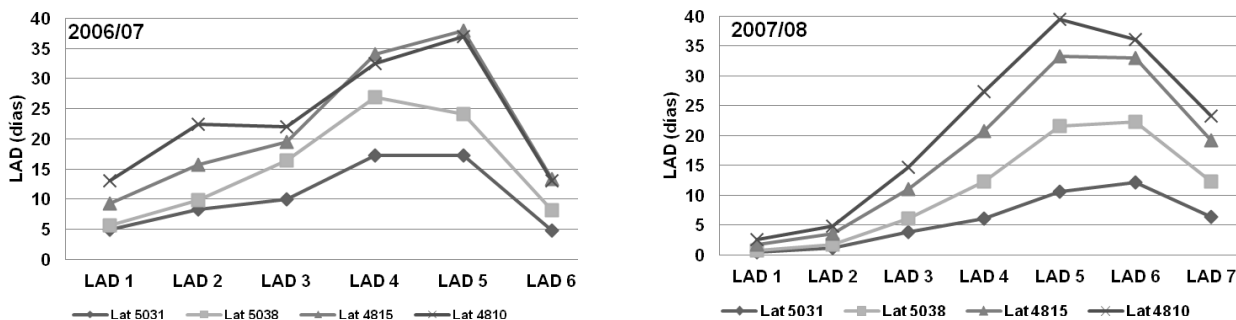


Figura 5.38 – Duración de la área foliar (LAD) (días) para los genotipos, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha).  
**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

### 5.4.3.2.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

Después de constatar que, en general el LAI es superior para los tratamientos con mayor densidad de siembra (Figura 5.37), y considerando lo comentado por Urchei *et al.* (2000), mayores valores de área foliar permiten que las hojas perduren más tiempo, era de esperar los resultados presentados en la Figura 5.39 y registrados en la Tabla 5.27(a y b), es decir, que la LAD, en general, fuese significativamente superior para la densidad de 60 plantas m<sup>-2</sup>. Puede que la mayor LAD en la densidad de población mayor se refleje en un incremento en la producción de biomasa, debido a la mayor radiación interceptada por el dosel foliar.

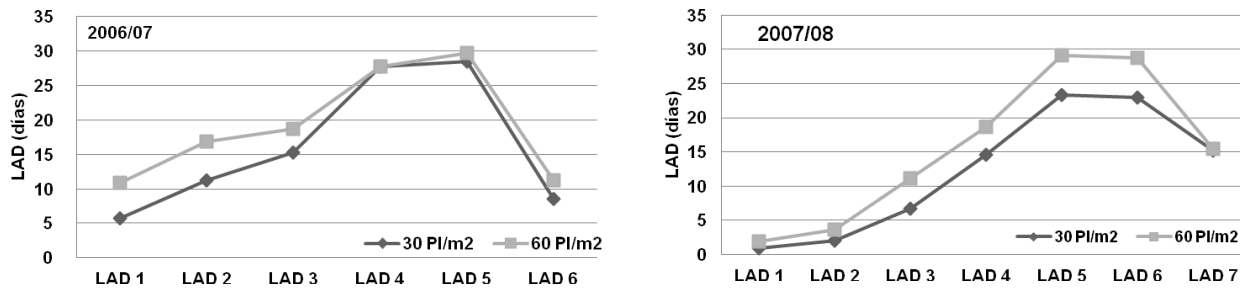


Figura 5.39 – Duración del área foliar (LAD) (días) para las dos densidades de siembra, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha).

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

### 5.4.3.3 - ÍNDICES DE CRECIMIENTO

#### 5.4.3.3.1 - ÍNDICE DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO

En la Tabla 5.28(a y b) están registrados los valores de CGR. Este índice representa el aumento de biomasa (g) por unidad de superficie de suelo (m<sup>2</sup>) y por unidad de tiempo (día). Su evolución por fecha de siembra, genotipo y por densidad de siembra se presenta en las Figuras 5.40, 5.41 y 5.42.

En general el CGR asume valores iniciales bajos, pasando por una fase de crecimiento hasta alcanzar el máximo en torno a 934, 960, 799 UT en 2006/07 y 1123, 908 y 930 UT en 2007/08, para F1, F2 y F3, respectivamente, y disminuyó después en la fase final del ciclo (Figura 5.40).

Tabla 5.28(a) - Evolución del índice de crecimiento del cultivo (CGR) (g m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 1ª campaña (2006/07).

		CGR 1	CGR 2	CGR 3	CGR 4	CGR 5
<b>Fecha</b>	1ª Fecha	2,32 a	4,56	7,05	17,16 a	10,63
	2ª Fecha	1,58 b	3,80	10,23	8,43 b	20,13
	3ª Fecha	1,63 b	3,62	7,58	11,87 ab	15,88
<b>Genotipo</b>	Lat 5031	3,31 a	6,37 a	12,73 a	13,19	18,17
	Lat 5038	2,10 b	4,49 ab	8,33 ab	15,11	15,95
	Lat 4815	1,40 b	3,27 bc	7,39 ab	12,58	16,10
	Lat 4810	0,56 c	1,86 c	4,69 b	9,07	11,97
<b>Densidad</b>	30 PI/m <sup>2</sup>	2,55 b	4,94	3,18	12,99	10,25
	60 PI/m <sup>2</sup>	4,06 a	3,92	12,29	13,40	26,08
<b>Media general</b>		3,31	4,35	12,73	13,19	18,17
<b>Significación global del análisis de varianza</b>						
<b>Fecha de siembra</b>		*	ns	ns	**	ns
<b>Genotipo</b>		***	***	**	ns	ns
<b>Densidad de siembra</b>		***	ns	ns	ns	ns
<b>Interacción</b>	Fecha x Gen	***	**	ns	**	*
	Fecha x Den	ns	ns	ns	ns	ns
	Gen x Den	ns	ns	ns	ns	ns
	Fecha x Gen x Den	ns	ns	ns	ns	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

Tabla 5.28(b) - Evolución del índice de crecimiento del cultivo (CGR) ( $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la 2ª campaña (2007/08).

		CGR 1	CGR 2	CGR 3	CGR 4	CGR 5	CGR 6
Fecha	1ª Fecha	2,47 a	2,80 a	4,27 a	14,27 a	17,70	14,98
	2ª Fecha	0,63 b	0,84 b	2,38 b	6,39 b	15,59	12,68
	3ª Fecha	0,49 b	0,75 b	1,67 b	5,68 b	11,13	15,69
Genotipo	Lat 5031	0,67 c	0,41 b	2,01 b	4,60 b	9,97 b	8,14
	Lat 5038	0,89 bc	0,82 b	2,42 b	6,25 b	14,59 ab	15,47
	Lat 4815	1,73 a	1,95 a	2,83 ab	11,08 a	19,73 a	17,03
	Lat 4810	1,49 ab	2,67 a	3,84 a	13,18 a	14,94 ab	17,16
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,40 b	0,22 b	1,42	3,81 b	8,32	12,56
	60 Pl/m <sup>2</sup>	0,94 a	0,61 a	2,60	5,39 a	11,61	3,72
Media general		0,67	0,41	2,01	4,60	9,97	8,14
<b>Significación global del análisis de varianza</b>							
Fecha de siembra		***	***	***	***	ns	ns
Genotipo		***	***	**	***	*	ns
Densidad de siembra		*	**	ns	*	ns	ns
Interacción	Fecha x Gen	*	***	ns	ns	ns	ns
	Fecha x Den	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Gen x Den	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Fecha x Gen x Den	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

(Fechas de los muestreos 2006/07: M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
 Fechas de los muestreos en 2007/08: M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

#### 5.4.3.3.1.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

La fecha de siembra para la primera campaña sólo afecta al CGR en algunos momentos del ciclo y no siempre de la misma forma. No obstante, para la segunda campaña, el efecto de la fecha de siembra ya es significativo, a excepción de en CGR5 y CGR6.

Barradas (2004) afirma que el LAI óptimo corresponde al mayor índice de crecimiento del cultivo, que en nuestro estudio se ha obtenido después de la plena floración y varían entre fechas de siembra siendo en 2006/07, de 15,88  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$  para la tercera fecha de siembra, en cuanto en la segunda fecha de siembra el CGR máximo es 20,13  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ . En 2007/08 los valores máximos variaron de 15,59  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$  en la segunda fecha de siembra a 17,70  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$  en la primera fecha de siembra. La amplitud interanual fue más alta en la primera campaña. Este tipo de variabilidad, entre campañas y entre fechas de siembra, se esperaba ya que las condiciones ambientales fueron distintas.



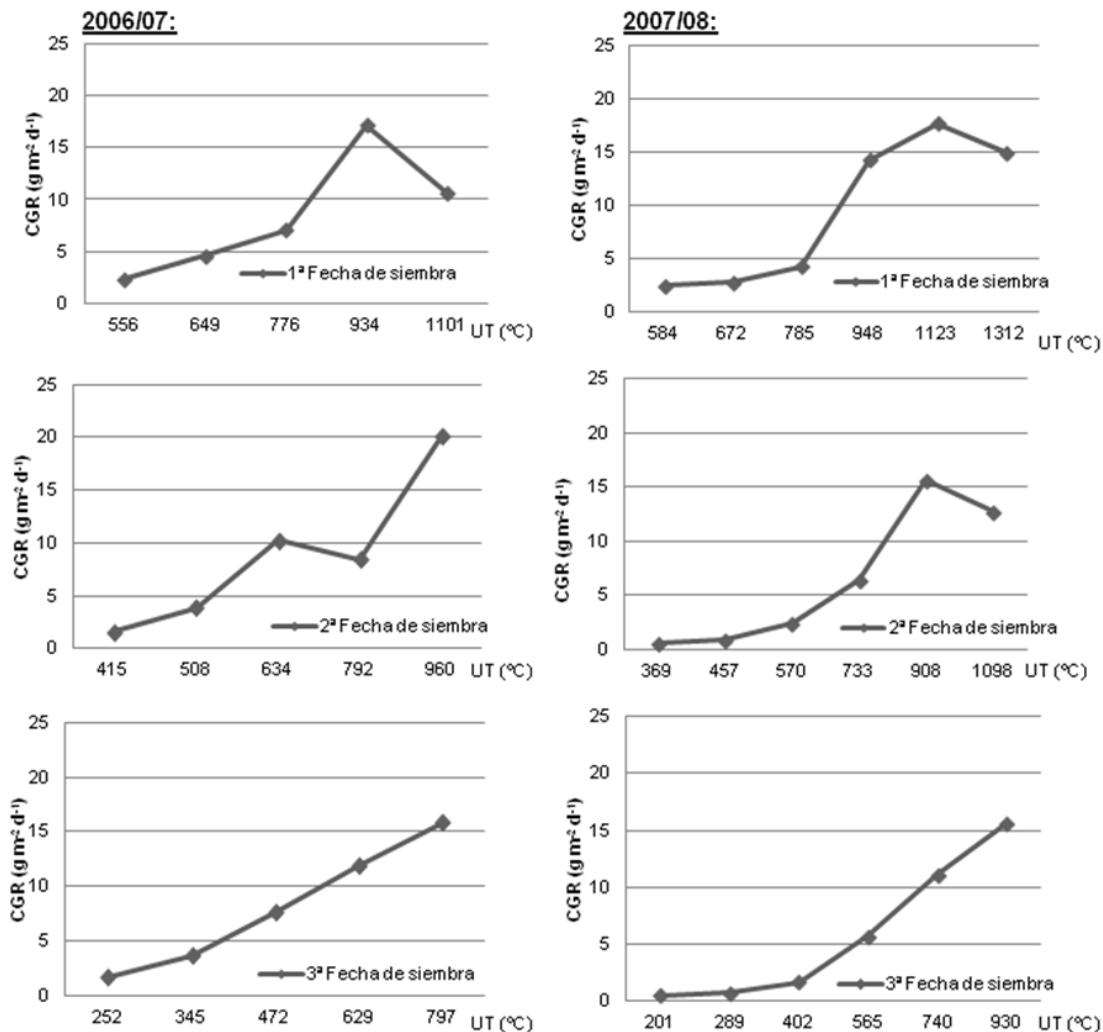


Figura 5.40 – Índice de crecimiento del cultivo (CGR) (g m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) para las tres fechas de siembra, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha).

En las dos campañas, la evolución del CGR en la tercera fecha de siembra fue mucho más lineal que en las otras dos fechas de siembra, donde en algunos momentos se registró alguna desaceleración del crecimiento (Figura 5.40).

Para Mansfield & Davies (1985), la reducción de la tasa de crecimiento del área foliar constituye una estrategia de defensa de los vegetales; para Barradas (2004) la disminución del CGR puede estar asociada, entre otras causas, a la reducción del LAI. En nuestro caso y para todas las fechas de siembra de ambas campañas, a excepción de la F2 de 2006/07, F1 y F3 de 2007/08, se verifica esta relación (Figura 5.34).

### 5.4.3.3.1.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO

Es significativa la influencia del factor genotipo en los valores de CGR, no obstante, el comportamiento de cada uno de ellos es variable a lo largo del desarrollo de la almorta en ambas campañas. Como en ninguna de las campañas hubo síntomas de ninguna enfermedad o plaga, las diferencias observadas en los valores de CGR probablemente se

deben, por un lado a las condiciones ambientales y por otro a las diferentes características genéticas de cada genotipo.

En 2007/08 existe un crecimiento inicial más lento que en 2006/07, sufriendo un aumento brusco a partir del tercer muestreo. En la primera campaña la evolución del CGR fue más continuo, y manteniendo en general, una evolución siempre creciente hasta el último muestreo. (Figura 5.41). El crecimiento inicial más rápido verificado en esta campaña puede traer ventajas adaptativas, cubriendo el suelo más rápido, lo que permite un mejor y más rápido aprovechamiento de los recursos naturales disponibles en el suelo, y pudiendo influir en una mayor productividad.

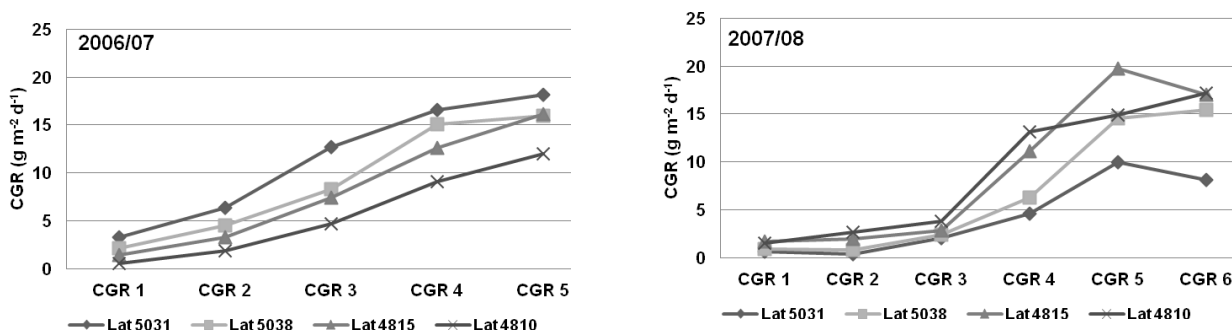


Figura 5.41 – Índice de crecimiento del cultivo (CGR) ( $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) para los genotipos, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha).

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

#### 5.4.3.3.1.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

En la gran mayoría de las fases del ciclo de la almorta la influencia de la densidad de siembra en el índice de crecimiento del cultivo no es significativa; Cuando las diferencias entre densidades son significativamente distintas, se obtienen valores de CGR superiores en la densidad mayor (D2).

No es regular la evolución del CGR por densidad de siembra durante la primera campaña, verificándose algunas fluctuaciones, más acentuadas y diferentes de lo esperado para la densidad de 30 plantas  $\text{m}^{-2}$  (D1). Durante la segunda campaña, la evolución del CGR es creciente hasta el último muestreo para la densidad de D1, pero los tratamientos con densidad de D2 inician la reducción de crecimiento antes, precisamente el opuesto de lo verificado en la campaña anterior. En la segunda campaña, principalmente para la segunda densidad de siembra y en los últimos muestreos, el LAI no sufre una disminución tan acentuada como en la primera campaña (Tabla 5.26(b)) y la duración del área foliar aún es elevada (Tabla 5.27(b)), lo que significa que existe mayor área fotosintética, pero no que la intensidad fotosintética sea mayor. Ésta puede haber sufrido una disminución debido al envejecimiento de las hojas y a un progresivo ensombrecimiento por las hojas formadas en último lugar, lo que puede provocar una desaceleración del crecimiento de la almorta. Por otro lado, al final del ciclo, es natural que se produzca una pérdida de materia seca debido a

la caída de algunas hojas, lo que ocasiona que los valores del CGR bajen hasta valores negativos.

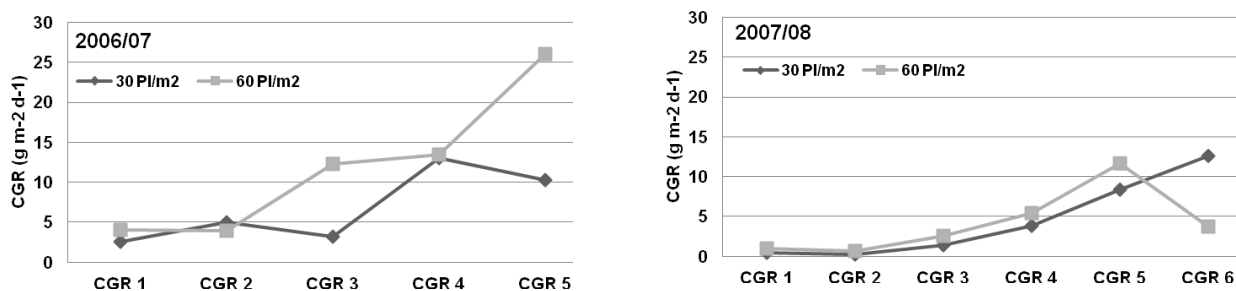


Figura 5.42 – Índice de crecimiento del cultivo (CGR) ( $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) para las dos densidades de siembra, en cada muestreo; Campañas 2006/07 (a la izquierda) y 2007/08 (a la derecha).  
**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

### 5.4.3.3.2 – UNIDAD DE ASIMILACIÓN NETA (UAN)

Este índice de crecimiento se refiere al incremento en el peso de la planta por unidad de área foliar. Depende mucho de la intensidad de la radiación, del fotoperíodo y de la temperatura (Hunt, 1978). Días largos y temperatura próxima a la temperatura óptima para el crecimiento inducen valores de la UAN elevados, en cuanto que la sombra mutua, causado por el crecimiento del área foliar a lo largo del ciclo y por la densidad de plantas, está negativamente relacionada con la UAN (Teixeira & Ricardo, 1983).

Se analiza la UAN a partir del momento en que el CGR es elevado (Tabla 5.29).

Tabla 5.29 - Evolución de la unidad de asimilación neta (UAN) ( $\text{g m}^{-2}$ ), según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra en la dos campañas (2006/07 y 2007/08).

		UAN4 / M4		UAN5 / M5		UAN6 / M6		UAN7 / M7	
		2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	18,49 b	17,02	34,07 b	23,13	72,14	40,98	.	62,75
	<b>2ª Fecha</b>	25,48 b	14,89	28,27 b	22,26	59,28	68,45	.	62,04
	<b>3ª Fecha</b>	36,07 a	14,79	54,17 a	21,32	118,47	28,39	.	58,82
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	58,61 a	18,03	72,99 a	28,45	192,02 a	96,73	.	73,94
	<b>Lat 5038</b>	23,43 b	14,81	41,39 b	21,82	120,36 ab	30,74	.	66,74
	<b>Lat 4815</b>	13,80 bc	14,23	23,93 bc	20,53	43,59 b	27,77	.	53,52
	<b>Lat 4810</b>	9,54 c	15,2	16,09 c	18,16	32,55 b	28,52	.	50,61
<b>Densidad</b>	<b>30 PI/m<sup>2</sup></b>	27,54	15,08	41,34	23,47	82,87	58,18	.	63,88
	<b>60 PI/m<sup>2</sup></b>	25,65	16,06	36,34	21,01	88,44	33,69	.	58,52
<b>Media general</b>		26,56	15,57	38,77	22,24	85,51	45,94	.	61,2
<b>Significación global del análisis de varianza</b>									
<b>Fecha de siembra</b>		***	ns	**	ns	ns	ns	.	ns
<b>Genotipo</b>		***	ns	***	ns	***	ns	.	**
<b>Densidad de siembra</b>		ns	ns	ns	ns	ns	ns	.	ns
<b>Interacción</b>	<b>Fecha x Gen</b>	***	ns	***	ns	ns	ns	.	ns
	<b>Fecha x Den</b>	*	ns	ns	ns	ns	ns	.	ns
	<b>Gen x Den</b>	ns	ns	*	ns	ns	ns	.	ns
	<b>Fecha x Gen x Den</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	.	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

**(Fechas de los muestreos 2006/07:** M1-5 marzo; M2-26 marzo; M3-11/abril; M4-23 abril; M5-7 mayo; M6-23 mayo; M7-8 junio  
**Fechas de los muestreos en 2007/08:** M1-8 marzo; M2-17 marzo; M3-31 marzo; M4-14 abril; M5-28 abril; M6-12 mayo; M7-26 maio; M8- 11 junio)

**5.4.3.3.2.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA**

Al analizar los datos de la tabla anterior verificamos que, en 2006/07 la fecha de siembra tiene un efecto significativo en la UAN en parte del ciclo, siendo en la tercera fecha de siembra que el incremento en el peso de la planta por unidad de área foliar fue mayor. A pesar de ser un índice de crecimiento dependiente de varios elementos del clima, en 2007/08 las diferentes condiciones ambientales no provocaron comportamiento diferenciado entre las tres fechas de siembra. En ambas campañas el aumento de la UAN no fue perjudicada a lo largo del ciclo (Figura 5.43). Esto quiere decir que, y considerando el hábito de crecimiento indeterminado del *L. sativus*, las condiciones ambientales permitieron siempre el incremento de peso en las plantas. La UAN presenta oscilaciones asociadas a las fluctuaciones climáticas propias de cada período del año, ya que variaron entre 18,49 g m<sup>-2</sup> (en F1) a 118,47 g m<sup>-2</sup> (en F3) y entre 14,79 g m<sup>-2</sup> (en F3) y 68,45 g m<sup>-2</sup> (en F2), en 2006/07 y 2007/08, respectivamente (Tabla 5.29).

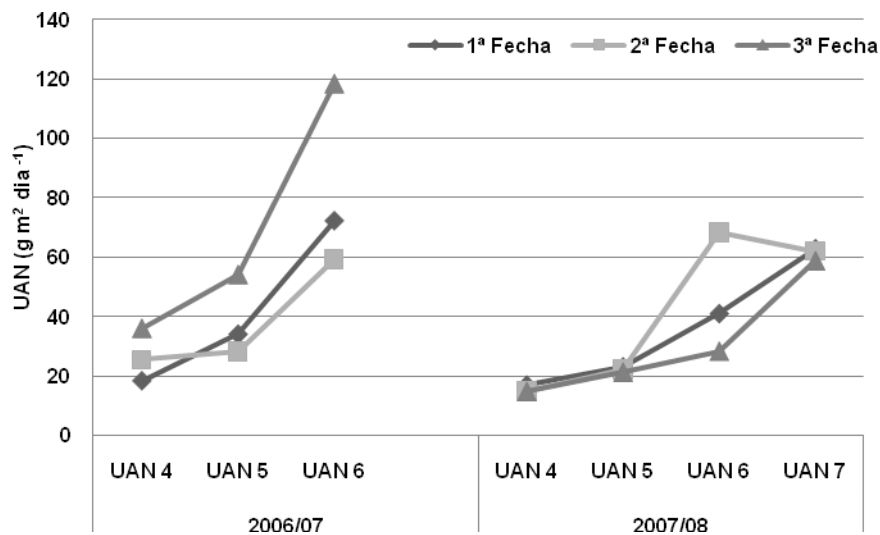


Figura 5.43 – Unidad de asimilación neta (UAN) (g m<sup>-2</sup>) para las tres fechas de siembra, para las dos campañas. (Fechas de los muestreos 2006/07: UAN4/M4-23 abril; UAN5/M5-7 mayo; UAN6/M6-23 mayo; M7-8 junio. Fechas de los muestreos en 2007/08: UAN4/M4-14 abril; UAN5/M5-28 abril; UAN6/M6-12 mayo; UAN7/M7-26 maio; UAN8/M8- 11 junio)

**5.4.3.3.2.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO**

El genotipo influyó significativamente la UAN en la primera pero no en la segunda campaña (Tabla 5.29).

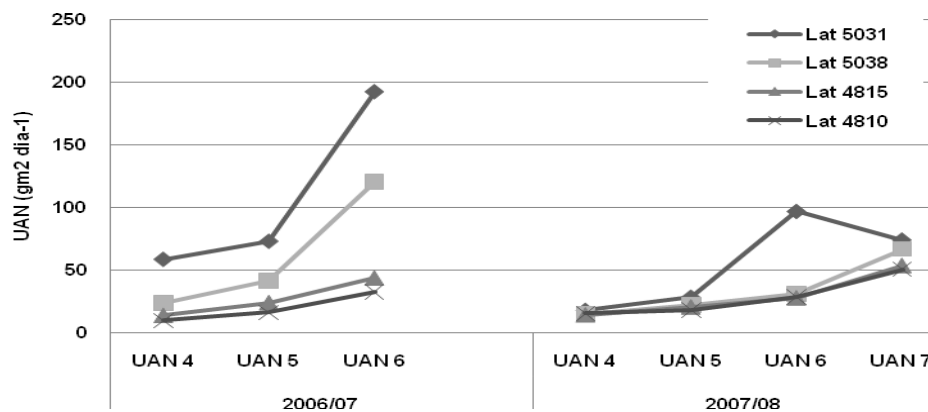


Figura 5.44 – Unidad de asimilación neta (UAN) ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) para los cuatro genotipos, para las dos campañas. **(Fechas de los muestreos 2006/07:** UAN4/M4-23 abril; UAN5/M5-7 mayo; UAN6/M6-23 mayo; M7-8 junio **Fechas de los muestreos en 2007/08:** UAN4/M4-14 abril; UAN5/M5-28 abril; UAN6/M6-12 mayo; UAN7/M7-26 maio; UAN8/M8- 11 junio)

En 2006/07, el genotipo 1 (Lat 5031) presenta los índices más elevados y el genotipo 4 (Lat 4810) desarrolló un menor incremento de peso por unidad de área foliar (Figura 5.44). Si el G1 produce más, esto quiere decir que es más eficiente para la transformación de la radiación en materia seca. En 2007/08 no se observan diferencias significativas entre los genotipos en ningún muestreo.

#### 5.4.3.3.2.3 – INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

La densidad de siembra no reveló ser un factor influyente en ninguna de las campañas (Tabla 5.29).

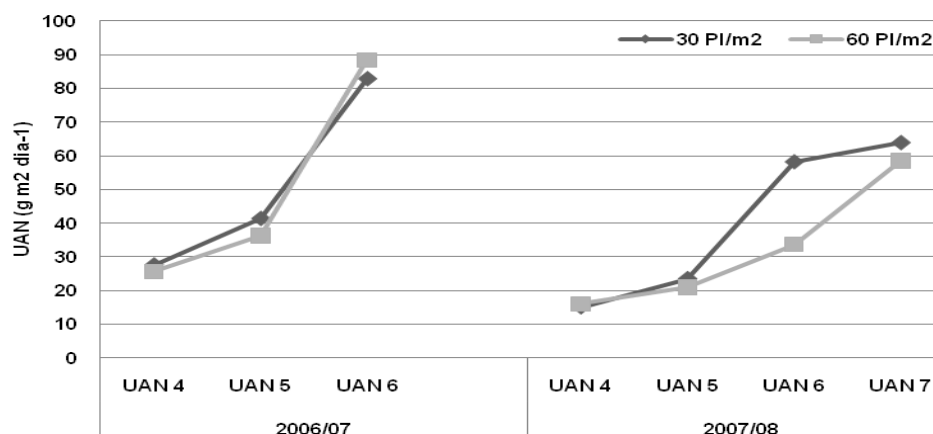


Figura 5.45 – Unidad de asimilación neta (UAN) ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) para las dos densidades de siembra, para las dos campañas. **(Fechas de los muestreos 2006/07:** UAN4/M4-23 abril; UAN5/M5-7 mayo; UAN6/M6-23 mayo; M7-8 junio **Fechas de los muestreos en 2007/08:** UAN4/M4-14 abril; UAN5/M5-28 abril; UAN6/M6-12 mayo; UAN7/M7-26 maio; UAN8/M8- 11 junio)

La densidad de 60 plantas  $\text{m}^{-2}$  (D2) utilizada en esta investigación no fue suficiente para generar un sombreado significativamente mayor (Tabla 5.29 y Figura 5.45), producido por el mayor tamaño del dosel foliar, por lo que algunos de los procesos fisiológicos como: la velocidad de la fotosíntesis, respiración, fotorespiración y transpiración no se vieron

afectados y de esta forma no provocaron una diferencia significativa con la densidad de 30 plantas m<sup>-2</sup> (D1), contrariamente a lo encontrado por Aguilar-García *et al.* (2005). Considerando los resultados obtenidos para el efecto de la densidad de plantas, se piensa que el aumento de población asociado a D2 no provocó un aumento del autosombreado que redujera de forma significativa el acceso de la luz, incluso en etapas más avanzadas del ciclo del cultivo, por lo tanto, no incrementó la senescencia de las hojas.

## 5.5 – ÍNDICES AGRONÓMICOS

### 5.5.1- PRODUCCIÓN DE BIOMASA TOTAL

En la Tabla 5.30, se registran el peso de la biomasa total menos las raíces (PBT) al final del ciclo para los distintos tratamientos en las dos campañas, ya que hay muchos factores que se sabe que afectan a la producción de grano y paja y también, a la calidad del forraje y paja de la almorta cultivada bajo condiciones de secano. Éstos incluyen, según Siddique *et al.*, 1999; López-Bellido *et al.*, 2005 y Firincioglu *et al.*, 2010, el genotipo, y según Abd El-Moneim & Cocks (1993), la cantidad y distribución de las precipitaciones durante la estación de crecimiento. En consonancia con lo referido anteriormente, en el conjunto de las dos campañas, tanto el factor campaña como los factores fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra presentan un efecto significativo sobre la variable en estudio.

Tabla 5.30 Peso de biomasa total al final del ciclo (PBT), en kg, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	2,398 a	1,894 a	2,146 a
	2ª Fecha	1,950 b	1,477 b	1,729 b
	3ª Fecha	1,089 c	1,378 b	1,234 c
Genotipo	Lat 5031	1,053 c	1,011 b	1,034 c
	Lat 5038	1,677 b	1,311 b	1,494 b
	Lat 4815	2,451 a	1,917 a	2,184 a
	Lat 4810	2,069 ab	2,016 a	2,042 a
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	1,603 b	1,614	1,609 b
	60 Pl/m <sup>2</sup>	2,022 a	1,564	1,793 a
Media general		1,813 A	1,588 B	1,703
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				**
Fecha de siembra (F)		***	***	***
Genotipo (G)		***	***	***
Densidad de siembra (D)		**	ns	**
Interacción	C x F			***
	C x G			ns
	F x G	ns	ns	*
	C x F x G			ns
	C x D			*
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	*	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
C x F x G x D				ns
Coeficiente de variación (%)		56	39	49

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

### 5.5.1.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

En cada una de las campañas el factor fecha de siembra presenta un efecto significativo sobre la producción de biomasa total (PBT), siendo siempre superiores cuando se siembra más temprano (Tabla 5.30); Estos resultados están de acuerdo con la opinión de Bernardon (2005), que afirma que el potencial productivo de los cultivos difiere entre localidades y entre años y épocas en el mismo lugar, porque y según el mismo autor, la capacidad de la planta para producir materia seca está directamente relacionada con la cantidad de energía de la luz disponible y la capacidad de utilizar esa energía, lo que hace que sea importante estudiar el crecimiento y el desarrollo de los cultivos en diferentes situaciones.

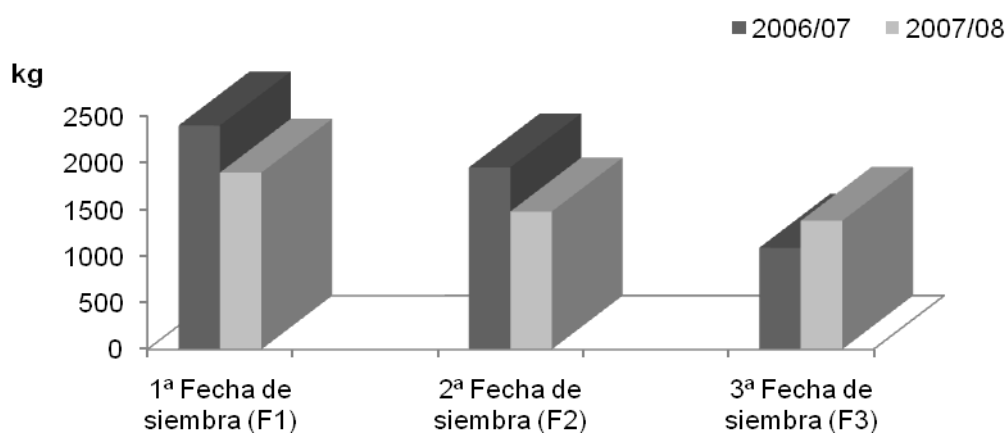


Figura 5.46 - Producción de biomasa total al final del ciclo (PBT) (kg), por fecha de siembra en las dos campañas

Según Hay & Kirby (1991), la producción de biomasa de un cultivo depende de la duración del período de crecimiento y Rao & Northup (2008) afirman que la producción de biomasa de almorta se mostró dependiente de la longitud de la estación de crecimiento y con la cantidad y momento de la precipitación. Los resultados de esta investigación prueban las teorías presentadas anteriormente cuando comparamos el PBT entre fechas de siembra (Figura 5.46). No obstante, comparando los resultados de esta variable (PBT) para la primera y segunda fecha de siembra entre 2006/07 y 2007/08, se verifica que a pesar de que en 2006/07 el período comprendido entre la emergencia y la maduración (DE – DM) haya sido menor (Tabla 5.14), ésta alcanza valores superiores. Considerando que las características de suelo y temperatura fueron similares, pero la precipitación total y su distribución fueron diferentes, se cree que estos resultados se deben, principalmente, a los beneficios de la precipitación acumulada al inicio del año agrícola (Anexo 3) en 2006/07. En esta campaña, la precipitación ocurrida desde septiembre a enero (período en que se efectuaron las dos primeras siembras) fue bastante superior que en el mismo período de 2007/08. Hubo una mayor disponibilidad de agua en el suelo en el inicio del ciclo vegetativo,

lo que lleva a pensar que el crecimiento inicial fue favorecido, pudiendo afectar la producción final de biomasa de este cultivo.

En 2007/08, el período de crecimiento de la almorta en los tratamientos sembrados en último lugar (F3) fue mayor, de la misma forma que la precipitación caída, comparando con la campaña anterior, por lo que la producción de biomasa fue, lógicamente, superior en esta campaña (Figura 5.46). Para Sao Chan Cheong (1990), la biomasa está directamente vinculada a la unidad de agua consumida.

El PBT obtenido en la primera campaña se mostró significativamente distinto entre las tres fechas de siembra, lo que no se verificó en la segunda campaña, en la que sólo entre F1 y F3 existen diferencias significativas (Figura 5.47).

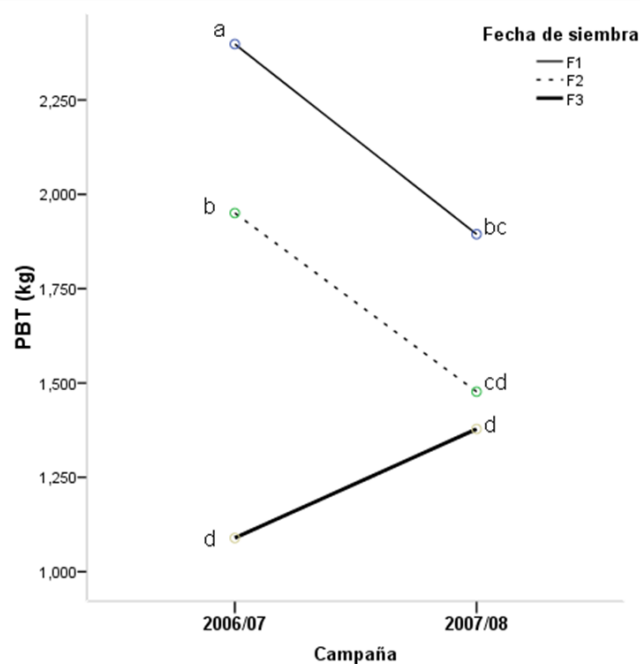


Figura 5.47 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el peso de la biomasa total (PBT – kg) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$

Se constata la existencia de una relación significativa y positiva entre la producción de materia seca y la fecha de maduración ( $r=0,532^{**}$ ). Esta relación lleva, una vez más, a pensar que cuanto mayor es el ciclo mayor es el desarrollo vegetativo de la almorta.

### 5.5.1.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO

La producción de biomasa de un cultivo depende de la duración del período de crecimiento y de la tasa de crecimiento en sí (Loomis & Connor, 1992). La duración del período de crecimiento depende del genotipo y de las condiciones ambientales, en especial de la luz y temperatura (Hay & Kirby, 1991). Por todos estos motivos y considerando que se



están testando cuatro genotipos agrupados en dos grupos distintos, se esperan comportamientos diversos. Campbell (1997) afirma que, por lo general, genotipos de almorta de semilla grande producen mayor cantidad de biomasa, información corroborada por nuestros resultados (Figura 5.48); los genotipos 3 y 4 (genotipos tipo B: semilla grande y clara) han producido significativamente más biomasa que los tipo A en 2007/08 y en la media; en 2006/07 también son los tipo B los que presentan mayor PBT, pero el genotipo 2 (tipo A) obtuvo valores ligeramente semejantes a genotipo 4 (tipo B) (Tabla 5.30). Este mayor crecimiento de biomasa por parte de los genotipos tipo B permite que haya una mejor cobertura del suelo, lo cual ayuda a evitar que el suelo se seque y también ayuda a mantener baja la temperatura del suelo, lo que favorece al crecimiento del cultivo, como Campbell (1997) afirma. Una mayor biomasa también produce un mayor rendimiento de forraje, lo cual es muy conveniente para algunos productores.

Entre los genotipos tipo A (G1 y G2) verificamos que G1 es el que revela menor potencial en ambas campañas para producir biomasa (Figura 5.48).

Todos los genotipos producen PBT mayor en 2006/07, ya que las condiciones ambientales iniciales fueron más favorables al crecimiento de la almorta.

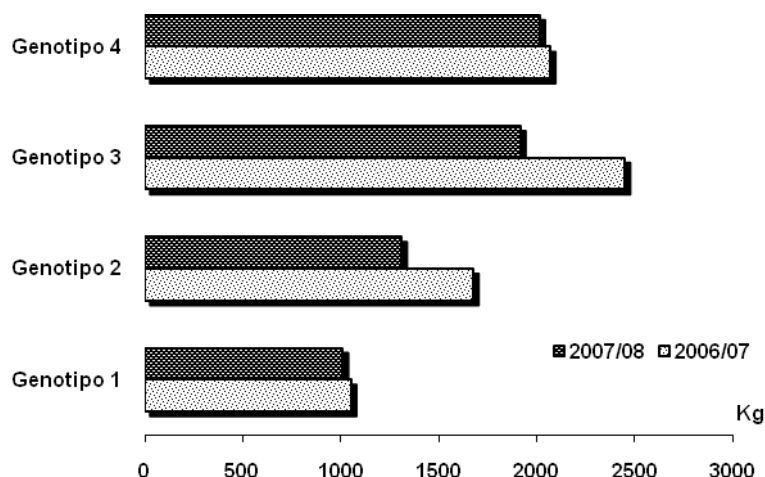


Figura 5.48 - Producción de biomasa total al final del ciclo (PBT) (kg), por genotipo, en las dos campañas

Para los cuatro genotipos los valores de PBT son siempre más elevados en las primeras fechas de siembra (Figura 5.49), es decir, se observa una disminución de PBT a medida que el ciclo es menor, de acuerdo con lo expuesto por Hay y Kirby (1991), Bernanrdon (2005) y Rao & Northup (2008). Se deduce que en la primera fecha de siembra (F1) los resultados de PBT se agrupan por tipo de genotipo: tipo A significativamente mayor de tipo B; En F2 los genotipos 2, 3 y 4 se comportan de forma semejante. En la última fecha de siembra (F3), cuando la longitud del ciclo del cultivo es menor y las temperaturas están en ascenso, no se registraron diferencias entre los cuatro genotipos para la variable PBT (Figura 5.49). Cuando los genotipos son sembrados tarde (F3), es decir, cuando desarrollan ciclos menores, los factores que más afectan la producción de biomasa son: cantidad y

distribución de las precipitaciones, cantidad de energía de la luz disponible y la capacidad de utilizar esa energía, no obstante no son suficientes para diferenciar su comportamiento, es decir, obtener PBT significativamente distintos entre ellos. Por lo tanto, se puede decir que la selección del genotipo es tanto más importante cuanto mayores sean los ciclos culturales del *Lathyrus sativus*.

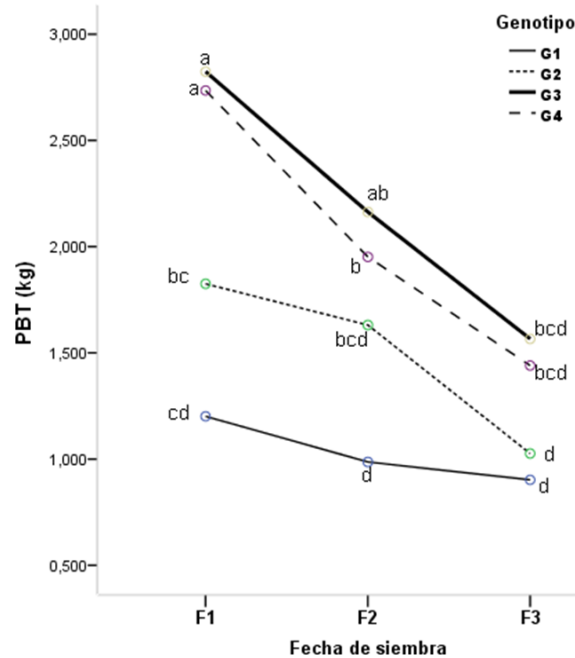


Figura 5.49 - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en el peso de la biomasa total (PBT – kg) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05

### 5.5.1.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

A través del manejo de la densidad de población se puede incrementar la producción de biomasa y el rendimiento de los cultivos, debido al aumento del área foliar, del índice de área foliar y de la duración de la misma, por haber un mayor número de hojas por unidad de superficie (Olalde-Gutiérrez *et al.*, 2000), ya que el tamaño y la duración del aparato fotosintético están relacionados con el rendimiento. De otra forma, se puede decir, que el mayor crecimiento del dosel vegetal proporciona una mayor intercepción de luz, lo cual incrementa la fotosíntesis y producción de biomasa, como resultado de un mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y de los nutrientes (Escalante-Estrada, 1999).

En la media de las dos campañas y en la primera campaña, la densidad de siembra es un factor influyente, puesto que utilizando la densidad de siembra 60 plantas m<sup>-2</sup> (D2) se obtienen mayores niveles de PBT (Figura 5.50). Según Olalde-Gutiérrez *et al.* (2000), y como es lógico, es para esta densidad de siembra que los valores del LAI y de la LAD (Tablas 5.26 y 5.27) son mayores.

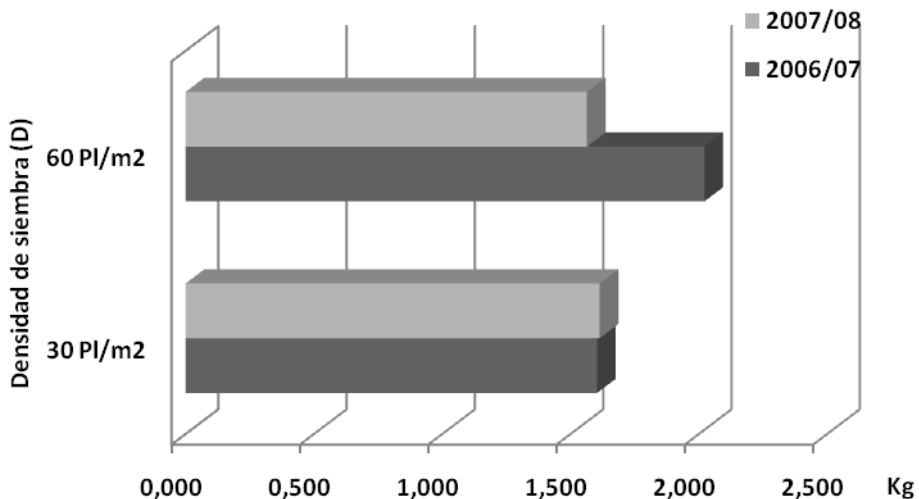


Figura 5.50 - Producción de biomasa total (PBT) (kg), por densidad de siembra, en las dos campañas

La Figura 5.51 muestra que la densidad D1 no provoca comportamientos distintos entre campañas y que es similar al resultado de D2 en la segunda campaña. La producción de biomasa es significativamente superior cuando se utiliza D2 en 2006/07, probablemente fue cuando el dosel vegetal presentó mayor crecimiento.

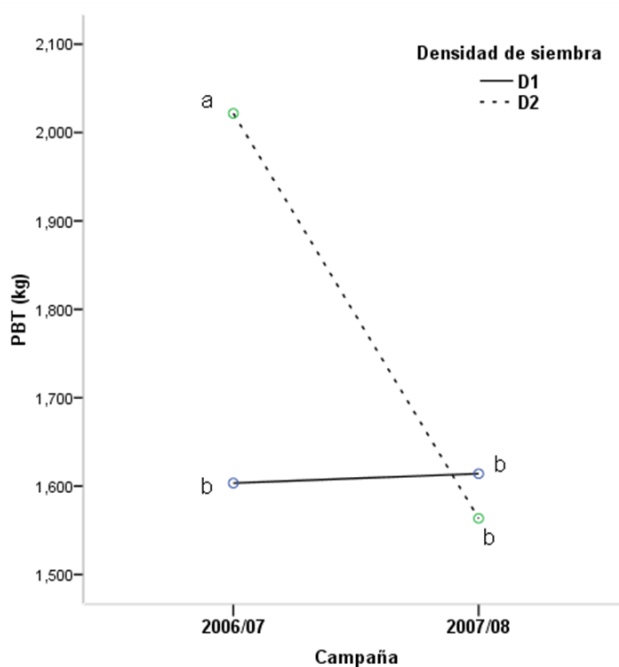


Figura 5.51 - Influencia de la interacción campaña x densidad de siembra en el peso de la biomasa total (PBT – kg) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05

### 5.5.2 – ÍNDICE DE COSECHA

El índice de cosecha (IC) revela la eficiencia del cultivo de una determinada especie vegetal o variedad dentro de una especie, en la conversión fotosintética en materia seca económicamente útil, es decir, es la distribución relativa de la biomasa total de la planta hacia aquellas partes económicamente valoradas (proporción del peso de los granos en el peso total de la planta).

Según Ferro Palma (2009) el valor del IC depende, entre otros factores, del genotipo y de las condiciones ambientales. En sintonía con lo referido anteriormente, verificamos que en el conjunto de las dos campañas el efecto del IC es significativo, o sea, este índice depende de las condiciones climáticas de cada campaña, que fueron más favorables en 2007/08.

En 2007/08, para el factor fecha de siembra y para la interacción fecha de siembra y genotipo también se observan diferencias significativas (Tabla 5.31).

Tabla 5.31 - Índice de cosecha (IC) (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	29	42 b	36
	2ª Fecha	28	48 a	38
	3ª Fecha	27	48 ab	38
Genotipo	Lat 5031	30	44	37
	Lat 5038	27	48	38
	Lat 4815	28	49	39
	Lat 4810	28	42	35
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	29	47	38
	60 Pl/m <sup>2</sup>	27	45	36
<b>Media general</b>		28 B	46 A	37
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		ns	*	ns
<b>Genotipo (G)</b>		ns	ns	ns
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	ns	ns
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			ns
	<b>C x G</b>			ns
	<b>F x G</b>	ns	**	***
	<b>C x F x G</b>			ns
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G x D</b>			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		28	21	34

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

### 5.5.2.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

Contrariamente a lo afirmado por Wallace *et al.* (1993): un mayor índice de cosecha requiere una duración de crecimiento mayor, nuestros resultados no revelan grandes diferencias entre los distintos períodos de crecimiento de la almorta, principalmente en la campaña 2006/07 (Tabla 5.31). En la segunda campaña se observa que el IC de la segunda fecha de siembra es significativamente superior al alcanzado en la primera fecha de siembra (Tabla 5.31 y Figura 5.52); Se puede afirmar que, en general, para los tratamientos correspondientes a la segunda fecha de siembra en 2007/08, la capacidad de translocación de asimilados hacia el órgano cosechable fue la más eficiente.

En cada una de las campañas entre el IC y el rendimiento en biomasa total al final del ciclo cultural se establecieron relaciones negativas y significativas: 2006/07 ( $r = -0.29$ ,  $P < 0.01$ ,  $n = 72$ ); 2007/08 ( $r = -0.54$ ,  $P < 0.01$ ,  $n = 72$ ). Una mayor producción de biomasa provocó un peor reparto de asimilados para el grano, fenómeno más marcado en la segunda campaña.

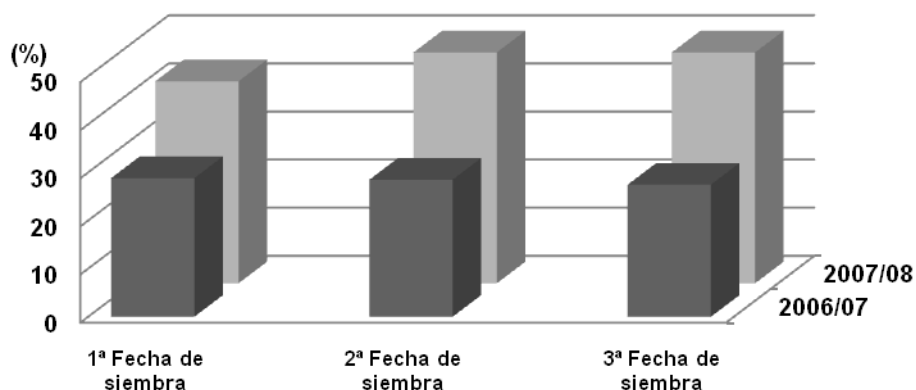


Figura 5.52 – Índice de cosecha (IC) (%), por fecha de siembra, en las dos campañas.

### 5.5.2.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO

Según Turk *et al.* (2007), algunos genotipos son más afectados que otros por los factores ambientales. Este autor observó baja heredabilidad para el índice de cosecha (25%). Al contrario de lo que indica Ferro Palma (2009) en este estudio, el genotipo no reveló ser un factor influyente en el índice de cosecha de la almorta (Tabla 5.31).

En 2006/07 los valores del índice de cosecha varían entre 27% y 30% y en la segunda campaña se registraron valores algo superiores a los de la primera campaña (42% - 49%) (Figura 5.53), probablemente debido al aumento de la producción de grano, a pesar

de que se sabe que, como afirma Durães *et al.* (2002), no siempre un IC más grande se asocia con un mayor rendimiento.

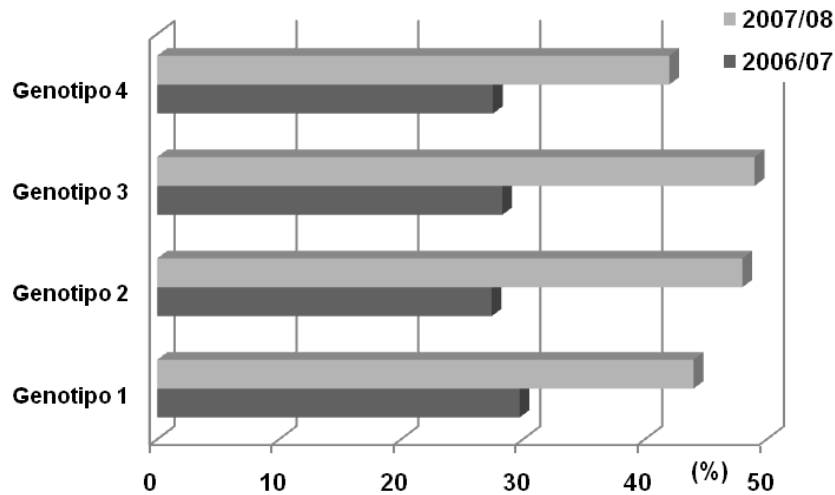


Figura 5.53 – Índice de cosecha (IC) (%), por genotipo, en las dos campañas.

Al analizar la interacción fecha de siembra x genotipo en el índice de cosecha se observa que es irregular el comportamiento de los distintos genotipos en las diferentes fechas de siembra. En la primera y tercera fechas de siembra existen diferencias significativas entre genotipos, y en la segunda fecha no. En F1 es el genotipo 1 el que presenta el mayor IC, y en F3 se observa precisamente el contrario (Figura 5.54). Este genotipo (G1) presenta un comportamiento diferente al de la mayoría: cuanto menor es el ciclo menor es el IC alcanzado. Este comportamiento es opuesto al del genotipo 2. Los genotipos 3 y 4 tienen un comportamiento similar. Considerando que las adversidades ambientales pueden llevar a la disminución del IC, es comprensible que cuanto menor sea el ciclo del cultivo y más sujeto esté a, por ejemplo, estrés hídrico menor será el valor observado de este índice. Esto es más probable que ocurra en las fechas de siembra más tardías.

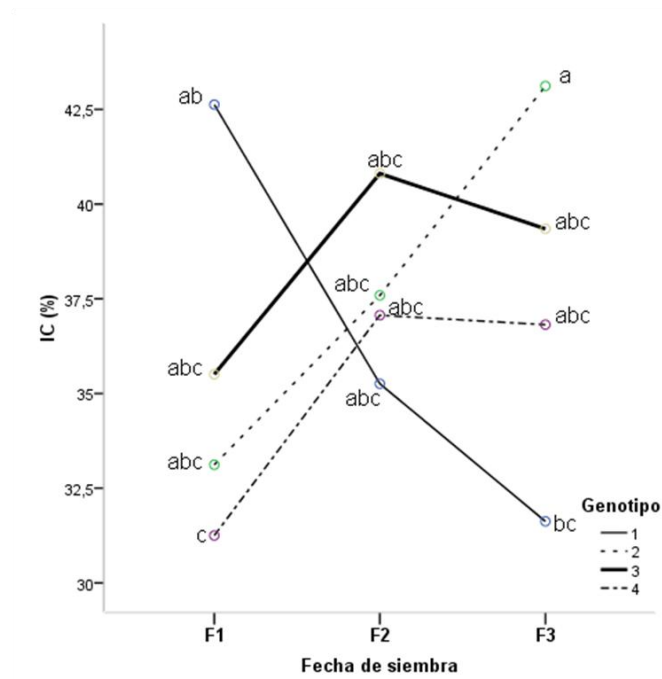


Figura 5.54 - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en el índice de cosecha (IC – %) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$

### 5.5.2.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

Durães *et al.* (2002) informan de que existen varios estudios que han demostrado que el IC de un cultivo está fuertemente influenciada por la densidad de siembra, disponibilidad de agua y nutrientes y la temperatura en la estación de crecimiento. Siendo así, para este autor, es inapropiado hacer comparaciones entre cultivares con base en este índice.

Se observa que en la media de las dos campañas, los valores del IC varían entre 36% y 38% y que en 2007/08, se alcanzaron porcentajes mayores pero no significativamente diferentes de la primera campaña (Tabla 5.31; Figura 5.55).

En general, en este trabajo, los valores observados para el IC son algo superiores a los registrados por Al-Doss *et al.* (1998): 17% - 25%, pero comprendidos entre los valores encontrados por Turk *et al.* (2007): 5% - 82%, siendo el valor medio 27%. El valor medio de este trabajo es de 37% (mínimo=27%; máximo=49%) (Tabla 5.31).

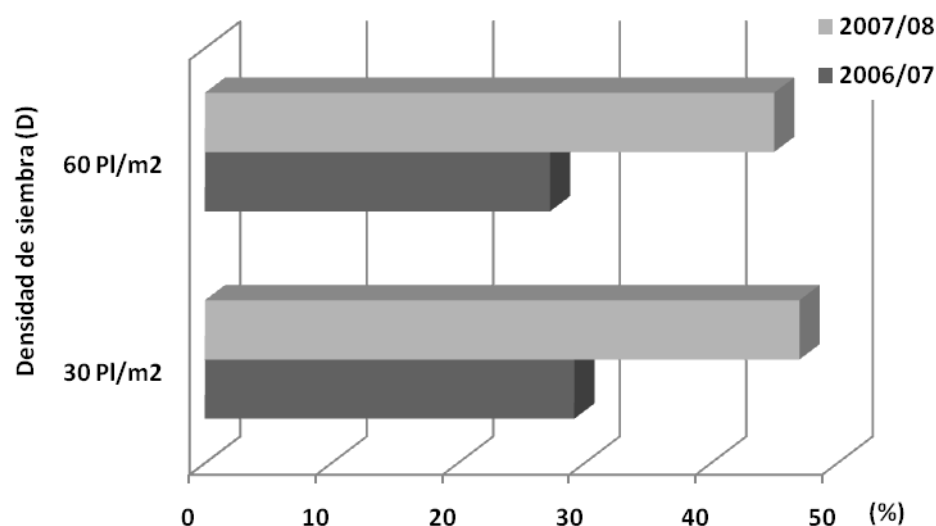


Figura 5.55– Índice de cosecha (IC) (%), por densidad de siembra, en las dos campañas.

## 5.6 – RENDIMIENTO EN GRANO Y SUS COMPONENTES

### 5.6.1 – RENDIMIENTO EN GRANO

A través del análisis de la Tabla 5.32 se deduce que son varios los factores que afectan al rendimiento de grano de la almorta, como el ambiente, ya que el efecto de la campaña y la fecha de siembra es significativo. El genotipo también afecta significativamente al rendimiento, en cada campaña y en el conjunto de las dos campañas. La densidad de siembra siempre influye en el rendimiento de la primera campaña. En la segunda campaña las producciones medias de grano por hectárea fueron significativamente superiores, 888 kg más (Tabla 5.32). Los valores del rendimiento observado en este trabajo son ligeramente superiores a los referidos por Campbell (1997): 380 a 1985 kg ha<sup>-1</sup> y semejantes a algunos de los obtenidos por Carita (2006): 700 a 2579 kg ha<sup>-1</sup> y Turk *et al.* (2007): 242 a 3313 kg ha<sup>-1</sup>.

En el conjunto de las dos campañas las interacciones campaña x fecha de siembra y campaña x densidad de siembra mostraron también diferencias significativas (Tabla 5.32).



Tabla 5.32 - Rendimiento en grano por ha ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	2673 a	3265 a	2969 a
	2ª Fecha	2240 b	2912 b	2554 b
	3ª Fecha	1208 c	2604 b	1906 c
Genotipo	Lat 5031	1280 c	1828 c	1529 d
	Lat 5038	1815 b	2499 b	2157 c
	Lat 4815	2811 a	3758 a	3284 a
	Lat 4810	2256 b	3444 a	2850 b
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	1837 b	3019	2403
	60 Pl/m <sup>2</sup>	2244 a	2844	2544
Media general		2040 B	2928 A	2475
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				***
Fecha de siembra (F)		***	***	***
Genotipo (G)		***	***	***
Densidad de siembra (D)		**	ns	ns
Interacción	C x F			***
	C x G			ns
	F x G	ns	ns	ns
	C x F x G			ns
	C x D			*
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	**	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
	C x F x G x D			*
Coeficiente de variación (%)		52	33	44

ns: No significativo; \*:Significación ( $P < 0,05$ ); \*\*:Significación ( $P < 0,01$ ); \*\*\*: Significación ( $P < 0,001$ )

Según Austin (1980) y Lambers *et al.* (1990), para lograr un mayor rendimiento es necesario contar con una mayor biomasa y/o un mayor índice de cosecha. Los resultados de este trabajo revelan que en la campaña de mayor producción el índice de cosecha fue mayor, sin embargo, la biomasa total fue menor. Considerando los valores de la biomasa total, el índice de cosecha y el rendimiento de las dos campañas, se comprueba que las condiciones ambientales verificadas en la segunda campaña perjudicaron el rendimiento en biomasa total pero no la producción de grano ni el índice de cosecha. Para Khanna-Chopra & Sinha (1987), en condiciones mediterráneas, la producción de materia seca es por sí un factor limitante. Para López-Bellido *et al.* (2005) un alto rendimiento de biomasa/materia seca no implica necesariamente alto rendimiento de semilla. Para este autor la materia seca final, simplemente indica la eficiencia del crecimiento vegetativo de los cultivos. Los resultados discutidos en este trabajo están de acuerdo con esta teoría, porque los mayores rendimientos se han obtenido en la segunda campaña, donde en general, la producción de biomasa fue menor.

### 5.6.1.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

Dapaah *et al.* (2000) considera que la fecha de siembra puede ser importante para determinar el éxito de la cosecha y maximizar el rendimiento de semillas y para Rao & Northup (2008), la fecha de siembra influye en la producción de grano de leguminosas anuales cuando se siembra en otoño-invierno.

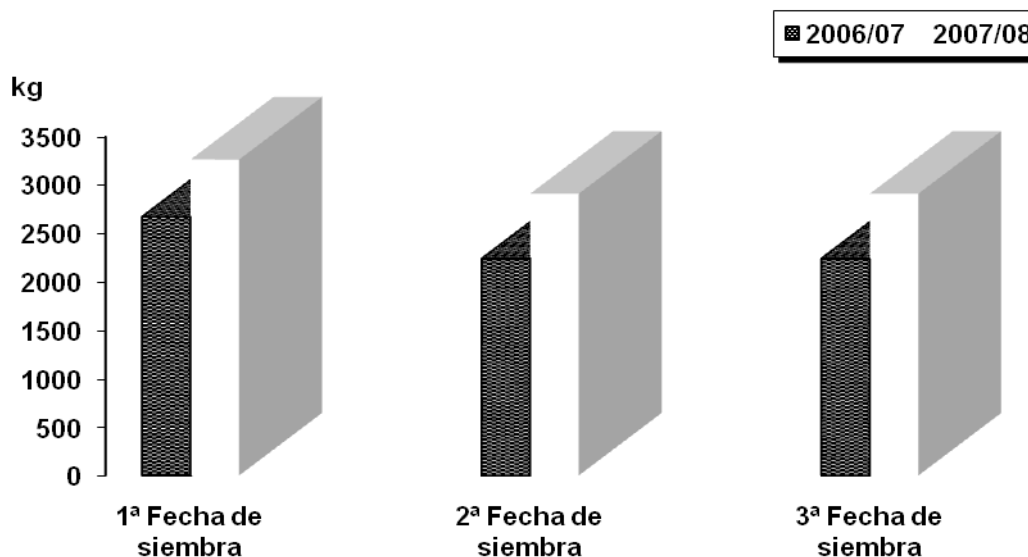


Figura 5.56 – Rendimiento en grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), por fecha de siembra, en las dos campañas.

En las dos campañas y para el conjunto de las mismas el rendimiento de grano es significativamente mayor en la primera fecha de siembra (Tabla 5.32), lo que está de acuerdo con los resultados obtenidos por Fagnano *et al.* (1998).

En ambas campañas existen diferencias significativas entre fechas de siembra. En 2006/07 se observan valores significativamente diferentes entre las tres fechas de siembra y con una diferencia de 1465 kg entre F1 y F3. En 2007/08 la primera fecha se destaca de las dos restantes (Tabla 5.32; Figura 5.56) entre las que no existen diferencias significativas. Se puede decir que la duración del ciclo vegetativo, en las condiciones ambientales de los locales donde se desarrollaron los ensayos Lat-DDS, parecen influir en la producción de grano de la almorta y que, como afirma Fagnano *et al.* (1998), la siembra de primavera/tardía reduce la fertilidad de las vainas y el crecimiento de las semillas, es decir, reduce los rendimientos de grano (Marcellos & Constable (1986), Adisarwanto & Knight, (1997) y Loss & Siddique (1997). Para Siddique *et al.* (1995), otra de las razones para provocar bajos rendimientos son la floración y madurez relativamente tardía.

Es interesante indicar que, para las dos campañas y para la media de las mismas, las diferencias entre fechas de siembra para la producción de biomasa y rendimiento son exactamente las mismas (Tablas 5.30 y 5.32). La relación existente entre estas dos variables es positiva y significativa ( $r=0,70^{**}$ ). Como nos informa Garcia del Moral *et al.* (1989), en ausencia de limitaciones para el cultivo, a mayor biomasa mayor producción de grano.

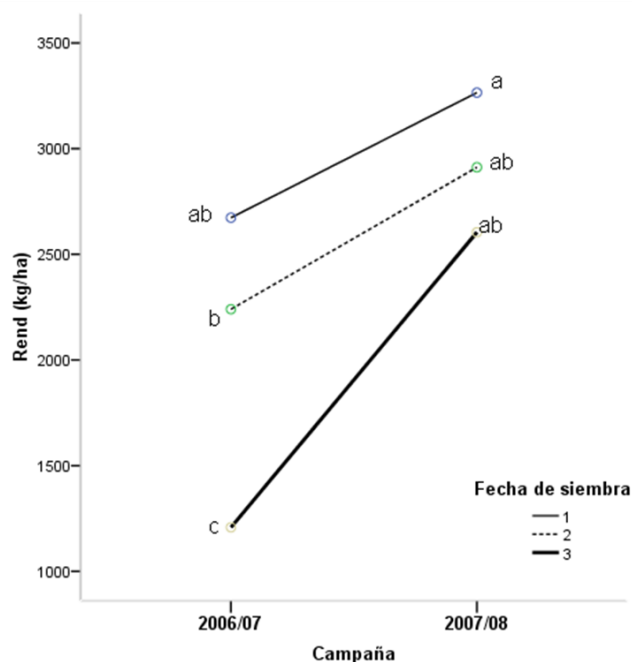


Figura 5.57 - Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el rendimiento en grano (Rend – kg) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$

Al analizar la Figura 5.57 se observa que:

- (i) En ambas campañas se obtienen mayores rendimientos cuanto mayor es el ciclo cultural de la almorta. No obstante, en 2006/07 las producciones de grano en F1 y F2 son significativamente superiores a las producidas en F3. Por otro lado, en 2007/08 las diferencias del rendimiento entre las tres fechas de siembra no son significativas.
- (ii) A pesar de los mayores rendimientos obtenidos en la campaña 2007/08, solamente para la tercera fecha de siembra el valor obtenido ( $2604 \text{ kg ha}^{-1}$ ) es significativamente mayor que en la campaña 2006/07 ( $1208 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

### 5.6.1.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO

En 2007/08 los resultados obtenidos para los cuatro genotipos son siempre superiores al de los de 2006/07 (Figura 5.58). Esta diferencia, probablemente, sea debida a que en 2007/08 hubo una mayor precipitación durante el período reproductivo del cultivo (entre el mes de abril y junio). Se piensa que han ocurrido menos abortos de flores que en el mismo período de la anterior campaña y que el crecimiento de las vainas fue mucho menor. Estas condiciones ambientales han facilitado el proceso de formación y llenado de grano.

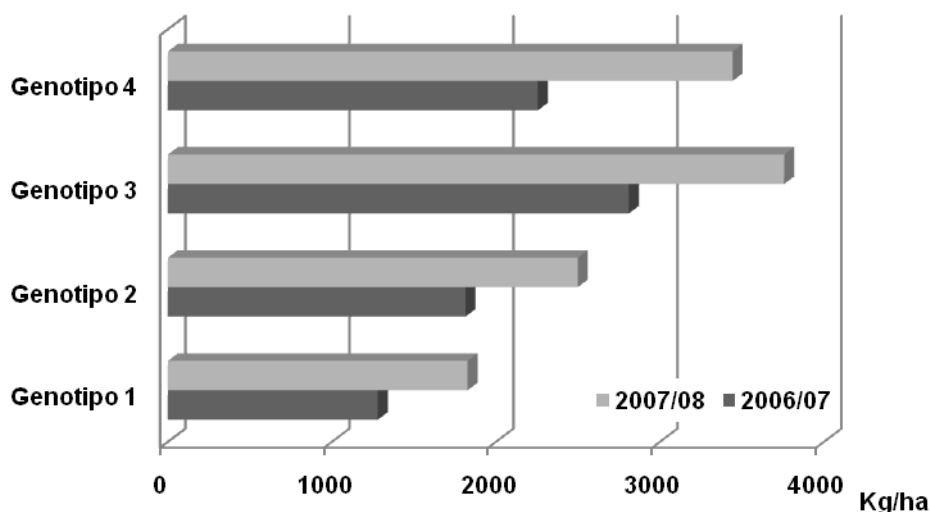


Figura 5.58 – Rendimiento en grano (Rend) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), por genotipo, en las dos campañas.

En 2006/07 el genotipo más productivo fue el Lat 4815 (tipo B), y en cuanto al genotipo perteneciente al tipo A, es el Lat 5031 presentó el menor rendimiento en grano (Tabla 5.32).

En la segunda campaña y en el conjunto de las dos campañas observamos que los genotipos tipo B son los más eficientes. Según Hanbury *et al.* (1999), estos genotipos (tipo mediterráneos) que se caracterizan por desarrollar un largo período reproductivo, tienen mayor potencial para responder a las condiciones de crecimiento de altas precipitaciones. En esta campaña (2007/08), se produjeron precipitaciones durante el período reproductivo, lo que conllevó a un rendimiento superior al de la primera campaña (anexo 3), siendo los genotipos tipo B los que presentaron rendimientos superiores. Para Hunbury *et al.* (1999), la altas producciones de las líneas Mediterráneas de *L. sativus* pueden ser debidas a su mayor tamaño de la semilla.

Parece oportuno mencionar que en la segunda campaña (en la que la producción de grano es más elevada) en los muestreos realizados durante las fases iniciales del desarrollo de la almorta, los índices de área foliar (LAI) registrados (Tabla 5.25) fueron siempre inferiores a los de la primera campaña, mientras que en las fases finales los valores son similares, o sea, como indica López-Bellido *et al.* (2005), el aumento del rendimiento de semillas no requiere un gran LAI.

### 5.6.1.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

Contrariamente a las expectativas, el factor densidad de siembra en el conjunto de las dos campañas, no ha afectado significativamente el rendimiento de la almorta (Tabla 5.32). El aumento de la densidad de siembra, de 30 a 60 semillas  $\text{m}^{-2}$ , no fue suficiente para provocar una mayor competencia entre plantas. Este efecto puede ser mayor para la planta

indeterminada, donde hay una mayor competencia entre crecimiento vegetativo y reproductivo.

El número de plantas por área influye en la producción, como afirma Westermann & Crothers (1977), pero las densidades utilizadas no afectaron significativamente al rendimiento. Solamente en 2006/07 la densidad de siembra se revela un factor influyente en el rendimiento de grano de la almorta; en esta campaña, durante la fase de crecimiento del cultivo, se presentaron condiciones ambientales algo más adversas que 2007/08 (menor precipitación), por lo que la densidad de siembra mayor (60 plantas  $m^{-2}$ ) se reveló más interesante (Tabla 5.32; Figura 5.59). Fagnao *et al.* (1998) y Hanbury & Siddique (1999) afirman que para condiciones adversas se deben utilizar altas densidades de siembra de *L. sativus*. Éstas podrán compensar los perjuicios causados por las condiciones adversas. Según Hanbury & Siddique (1999), para producción de semilla, la densidad de siembra deberá ser de 50-80 plantas  $m^{-2}$ .

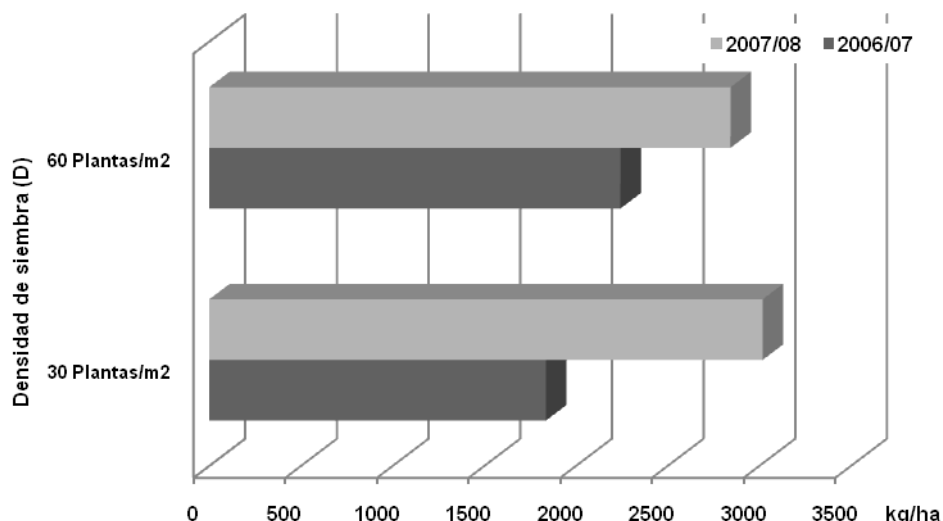


Figura 5.59 – Rendimiento en grano ( $kg\ ha^{-1}$ ), por densidad de siembra, en las dos campañas.

Con respecto a la densidad de siembra se observó una gran variación entre campañas, los rendimientos obtenidos en 2007/08 con las dos densidades fueron significativamente mayores que en la primera campaña (Figura 5.60). Una vez más podemos decir que la densidad de siembra es tanto más influyente en el rendimiento cuanto más adversas son las condiciones ambientales en que la almorta de desarrolla.

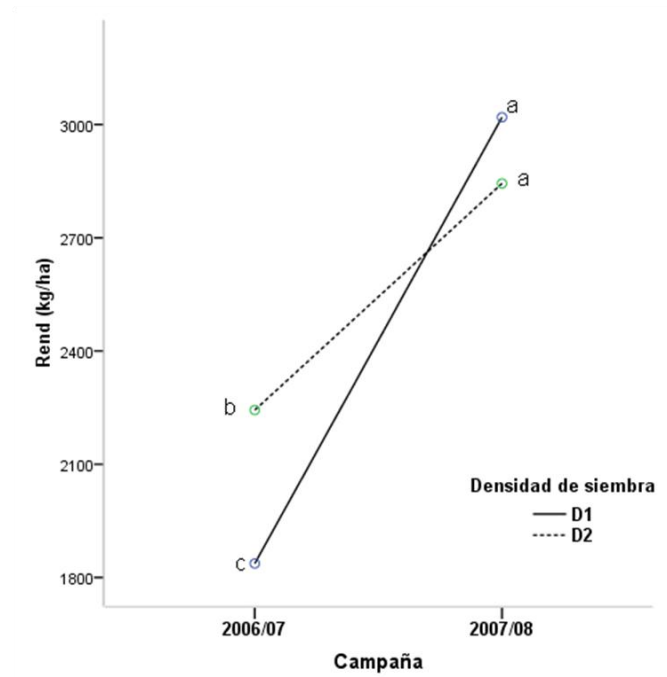


Figura 5.60 - Influencia de la interacción campaña x densidad de siembra en el rendimiento en grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$

## 5.6.2 – COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

El rendimiento de grano es un carácter complejo y es el producto final de muchos componentes (Grafius, 1959). En la mayoría de las especies, el rendimiento en grano se ve influido por varios factores que afectan al crecimiento de plantas a lo largo del ciclo del cultivo. El análisis de los componentes del rendimiento puede ayudar a explicar cómo se producen las variaciones del rendimiento (Gardner *et al.*, 1985).

La altura de la planta, el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina, el peso de 100 semillas, la producción de materia seca, y el índice de cosecha son las características más importantes en la mejora del rendimiento de la almorta (Kumar & Dubey, 2001; Miczak *et al.*, 2001; Mera *et al.*, 2005.; Kumari & Prasad, 2005) debido a la relación directa e indirecta con el rendimiento de semillas (Turk *et al.*, 2007).

Los principales componentes del rendimiento que se consideran para la almorta son, a semejanza de otras leguminosas grano como el garbanzo (Khanna-Chopra & Sinha, 1987), el número de vainas  $\text{m}^{-2}$ , el número de semillas  $\text{vaina}^{-1}$  y peso de 100 semillas (P100S). Peixoto *et al.*, 2000) considera que estas características cuantitativas, son las más afectadas por el manejo.

Tabla 5.33 - Componentes del rendimiento (número de vainas m<sup>-2</sup>, número de semillas vaina<sup>-1</sup> y peso de 100 semillas) según fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, en la media de las dos campañas.

Tratamiento	Componentes del rendimiento			
	Nº vainas m <sup>-2</sup>	Nº semillas vaina <sup>-1</sup>	Peso 100 semillas (g)	
Campaña	2006/07	1020 b	2,21 b	21,34 b
	2007/08	1105 a	2,29 a	23,24 a
Fecha	1ª Fecha	1211 a	2,27	22,82 a
	2ª Fecha	1150 a	2,25	22,81 a
	3ª Fecha	830 b	2,23	21,20 b
Genotipo	Lat 5031	1217 b	2,78 a	10,61 c
	Lat 5038	1443 a	2,71 a	9,87 c
	Lat 4815	853 c	2,11 b	25,15 b
	Lat 4810	747 c	1,43 c	42,47 a
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	907 b	2,25	22,56
	60 Pl/m <sup>2</sup>	1210 a	2,25	21,99
<b>Media general</b>				
		1062	2,25	22,27
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>		*	*	***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		***	ns	***
<b>Genotipo (G)</b>		***	***	***
<b>Densidad de siembra (D)</b>		***	ns	ns
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>	***	***	ns
	<b>C x G</b>	***	ns	**
	<b>F x G</b>	***	***	***
	<b>C x F x G</b>	*	ns	ns
	<b>C x D</b>	ns	ns	ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>	ns	ns	*
	<b>G x D</b>	***	ns	ns
	<b>C x G x D</b>	ns	***	ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G x D</b>	*	ns	ns

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

Se observa que en el conjunto de las dos campañas, los tres componentes del rendimiento presentan diferencias significativas entre campañas, siendo en la segunda campaña sus valores mayores (Tabla 5.33). En 2006/07, durante el período reproductivo del cultivo, hubo un mayor déficit hídrico que puede haber causado una reducción tanto del número de vainas como del número de semillas. Esta reducción, algunas veces puede ser compensada por el aumento del peso del grano.

### 5.6.2.1 – NÚMERO DE VAINAS M<sup>-2</sup>

El número de vainas m<sup>-2</sup> difiere significativamente entre sí según la fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra. Los valores medios obtenidos en ambas campañas, para el número de vainas m<sup>-2</sup>, están comprendidos entre los valores mínimos y máximos presentados por Campbell (1997) y Turk *et al.* (2007), pero lejos de las medias presentadas por estos autores. Estas diferencias, probablemente, se deben a las diferencias ambientales a que los diferentes campos experimentales (los nuestros y los de los autores) fueron sometidos, ya que estos componentes son de baja heredabilidad (Turk *et al.*, 2007), es decir, que son bastante influenciados por el ambiente.

El número de vainas m<sup>-2</sup> difirió significativamente según varias interacciones, como son: campaña x fecha de siembra, campaña x genotipo, fecha de siembra x genotipo y genotipo x densidad de siembra.

#### 5.6.2.1.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

Se observa que el número de vainas m<sup>-2</sup> presenta valores significativamente más bajos en la tercera fecha de siembra, cuando el ciclo del cultivo es menor (Tabla 5.33). El cultivo, en esta fecha de siembra, se desarrolló durante una época en que las temperaturas aumentan y en que la precipitación es más escasa. La existencia de déficit hídrico puede reducir el número vainas y de semillas, y si ocurre de forma intensa/severa y durante el proceso de maduración, provoca una disminución del rendimiento por la reducción del peso de las semillas. Por otro lado, y según Feio (1991), las altas temperaturas a partir del inicio de la floración pueden causar una disminución o dificultar el movimiento de la savia cuando, como es el caso del clima mediterráneo, las altas temperaturas se acompañan de condiciones de sequía, lo que hace que la planta o no puede alimentar a todas las vainas o parte de las semillas de cada vaina no se forme bien por una deficiente nutrición. Se puede decir que este componente del rendimiento es favorecido por los ciclos del cultivo largos.



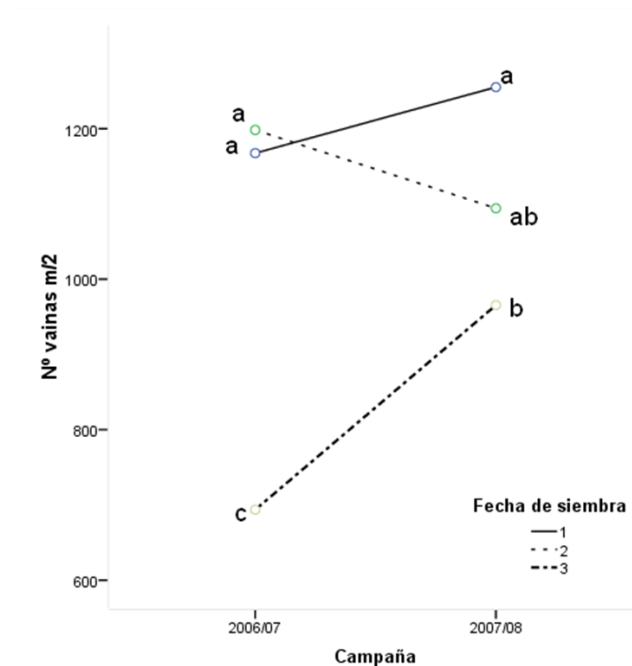


Figura 5.61 - Influencia de las interacciones campaña x fecha de siembra en el N<sup>o</sup> vainas m<sup>-2</sup> en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05.

El número de vainas m<sup>-2</sup> no difiere significativamente entre la primera y segunda fecha de siembra. Es con la tercera fecha de siembra en 2006/07 cuando se registran los valores significativamente más bajos y significativamente distintos entre campañas (Figura 5.61). En general, se puede decir que este factor para el menor ciclo cultural (F3), se muestra más sensible a las variaciones ambientales en los dos años agrícolas.

#### 5.6.2.1.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO

El genotipo se reveló como un factor diferenciador para los componentes del rendimiento en estudio ya que, en general, ha causado comportamientos significativamente distintos entre los cuatro genotipos y hasta es posible identificar comportamiento por tipo (tipo A y tipo B). Los genotipos tipo A presentan mayor número de vainas m<sup>-2</sup>. Dentro de este tipo es el genotipo 2 el que revela el mayor número de vainas m<sup>-2</sup>. Entre los tipo B no existen diferencias significativas (Tabla 5.33).

En la Figura 5.62, se observa que en 2007/08 para el componente en análisis no existen diferencias significativas ni entre G1 y G2 ni entre G3 y G4, pero sí entre estos dos tipos, es decir, entre tipo A y tipo B. En 2006/07 es G2 el que presenta mayor número de vainas m<sup>-2</sup> y G4 el menor. El genotipo G1 es el único que produce un número de vainas m<sup>-2</sup> significativamente distinto entre campañas, siendo mayor en 2007/08.

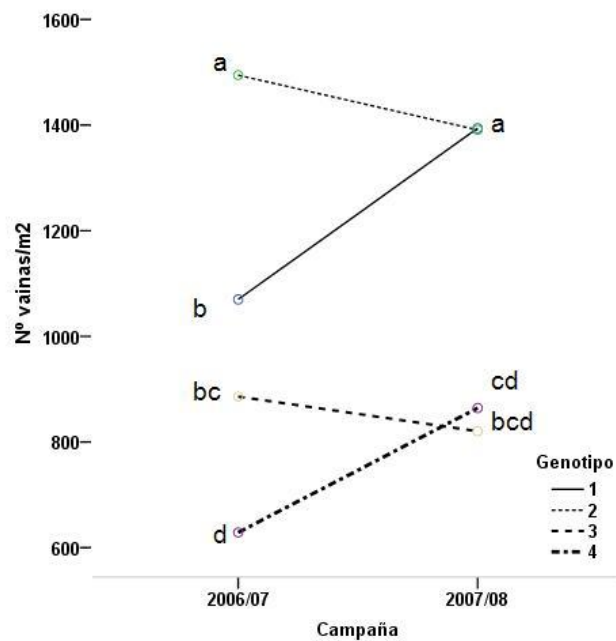


Figura 5.62 - Influencia de las interacciones campaña x genotipo en el Nº vainas m<sup>-2</sup> en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05.

La influencia de la interacción representada en la Figura 5.63 se observa que el número de vainas m<sup>-2</sup> va disminuyendo significativamente a medida que se siembra más tardíamente. Los genotipos de semilla clara y gran calibre no se ven afectados por esta interacción, es decir, que a pesar de la variación de la duración del ciclo del cultivo el número vainas m<sup>-2</sup> no varía significativamente.

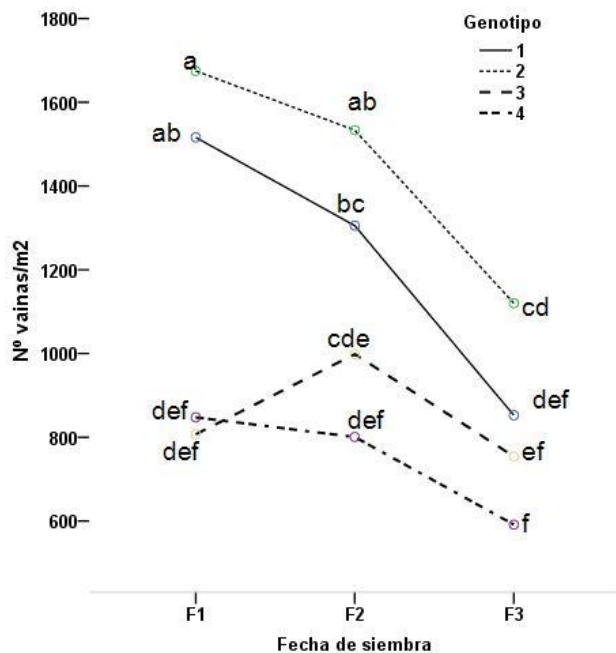


Figura 5.63 - Influencia de las interacciones fecha de siembra x genotipo en el Nº vainas m<sup>-2</sup> en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05.

### 5.6.2.1.3 – INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

Para Fagnano *et al.* (1998), el aumento de la densidad de siembra lleva a un mayor rendimiento de grano debido al aumento de la biomasa, mientras que las vainas por planta se reducen. Los resultados de este trabajo van sensiblemente en el mismo sentido ya que a mayor densidad de siembra tenemos mayor producción de biomasa (PBT) (Tabla 5.30), pero no se obtienen rendimientos significativamente distintos entre las dos densidades utilizadas (Tabla 5.32). De acuerdo con los datos de Ulloa & Mera (2010), el número de semillas por planta se maximiza cuando cada genotipo se cultiva como plantas aisladas (a menor densidad), pero el bajo número de plantas puede significar rendimientos de semilla por unidad de superficie más bajos.

La formación y la variación de los componentes del rendimiento en análisis se ven afectados por la densidad de población (López-Bellido *et al.*, 2005).

En esta investigación, se muestra que con la mayor densidad de siembra se obtienen significativamente más vainas  $m^{-2}$ , pero ni el número de semillas  $m^{-2}$  ni su calibre se ven influenciadas por este factor (Tabla 5.33).

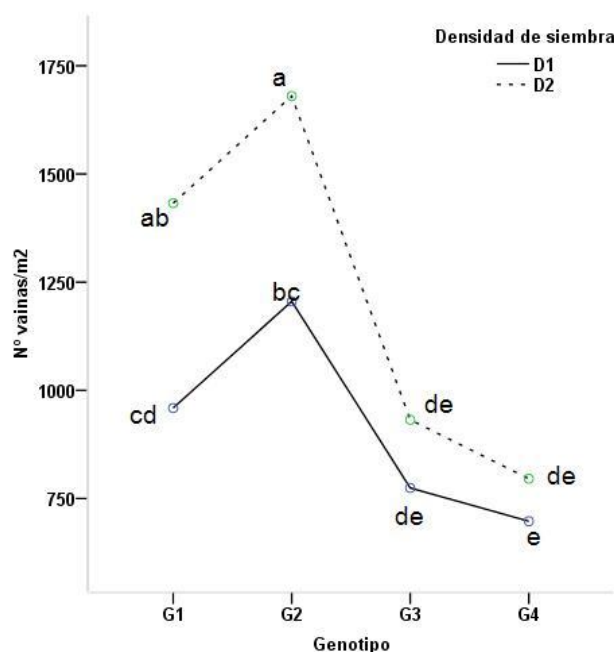


Figura 5.64 - Influencia de las interacciones genotipo x densidad de siembra en el  $N^{\circ}$  vainas  $m^{-2}$  en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

Son los genotipos tipo A los que se ven influenciados por las diferentes densidades de siembra, produciendo más vainas por metro cuadrado con la mayor densidad de siembra (D2) (Figura 5.64). En esta figura también se observa que, para ambas densidades de siembra, este componente del rendimiento no varía ni entre los genotipos tipo A ni entre los tipo B, pero sí existen diferencias significativas entre tipo A y tipo B

### 5.6.2.2 – NÚMERO DE SEMILLAS VAINA<sup>-1</sup>

Este componente del rendimiento no se muestra afectado ni por la fecha de siembra ni por la densidad de siembra. En la campaña 2007/08 los valores observados son significativamente superiores que en 2006/07. Probablemente el déficit hídrico ocurrido en 2006/07 durante el período reproductivo del cultivo provocó una reducción del número de semillas por vaina. El número de semillas vaina<sup>-1</sup> solamente difiere significativamente según la interacción campaña x fecha de siembra y fecha de siembra x genotipo (Tabla 5.33).

#### 5.6.2.2.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

La fecha de siembra no ha influido en el número de semillas por vaina pero existen influencias significativas debidas a la interacción campaña x fecha de siembra.

Cuando se analiza la Figura 5.65, se observa que en 2006/07 el número de semillas vaina<sup>-1</sup> difiere significativamente entre la primera y tercera fecha de siembra, en cuanto que en 2007/08 no existen diferencias significativas entre fechas de siembra y entre campañas, sólo la tercera fecha de siembra presenta diferencias significativas (de la primera a la segunda campaña hay una evolución significativamente positiva).

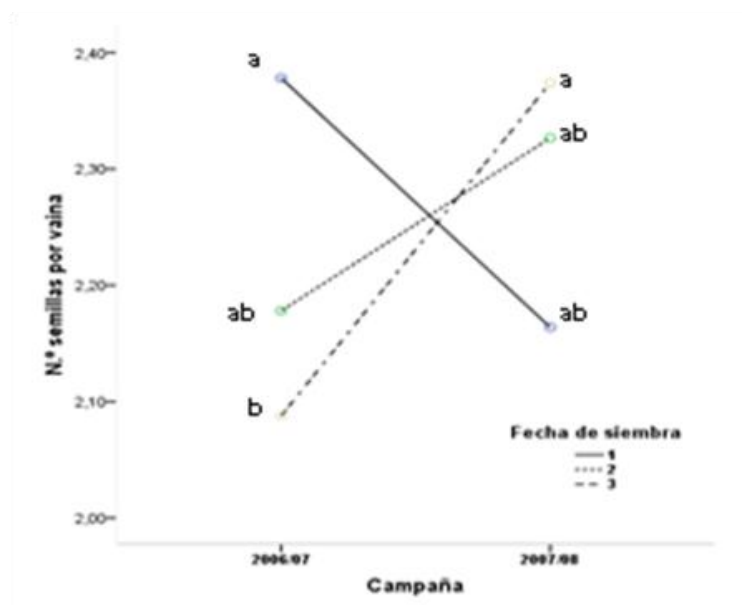


Figura 5.65 - Influencia de las interacciones campaña x fecha de siembra en el n<sup>o</sup> semillas vaina<sup>-1</sup> en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05

### 5.6.2.2.2 - INFLUENCIA DEL GENOTIPO

Este factor fue significativamente mayor en los genotipos tipo A y se observan diferencias significativas entre los tipo B, siendo el genotipo G4 el que presenta el menor valor (Tabla 5.33).

En la segunda campaña, el efecto de la interacción fecha de siembra x genotipo en el número de semillas  $m^{-2}$  sólo es significativamente importante entre los genotipos tipo B (G3 y G4) y entre éstos y los tipo A (G1 y G2) (Figura 5.66). El número de semillas por vaina, dentro de cada genotipo, es un componente indiferente a la duración del ciclo de cultivo.

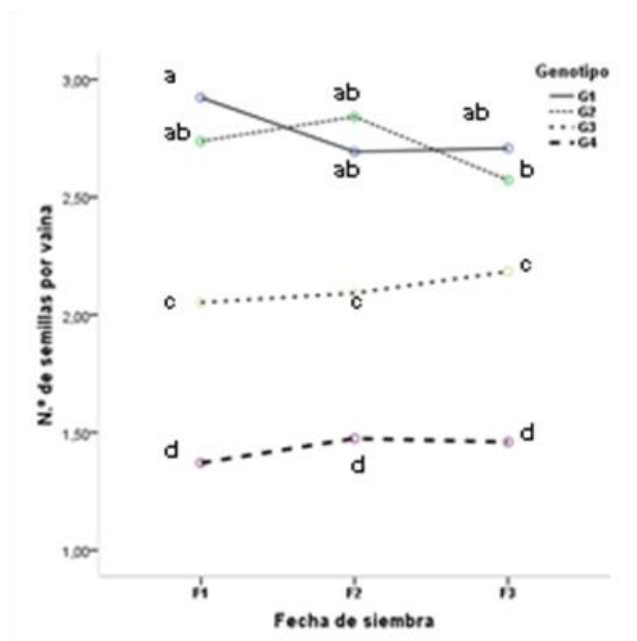


Figura 5.66 - Influencia de las interacciones fecha de siembra x genotipo en el N° semillas vaina<sup>-1</sup> en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$

### 5.6.2.2.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

Se sabe por López-Bellido *et al.* (2005) que es probable que existan variaciones de los componentes del rendimiento provocados por distintas densidades de población, no obstante y en este caso concreto, esto no ha ocurrido (Tabla 5.33).

### 5.6.2.3 – PESO DE 100 SEMILLAS

Al igual que con el número de vainas  $m^{-2}$ , el peso de 100 semillas (P100S) difiere significativamente entre campañas y el valor medio obtenido en ambas campañas, está comprendido entre los valores mínimos y máximos presentados por Campbell (1997) y Turk

*et al.* (2007), pero lejos de las medias presentadas por estos autores. El P100S es también un componente de baja heredabilidad (Turk *et al.*, 2007).

La densidad de siembra es el factor que no afecta significativamente en el P100S.

El componente del rendimiento difiere significativamente según la interacción campaña x genotipo y también según la interacción fecha de siembra x genotipo (Tabla 5.33).

### 5.6.2.3.1 - INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

Los resultados de Ulloa & Mera (2010) indican que el ambiente ejerce un fuerte efecto sobre el peso medio de semillas de almorta, y el efecto es más fuerte a medida que aumenta el peso de la semilla; Después de analizar los resultados de esta investigación se verifica que éstos van en el mismo sentido (Tabla 5.33, Figuras 5.67 y 5.68).

La maduración, etapa de llenado de la semilla, debe ser lenta para que los granos alcancen el tamaño deseado. Si las temperaturas son muy altas la maduración se anticipa.

Este componente del rendimiento de la almorta parece ser favorecido por los ciclos del cultivo largos ya que se obtienen granos de mayor calibre en las dos primeras fechas de siembra.

Se observa que, y para todas las fechas de siembra, los genotipos tipo B (origen mediterránea) presentan el mayor peso de 100 semillas, con diferencias significativas entre ellos (P100S<sub>G4</sub> mayor que P100S<sub>G3</sub>) y entre los genotipos tipo A. Entre estos últimos no existen diferencias significativas. El genotipo con semilla de mayor calibre, G4 (tipo B), es el único en el que el P100S varía con la fecha de siembra y es el único que su P100S fue influenciado por la reducción del ciclo del cultivo (Figura 5.67).

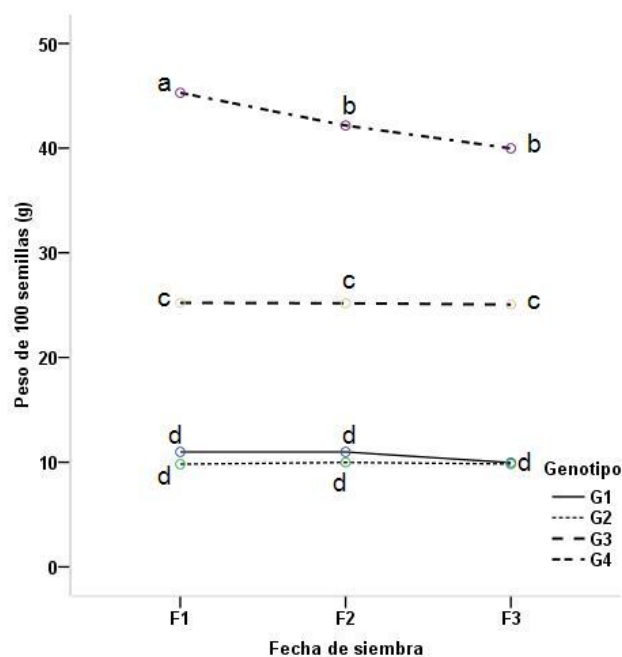


Figura 5.67 - Influencia de las interacciones fecha de siembra x genotipo en peso de 100 semillas en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

### 5.6.2.3.2 - INFLUENCIA DEL GENOTIPO

Sabiendo que fue con este tipo de genotipo (tipo B) con el que se obtuvo mayor rendimiento (Tabla 5.32), se puede decir que el tamaño de la semilla compensó los niveles inferiores de los otros dos componentes del rendimiento (Tabla 5.33). Para Hanbury *et al.* (1995), las líneas del mediterráneo europeo (tipo B) tienen peso de las semillas y rendimientos de semilla mayor que las líneas del subcontinente indio y de origen etíope (tipo A). Las líneas de la India mostraron fenología más precoz (tiempo de floración, final de la floración y madurez), menor peso de las semillas, bajos rendimientos y menores concentraciones de ODAP que el de otros orígenes. Las líneas de Etiopía mostraron una fenología un poco más tardía que las líneas del Mediterráneo y una mayor concentración ODAP que las líneas de los otros dos orígenes.

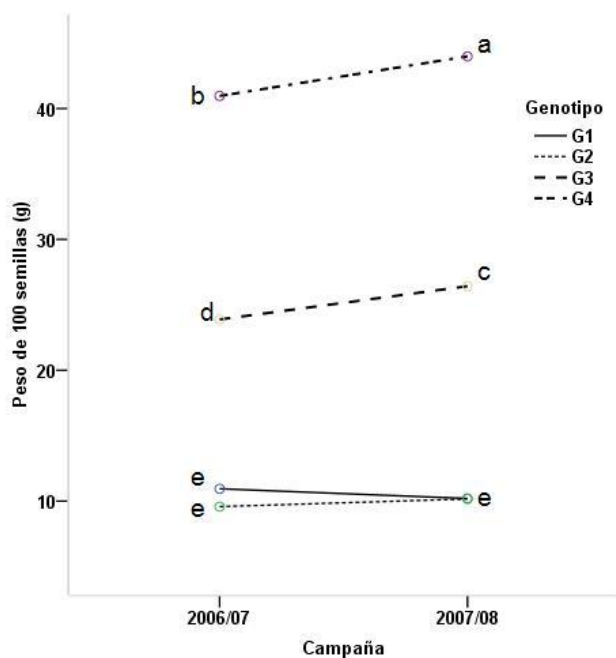


Figura 5.68 - Influencia de las interacciones campaña x genotipo en el peso de 100 semillas en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

Los dos genotipos tipo B también varían su peso de 100 semillas según la interacción campaña x genotipo. Los genotipos tipo A mantienen su comportamiento indiferente a las variaciones ambientales entre campañas (Figura 5.68). Los genotipos tipo B parecen estar influenciados por el ambiente, mientras los tipo A no.

### 5.6.2.3.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

El efecto de la densidad de siembra en el peso de 100 semillas no fue significativo (Tabla 5.33), probablemente porque, a pesar de que la segunda densidad de siembra (D2) es el doble de la primera (D1), no se instaló una densidad de población que provocase una competición entre plantas que afectase el peso de las semillas.

### 5.6.3 – ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO POR COEFICIENTE DE SENDERO

El análisis mediante coeficientes de sendero es una técnica similar a la regresión pero con poder explicativo (Coba Cisneros, 2006). Ofrece una interpretación basada en relaciones de causa-efecto para cada variable, especificando la dirección en la que ejercen su influencia y valorando su importancia relativa dentro del sistema. Estudia los efectos directos e indirectos en un conjunto de variables observables e intentan explicar por qué las variables observadas están relacionadas (García del Moral *et al.*, 1991; Coba Cisneros, 2006).

Consideramos que puede ser interesante analizar el rendimiento según el análisis por coeficientes de sendero, tanto de una forma global como por fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra, ya que el conocimiento de las relaciones funcionales entre los componentes del rendimiento, puede mejorar la eficiencia de la selección en el *Lathyrus sativus*, como probablemente en otras especies.

Tabla 5.34 - Matriz de correlaciones (n = 705) entre el rendimiento y sus componentes en el conjunto de las dos campañas.

	Nº Vainas m <sup>-2</sup>	Nº semillas vaina <sup>-1</sup>	Peso de 100 semillas (g)
<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	0,640**	-0,016	0,223**
<b>Nº Vainas m<sup>-2</sup></b>		0,263**	-0,385**
<b>Nº semillas por vaina</b>			-0,775**

\*: Significación (P<0,05); \*\*: Significación (P<0,01); \*\*\*:(P<0,001)

Los resultados de éste estudio revelan que en el conjunto de las dos campañas, existe una relación significativa y positiva del rendimiento con el número de vainas m<sup>-2</sup> (r=0,640), es decir, que este componente del rendimiento explica 41% de la variabilidad del rendimiento. El peso de 100 semillas, a pesar de estar relacionado positiva y significativamente con el rendimiento, lo afecta de forma menos intensa ya que explica aproximadamente el 5% de su variabilidad. No obstante, Hunbury *et al.* (1999), sugieren que el tamaño de la semilla puede ser importante para una mejor adaptación del *L. sativus*, como lo es para el *L. cicera* ya que en sus estudios encontró relaciones entre el tamaño de la semilla y la producción (Tabla 5.34).



La relación negativa y no significativa con el número de semillas por vaina indica la poca importancia en la formación del rendimiento ( $r=-0,016$ ) de este componente.

De las relaciones entre los componentes del rendimiento en este análisis se destaca que la existente entre el número de vainas  $m^2$  y el P100S, que no es muy alta pero sí es significativa y negativa. Pensamos que el número de vainas es beneficiado en detrimento del peso de la semilla, es decir, la distribución de asimilados perjudica el llenado de la semilla. Cabe destacar también, la esperada relación significativa y negativa entre el número de semillas por vaina y el peso de 100 semillas, ya que es sabido que el número de semillas por vaina y el peso de 100 semillas de los genotipos tipo A son significativamente mayores y menores, respectivamente, que los tipo B (Tabla 5.33).

En la Tabla 5.35 se muestra el análisis de correlación múltiple entre el rendimiento y sus componentes, con un coeficiente de determinación de 0,757.

Tabla 5.35 - Análisis de regresión múltiple ( $n = 705$ ) del rendimiento de grano y sus componentes:  $n^{\circ}$  vainas  $m^{-2}$ ,  $n^{\circ}$  semillas espiga $^{-1}$  y peso de 100 semillas (g).

Variables predictoras	Coefficientes	R <sup>2</sup>
Constante	-4919,95	0,757***
Nº vainas $m^{-2}$	2,75	
Nº semillas planta $^{-1}$	1362,68	
Peso 100 semillas	132,65	

\*: Significación ( $P<0,05$ ); \*\*: Significación ( $P<0,01$ ); \*\*\*:( $P<0,001$ )

En la Tabla 5.36 se presentan los efectos directos e indirectos del número vainas  $m^{-2}$ , semillas vaina $^{-1}$  y peso de 100 semillas en el rendimiento de grano de la almorta para las tres fechas de siembra, cuatro genotipos y dos densidades de siembra en el conjunto de las dos campañas.

El efecto directo de un componente expresa proporcionalmente su influencia cuantitativa sobre el rendimiento en grano. Así, puede decirse que el peso de 100 semillas ha ejercido una influencia de aproximadamente 1,96 veces la del número de semillas por vaina y de 1,06 veces la del número de vainas por  $m^2$ .

Por el análisis de la Tabla 5.36 se observa que el número de semillas por vaina vuelve a ser el factor menos influyente en el rendimiento, pero aumenta su influencia y gana un sentido positivo ( $P_{24}=0,470$ ). El valor era demasiado bajo ( $r= -0,016$ , Tabla 5.34) debido al alto efecto indirecto y en sentido negativo del P100S ( $r_{23} P_{34}= -0,715$ ). El efecto directo del número de vainas  $m^{-2}$  es alto ( $P_{14}=0,872$ ) como el de su coeficiente de correlación ( $r=0,640$ , Tabla 5.34), reforzando la influencia de este componente del rendimiento. Muy interesante es señalar que el coeficiente de correlación del P100S es bajo ( $r= 0,223$ , Tabla 5.34) debido a los valores de los efectos indirectos de vainas  $m^{-2}$  ( $r_{13}P_{14}= -0,336$ ) y semillas vaina $^{-1}$  ( $r_{23}P_{24}= -0,364$ ) ya que el efecto directo del P100S es bastante alto ( $P_{34}= 0,923$ ). Por tanto, se verifica la inconveniencia de usar sólo relaciones simples para estudiar el grado de

asociación e interacción entre los componentes del rendimiento y el rendimiento de grano de la almorta.

Tabla 5.36 - Análisis por coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos del número vainas  $m^{-2}$ , semillas vaina $^{-1}$  y peso de 100 semillas sobre el rendimiento en grano, en el conjunto de las dos campañas (N = 705).

<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>	R	0,757
<b>Vainas <math>m^{-2}</math> vs. Rendimiento:</b>		
<b>Efecto directo</b>	P <sub>14</sub>	0,872
<b>Efecto indirecto via</b>		
<b>semillas vainas<math>^{-1}</math></b>	r <sub>12</sub> P <sub>24</sub>	0,124
<b>peso 100 semillas</b>	r <sub>13</sub> P <sub>34</sub>	-0,355
<b>Total</b>	r <sub>14</sub>	0,640
<b>Semillas vaina<math>^{-1}</math> vs. Rendimiento:</b>		
<b>Efecto directo</b>	P <sub>24</sub>	0,470
<b>Efecto indirecto via</b>		
<b>vainas <math>m^{-2}</math></b>	r <sub>12</sub> P <sub>14</sub>	0,229
<b>peso 100 semillas</b>	r <sub>23</sub> P <sub>34</sub>	-0,715
<b>Total</b>	r <sub>24</sub>	-0,016
<b>Peso 100 semillas vs. Rendimiento:</b>		
<b>Efecto directo</b>	P <sub>34</sub>	0,923
<b>Efecto indirecto via</b>		
<b>vainas <math>m^{-2}</math></b>	r <sub>13</sub> P <sub>14</sub>	-0,336
<b>semillas vaina<math>^{-1}</math></b>	r <sub>23</sub> P <sub>24</sub>	-0,364
<b>Total</b>	r <sub>34</sub>	0,223
<b>Residual</b>	P <sub>U4</sub>	0,494

### 5.6.3.1 – INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA

Al intentar comprobar si dependiendo de la fecha de siembra, es decir, de la mayor o menor duración del ciclo de cultivo de la almorta, los efectos de los componentes del rendimiento son semejantes o no, se observa que de una forma general el tipo de relaciones no varían mucho con la fecha de siembra, pues sus valores y direcciones son parecidos (Tabla 5.37, 5.38 y 5.39).

Tabla 5.37 - Matriz de correlaciones (n = 240) entre el rendimiento y sus componentes para la primera fecha de siembra (F1) en el conjunto de las dos campañas.

	Nº Vainas $m^{-2}$	Nº semillas vaina $^{-1}$	Peso de 100 semillas (g)
<b>Rendimiento (kg ha<math>^{-1}</math>)</b>	0,643**	-0,032	0,171**
<b>Nº Vainas <math>m^{-2}</math></b>		0,340**	-0,456**
<b>Nº semillas vaina<math>^{-1}</math></b>			-0,824**

\*: Significación (P<0,05); \*\*: Significación (P<0,01); \*\*\*:(P<0,001)

Tabla 5.38 - Matriz de correlaciones (n = 225) entre el rendimiento y sus componentes para la segunda fecha de siembra (F2) en el conjunto de las dos campañas.

	Nº Vainas m <sup>-2</sup>	Nº semillas vaina <sup>-1</sup>	Peso de 100 semillas (g)
<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	0,593**	-0,032	0,197**
<b>Nº Vainas m<sup>-2</sup></b>		0,278**	-0,439**
<b>Nº semillas vaina<sup>-1</sup></b>			-0,786**

\*: Significación (P&lt;0,05); \*\*: Significación (P&lt;0,01); \*\*\*(P&lt;0,001)

Tabla 5.39 - Matriz de correlaciones (N = 240) entre el rendimiento y sus componentes para la tercera fecha de siembra (F3) en el conjunto de las dos campañas.

	Nº Vainas m <sup>-2</sup>	Nº semillas vaina <sup>-1</sup>	Peso de 100 semillas (g)
<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	0,589**	-0,007	0,300**
<b>Nº Vainas m<sup>-2</sup></b>		0,152*	-0,321**
<b>Nº semillas vaina<sup>-1</sup></b>			-0,715**

\*: Significación (P&lt;0,05); \*\*: Significación (P&lt;0,01); \*\*\*(P&lt;0,001)

En la Tabla 5.40 se muestra que los tres componentes del rendimiento, en conjunto, explican el 75%, 70% y 76% de la variabilidad del rendimiento de grano, para la primera, segunda y tercera fecha de siembra, respectivamente.

Tabla 5.40 - Análisis de regresión múltiple (N = 240) del rendimiento de grano y sus componentes: nº vainas m<sup>-2</sup>, nº semillas espiga<sup>-1</sup> y peso de 100 semillas, para las tres fechas de siembra (F1, F2 y F3).

Variables predictoras	Coeficientes			R <sup>2</sup>		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
<b>Constante</b>	-4157,15	-4937,54	-5282,23	0,749***	0,696***	0,761***
<b>Nº vainas m<sup>-2</sup></b>	2,62	2,70	2,90			
<b>Nº semillas planta<sup>-1</sup></b>	1176,06	1403,67	1146,37			
<b>Peso 100 semillas</b>	124,90	137,90	129,26			

\*: Significación (P&lt;0,05); \*\*: Significación (P&lt;0,01); \*\*\*(P&lt;0,001)

Los resultados del análisis del coeficiente de sendero por fecha de siembra presentan resultados semejantes entre ellas. Se observa que aumenta el efecto directo de todos los componentes del rendimiento en estudio (Tabla 5.41). Los reducidos y negativos coeficientes de correlación del número de semillas vaina<sup>-1</sup> pueden ser debidos al fuerte efecto indirecto y negativo del P100S.

Tabla 5.41 - Análisis por coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos del número vainas  $m^{-2}$ , semillas vaina $^{-1}$  y peso de 100 semillas sobre el rendimiento en grano para las tres fechas de siembra (F1, F2 y F3), en el conjunto de las dos campañas (N = 240).

		F1	F2	F3
<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>	R	0,749	0,696	0,761
<b>Vainas <math>m^{-2}</math> vs. Rendimiento:</b>				
<b>Efecto directo</b>	P <sub>14</sub>	0,930	0,881	0,812
<b>Efecto indirecto via</b>				
<b>semillas vainas<math>^{-1}</math></b>	r <sub>12</sub> P <sub>24</sub>	0,151	0,132	0,084
<b>peso 100 semillas</b>	r <sub>13</sub> P <sub>34</sub>	-0,438	-0,421	-0,307
<b>Total</b>	r <sub>14</sub>	0,643	0,593	0,589
<b>Semillas vaina<math>^{-1}</math> vs. rendimiento:</b>				
<b>Efecto directo</b>	P <sub>24</sub>	0,443	0,476	0,553
<b>Efecto indirecto via</b>				
<b>vainas <math>m^{-2}</math></b>	r <sub>12</sub> P <sub>14</sub>	0,316	0,245	0,123
<b>peso 100 semillas</b>	r <sub>23</sub> P <sub>34</sub>	-0,791	-0,753	-0,684
<b>Total</b>	r <sub>24</sub>	-0,032	-0,032	-0,007
<b>Peso 100 semillas vs. Rendimiento:</b>				
<b>Efecto directo</b>	P <sub>34</sub>	0,960	0,958	0,956
<b>Efecto indirecto via</b>				
<b>vainas <math>m^{-2}</math></b>	r <sub>13</sub> P <sub>14</sub>	-0,424	-0,387	-0,261
<b>semillas vaina<math>^{-1}</math></b>	r <sub>23</sub> P <sub>24</sub>	-0,365	-0,374	-0,396
<b>Total</b>	r <sub>34</sub>	0,171	0,197	0,300
<b>Residual</b>	P <sub>U4</sub>	0,502	0,551	0,489

### 5.6.3.2 – INFLUENCIA DEL GENOTIPO

Los coeficientes de correlación entre el número de vainas  $m^2$  y el rendimiento, para los cuatro genotipos, son muy elevados y bastante superiores a los otros dos componentes del rendimiento (Tablas 5.42, 5.43, 5.44 y 5.45), siendo los efectos directos superiores a las relaciones y los efectos indirectos, bastantes reducidos (Tabla 5.47); quedando muy claro la fuerte influencia del número de vainas  $m^{-2}$  en el rendimiento de los genotipos utilizados.

Tabla 5.42 - Matriz de correlaciones (N = 165) entre el rendimiento y sus componentes para el genotipo Lat 5031 (G1) en el conjunto de las dos campañas

	Nº Vainas $m^{-2}$	Nº semillas vaina $^{-1}$	Peso de 100 semillas (g)
<b>Rendimiento (kg ha<math>^{-1}</math>)</b>	0,912**	0,212**	0,191*
<b>Nº Vainas <math>m^{-2}</math></b>		0,060	-0,058
<b>Nº semillas vaina<math>^{-1}</math></b>			-0,299**

\*: Significación (P<0,05); \*\*: Significación (P<0,01); \*\*\*(P<0,001)

Tabla 5.43 - Matriz de correlaciones (N = 180) entre el rendimiento y sus componentes para el genotipo Lat 5038 (G2) en el conjunto de las dos campañas

	Nº Vainas m <sup>-2</sup>	Nº semillas vaina <sup>-1</sup>	Peso de 100 semillas (g)
<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	0,831**	0,209**	0,101
<b>Nº Vainas m<sup>-2</sup></b>		-0,128	-0,227**
<b>Nº semillas vaina<sup>-1</sup></b>			-0,142

\*: Significación (P&lt;0,05); \*\*: Significación (P&lt;0,01); \*\*\*(P&lt;0,001)

Tabla 5.44 - Matriz de correlaciones (n = 180) entre el rendimiento y sus componentes para el genotipo Lat 4815 (G3) en el conjunto de las dos campañas.

	Nº Vainas m <sup>-2</sup>	Nº semillas vaina <sup>-1</sup>	Peso de 100 semillas (g)
<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	0,853**	0,231**	0,098
<b>Nº Vainas m<sup>-2</sup></b>		-0,075	-0,172*
<b>Nº semillas vaina<sup>-1</sup></b>			-0,270

\*: Significación (P&lt;0,05); \*\*: Significación (P&lt;0,01); \*\*\*(P&lt;0,001)

Tabla 5.45 - Matriz de correlaciones (N = 180) entre el rendimiento y sus componentes para el genotipo Lat 4810 (G4) en el conjunto de las dos campañas

	Nº Vainas m <sup>-2</sup>	Nº semillas vaina <sup>-1</sup>	Peso de 100 semillas (g)
<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	0,868**	0,120	0,275**
<b>Nº Vainas m<sup>-2</sup></b>		-0,165*	0,072
<b>Nº semillas vaina<sup>-1</sup></b>			-0,414**

\*: Significación (P&lt;0,05); \*\*: Significación (P&lt;0,01); \*\*\*(P&lt;0,001)

Tabla 5.46 - Análisis de regresión múltiple (N = 180) del rendimiento de grano y sus componentes: nº vainas m<sup>-2</sup>, nº semillas vaina<sup>-1</sup> y peso de 100 semillas, para Los cuatro genotipos (G1, G2, G3 y G4).

Variables predictoras	Coeficientes				R <sup>2</sup>			
	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
<b>Constante</b>	-5701,21	6410,42	-7428,29	-7996,15	0,950***	0,921***	0,936****	0,950***
<b>Nº vainas m<sup>-2</sup></b>	2,71	2,28	4,56	5,46				
<b>Nº semillas planta<sup>-1</sup></b>	1043,96	1356,16	1849,30	2461,67				
<b>Peso 100 semillas</b>	287,04	316,30	159,71	103,07				

\*: Significación (P&lt;0,05); \*\*: Significación (P&lt;0,01); \*\*\*(P&lt;0,001)

Como se puede observar en la Tabla 5.47, gran parte de la variabilidad del rendimiento de grano es responsabilidad del conjunto de los tres componentes del rendimiento (95%, 92%, 94% y 95%). Este efecto es superior al determinado cuando se analiza el rendimiento según el coeficiente de sendero por fecha de siembra.

Se observa que, para los cuatro genotipos, el número de vainas m<sup>-2</sup> ha ejercido una gran influencia sobre los otros componentes del rendimiento. Por ejemplo, el número de vainas m<sup>-2</sup> referente al genotipo 1 (G1) ha ejercido una influencia de aproximadamente 3,62 veces la del número de semillas por vaina y 3,05 veces la del peso de 100 semillas.

Aumenta ligeramente el efecto directo del número de semillas vaina<sup>-1</sup>, principalmente en los genotipos tipo B.

Tabla 5.47 - Análisis por coeficientes de sendero de los efectos sobre el rendimiento en grano para los cuatro genotipos (G1, G2, G3 y G4), en el conjunto de las dos campañas (N = 180).directos e indirectos del número vainas m<sup>-2</sup>, semillas vaina<sup>-1</sup> y peso de 100 semillas

		<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>	R	0,950	0,921	0,936	0,950
<b>Vainas m<sup>-2</sup> vs. Rendimiento:</b>					
<b>Efecto directo</b>	P <sub>14</sub>	0,915	0,966	0,947	0,911
<b>Efecto indirecto via</b>					
<b>semillas vainas<sup>-1</sup></b>	r <sub>12</sub> P <sub>24</sub>	0,015	-0,049	-0,030	-0,071
<b>peso 100 semillas</b>	r <sub>13</sub> P <sub>34</sub>	-0,019	-0,085	-0,064	0,028
<b>Total</b>	r <sub>14</sub>	0,912	0,831	0,853	0,868
<b>Semillas vaina<sup>-1</sup> vs. rendimiento:</b>					
<b>Efecto directo</b>	P <sub>24</sub>	0,253	0,386	0,402	0,431
<b>Efecto indirecto via</b>					
<b>vainas m<sup>-2</sup></b>	r <sub>12</sub> P <sub>14</sub>	0,055	-0,124	-0,071	-0,150
<b>peso 100 semillas</b>	r <sub>23</sub> P <sub>34</sub>	-0,096	-0,053	-0,100	-0,161
<b>Total</b>	r <sub>24</sub>	0,212	0,209	0,231	0,120
<b>Peso 100 semillas vs. Rendimiento:</b>					
<b>Efecto directo</b>	P <sub>34</sub>	0,320	0,375	0,369	0,388
<b>Efecto indirecto via</b>					
<b>vainas m<sup>-2</sup></b>	r <sub>13</sub> P <sub>14</sub>	-0,053	-0,219	-0,163	0,066
<b>semillas vaina<sup>-1</sup></b>	r <sub>23</sub> P <sub>24</sub>	-0,076	-0,055	-0,108	-0,178
<b>Total</b>	r <sub>34</sub>	0,191	0,101	0,098	0,275
<b>Residual</b>	P <sub>U4</sub>	0,225	0,281	0,252	0,225

### 5.6.3.3 - INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

Para ambas densidades de siembra (D1 y D2) los valores y sentido de las relaciones son parecidas a las determinadas para las diferentes fechas de siembra. Las relaciones significativas y positivas más elevadas son las existentes entre el número de vainas m<sup>-2</sup> y el rendimiento. Por otro lado, las relaciones más significativas y negativas son las relaciones entre el número de semillas por vaina y el peso de 100 semillas (Tablas 5.48 y 5.49).

Tabla 5.48 - Matriz de correlaciones (N = 345) entre el rendimiento y sus componentes para la densidad de siembra 30 plantas m<sup>-2</sup> (D1) en el conjunto de las dos campañas.

	<b>Nº Vainas m<sup>-2</sup></b>	<b>Nº semillas vaina<sup>-1</sup></b>	<b>Peso de 100 semillas (g)</b>
<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	0,611**	-0,123*	0,353**
<b>Nº Vainas m<sup>-2</sup></b>		0,214**	-0,303**
<b>Nº semillas vaina<sup>-1</sup></b>			-0,786**

\*: Significación (P<0,05); \*\*: Significación (P<0,01); \*\*\*(P<0,001)

Tabla 5.49 - Matriz de correlaciones (N = 360) entre el rendimiento y sus componentes para la densidad de siembra 60 plantas m<sup>-2</sup> (D2) en el conjunto de las dos campañas.

	Nº Vainas m <sup>-2</sup>	Nº semillas vaina <sup>-1</sup>	Peso de 100 semillas (g)
<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	0,637**	0,073	0,119*
<b>Nº Vainas m<sup>-2</sup></b>		0,311**	-0,463**
<b>Nº semillas vaina<sup>-1</sup></b>			-0,769

\*: Significación (P<0,05); \*\*: Significación (P<0,01); \*\*\*:(P<0,001)

El efecto conjunto de los tres componentes del rendimiento en los resultados de la producción de grano, a semejanza de lo observado para las tres fechas de siembra, supera el 70% (Tabla 5.50).

Tabla 5.50 - Análisis de regresión múltiple (N = 360) del rendimiento de grano y sus componentes: nº vainas m<sup>-2</sup>, nº semillas vaina<sup>-1</sup> y peso de 100 semillas, para las dos densidades de siembra (D1 y D2).

Variables predictoras	Coeficientes		R <sup>2</sup>	
	D1	D2	D1	D2
<b>Constante</b>	-4993,5	-4819,63	0,772***	0,727***
<b>Nº vainas m<sup>-2</sup></b>	2,86	2,66		
<b>Nº semillas planta<sup>-1</sup></b>	1345,43	1378,92		
<b>Peso 100 semillas</b>	131,62	132,95		

\*: Significación (P<0,05); \*\*: Significación (P<0,01); \*\*\*:(P<0,001)

Una vez más, existen diferencias entre los resultados obtenidos del análisis por coeficiente de sendero y el análisis de correlación simple.

Los valores de los efectos directos de los tres componentes del rendimiento vuelven a ser mayores, alcanzando valores bastante elevados los relativos al número de vainas m<sup>-2</sup> ( $r_{D1}=0,80$  y  $r_{D2}=0,91$ , Tabla 5.51) y al P100S ( $r_{D1}=0,95$  y  $r_{D2}=0,93$ , Tabla 5.51).

Tabla 5.51 - Análisis por coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos del número vainas  $m^{-2}$ , semillas vaina $^{-1}$  y peso de 100 semillas sobre el rendimiento en grano para las dos densidades de siembra (D1 y D2), en el conjunto de las dos campañas (N = 360).

		D1	D2
<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>	R	0,772	0,727
<b>Vainas <math>m^{-2}</math> vs. Rendimiento:</b>			
<b>Efecto directo</b>	P <sub>14</sub>	0,803	0,910
<b>Efecto indirecto via semillas vainas<math>^{-1}</math> peso 100 semillas</b>	r <sub>12</sub> P <sub>24</sub> r <sub>13</sub> P <sub>34</sub>	0,097 -0,289	0,156 -0,429
<b>Total</b>	r <sub>14</sub>	0,611	0,637
<b>Semillas vaina<math>^{-1}</math> vs. rendimiento:</b>			
<b>Efecto directo</b>	P <sub>24</sub>	0,455	0,503
<b>Efecto indirecto via vainas <math>m^{-2}</math> peso 100 semillas</b>	r <sub>12</sub> P <sub>14</sub> r <sub>23</sub> P <sub>34</sub>	0,172 -0,750	0,283 -0,713
<b>Total</b>	r <sub>24</sub>	-0,123	0,073
<b>Peso 100 semillas vs. Rendimiento:</b>			
<b>Efecto directo</b>	P <sub>34</sub>	0,954	0,927
<b>Efecto indirecto via vainas <math>m^{-2}</math> semillas vaina<math>^{-1}</math></b>	r <sub>13</sub> P <sub>14</sub> r <sub>23</sub> P <sub>24</sub>	-0,243 -0,358	-0,421 -0,387
<b>Total</b>	r <sub>34</sub>	0,353	0,119
<b>Residual</b>	P <sub>U4</sub>	0,478	0,523

## 5.7 - EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD

Considerando que la calidad de cualquier leguminosa es el resultado final de una combinación de factores intrínsecos (Haro, 1983), y que la calidad nutricional y usualmente descrita en términos de la concentración, entre otros factores, de proteína y de factores antinutricionales (Nleya *et al.*, 1999), en este capítulo se analizan algunos de estos factores considerados importantes para el *Lathyrus sativus*: proteína, grasa, almidón, ceniza, fibra bruta, NDF, ADF, ADL, compuestos fenólicos totales y la neurotoxina ODAP.

### 5.7.1 – PROTEÍNA BRUTA

Para el conjunto de las dos campañas, las condiciones ambientales afectaron la concentración de la proteína en la semilla de la almorta, es decir, existen diferencias significativas entre los dos años de ensayo. En 2006/07 los valores de proteína fueron mayores (Tabla 5.52). Como refiere Buratto *et al.* (2009) el contenido en proteína puede ser



influenciado por factores ambientales. En este estudio conviene señalar que una de las diferencias ambientales que puede haber afectado a este factor fue la diferencia de la precipitación total, que en 2006/07 fue mayor que en 2007/08 (Anexo, 3)

Por el contrario, la fecha y la densidad de siembra no afectaron de forma significativa los niveles de proteína en la semilla.

El análisis individual de la variación mostró un efecto significativo del genotipo. En la Tabla 5.52 se presenta los valores medios, mínimos y máximos correspondientes al contenido de proteína en los cuatro genotipos en estudio, para los dos años de ensayo.

Tabla 5.52 - Resumen de la estadística descriptiva del porcentaje de proteína bruta por genotipo, en los dos años de ensayo

Parámetro	Año	Media	Mínimo	Máximo
<b>Genotipo 1 - Lat 5031</b>	2006/07	21,8	21,1	22,6
	2007/08	20,3	19,7	21,3
<b>Genotipo 2 - Lat 5038</b>	2006/07	22,8	21,7	24,1
	2007/08	21,5	20,8	22,4
<b>Genotipo 3 - Lat 4815</b>	2006/07	22,0	21,5	22,6
	2007/08	21,0	20,7	21,2
<b>Genotipo 4 - Lat 4810</b>	2006/07	23,3	22,7	24,0
	2007/08	21,9	20,9	22,7

Los porcentajes de proteína bruta determinados varían entre 21,1% y 24,1% en el primer año, y entre 19,7 y 22,7% en el segundo año. Se observa que es el genotipo 4 el que en cada año presenta los mayores valores medios y el genotipo 1 los más bajos. No parece existir una relación entre el tamaño de la semilla y el contenido en proteínas, ya que el genotipo 3 (tipo B) presenta valores semejantes al genotipo 1 (tipo A), y el mismo tipo de relación existe entre los dos otros genotipos, también ellos de tipos distintos (Tabla 5.53).

Los valores anteriormente presentados no son muy altos en comparación con los indicados por Aletor *et al.* (1994) (31%) o por López-Bellido (1994) (25.6% - 28.4), pero se integran en los valores medios definidos para esta especie y para los de las leguminosas grano, que según Abreu & Bruno-Soares (1998) son 20-40%.

Como era de esperar, los valores de proteína determinados en este estudio para el *L. sativus* son más altos que los determinados para el garbanzo (18,0%) e inferiores al del altramuz (35,1%) (Yan *et al.*, 2006), presentando contenidos inferiores al normal en guisante (25,7%) y habas (26,9%) (Yan *et al.*, 2006).

Tabla 5.53 - Contenido en proteína bruta (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	22,37	21,45	21,91
	2ª Fecha	22,61	21,26	21,98
	3ª Fecha	22,47	20,99	21,71
Genotipo	Lat 5031	21,83 c	20,32 c	21,14 b
	Lat 5038	22,78 ab	21,54 ab	22,16 a
	Lat 4815	22,05 bc	21,01 c	21,51 b
	Lat 4810	23,26 a	21,89 a	22,58 a
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	22,34	21,16	21,76
	60 Pl/m <sup>2</sup>	22,63	21,30	21,96
<b>Media general</b>		22,49 A	21,23 B	21,87
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		ns	ns	ns
<b>Genotipo (G)</b>		***	***	***
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	ns	ns
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			ns
	<b>C x G</b>			ns
	<b>F x G</b>	*	ns	*
	<b>C x F x G</b>			ns
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G x D</b>			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		5	5	6

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

Para Haro (1983), en esta especie, esta característica está positivamente correlacionada con la producción, al contrario de lo que ocurre con los cereales. No obstante, y tal como refiere Wang *et al.* (1994), en esta investigación no se encuentra relación entre estas características. De acuerdo con Haro (1983) sí existe una relación entre el tamaño de la semilla y el contenido en proteínas ( $r=0,239$ ), siendo la semilla más grande la de mayor contenido en proteínas.

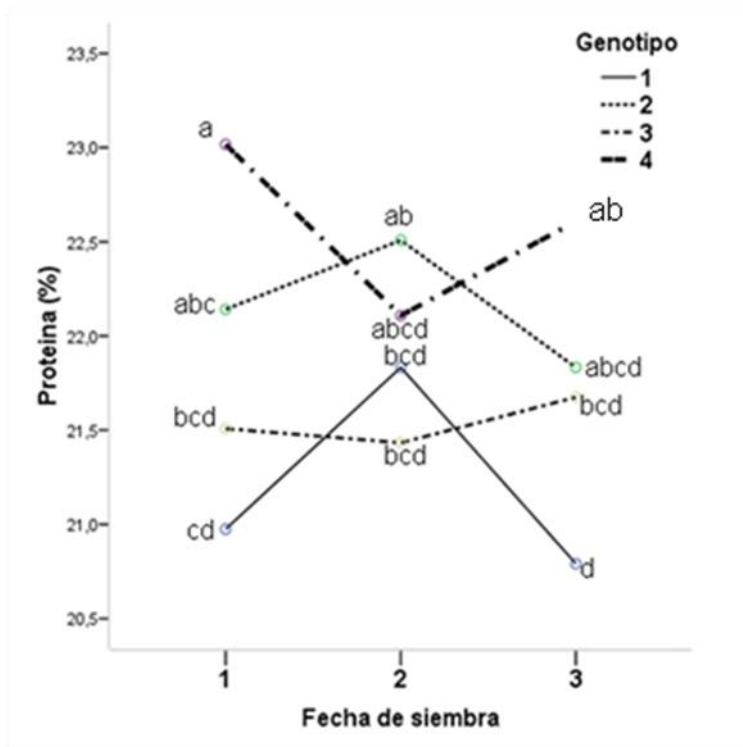


Figura 5.69 - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo en el porcentaje de proteína bruta en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

Es ligeramente significativa la interacción entre la fecha de siembra y el genotipo (Figura 5.69). El comportamiento de los cuatro genotipos es heterogéneo entre fechas de siembra. El genotipo 4 presenta los valores de proteína más altos, en las fechas 1 y 3, mientras que el genotipo 1 presenta los valores más bajos para estas mismas fechas de siembra. En la segunda fecha, es el genotipo 2 y el genotipo 3 los que presentan el mayor y menor porcentaje de proteína, respectivamente.

El porcentaje de proteína de los genotipos tipo A (genotipo 1 y genotipo 2) sufre un aumento de la fecha 1 para la fecha 2 y una disminución de la fecha 2 para la fecha 3. Lo contrario ocurre para los genotipos tipo B.

### 5.7.2 – ALMIDÓN

El contenido de almidón sólo presentó variación significativa entre campañas (Tabla 5.54). En la primera campaña (43,57%) se sintetizó mayor cantidad de almidón que en la segunda campaña (28,53 %). Los valores alcanzados en 2007/08 están por debajo del intervalo mencionado por Haro (1983) para las leguminosas grano (35%-67%).

Tabla 5.54 - Contenido en almidón (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
<b>Fecha</b>	<b>1ª Fecha</b>	42,93	29,44	36,18
	<b>2ª Fecha</b>	43,70	28,04	36,39
	<b>3ª Fecha</b>	44,10	28,06	35,91
<b>Genotipo</b>	<b>Lat 5031</b>	43,28	28,94	36,76
	<b>Lat 5038</b>	43,05	29,24	36,14
	<b>Lat 4815</b>	44,78	28,38	36,35
	<b>Lat 4810</b>	43,23	27,64	35,44
<b>Densidad</b>	<b>30 Pl/m<sup>2</sup></b>	43,65	28,87	36,47
	<b>60 Pl/m<sup>2</sup></b>	43,49	28,23	35,86
<b>Media general</b>		43,57 A	28,53 B	36,16
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		ns	ns	ns
<b>Genotipo (G)</b>		ns	ns	ns
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	ns	ns
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			ns
	<b>C x G</b>			ns
	<b>F x G</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G</b>			ns
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G x D</b>			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		5	17	23

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

### 5.7.3 – GRASA

En este estudio, el contenido en grasa de la almorta no fue afectado por ninguno de los factores en estudio (campaña, fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra), es decir, es una característica del *L. sativus* muy estable.

Los valores encontrados (media de los dos años de ensayo fue de 0,82 %) en todos los tratamientos se encuentran dentro de los límites mencionados en la bibliografía consultada (Tabla 5.55).

Tabla.5.55 - Contenido en grasa (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	0,82	0,81	0,81
	2ª Fecha	0,87	0,80	0,84
	3ª Fecha	0,87	0,77	0,82
Genotipo	Lat 5031	0,86	0,88 a	0,88
	Lat 5038	0,79	0,88 a	0,83
	Lat 4815	0,88	0,78 b	0,83
	Lat 4810	0,87	0,63 b	0,75
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,87	0,80	0,83
	60 Pl/m <sup>2</sup>	0,84	0,78	0,81
<b>Media general</b>		0,85	0,79	0,82
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				ns
<b>Fecha de siembra (F)</b>		ns	ns	ns
<b>Genotipo (G)</b>		ns	**	ns
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	ns	ns
<b>Interacción</b>	C x F			ns
	C x G			**
	F x G	ns	ns	ns
	C x F x G			ns
	C x D			ns
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
C x F x G x D			ns	
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		19	28	23

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

Al analizar la Figura 5.70, se verifica que el genotipo 4 es el único que revela un contenido en grasa significativamente diferente entre campañas, sufriendo una disminución importante de la primera a la segunda campaña, manifestando cierta sensibilidad a la variabilidad de las condiciones climáticas. Estas diferencias pueden ser indicadoras de la presencia de variación genética significativa entre genotipos.

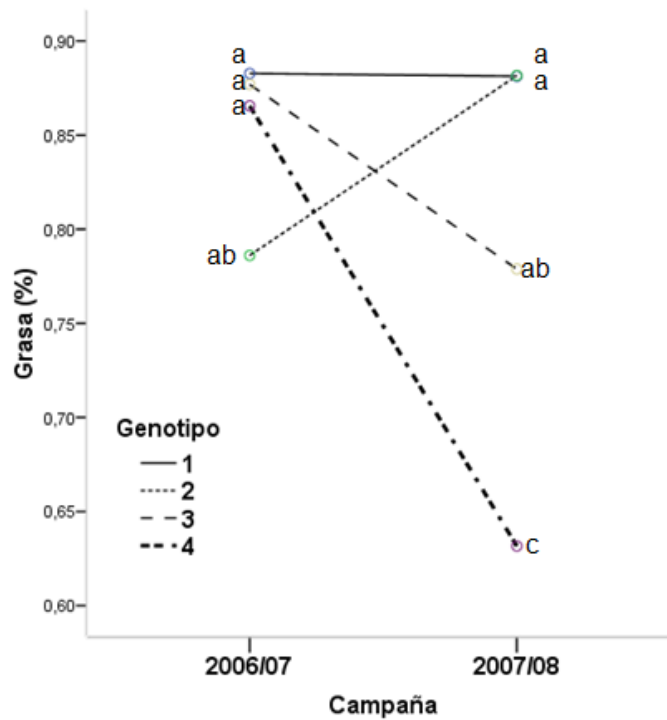


Figura 5.70 - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de grasa en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

#### 5.7.4 – FIBRA BRUTA

El contenido en fibra bruta de la almorta es similar a al del garbanzo, que según Singh (1984) es de 6,6%; El contenido en fibra bruta es importante en la almorta (media 6,18%) estando directamente relacionado con el grosor de la cubierta de la semilla (Singh, 1984).

En los dos años de ensayo, los valores correspondientes a la fibra fueron significativamente distintos, siendo superior en el segundo año (Tabla 5.56). La fecha y densidad de siembra no muestran diferencias significativas para este componente de las células vegetales, que forma parte principalmente de las capas externas de los granos.

Tabla 5.56 - Contenido en fibra bruta (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	6,24	6,19	6,21
	2ª Fecha	6,15	6,37	6,25
	3ª Fecha	5,88	6,29	6,09
Genotipo	Lat 5031	6,60 a	7,09 a	6,82 a
	Lat 5038	6,51 a	6,96 a	6,74 a
	Lat 4815	5,69 b	5,86 b	5,78 b
	Lat 4810	5,53 b	5,34 c	5,44 c
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	6,10	6,24	6,17
	60 Pl/m <sup>2</sup>	6,09	6,31	6,20
Media general		6,09 B	6,28 A	6,18
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				**
Fecha de siembra (F)		ns	ns	ns
Genotipo (G)		***	***	***
Densidad de siembra (D)		ns	ns	ns
Interacción	C x F			ns
	C x G			*
	F x G	ns	ns	ns
	C x F x G			ns
	C x D			ns
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
	C x F x G x D			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		13	14	13

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

Para el conjunto de las dos campañas, sí existen importantes diferencias entre genotipos. La cantidad de fibra es mayor en los genotipos de menor calibre y con tegumento pigmentado (genotipos tipo A). Fenómeno semejante ocurre con el garbanzo, los de tipo Desi (semilla pigmentada) tiene más fibra que el tipo Kabuli (semilla clara) (Singh, 1984). Entre los genotipos tipo B también existen diferencias significativas. El genotipo 4 presenta el menor valor (Tabla 5.57). Los valores determinados en este estudio para el *L. sativus* son superiores a los referidos por Milczak (2001), que para esta misma especie son de 4,50 %, y para *Lens culinaris* es de 4,00% y *Vicia sativa* de 6,3%. Hanbury *et al.* (2000) determinó valores medios superiores (8,00%).

Tabla 5.57 - Resumen de la estadística descriptiva del porcentaje de fibra bruta por genotipo, en los dos años de ensayo del LAT-DDS.

Parámetro	Año	Media	Mínimo	Máximo
Genotipo 1 - Lat 5031	2006/07	6,6 a	4,9	7,4
	2007/08	7,1 a	6,2	7,9
Genotipo 2 - Lat 5038	2006/07	6,5 a	5,2	7,5
	2007/08	7,0 a	6,1	7,6
Genotipo 3 - Lat 4815	2006/07	5,7 b	4,3	6,4
	2007/08	5,9 b	4,9	6,6
Genotipo 4 - Lat 4810	2006/07	5,5 b	4,2	7,0
	2007/08	5,3 c	4,8	6,0

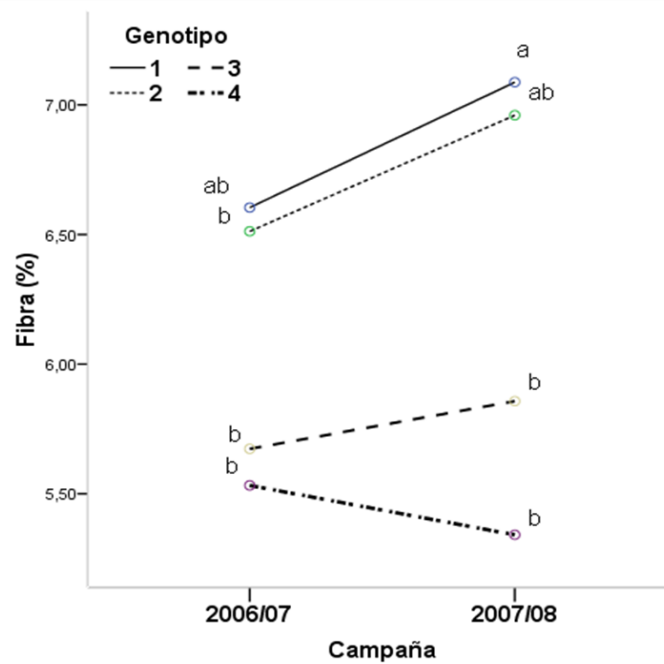


Figura 5.71 - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de fibra en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

Los genotipos tipo A (G1 y G2) y el genotipo 3 presentan una evolución positiva de la campaña 2006/07 a la 2007/08. El genotipo 4 se comporta de forma diferente (Figura 5.71). Una vez más el genotipo 4, en lo que se refiere a las características relacionadas con la calidad de la semilla, manifiesta un comportamiento algo distinto de los restantes genotipos, aunque sin diferencias significativas.

### 5.7.5 – FIBRA NEUTRO DETERGENTE (NDF)

Este método de cuantificación de la fibra, con base en un tratamiento con detergente neutro, no reveló influencia por parte del ambiente y de la densidad de siembra. Por otro lado, nos muestra que, en este caso, sí hay influencia por parte de la fecha de siembra. Los tratamientos relativos a la segunda fecha tienen valores mayores de NDF que los sembrados en la tercera fecha. Los valores medios de NDF obtenidos por fecha en este trabajo (Tabla 5.58) son bastante diferentes de los encontrados en Tadelles *et al.* (2003) (12,82 %) y en Trombetta *et al.* (2006) (15,6 %).

Una vez más los genotipos utilizados muestran su variabilidad. En este caso respecto a los niveles de NDF que son significativamente superiores en los de tipo A, lo que nos lleva a creer, de acuerdo con Singh (1984), que estos genotipos tienen un grosor de la cubierta de la semilla mayor que los de tipo B.



Tabla 5.58 – Fibra neutro detergente (NDF) (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	22,44	20,70	21,57 ab
	2ª Fecha	23,75	22,59	23,21 a
	3ª Fecha	21,39	21,43	21,41 b
Genotipo	Lat 5031	25,24 a	24,04 a	24,70 a
	Lat 5038	23,64 ab	22,51 ab	23,07 a
	Lat 4815	20,58 b	21,11 bc	20,85 b
	Lat 4810	20,61 b	18,88 c	19,74 b
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	23,09	21,75	22,44
	60 Pl/m <sup>2</sup>	22,01	21,32	21,66
<b>Media general</b>		22,54	21,53	22,04
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				ns
Fecha de siembra (F)		ns	*	*
Genotipo (G)		***	***	***
Densidad de siembra (D)		ns	ns	ns
Interacción	C x F			ns
	C x G			ns
	F x G	ns	ns	ns
	C x F x G			ns
	C x D			ns
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	**	**
	C x F x G x D			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		20	17	19

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

### 5.7.6 - FIBRA ÁCIDO DETERGENTE (ADF)

Cuando cuantificamos la fibra basada en un tratamiento con detergente ácido (ADF) (Tabla 5.59), encontramos valores básicamente compuestos por celulosa, lignina y sílice, coincidiendo con los presentados por otros autores, Hanbury *et al.*, (2000) y Trombetta *et al.* (2006): 9,3% y Tadelle *et al.* (2003): 9,68%.

Tabla 5.59 – Fibra ácido detergente (ADF) (%), según la fecha de siembra el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	8,71 a	8,36	8,54
	2ª Fecha	8,12 b	8,42	8,26
	3ª Fecha	8,13 b	8,53	8,33
Genotipo	Lat 5031	9,52 a	9,77 a	9,63 a
	Lat 5038	9,08 a	9,70 a	9,39 a
	Lat 4815	7,58 b	7,73 b	7,66 b
	Lat 4810	7,08 b	6,76 c	6,91 c
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	8,20	8,37	8,28
	60 Pl/m <sup>2</sup>	8,45	8,49	8,47
<b>Media general</b>		8,33	8,44	8,38
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				ns
Fecha de siembra (F)		**	ns	ns
Genotipo (G)		***	***	***
Densidad de siembra (D)		ns	ns	ns
Interacción	C x F			ns
	C x G			**
	F x G	*	ns	ns
	C x F x G			ns
	C x D			ns
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
	C x F x G x D			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		16	18	16

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

Las condiciones ambientales no se revelan importantes para esta característica ya que no producen variaciones. En la primera campaña sí existen comportamientos distintos entre fechas de siembra, siendo en la primera fecha cuando se obtienen niveles más altos de ADF (Tabla 5.59). Entre genotipos, tanto en 2006/07 como en 2007/08 y en el conjunto de las dos campañas, y a semejanza de los niveles de NDF (Tabla 5.58), sí existen variaciones significativas y también se encuentran agrupados por tipos (tipo A y tipo B). En ambas campañas los genotipos tipo A presenta los valores más altos. De este grupo, el genotipo 2 presenta niveles más bajos en la primera campaña y es el único de los cuatro genotipos que revela valores significativamente distintos entre campañas (Figura 5.72)

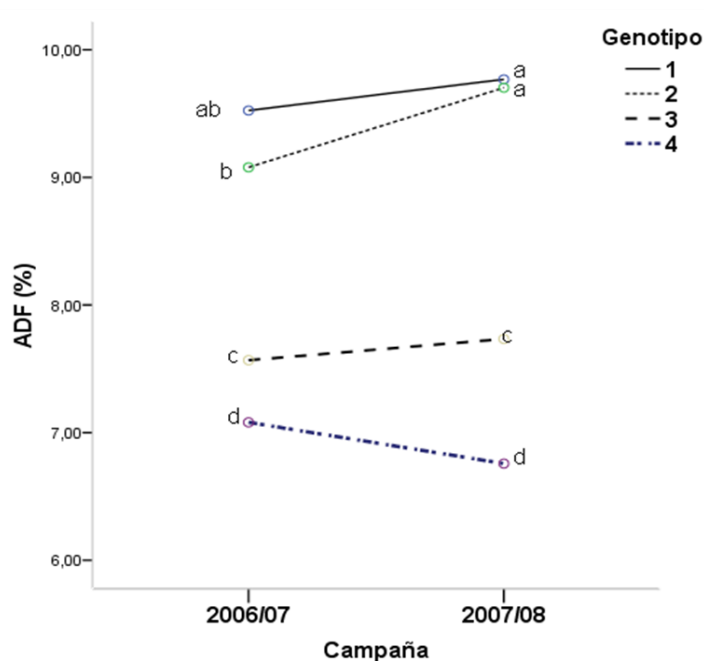


Figura 5.72 - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de ADF en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

### 5.7.7 – LIGNINA ÁCIDO DETERGENTE (ADL)

La lignina es a menudo el factor que más limita la digestibilidad, ya que es prácticamente indigerible, siendo un gran obstáculo para la utilización de otros compuestos, incluyendo celulosa, hemicelulosa y la proteína, porque forman enlaces que apenas son hidrolizables (Van Soest, 1994). Los mecanismos de esta inhibición no son bien conocidos. Por ejemplo, las gramíneas tienen concentraciones más bajas de lignina que las leguminosas y, sin embargo la lignina de las gramíneas inhibe la digestión más marcadamente (Mowat *et al.*, 1969).

Al analizar la Tabla 5.60 se verifica que en el conjunto de las dos campañas no existen diferencias significativas. La fecha de siembra sí provoca variaciones en los niveles de ADL, siendo la segunda fecha de siembra la que consigue mayor nivel de ADL. En cuanto a la variación entre genotipos y considerando el comportamiento del NDF y ADF descritos anteriormente, ocurre lo que se esperaba, es decir, que existe una influencia significativa de este factor. Los genotipos de tipo A presentan contenidos de lignina superiores que los de tipo B. La densidad de siembra, una vez más, no muestra diferencias significativas

Los valores registrados en este trabajo son superiores a los citados por Hanbury *et al.* (2000) y Trombetta *et al.* (2006), que es de 1,2 %.

Tabla 5.60 – Lignina ácido detergente (ADL) (%), según la fecha de siembra, genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	1,63 ab	1,69 a	1,66 b
	2ª Fecha	1,8 a	1,81 a	1,80 a
	3ª Fecha	1,47 b	1,27 b	1,37 c
Genotipo	Lat 5031	1,85 a	1,55 b	1,71 b
	Lat 5038	1,59 b	2,40 a	1,99 a
	Lat 4815	1,48 b	1,43 b	1,45 c
	Lat 4810	1,61 ab	0,94 c	1,18 d
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	1,56 b	1,61 a	1,58
	60 Pl/m <sup>2</sup>	1,71 a	1,55 b	1,63
<b>Media general</b>		1,63	1,58	1,61
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				ns
Fecha de siembra (F)		***	***	***
Genotipo (G)		**	***	***
Densidad de siembra (D)		*	ns	ns
Interacción	C x F			ns
	C x G			***
	F x G	***	***	***
	C x F x G			***
	C x D			**
	F x D	**	***	***
	C x F x D			***
	G x D	**	***	**
	C x G x D			**
	F x G x D	ns	***	***
	C x F x G x D			***
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		26	53	41

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

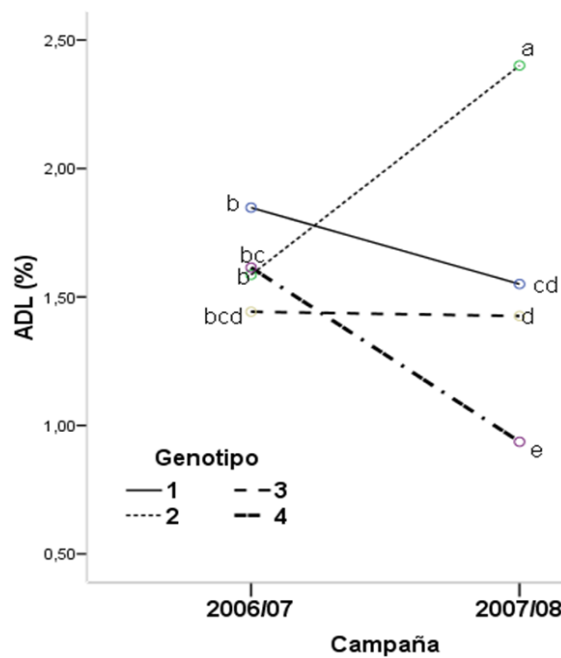


Figura 5.73 - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05.

Son varias las interacciones significativas verificadas en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. La interacción campaña x genotipo (Figura 5.73) nos revela un comportamiento heterogéneo entre genotipos y distinto entre tipos. El genotipo 3 es el único que mantiene los niveles de ADL entre campañas; el genotipo 1 y el 4 ven sus niveles significativamente disminuidos en la segunda campaña y el genotipo 2 presenta el mayor nivel de ADL de todos ellos en la campaña 2007/08.

La variación del porcentaje de ADL de los genotipos de la primera a la segunda fecha de siembra es variable pero no significativa: el G1, el G3 y el G4 aumentan ligeramente, el G2 disminuye. La variación del ADL entre la segunda y la tercera fecha es mayoritariamente negativa, es decir, hay un descenso, siendo el genotipo 3 el que experimenta una disminución significativamente mayor (Figura 5.74).

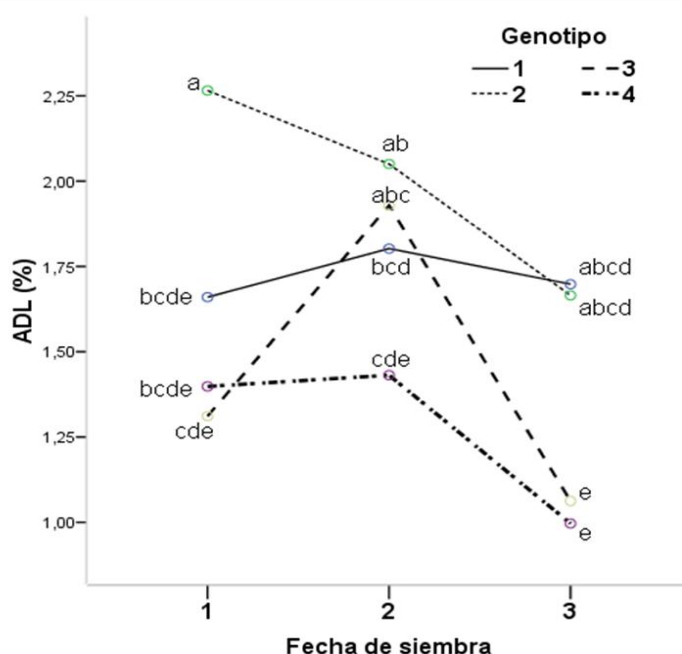


Figura 5.74 - Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo de siembra en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

La densidad de siembra 1 (D1) obtiene niveles significativamente mayores de ADL en 2007/08. Lo opuesto ocurre con la densidad 2 (D2) (Figura 5.75).

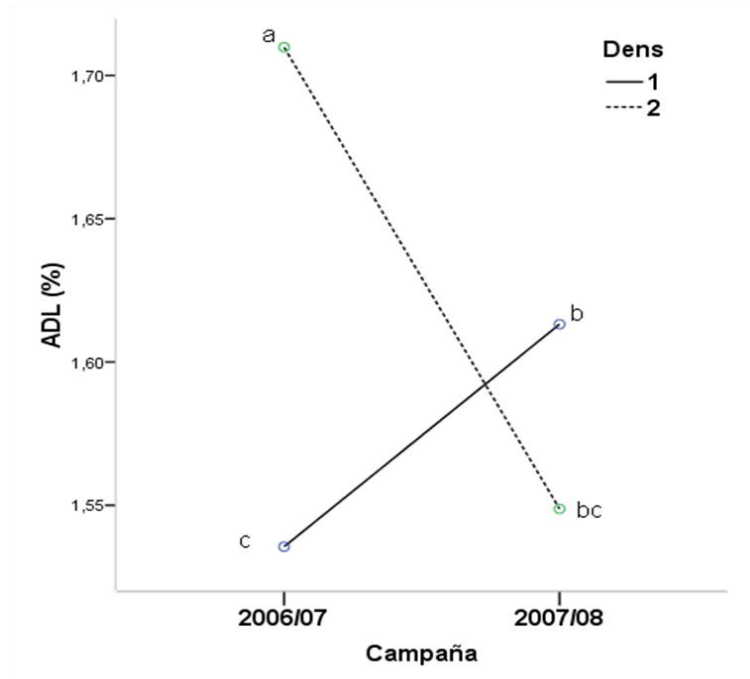


Figura 5.75 - Influencia de la interacción campaña x densidad de siembra en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

En la Figura 5.76 se observa que para D1 el nivel de ADL de F1 y F2 es significativamente mayor que el ADL de F3. Para D2 no existen diferencias significativas entre fechas de siembra. Tampoco son significativamente distintos los valores entre densidades de siembra para cada fecha de siembra.

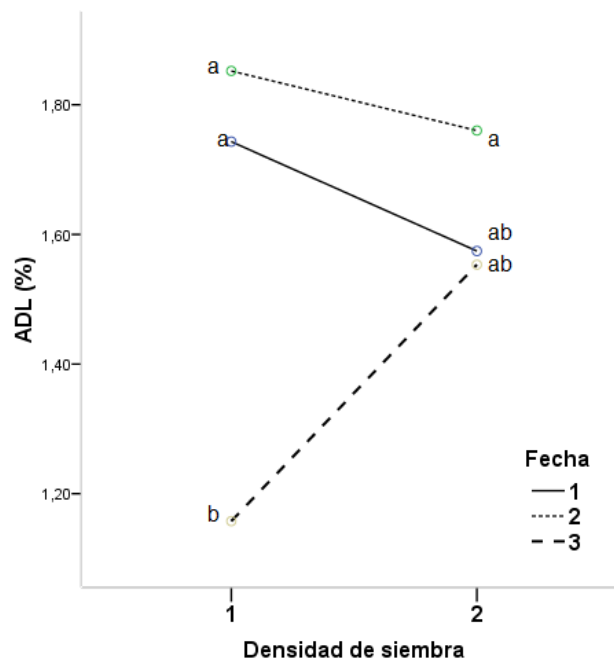


Figura 5.76 - Influencia de la interacción fecha de siembra x densidad de siembra en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

Estudiando la influencia de la interacción genotipo x densidad de siembra en el porcentaje de ADL (Figura 5.77) en el conjunto de las dos campañas, se constata que solamente el genotipo 4 muestra una disminución cuando subimos de 30 para la densidad

de 60 plantas por m<sup>2</sup>. No se aprecian diferencias significativas entre densidades de siembra para cada genotipo.

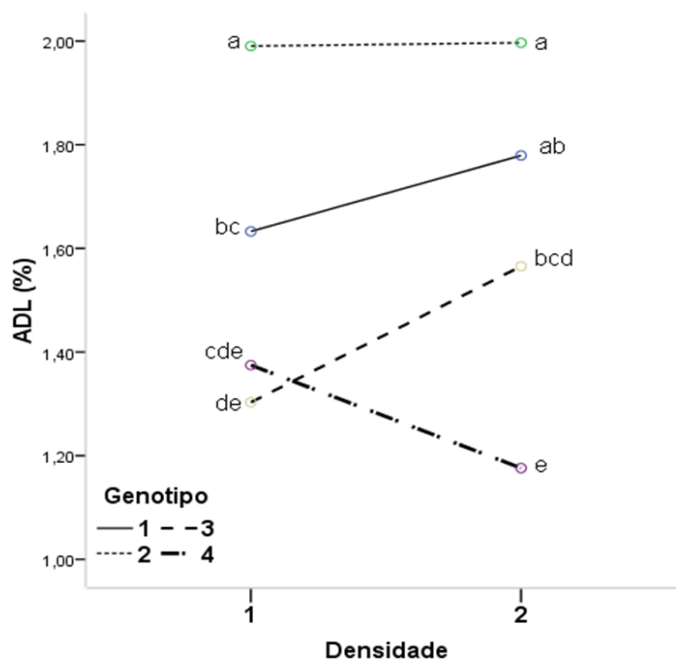


Figura 5.77 - Influencia de la interacción genotipo x densidad de siembra en el porcentaje de ADL en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

### 5.7.8 – CENIZA

El contenido de ceniza en el conjunto de los dos años de ensayo no mostró diferencias significativas ni en la campaña ni en la densidad de siembra. La fecha de siembra y el genotipo sí produjeron diferencias significativas en el contenido de ceniza en la almorta. Los valores obtenidos en todas las fechas de siembra están comprendidos en los intervalos considerados normales para este género (Sammour *et al.*, 2007): 1,2% – 8,6%. Este autor presenta valores para la especie *L. sativus* en el intervalo 3,25% – 3,81%, valores muy cercanos a los presentados en la Tabla 5.61, pero inferiores a otras especies de este género, como por ejemplo del *L. cicera* (4,9% y 6,5%) (Sammour *et al.*, 2007). Para Della Gatta & Polignano (2002) y Granati *et al.* (2003), el contenido medio en ceniza del *L. sativus*, ronda el 2%, mientras que para Milczak *et al.* (2001) es de 3,3%.

El incremento en el contenido de cenizas verificado en la tercera fecha de siembra probablemente se asocia con el hecho de que debido al hábito de crecimiento indeterminado y a una posible baja tasa de acumulación de materia seca, no sufre el efecto de dilución debido al incremento de los sacáridos y polisacáridos, lo cual da como resultado un efecto de concentración de las sales minerales (Alba *et al.*, 2005)

En la variación existente entre genotipos se constatan diferencias significativas entre el genotipo 3 y el genotipo 4, siendo este último el que presenta una mayor concentración de ceniza en la semilla.

Tabla 5.61 - Contenido en ceniza (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	3,21 ab	3,19	3,20 ab
	2ª Fecha	3,08 b	3,17	3,12 b
	3ª Fecha	3,30 a	3,20	3,25 a
Genotipo	Lat 5031	3,14	3,34 a	3,23 ab
	Lat 5038	3,18	3,12 b	3,15 ab
	Lat 4815	3,18	3,07 b	3,13 b
	Lat 4810	3,27	3,25 a	3,26 a
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	3,19	3,16 b	3,18
	60 Pl/m <sup>2</sup>	3,20	3,21 a	3,20
<b>Media general</b>		3,19	3,19	3,19
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				ns
<b>Fecha de siembra (F)</b>		*	ns	**
<b>Genotipo (G)</b>		ns	***	**
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	*	ns
Interacción	C x F			ns
	C x G			**
	F x G	ns	ns	ns
	C x F x G			ns
	C x D			ns
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
	C x F x G x D			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		8	4	7

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

De las posible interacciones, apenas la interacción campaña x genotipo presenta variaciones significativas (Figura 5.78). Los resultados obtenidos en el segundo año son más heterogéneos e inferiores que los del primer año. Sólo el genotipo 1 presenta un contenido en ceniza mayor en el segundo año de ensayo, siendo significativamente diferente de los valores de los genotipo 2 y genotipo 3.



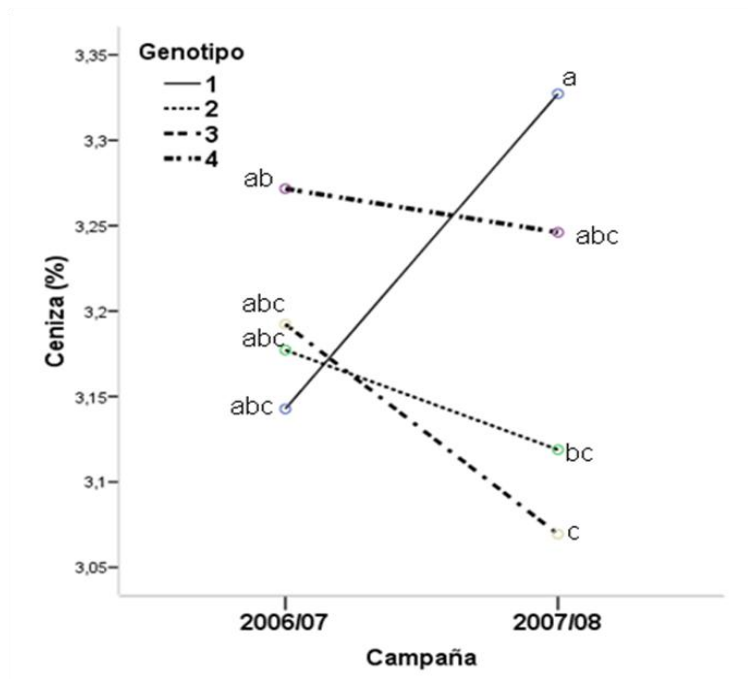


Figura 5.78 - Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de ceniza en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

### 5.7.9 – COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

Donaduzzi *et al.* (2003) afirma que los compuestos fenólicos participan en las relaciones ecológicas de la planta con el medio ambiente y están relacionados con la función alelopática, es decir, tratan de proteger la planta contra la radiación UV, insectos, herbívoros y patógenos.

En este trabajo las medias de los compuestos fenólicos en almorta difirieron significativamente entre 2006/07 y 2007/08 (Tabla 5.62), siendo mayores en la primera campaña. Este tipo de comportamiento está de acuerdo con lo que Donaduzzi *et al.* (2003) afirman: puede haber variaciones en la concentración de estos compuestos en función de las variables ambientales como consecuencia de la diversidad química y los papeles fisiológicos de los compuestos fenólicos. Es comprensible esta variación, ya que las condiciones ambientales, entre las dos campañas, fueron distintas, especialmente en lo que se refiere a temperatura y precipitación (Anexo 1 y 2). La luminosidad puede haber sido variable y afectar también a esta característica. Según Rachwal *et al.* (2000) este tipo de influencia es posible. Para esta característica las diferentes fechas de siembra, en la media de las dos campañas, no registraron valores significativamente distintos, igual que ocurrió para la densidad de siembra. La influencia del factor “genotipo” fue completamente opuesto a la de los factores anteriormente mencionados. En cada campaña y para el conjunto de las dos campañas existen diferencias significativas para el contenido de compuestos fenólicos entre cada genotipo (Tabla 5.62). De acuerdo con Moseley & Griffiths (1979), Deshpande & Campbell (1992), Chang *et al.* (1994) y Campbell, (1997) son los genotipos semejantes a

nuestro tipo A que revelan mayores niveles de compuestos fenólicos; Nuestros genotipos tipo A (Lat 5031: 0,40% y Lat 5038: 0,32%) se revelan mayores y con una diferencia significativa para los de tipo B (0,17% y 0,10%). Milczak *et al.* (2001) encontró para el *Lathyrus sativus* un contenido medio de taninos alrededor de 0,27%, ligeramente inferiores a los determinados para *Lens culinaris* (0,38%.)

Tabla 5.62 - Contenido en compuestos fenólicos (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	0,30 a	0,21	0,25
	2ª Fecha	0,25 b	0,20	0,25
	3ª Fecha	0,27 ab	0,23	0,23
Genotipo	Lat 5031	0,43 a	0,35 a	0,40 a
	Lat 5038	0,36 b	0,29 b	0,32 b
	Lat 4815	0,18 c	0,16 c	0,17 c
	Lat 4810	0,12 d	0,07 d	0,10 d
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,27	0,22 a	0,25
	60 Pl/m <sup>2</sup>	0,28	0,20 b	0,24
<b>Media general</b>		0,27 A	0,21 B	0,24
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
<b>Campaña (C)</b>				***
<b>Fecha de siembra (F)</b>		*	ns	ns
<b>Genotipo (G)</b>		***	***	***
<b>Densidad de siembra (D)</b>		ns	**	ns
<b>Interacción</b>	<b>C x F</b>			**
	<b>C x G</b>			**
	<b>F x G</b>	ns	*	ns
	<b>C x F x G</b>			ns
	<b>C x D</b>			ns
	<b>F x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x D</b>			ns
	<b>G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x G x D</b>			ns
	<b>F x G x D</b>	ns	ns	ns
	<b>C x F x G x D</b>			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		52	57	54

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (P<0,001)

Se han establecido las relaciones entre los compuestos fenólicos, producción de semilla, peso de 100 semillas, contenido de ODAP y contenido de proteína en la semilla y determinado los valores de los coeficientes de correlación; Éstos se muestran en la Tabla 5.63.

La producción de semilla (R<sup>2</sup>=0,30) y el peso de las 100 semillas (R<sup>2</sup>=0,72) se correlacionan negativa y significativamente con los compuestos fenólicos (Tabla 5.63). Deshpande & Campbell (1992) no encontraron relación entre la producción de semilla, el contenido en proteína y estos compuestos.

Tabla 5.63 - Valores del coeficiente de correlación entre factores de calidad determinados para LAT-DDS 2006/07 y 2007/08

	Producción	Peso de 100 semillas	Proteína bruta	ODAP
Compuestos fenólicos	-0,545**	-0,848**	-0,143	-0,116

\*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

En la campaña 2006/07, los niveles de los compuestos fenólicos en las tres fechas de siembra fueron superiores a los de la campaña 2007/08, siendo la diferencia más acentuada para la primera fecha de siembra (Figura 5.79). Se cree que una de las causas que pueden explicar lo sucedido es la diferencia acentuada de la precipitación acumulada (superior en 2006/07) hasta la primera fecha de siembra (Anexo 3). De la misma forma y aliado a las mismas causas, los genotipos 1, 2 y 3 presentan un porcentaje de estos compuestos significativamente menor en 2007/08 (Figura 5.80).

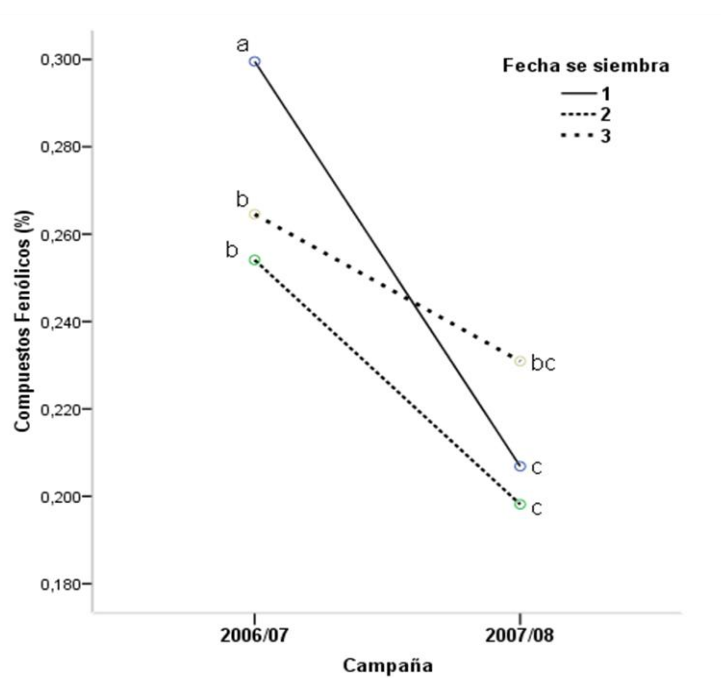


Figura 5.79- Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el porcentaje de compuestos fenólicos en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05.

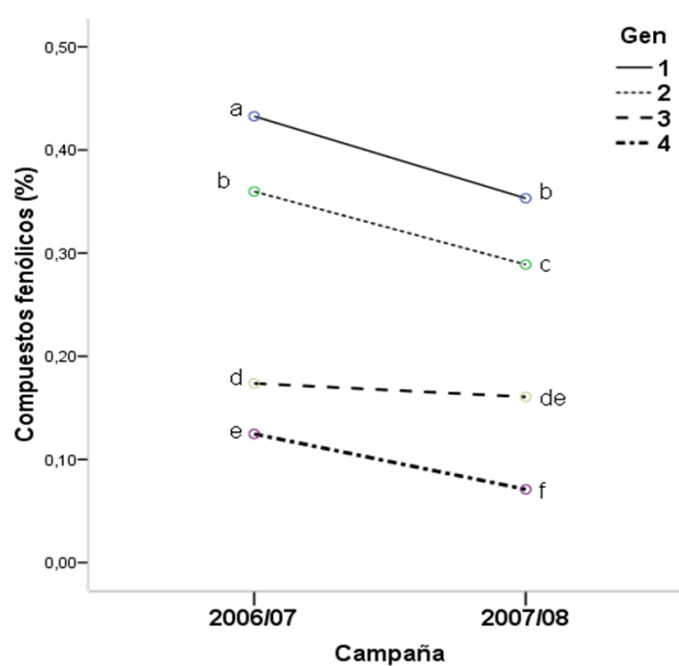


Figura 5.80 - Influencia de la interacción campaña x genotipo (Genotipo) en el porcentaje de compuestos fenólicos en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con  $P < 0,05$ .

#### 5.7.10 – $\beta$ -N-oxalyl-L- $\alpha$ - $\beta$ -ácido diaminopropionic - ODAP

Es interesante observar que el contenido en la neurotoxina ODAP varía significativamente con la campaña, con la fecha de siembra y con el genotipo, pero no con la densidad de siembra (Tabla 5.64).

La concentración del ODAP en 2006/07 es significativamente superior, probablemente porque en la fase final del ciclo reproductivo, el cultivo estuvo sujeto a un stress hídrico mayor que en 2007/08 (Anexo 3). Para Haque *et al.* (1992), Hussain *et al.* (1997) y Yang & Zhang (2005) el stress hídrico puede provocar un aumento de la ODAP.

Observamos que el contenido en ODAP aumenta con la siembra tardía (Tabla 5.64). Bejiga *et al.* (2001) obtuvo resultados semejantes a éste. El mismo autor afirma que el anterior fenómeno también está asociado con el aumento de la sequía. Cocks *et al.* (2000) también descubrió que la fecha de siembra tenía una marcada influencia sobre la concentración de ODAP, disminuyendo a medida que avanzaba el ciclo de desarrollo de la planta.

Como refieren Dahiya & Jeswani (1975), Ramanujan *et al.* (1980), Lambein *et al.* (1993) y Abd El-Moneim *et al.* (1999), la concentración de ODAP en *L. sativus* varía mucho entre genotipos y ambientes, pero para Hanbury *et al.* (1999) las condiciones ambientales no son tan importantes como el genotipo. En nuestros resultados se comprueba la existencia de la influencia del factor genotipo (Tabla 5.64). El genotipo Lat 5031 (flor azul y semilla pigmentada) y el genotipo Lat 4810 (flor blanca y semilla clara) se destacan significativamente de los restantes por su mayor concentración de ODAP. De acuerdo con

Kaul *et al.* (1986), tampoco se encontró relación entre el color de la flor y de las semillas con el contenido de esta neurotoxina.

La concentración media de ODAP encontrada en nuestra investigación (0,45%) es superior al contenido considerado seguro para la alimentación humana (0,20%). Existen muchas líneas con altas concentraciones de esta neurotoxina (0,30-1,50%) (Hanbury & Siddique, 1999)

Estos resultados indican una alta variabilidad de contenido en ODAP a nivel interespecífica e intraespecífica. Tal variabilidad del nivel de la  $\beta$ -N-oxalyl-L- $\alpha$ - $\beta$ -ácido diaminopropionic en las semillas de los genotipos de *L. sativus* están de acuerdo con Polignano *et al.* (2005), que informó que el porcentaje de esta toxina varía de 0,24% a 0,64%. La variación en el contenido de ODAP entre los diferentes conjuntos de datos podría ser atribuido a las condiciones ambientales y a los factores genotípicos (Siddique *et al.*, 1996).

Tabla 5.64 - Contenido en ODAP (%), según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas.

		Campaña		Media
		2006/07	2007/08	
Fecha	1ª Fecha	0,46 b	0,39 b	0,42 b
	2ª Fecha	0,46 b	0,42 ab	0,44 b
	3ª Fecha	0,51 a	0,44 a	0,47 a
Genotipo	Lat 5031	0,50 b	0,41 ab	0,46 b
	Lat 5038	0,40 c	0,40 b	0,40 c
	Lat 4815	0,44 bc	0,40 b	0,42 c
	Lat 4810	0,57 a	0,45 a	0,51 a
Densidad	30 Pl/m <sup>2</sup>	0,48	0,42	0,45
	60 Pl/m <sup>2</sup>	0,47	0,41	0,44
Media general		0,47 A	0,41 B	0,45
<b>Significación global del análisis de varianza</b>				
Campaña (C)				***
Fecha de siembra (F)		*	**	***
Genotipo (G)		***	**	***
Densidad de siembra (D)		ns	ns	ns
Interacción	C x F			ns
	C x G			***
	F x G	ns	ns	ns
	C x F x G			ns
	C x D			ns
	F x D	ns	ns	ns
	C x F x D			ns
	G x D	ns	ns	ns
	C x G x D			ns
	F x G x D	ns	ns	ns
	C x F x G x D			ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		20	13	18

ns: No significativo; \*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

Para varios investigadores la relación existente entre el ODAP y el contenido de proteína bruta es negativa (Misra *et al.*, 1980). No obstante en nuestro caso ocurre precisamente lo contrario (Tabla 5.65). También es positiva la relación entre ODAP y peso

de 100 semillas. De acuerdo con Cocks *et al.* (2000), se encontró una relación negativa y significativa entre la concentración de ODAP y el rendimiento de semilla.

Tabla 5.65 - Valores del coeficiente de correlación entre factores de calidad determinados para LAT-DDS 2006/07 y 2007/08

	Peso 100 semillas	Producción en grano	Proteína bruta
ODAP	0,336**	-0,269**	0,235**

\*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

La concentración ODAP se correlaciona negativamente con todas las características fenológicas de la almorta (Tabla 5.66), lo que según Siddique *et al.* (1995) indica que las líneas de desarrollo tardío tienen concentraciones más bajas en ODAP.

Tabla 5.66 - Valores del coeficiente de correlación entre factores de calidad determinados para LAT-DDS 2006/07 y 2007/08.

	Días al inicio de la floración	Días a la plena floración	Días al fin de floración	Días a la maduración
ODAP	-0,226**	-0,268**	-0,314**	-0,292**

\*:Significación (P<0,05); \*\*:Significación(P<0,01); \*\*\*: Significación (p<0,001)

En la Figura 5.81 se presenta la Influencia de la interacción campaña x genotipo en el porcentaje de ODAP en el conjunto de las dos campañas. Se observa que de la primera a la segunda campaña la mayoría de los genotipos ven sus niveles de neurotoxina ODAP disminuidas. Los genotipos 4 y 1 tienen contenidos en ODAP significativamente distintos entre campañas, por lo que parecen ser los más susceptibles a las variaciones ambientales. Estos dos genotipos difieren significativamente de los genotipos 2 y 3 en la primera campaña, en la segunda solamente el genotipo 4 tiene una cantidad de ODAP marcadamente distinta de los restantes.

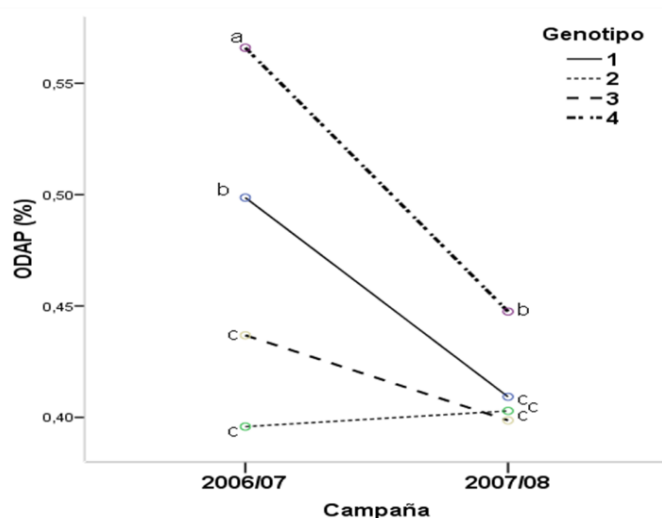


Figura 5.81 - Influencia de la interacción campaña x genotipo (Genotipo) en el porcentaje de ODAP en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con P<0,05.

# Conclusiones





## 6 - CONCLUSIONES

---

Al final de esta investigación llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Las variaciones climáticas interanuales afectaron de forma significativa la fenología, los índices morfológicos, índices agronómicos, rendimiento en grano y sus componentes.
2. Los parámetros de calidad del grano influidos por las variaciones climáticas entre las dos campañas fueron la proteína bruta, almidón, fibra bruta, compuestos fenólicos y neurotoxina ODAP.
3. El genotipo 1 (Lat 5031) fue el más precoz, necesitando un menor número de días para iniciar la floración y por tanto, una menor acumulación de unidades térmicas. Este mismo genotipo presentó el ciclo de desarrollo más corto. El genotipo de origen mediterráneo genotipo 4 (Lat 4810), tuvo un comportamiento más tardío (más días a floración y ciclo de desarrollo mayor).
4. La duración del período reproductivo del *Lathyrus sativus* influyó positivamente en la producción de grano.
5. El factor densidad de siembra influyó en la precocidad a floración de la almorta y en la duración del período reproductivo sin influir en la duración del ciclo del cultivo.
6. Los genotipos de flor violeta, semilla pequeña y oscura fueron sensibles a la aplicación del herbicida “bentazona” en postemergencia, principalmente en estadios fenológicos muy jóvenes.
7. Los diferentes valores del índice de área foliar, duración del área foliar y de los índices de crecimiento, en cada año y en la media de los dos años, mostraron que el crecimiento de la almorta estuvo muy afectado por factores climáticos, por la fecha de siembra, por el genotipo y por la densidad de siembra.
8. Los genotipos de origen mediterráneo presentaron mayor índice de área foliar (LAI) y con mayor duración de su período activo (LAD).
9. Con la segunda densidad de siembra, y en ambas campañas, se obtuvieron mayores valores del LAI y de la LAD.
10. En la primera fecha de siembra el índice de crecimiento (CGR) máximo del cultivo se alcanzó antes.

11. Las condiciones ambientales de la campaña 2007/08 fueron más favorables al rendimiento del *Lathyrus sativus*.
12. La fecha de siembra influyó significativamente en la producción de biomasa total al final del ciclo y en el rendimiento de la almorta, verificándose que cuanto más temprano se sembró mayores fueron las producciones de biomasa y grano. De las tres fechas de siembra ensayadas, la primera resultó la más interesante para las condiciones de secano mediterráneo, cuando el objetivo es la producción de semilla.
13. Los genotipos de origen mediterráneo (flor blanca, semilla grande y clara) fueron los más productivos, siendo el Lat 4815 con que se obtuvo mayores producciones de grano.
14. El aumento en la densidad de población de 30 a 60 plantas m<sup>-2</sup> resultó importante cuando las condiciones climáticas fueron más desfavorables (peor distribución de la precipitación); En la primera campaña (2006/07) la producción de grano fue superior con la mayor densidad de siembra.
15. Frecuentemente el índice de cosecha contribuye positivamente en la identificación de genotipos de alta productividad, no obstante, para los resultados de esta investigación no resulta interesante utilizarlo como criterio de selección; En general, no se encontraron diferencias significativas para los factores en estudio.
16. La siembra tardía perjudica el desarrollo de las vainas y la formación de la semilla.
17. Los genotipos de semilla de gran calibre produjeron menos vainas m<sup>-2</sup> y cuanto mayor fue el calibre de la semilla menor fue el número de semillas por vaina.
18. El número de vainas m<sup>-2</sup> fue el único componente del rendimiento susceptible a la variación de todos los factores en estudio (fecha de siembra, genotipo, densidad de siembra).
19. Los resultados demuestran la inconveniencia de usar sólo correlaciones simples para estudiar el grado de asociación e interacción entre los componentes del rendimiento y el rendimiento.
20. El análisis por coeficientes de sendero global demuestra que el componente que más influencia ejerce sobre el rendimiento es el peso de 100 semillas. Lo mismo ocurre si se realiza este análisis por fecha de siembra y por densidad de siembra. Cuando sólo se analiza según el genotipo es el componente vainas m<sup>-2</sup> el que más peso tiene en el rendimiento en grano del cultivo.

21. El presente estudio demuestra el aceptable valor nutricional de las semillas de la almorta, es decir, es una buena fuente de proteínas y fibras y tiene bajo contenido en grasa y componentes fenólicos.

22. La concentración de la neurotoxina ODAP en la semilla aumenta al retrasar la fecha de siembra. No se encuentra relación entre el color de la semilla y niveles de esta neurotoxina. La densidad de siembra no influyó en el contenido de ODAP.

Para finalizar, se concluye que:

A) La planta de almorta tuvo un buen rendimiento y puede ser recomendado como cultivo de invierno prometedor en las mismas condiciones climáticas y de suelo que las de este experimento. Así, y con base en los resultados presentados y discutidos anteriormente, se debe optar por la primera fecha de siembra utilizando un genotipo tipo B (semilla clara y grande), preferencialmente el Lat 4815 a la dosis de siembra de 60 plantas m<sup>-2</sup>.

B) La selección/mejora del *Lathyrus sativus* L. debe tener en cuenta la duración del ciclo reproductivo (de preferencia largo), un mayor índice de área foliar y duración de la área foliar. Además, deben seleccionarse semillas de gran tamaño y con una baja concentración de ODAP.



# 6 – CONCLUSÕES

---

No final desta investigação chegámos às seguintes conclusões:

1. As variações climáticas inter-anuais afectaram de forma significativa a fenologia, os índices morfológicos, índices agronómicos, rendimento e seus componentes.
2. Os parâmetros da qualidade do grão influenciados pelas variações ambientais nas duas campanhas agrícolas foram a proteína bruta, o amido, a fibra bruta, os compostos fenólicos e a neurotoxina ODAP.
3. O genótipo 1 (Lat 5031) foi o que apresentou o ciclo mais precoce, precisou de menos dias para iniciar a floração (a acumulação de graus dias foi menor). Este genótipo apresentou o ciclo cultural mais curto. Foi o genótipo de origem mediterrânea Lat 4810 (genótipo 4), que revelou um comportamento mais tardio (mais dias à floração e maior ciclo cultural).
4. A duração do período reprodutivo do *Lathyrus sativus* influenciou positivamente a produção de grão.
5. O factor densidade de sementeira influenciou a precocidade e a duração do período reprodutivo do chícharo sem influenciar a duração do ciclo cultural.
6. Os genótipos de flor violeta, semente pequena e escura revelaram-se mais sensíveis à aplicação do herbicida “basagran” em pós-emergência, principalmente nos estádios fenológicos mais jovens.
7. Os diferentes valores do índice de área foliar, duração da área foliar e dos índices de crescimento, em cada ano e nos dois anos agrícolas, mostraram que o crescimento do chícharo é muito influenciado pelos factores climáticos, pela data de sementeira, pelo genótipo e pela densidade de sementeira.
8. Os genótipos de origem mediterrânea apresentaram índices de área foliar (LAI) maiores e com maior duração do seu período ativo (LAD).
9. Foi com a segunda densidade de sementeira, em ambos anos agrícolas, que se obtiveram valores máximos de LAI e LAD.
10. O índice de crescimento da cultura atingiu os valores máximos na primeira data de sementeira.

11. As condições ambientais do ano agrícola 2007/08 foram mais favoráveis ao rendimento do *Lathyrus sativus*.
12. A data de sementeira influenciou significativamente a produção de biomassa total no final do ciclo y o rendimento do chícharo, verificando-se que, quanto mais cedo se semeou maiores foram as produções de biomassa e de grão. Das três datas de sementeira escolhidas, foi a primeira a mais interessante para as condições do sequeiro Mediterraneo, quando o objetivo é a produção de grão.
13. Genótipos de origem mediterrâneo (flor branca, semente grande e clara) foram os mais produtivos. Dos quatro utilizados foi com o Lat 4815 que se obtiveram maiores produções de grão.
14. Aumentar a densidade de 30 para 60 plantas m<sup>-2</sup> revelou-se ser importante quando as condições climáticas foram mais desfavoráveis: no primeiro ano agrícola (2006/07) a produção de grão foi superior com a maior densidade de sementeira.
15. Muitas vezes, o índice de colheita contribui positivamente para a identificação de genótipos com alta produtividade, no entanto, para os resultados desta investigação, não é interessante utilizá-lo como critério de seleção; Duma forma geral, não se encontraram diferenças significativas para os fatores em estudo.
16. Semear tarde prejudicou o desenvolvimento de vagens e a melhor formação da semente.
17. Genótipos de semente grande e clara produziram menos vagens m<sup>-2</sup> e verifica-se que quanto maior o calibre da semente menor é o número de sementes por vagem.
18. O número de vagens m<sup>-2</sup> foi o único componente do rendimento susceptível a todos os fatores em estudo (data de sementeira, genótipo, densidade de sementeira).
19. Os resultados demonstraram a inadequação do uso de apenas correlações simples para estudarem o grau de associação e interação entre os componentes do rendimento e o rendimento.
20. A análise de “coeficiente de sendero” global mostra que o componente que mais influenciou o rendimento foi o peso de 100 sementes. O mesmo se aplica se esta análise for feita por data e densidade de sementeira. Quando se analisa apenas segundo o genótipo, o componente de vagens m<sup>-2</sup> tem o maior peso no rendimento de grão desta cultura.
21. Este estudo demonstrou o aceitável valor nutritivo da semente do chícharo, ou seja, é uma boa fonte de proteína e fibras e tem baixo teor em gordura e compostos fenólicos.

22. A concentração da neurotoxina ODAP na semente aumenta ao atrasar a data de sementeira. Não encontramos relação entre a cor da semente e os níveis desta neurotoxina. A densidade de sementeira não influenciou a concentração em ODAP.

Para finalizar, conclui-se que:

A) O chícharo teve um bom rendimento e pode recomendar-se a sua utilização como cultura de inverno para regiões com condições edafo-climáticas semelhantes às da nossa investigação. Assim, e com base nos resultados apresentados e discutidos anteriormente, deve optar-se pela primeira data de sementeira, utilizando um genótipo tipo B (semente clara e grande), de preferência o Lat 4815, utilizando a dose de sementeira de 60 plantas m<sup>2</sup>.

B) A seleção/melhoramento do *Lathyrus sativus* L. deve ter em conta a duração do período reprodutivo (de preferência longo), um elevado índice de área foliar e uma grande duração da área foliar. Além disso, devem selecionar-se genótipos de semente grande e com baixa concentração de ODAP.





## 6 – CONCLUSIONS

---

At the end of this investigation we reached the following conclusions:

1. Interannual climatic variations significantly affected phenology, morphological indices, agronomic rates, grain yield and its components.
2. The grain quality parameters influenced by climatic variations between the two campaigns were crude protein, starch, fiber, phenolic compounds and ODAP neurotoxin.
3. The genotype 1 (Lat 5031) was the one who gave the earliest cycle, requiring fewer days to initiate flowering and, therefore, a lower build up of thermal units. This genotype also presented the shorter development cycle. The Mediterranean genotype Lat 4810 (genotype 4), presented the slowest growth (more days to flowering and increased development cycle).
4. The duration of the reproductive period of *Lathyrus sativus* had a positive impact on grain production.
5. The sowing density factor influenced the earliness of flowering of grass pea and duration of the reproductive period without affecting the duration of the crop cycle.
6. The genotypes of purple flower and small dark seeds were more sensitive to the herbicide application "bentazone" after it breaks the surface of the soil, especially in very young phenological stages.
7. The different values of leaf area index, leaf area duration and growth rates in each year and within two years of the experiment showed that the growth of grass pea was severely affected by climatic factors, sowing date, genotype and sowing density.
8. The genotypes of Mediterranean origin had higher leaf area index (LAI) and longer duration of active period (LAD).
9. It was with the second density of sowing, in both campaigns, that we obtained the highest values of LAI and LAD.
10. In the first sowing maximum growth rate (CGR) of the crop was reached.

11. The environmental conditions of the 2007/08 campaign were more favorable to the yield of *Lathyrus sativus*.
12. The calendar time of sowing significantly influenced the total biomass production at the end of the cycle and yield of the grass pea, verifying that the earlier the sowing the higher the biomass and grain production. Of the three sowing dates tested, the first was the most interesting for the Mediterranean conditions, when the aim is the production of seed.
13. The genotypes of Mediterranean origin (white flowers, big and pale seed) were the most productive. Of all four genotypes used, the Lat 4815 showed the largest productions of grain.
14. The increase in density from 30 to 60 plants m<sup>-2</sup> was important when weather conditions were more unfavorable (worst distribution of precipitation); In the first campaign (2006/07) the grain production was higher with greater seed density.
15. Often the harvest index contributes positively to identify genotypes with high productivity, however, for the results of this investigation, is not important to use it as a selection criteria; Generally significant differences for the factors under study weren't found.
16. The late sowing harmed pod development and seed formation.
17. The genotypes of large and pale seed produced fewer pods m<sup>-2</sup>. Also was observed the largest the seeds showed fewer seeds per pod.
18. The number of pods m<sup>-2</sup> was the only yield component susceptible to variation in all factors under study (sowing date, genotype, sowing density).
19. The results indicate inconvenience of using only simple correlations to study the degree of association and interaction between the components of yield and performance.
20. The "path coefficient analysis" shows that, overall, the component that most influence on performance is the weight of 100 seeds. The same applies if this analysis is done by sowing date and seeding rate. If we only use the genotype analysis, is the component of pods m<sup>-2</sup> that has the most weight in grain yield of this crop.
21. This study demonstrates the acceptable nutritional value of grass pea seeds, ie, it is a good source of protein and fiber and is low in fat and phenolic compounds.
22. The concentration of the neurotoxin ODAP in the seed increases by delaying the sowing

date. There was no correlation between seed color and levels of this neurotoxin. Sowing density did not influence the content of ODAP.

Finally, we conclude that:

A) The grass pea plant has good yield and can be recommended as a promising winter crop in the same climatic and soil conditions used in this experiment. Thus, and based on the results presented and discussed above, one should choose the first date of sowing using a type B genotype (large and pale seed), preferentially the Lat 4815, using a seeding rate of 60 plants m<sup>-2</sup>.

B) Selection / improvement of *Lathyrus sativus* L. must take into account the duration of the reproductive cycle (preferably long), greater leaf area index and greater duration of leaf area. Furthermore, seeds should be selected to be large, with a low concentration of ODAP.



# **Referencias Bibliográficas**



# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Abd El-Moneim, A. M.; Khair, M. A. & Cocks, P. S. (1990). Growth Analysis, Herbage and Seed Yield of Certain Forage Legume Species Under Rainfed Conditions. Contribution from the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo, Syria. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 164: 34-41.
- Abd El-Moneim, A.M. & Cocks, P.S. (1993). Adaptation and yield stability of selected lines of *Lathyrus* spp. under rainfed conditions in West Asia. *Euphytica*, 66: 89-97.
- Abd El-Moneim, A.M.; van Dorrestein, B.; Baum, M. & Mulugeta, W. (1999). Role of ICARDA. Improving the Nutritional Quality and Yield Potential of Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) for Subsistence Farmers in Developing Countries. *In: Improving Human Nutrition Through Agriculture: The Role of International Agricultural Research*. October 5-7. Los Banos, Philippines.
- Abreu, F.G. (1987). Influence of Atmospheric Saturation Deficit on Early Growth of Groundnut. Ph. D. Thesis. Nottingham University, Nottingham, United Kingdom. 268p.
- Abreu, J.M.F. & Bruno-Soares, A.M. (1998). Chemical composition, organic matter digestibility and gas production of nine legume grains. *Animal Feed Science Technology*. 70: 49-57.
- Adisarwanto, T. & Knight, R. (1997). Effect of sowing date and plant density on yield and yield components in the faba bean. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48: 1161–1168.
- Aguiar Netto, A. O; Rodrigues, J. D.; Bastos, E. A; Ono, O. E. (1995). Desenvolvimento de plantas de ervilha (*Pisum sativum* L.), submetidas a diferentes potenciais da água no solo: Índices fisiológicos. *Scientia Agricola*, 52(3): 521-527.
- Aguilar-García, L.; Escalante-Estrada, J.A; Fucikovsky-Zak, L.; Tijerina-Chávez, L. & Engleman, E.M. (2005). Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *TERRA Latinoamericana*, 23(3): 302-310.
- Aguilera, D.C. (1987). Estudio por medio de modelo estadístico multivariado del desarrollo de la cosecha de las respuestas a la densidad de siembra y a la fertilización nitrogenotipada de los cultivos de habas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, España.
- Al-Doss, A.; Assaeed, M. & Soliman, A. (1998). Growth Characters and Yield of Some Selected Lines of Grass Pea (*Lathyrus sativus*). *Agricultural Science*, 10(1): 67-72.
- Alba, J.; Sánchez, J. C.; Tofiño, A. P. & López, Y. (2005). Análisis de crecimiento y determinación del contenido de fibra de la vaina de cuatro genotipos de habichuela. *Acta Agronómica*, 54(3): 25-32.

- Aletor, V. A.; El-Moneim, A.A. & Goodchild, A.V. (1994). Evaluation of the seeds of selected lines of three *Lathyrus* spp for  $\beta$ -N-oxalylamino-L- alanine (BOAA), tannins, trypsin inhibitor activity and certain in-vitro characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 65 (2):143 – 151.
- Allkin, R.; Macfarlane, T.D.; White, R.J. & Adey, M.E. (1983). Name and synonyms of species and subspecies in the viciae. Viciae database project publication. Issue N°2 Southampton.
- Almeida, D. (2010). O Meio Ambiente e a Produção Agrícola. Texto para a Disciplina de Produção Agrícola Licenciatura em Engenharia Alimentar Escola Superior de Biotecnologia Universidade Católica Portuguesa. 22p. (Acedido en 2010/07/05 en: <http://dalmeida.com/ensino/prodagricola/Clima.pdf>).
- Akalu, G.; Johansson, G. & Nail, B. M. (1998). Effect of processing on the content of  $\beta$ -N-oxalyl- $\alpha$ ,  $\beta$ -diaminopropionic acid (gb-ODAP) in grass pea (*Lathyrus sativus*) seeds and flour as determined by flow injection analysis. *Food Chemistry*, 62(2):233-237.
- Amato, G.; Cibella, R.; Giambalvo, D. & Gristina, L., (1992). Observations of the reproductive development in faba bean (*Vicia faba* L. var. *equina*) in relation to plant density. In: AEP (Ed.), Proceedings of the First European Conference on Grain Legumes. 1–3 June. Angers, France. p 245–246.
- Anderson, W.K. (1986). Some relation ship between plant population, yield components and grain yield of wheat in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37:281-295.
- Anderson, J.W.; Midgley, W.R. & Wedmana, B. (1979). Fiber and diabetes. *Diabetes Care*, 2:369-377.
- Asthana, A. N. (1995). Grasspea Cultivation in Problem Areas: Present Approaches. In: *Lathyrus* Genotipoetic Resources in Asia. Proceedings of a Regional Workshop Organized/supported by International Plant Genotipoetic Resources Institute, Indian Council of Agricultural Research and Indira Gandhi Agricultural University, and held at Raipur, India, 27-29 December. R.K. Arora, P.N. Mathur, K.W. Riley and Y. Adham (Eds.). p 143-148.
- Austin, R. B.; Edrich, J.A. & Blackwell, R.D. (1977). The fate of the dry matter, carbohydrates and <sup>14</sup>C lost from the leaves and stems of wheat during grain filling. *Annals of Botany*, 41:1309-1321.
- Austin, R.B.; Morgan, C.L.; Ford, M.A. & Blackwell, R.D. (1980). Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. *Annals of Botany*, 45: 309-318.
- Barradas, G.J.P.A. (2004). Adaptação de 6 variedade de *Gossypium hirsutum* L. ao regadio do Caia. Análise do crescimento, produção e qualidade da fibra. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. 321 p..



- Bartolomé, B., Jiménez-Ramsey, L.M., Butler, L.G. (1995). Nature of the condensed tannins present in the dietary fibre fractions in foods. *Food Chemistry*, 53(4): 357-362.
- Bejiga, G.; El-Moneim, A.M.; Anbessa, Y. & Ahmed, S. (2001). Grasspea (*Lathyrus sativus*) improvement in Ethiopia. *In: LEGUMED – Grain legumes in the Mediterranean agriculture, faba bean and other grain legumes in today's Mediterranean agriculture: biotic constraints and integrated regional strategy. Symposium Proceedings.* p 137-139.
- Bell, E. A. (1962). Associations of ninhydrin-reacting compounds in the seeds of 49 species of *Lathyrus*. *Biochemical Journal*, 83:225-229.
- Ben Brahim, N.; Combes, D. Marrakchi, M. (2001). Autogamy and allogamy in genotipous *Lathyrus*. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 2:21-26.
- Bergamin Filho, A.; Carneiro, S.M.; & Godoy, C.V., Amorim, L.; Berger, R.D. & Hau, B. (1997). Angular leaf spot of Phaseolus beans: relationships between disease, healthy leaf area and yield. *Phytopathology*, 87:506-515.
- Bernardon, T. (2005). Componentes da produtividade de grãos de milho (*Zea mays* L.), visando obter parâmetros para a agricultura de precisão. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Centro Ciências rurais. Programa de pós-graduação em geomática. Santa Maria, Brasil. 95 p.
- Birk, Y. (1989). Protein protease inhibitors of plant origin and their significance in nutrition. *In: Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds.* J. Huisman, T. F. B. van der Poel and I. E. Liener (Eds.). Wageningen, Netherlands. p 83-94
- Buratto, J.S.; Cirino, V.M.; Scholz, M.B.S.; Langame, D.E.M.; Junior, N.S.F. & Prête, C.E.C. (2009). Variabilidade genotipoética e efeito do ambiente para o teor de proteína em grãos de feijão. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*, 31(4): 593-597.
- Burbano, C.; de la Cuadra, C.; Cuadrado, C. & Muzquiz, M. (1992). Factores antinutritivos termorresistente en leguminosas. *In: I Jornadas técnicas sobre leguminosas de grano.* Universidad de Valladolid. Escuela Universitaria Politécnica Agraria. Palencia. p 126-133.
- Bressani, R. & Elias (1988). Seed quality and nutritional goals in pea, genotipotil, faba bean and cheackpea breeding. *In: World crops: cool season food legumes*, R. J. Summerfield (Ed.), Klumer Academic Publishers. p 381-404.
- Brunet, J.; Repellin, A.; Varrault, G.; Terryn, N. & Zuily-Fodil, Y. (2008). Lead accumulation in the roots of grass pea (*Lathyrus sativus* L.): a novel plant for phytoremediation systems? *Comptes Rendus. Biologies*, 331: 859–864.
- Câmara, G.M.S. (1991). Efeito do fotoperíodo e da temperatura no crescimento, florescimento e maturação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Tese Doutorado, Universidade Federal de Viçosa. 266 p.

- Campbell, C. G.; Mehra, R.B.; Agrawal, S. K.; Chen, Y.Z.; Abd El-Moneim, A. M.; Khawaja, H.I.T.; Yadov, C.R.; Tay, J.U. & Araya, W.A. (1994). Current status and future strategy in breeding grasspea (*Lathyrus sativus*). *Euphytica*, 73(1-2): 167-175.
- Campbell, C. G. (1997). Grass pea. *Lathyrus sativus* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 18. Institute of Plant Research. Gatersleben/International Plant Genotypic Resources Institute, Roma, Itália. 91p.
- Campbell, C. G. (2002). Grass Pea. *Lathyrus sativus* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected. *Economic Botany*. 56(1):105-105.
- Campos, S. (2006). Fitatos na soja. (Acedido en 2009/06/09 en: <http://www.drashirleydecampos.com.br/imprimir.php?noticiaid=20303>).
- Cardoso, M. J.; Fontes, L. A. N. ; Lopes, N. F. (1987). Partição de assimilados e produção de matéria seca de milho em dois sistemas de associação com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, 34(191): 71-89.
- Carita, T.P.C. (2006). Evaluación del comportamiento de 16 genotipos de *Lathyrus sativus* L. en diferentes épocas de siembra, en la región del Alentejo (Elvas).” Tesis presentada para obtención de la “Suficiência Investigadora” en el área del conocimiento “Producción Vegetal”. Universidade da Extremadura. Badajoz. 11 p.
- Carita, T. P. C. & Tavares de Sousa, M.M. (2009). Efeito da densidade de sementeira no comportamento do *Lathyrus sativus* L.. *Melhoramento*, 42. (en publicación).
- Carneiro, J.P.B.G. (1990). Influência da densidade de sementeira e da fertilização fosfo-azotada na cultura da lentilha (*Lens culinaris* Medikus). Curso de Mestrado em Produção Vegetal. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 212 p.
- Carpí, A. (2003). "Carbohydrates". (Acedido en 2009/06/09 en: <http://www.visionlearning.com>).
- Carruba, A.; Torre, R.; Saiano, F & Alonzo, G (2006). Effect of sowing time on coriander performance in a Semiarid Mediterranean Environment. *Crop Science*, 46:437-447.
- Carvalho, M.R.B.; Kirschnik, P.G.; Paiva, K.C. & Aiura, F.S. (2002). Avaliação da actividade dos inibidores de tripsina após digestão enzimática em grãos de soja tratados termicamente. *Revista de Nutrição*, 15(3): 267-272.
- Chang, M.J.; Collins, J.L.; Bailey, J.W. & Coffey, D.L. (1994) Cowpeas tannins related to cultivar, maturity, dehulling and heating. *Journal of Food Science*, 59(5):1034-1036.
- Chatel, D.L. & Rowland, L.C. (1982). *Journal of Agricultural of Western Australia*, 23: 92-95.
- Chinnasamy, G.; Bal, A. K. & McKenzie, D.B. (2005). Fatty acid composition of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) seeds. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 4: 2-4.
- Clegg, K.M. (1956). The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 7: 40-44.
- Chowdhury, M.A. & Slinkard, A.E. (1997). Natural outcrossing in grasspea. *Journal of Heredity*, 88: 54–156.

- Coba Cisneros, M. (2006). Modelización de ecuaciones estructurales. Tesis Doctoral. 147 p. (Acedido en 2011/10/05 en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/227>).
- Cohn, D.F., Streifler, M. (1981). Human neurolathyrism, a follow up study of 200 patients. Part I: Clinical investigation. *Schweizer Archiv fur Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, 128(1):151-156.
- Cohn, D.F. (1995). Are other systems apart from the nervous system involved in human lathyrism. *In: Lathyrus sativus and Human Lathyrism: Progress and Prospects*. Yusuf H, Lambein F (Eds.). University of Dhaka, Dhaka. p 101-102.
- Cocks, P, Siddique, K. & Hanbury, C. (2000). *Lathyrus A New Grain Legume*. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication N° 99/150. RIRDC Project No UWA-21A. 27p.
- Coelho, J.C. & Pinto, P.A. (1989). Plant density effects on growth and development of winter faba bean (*Vicia faba var. minor*). *Fabis Newsletter*, 25: 26–30.
- Crépon, K.; Carrouée, B. & Schneider, A. (2004). Protein supply in Europe and the challenge to increase grain legume production for contribution to a sustainable agriculture. Grain legumes and the environment: how to assess benefits and impacts? Zurich, Switzerland. p 18-19.
- Crinò, P., Polignano, G. B. & Tavoletti, S. (2004). "Grass pea, a potentially important crop in Mediterranean agriculture". *Grain Legumes*, 40: 6–7.
- Cruz, C.M.; Guerreiro, C.I. & Reis, T.A. (2001). Substâncias tóxicas ou anti-nutricionais dos alimentos para animais. Curso de Mestrado em Produção Animal: Módulo de Nutrição. Universidade Técnica de Lisboa. Faculdade de Medicina Veterinária.
- Dahiya, B.S. & Jeswani, L.M. (1975). Genotype & environment interactions for neurotoxic principle (BOAA) in grass-pea. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 45(9):437-439.
- Dahiya, B.S. (1976). Seed morphology as indicator of low neurotoxin in *Lathyrus sativus*. Qual. Plant Eds.. *Human Nutrition*, 25:391-94
- Dahiya, B. S. (1985). Genotype and stability analysis in grass-pea (*L. sativus* L.). Its implications in future breeding programs. *Lathyrus and Lathyrism*. A. K. Kaul and D. Combes (Eds). Third World Medical Research Foundation. New York. p 161-168.
- Dantuma, G. & Thompson, R. (1983). Whole-crop physiology and yield components. *In: Hebblethwaite, P.D. (Ed.). The Faba Bean (Vicia faba L.)*. Butterworths Publisher. p 143–158.
- Dapaah, H.K.; McKenzie, B.A. & Hill, G.D. (2000). Influence of sowing date and irrigation on the growth and yield of pinto beans (*Phaseolus vulgaris*) in a sub-humid temperate environment. *The Journal of Agricultural Science*, 34:33-43.
- Della Gatta, Carlo; Polignano, G & Bisignano, V. (2002). Variation for protein content and seed weight in grass pea (*Lathyrus* spp.) germplasm. *PGR Newsletter*, 132: 30- 34.

- Deshpande, S.S., Sathe, S.K., Salunkhe, D.K. & Comforth, D.P. (1982). Effect of dehulling on phytic acid, polyphenols and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Food Science*, 47:1846–1850.
- Deshpande, S.S. & Damodaran, S. (1990). Food legumes: chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, St Paul. MN. *Advances in cereal science and technology*, 10:147–241.
- Deshpande, S. S. & Campbell, C. G. (1992). Genotipootype variation in BOAA, condensed tannins, phenolics and enzyme inhibitors in grass pea (*Lathyrus sativus*). *Canadian Journal of Plant Science*, 72: 1037-1047.
- Dilis, V. & Trichopoulou, A. (2009). Nutritional and health properties of pulses. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 1:149–157.
- Donald, C.M. (1963). Competition among crop and pasture plants. *Advances in agronomy*, 15:1-118.
- Donaduzzi, C.M.; Junior, E.; Donaduzzi, E.; Silva, M.; Sturion, J. & Correa, G. (2003). Variação dos teores de polifenóis totais e taninos em dezasseis progênes de erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) cultivadas em três municípios do Paraná. *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, 7(2):129-134.
- Duke, J.A. (1981). *Handbook of legumes of world economic importance*. Plenum Press, New York. p 199-265.
- Duc, G.; Gates, P.; Ney, B.; Rowland, G.G. & Telaye, A. (1992). *In*: Expanding the production and use of cool season food legumes. F.J. Muehlbauer & W.J. Kaiser (Eds.). *Current plant and biotechnology in agriculture*, 19:791-808.
- Durães, F.; Magalhães, P. & Oliveira, A. (2002). Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1(1): 33-40.
- Duranti, M (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77:67–82.
- Emden, H.F., S.L. Ball & M.R. Rao (1988). Pest, disease and weed problems in pea, lentil, faba bean and chickpea. *In*: World Crops: cool season food legumes. R. J. Summerfield (Ed.). Klumer Academic Publishers. p 519-534.
- Enneking, D. (1998). A bibliographic database for the genus *Lathyrus*. Co-operative Research Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture Occasional publication N° 18.
- Enneking, D. & M. Wink (2000). Towards the elimination of anti-nutritional factors in grain legumes. *In*: Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21<sup>st</sup> Century. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference. Knight, R. (ed.). Dordrecht/ Boston/ London, Kluwer Academic Publishers. p 671-683.
- Escalante-Estrada, J.A. (1999). Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra*, 17: 149-157.

- Erskine, W.; Smart, J. & Muehlbauer, J. (1994). Mimicry of lentil and domestication of common vetch and grass pea. *Economic Botany*, 48: 326-332.
- Evans, C.L.; Wardlaw, I.F. & Fishcher, R.A. (1975). Wheat. *In: Crop physiology*. L.T. Evans (Ed.). Cambridge University Press, Cambridge. p 101-109.
- Evans, L.T. (1980). The natural history of crop yield. *American Scientist*, 68:388–397.
- EWRC (1964). Report of the 3rd and 4th meetings of European Weed Research Council (EWRC). Comimitte of Methods in Weed Reserch. *Weed Research*, 4: 88.
- Fagnano, M.; Carone, F. & Mori, M. (1998). Sowing time and density influence on grain legumes behaviour. 3<sup>th</sup> European Conference on Grain Legumes. Valladolid. 158 p.
- Fancelli, A.L. & Dourado Neto, D. (2000). Produção de milho. Porto Alegre: Agropecuária. 360p.
- Fayos, J.; Garro, R.; Navarro, P.; Medina, M.E.; Bellés, J.M. & Conejero, V. (1999). *In: Libro de Resúmenes de la XIII Reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal*. Sevilla, España. 414 p..
- Feio, M. (1991). Clima e agricultura. Exigências climáticas das principais culturas e potencialidades agrícolas do nosso clima. Ministérios da Agricultura, Pescas e Alimentação. Lisboa. 266 p..
- Fenwick, G.R.; Price, K.R.; Tsukamoto, C. & Okubo, K. (1991). Saponins in toxic substances in crop plants. *In: Toxic substances in crop plants*. Por J. P. Felix D'Mello, C. M. Duffus, John H. Duffus, Royal Royal Society of Chemistry, Cambridge. p 285-327.
- Fernández-Aparicio, M.; Sillero, M.; Flores, F.; Cubero, J.I. & Rubiales, D. (2007). Screening *Lathyrus cicera* and *L. sativus* resistance against crenate broomrape resistance (*Orobanche crenanta*). *In: Integrating legume biology for sustainable agriculture*. Book of Abstracts. 6<sup>th</sup> European Conference on Grain Legumes. Lisboa, Portugal. 160 p..
- Ferro Palma, J.M.A. (2009). Influencia de la fertilización con abonos verdes de veza (*Vicia sativa* L.) y triticale (*X Triticosecale* Wittmack) en la fertilidad del suelo, rendimiento y calidad del trigo (*Triticum aestivum* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. Espanha. 282 p.
- Fikre, A.; Korbu, L.; Kuo, Y. H. & Lambein, F. (2008). The contents of the neuro-excitatory amino acid b-ODAP (b-N-oxalyl-L-a,b-diaminopropionic acid), and other free and protein amino acids in the seeds of different genotipootypes of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Food Chemistry*, 110: 422–427.
- Firincioglu, H.K.; Ünal, S; Erbehtas, E. & Dogruyol, L (2010). Relationships between seed yield and yield components in common vetch (*Vicia sativa* ssp. *sativa*) populations sown in spring and autumn in central Turkey. *Field Crop Research*, 116: 30-37.
- Franco, F. (1996). Otras leguminosas por Fernando Franco, Los Lathyrus. *In: El cultivo de las leguminosas de grano en Castilla y Leon*. Coordinadores: Fernando Franco

- Jubete & Alvaro Ramos Monreal. Junta de Castilla y Leon, consejería de Agricultura y Ganadería. p 199-246.
- Fuentes, J.L. (1999). *El suelo y los fertilizantes*. Coedición Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 352 p..
- García del Moral, L.F. & Ramos, J.M. (1989). Fisiología de producción de grano. *In*: “La cebada: morfología, fisiología, genotipoética, agronomía y usos industriales”. J.L. Molina Cano (Ed.). Ministerio de Agricultura e Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. p 137-178.
- García del Moral, L.F., Ramos, J.M. y García Del Moral, M.B. (1991). El análisis por coeficientes de sendero y su aplicación al estudio de las relaciones entre el rendimiento y sus componentes en la cebada. *Invest. Prod. Prot. Veg.*, 6(3): 305-317.
- Gallardo, M.L. (1989). Productividad y resistencia a la sequía del tritorio (*Hordeum chilense* x *Triticum* ssp.) en relación a la de los cereales cultivados. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. 230 p.
- Gardner, F.P.; Pearce, R.B.; Mitchell, R.L. (1985). *Physiology of crop plants*. Iowa State Ames: Iowa State University Press. 327 p.
- Gatel, F. & Champ, M. (1998). Grain legumes in human and animal nutrition – up to date results and questions marks. *In*: Proceedings of 3<sup>rd</sup> European Conference on Grain legumes. Valladolid. p 7-11.
- Getahun, H.; Lambein, F.; Vanhoorne, M. & Van der Stuyft, P. (2003). Food-aid cereals to reduce malnutrition related to grass-pea preparations during famine. *Lancet*, 362:1808–1810.
- Granati, E.; Bisignano, V.; Chiaretti, D.; Crinò, P. & Polignano, G.B. (2003). Characterization of Italian and exotic *Lathyrus* germplasm for quality traits. *Genotipoetic Resources and Crop Evolution*, 50: 273-280.
- Grafius, J. E. (1959). Heterosis in barley. *Agronomy Journal*, 51: 551-554.
- Guerrero, A. (1983). El cultivo de las leguminosas grano. *In*: Leguminosas de grano. Coordinadores: J.I. Cubero & M.T. Cubero. Ediciones Mundi-Prensa. p 121-173.
- Guerrero, A. & López-Bellido, L. (1983). Producción y sistemas de cultivo en leguminosas-pienso. Aspectos técnicos y económicos. *In*: I Jornadas Técnicas sobre Leguminosas-Pienso. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. p 51-83.
- Hanbury, C.D.; Sarker, A.; Siddique, K.H.M. & Perry, M.W. (1995). Evaluation of *Lathyrus* germplasm in a mediterranean type environment in south-western Australia. Occasional Paper N° 8. Co-operative Research Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture.
- Hanbury, C. & K.H.M. Siddique (1999). Crop Updates : Pulses. *Lathyrus* development, Centre for Legumes in Mediterranean Agricultural. Department of Agriculture, Western Australia. (Acedido en 12/10/2009 en: <http://agspsrv34.agric.wa.gov.au/cropupdates/1999/pulses/Hanbury.htm>.)

- Hanbury, C.D., Siddique, K.H.M., Galwey, N.W. & Cocks, P.S., (1999). Genotype – environment interaction for seed yield and ODAP concentration of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. in Mediterranean-type environments, *Euphytica* 110: 45–60
- Hanbury, C.D.; White, C. L.; Mullan, B. P. & Siddique, K. H. (2000). A review of the potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for use as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 87(1-2): 1-27.
- Hanbury, C.; Siddique, K.; Seymour, M.; Jones, R. & MacLeod, B. (2005). Growing Geora (*Lathyrus sativus*) in Western Australia. Farmnote n.º 58. Department of Agricultural of Government of Western Australia.
- Haque, R.; Hussaina, M. & Lambien, F. (1992). Effect of salinity on the neurotoxin  $\beta$ -ODAP and other free aminoacids in *Lathyrus sativus*. Second International Lathyrus/Lathyrism Conference in Ethiopia. 21 p..
- Haro, A. (1983). La calidad nutritiva de las leguminosas-grano. In: Leguminosas de grano. J.I.Cubero & M.T. Moreno (Eds.). Ediciones Mundi-Prensa. p 211-247.
- Hay, R.K.M. & Kirby, E.J.M. (1991). Convergenotipot and synchrony - A review of the coordination of development in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42: 661-700.
- Hawtin, G.C. (1982). The genotype improvement of faba bean. In: Faba Bean Improvement. G. Hawtin and C. Webb (Eds.). ICARDA. Aleppo, Syria.. p 15-32.
- Hebert, Y., Guingo, E. & Loudet, O. (2001). The response of root/shoot partitioning and root morphology to light reduction in maize genotypes. *Crop Science*, 41: 363-371.
- Hewitt, J.D., Casey, L.L. & Zobel, R.W. (1985). Effect of day length and night temperature on starch accumulation and degradation in soybean. *Annals of Botany*, 56: 513-522.
- Hopf, M.(1986). Archaeological evidence of the spread and use of some members of the *Leguminosae* family. In: The Origin and Domestication of Cultivated Plants. C. Barigozzi (Ed.). 35-60 p.
- Hugon, J.; Ludolph, A. C. & Spencer, P. S. (2000).  $\beta$ -N-oxalylamino-alanine. In: Spencer P S and Schaumburg H (Eds). Experimental and clinical Neurotoxicology. 2<sup>nd</sup> edition. Oxford University Press. New York. p 925-938.
- Hunt, R. (1978). Plant growth analysis. Studies in Biology nº. 96. Edward Arnold Publishers. London. 67p.
- Hunt, R. (2003). Growth analysis, individual plants. In: Growth and Development. Thomas, B.; Murphy, D. J. & Murray, D. (Eds.). p 579-588.
- Hussain, M.; Chowdhury, B.; Hoque, R. & Lambein, F. (1997). Effect of water stress, salinity, interaction of cations, stage of maturity of seeds and storage devices on the ODAP content of *Lathyrus sativus*. In: *Lathyrus* and Lathyrism: A Decade of Progress. Proceedings of an International Conference, Addis Ababa. R.T. Haimanot and F. Lambein (Eds.). p 107–110.

- ICARDA (2006). Legume International Nurseries and Trials. International *Lathyrus* Adaptation Trial - *Lathyrus sativus*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Syria.
- Inzunza, J. C. (2005). Clasificación de los climas de Köppen. *Ciencia Ahora*, Año 8, 15: 14.
- Instituto de Meteorología, I. P. (2010). Acedido en 2010/10/20 en: [http://www.meteo.pt/pt/media/noticias/newsdetail.html?f=/pt/media/noticias/arquivo/2010/ws\\_riscos\\_eventos\\_extremos.html](http://www.meteo.pt/pt/media/noticias/newsdetail.html?f=/pt/media/noticias/arquivo/2010/ws_riscos_eventos_extremos.html)
- IPGRI (2000). Descriptors for *Lathyrus* spp. International Plant Resources Institute. Rome, Italy. 71p.
- Jackson, M. T. & Yunus, A. G. (1984). Variation in the grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and wild species. *Euphytica*, 33: 549-559.
- Julkunen-Tiitto R (1985). Phenolic constituents in the leaves of northern willows: methods for the analysis of certain phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33: 213-217.
- Kaline, K.; Bornstein, S.R.; Bergmann, A.; Hauner, H. & Schwarz, P.E. (2007). The importance and effect of dietary fiber in diabetes prevention with particular consideration of whole grain products. *Hormone and Metabolic Research*, 39: 687-693.
- Karadag, Y. & Buyukburc, U. (2003). Karyotype análisis of some legume species (*Vicia noeana* Boiss. and *Lathyrus sativus* L.) collected from native vegetation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(4): 337-381.
- Kaul, A.K.; Islam, M.Q., & Hamid, A. (1986). Screening of *Lathyrus* germplasm of Bangladesh for BOAA content and some agronomic characters. *In: Lathyrus and Lathyrism*. A.K. Kaul and D. Combes (Eds.). Third World Medical Research Foundation. New York. p 130-141.
- Khanna-Chopra, R. & Sinha, S. K. (1987). Chickpea: physiological aspects of growth and yield. *In: The chickpea*. Saxena, M.C. and Singh, K.B. (Eds.). p 163-189 .
- Khazaal K., Markantonatos X., Nastis A. & Orskov E.R. (1993). Changes with maturity in fiber composition and levels of extractable polyphenols in Greek browse: effects on in vitro gas-production and *in sacco* dry matter degradation. *Journal of the Science and Food and Agricultura*, 63: 237-244.
- Kislev, M.E. (1989). Origins of the cultivation of *Lathyrus sativus*. *Economic Botany*, 43(2): 262-270.
- Kuo, Y.H.; Bau, H.M.; Quemener, B.; Khan, J.K.& Lambein, F. (1995). Solid state fermentation of *Lathyrus* seeds using *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oligosporus* sp. T3 to eliminate the neurotoxin  $\beta$ -ODAP without loss of nutritional value. *Journal of Science Food Agricultura*, 69: 81–89.
- Kumar, S. & Dubey, D. (2001). Variability, heritability and correlation studies in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 2: 79-81.



- Kumari, V. & Prasad, R. (2005). Model plant type in Khesari (*Lathyrus sativus* L.) suitable for hill farming. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 4: 15-17.
- Kramer, P. (1963). Water estress and growth. *Agronomy Journal*, 53:31-35.
- Lambein,F.; Khan, J. K. ; Kuo, Y.; Campbell, C. G. & Briggs, C. (1993). Toxins in the seedlings of some varieties of grass pea (*Lathyrus sativus*). *Natural Toxins*, 1:246-249.
- Lambien, F.; Haque, R.; Khan, J.K.; Kebede, N. & Kuo, Y.H. (1994). From soil to brain: Zinc deficiency increases the neurotoxicity of *Lathyrus sativus* and may affect the susceptibility for the motoneurone disease neurolathyrism. *Toxicon*, 32: 461-466.
- Lambein, F. & Ahmed, S. (2005). The same goal, a different approach: a new Belgian-Ethiopian project. *Lathyrus Lathyrism Newslette*, 4: 34-35.
- Lambers, H.; Freijisen, N.; Poorter, H.; Hirose, T. & van der Werf, A. (1990). Analyses of growth based on net assimilation rate and nitrogen productivity. Their physiological background. *In: Causes anda consequences of variations in growth rate and productivity in higher plants*. The Hague: SPB Academic Publishing. H. Lambers, M.L.Cambridge, H. Konings and T. L. Pons (Eds.). p 1-17.
- Larcher, W. (2003). Regulation of growth and developmente. *In: Physiological plant ecology*. 4th Edition. p 297-344.
- Larue, T.A. & Patterson, T.G. (1981). How much nitrogenotipo do legumes fix? *Advence in Agronomy*, 34: 15-38.
- Lecoeur, J. (1994). Réponses phénologiques et morphologiques du pois (*Pisum sativum* L.) à la contrainte hydrique. Conséquence sur le nombre de phytomères reproducteurs. Thèse de doctorat. ENSAM. Montpellier, France. 99 p.
- Lienerd. I. (1970). Toxic constituents of plant foodstuffs. *Proceedings of the Nutrition Society: Cambridge University Press*, 29:56-57.
- Lienerd, I. (1989). Antinutritional factors in legume seeds: state of the art. *In: Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Grain Legume Seeds*. J. Huisman, T.F.B Van der Poel and I.E. Liener (Eds.). Pudoc, Wagenotipoingentipo. p 6–13.
- Lisiewska, Z.; Korus, A.; Kmiecik, W. & Gebczynski, P. (2006). Effect of maturity stage on the content of ash components in raw and preserved grass pea (*Lathyrus sativus* L.) seeds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(1/2): 39-45.
- Llera, F. (2010). Iniciación a la investigación en cultivos herbáceos extensivos. Tema: Creescimiento y Desarrollo. Master Universitario de Investigación de Ingeniería y Arquitectura. Especialidad en Ingenierías Agrárias. 55p.
- Loomis, R. S. & Connor, D. J. (1992). Crop ecology: Productivity and Management in agricultural Systems. Cambridge University Press, Cambridge. 538 p.
- Lopes, N. F. & Maestri, M. (1973). Análise de crescimento e conservação de energia solar em populações de milho (*Zea mays* L.). Minas Gerais. *Revista Ceres*, 20(109): 189-201.

- López, J. (1991). Valor nutritivo de las leguminosas grano en la alimentación humana y animal. *Anales Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 7:35-95.
- López-Bellido, L. (1994). Grain legumes for animal. Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective. J.E. Hernándo Bermejo and J. León (Eds.). Plant Production and Protection Series N° 26. FAO, Rome, Italy. p 273-288.
- López-Bellido, L. (1994). Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective. J.E. Hernándo Bermejo and J. León (Eds.). Plant Production and Protection Series No. 26. FAO, Rome, Italy. p 273-288.
- López-Bellido, F.J.; López-Bellido, L. & López-Bellido, R. J. (2005). Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*. 23: 359-378.
- Loss, S.P. & Siddique, K.H.M (1994). Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *Advances in Agronomy*, 52: 229-276.
- Loss, S.P. & Siddique, K.H.M. (1997). Adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) to dryland Mediterranean-type environments I. Seed yield and yield components. *Field Crops Research*, 52:17-28.
- Loss, S.P., Siddique, K.H.M. and Martin, L.D. (1997a). Adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) to dryland Mediterranean-type environments. II. Phenology, canopy development, radiation absorption and biomass partitioning. *Field Crops Research*, 52: 29-41.
- MADRP (2010). Entrevista: José Serrano. *Vida Rural, Revista profesional para o mundo rural*. Ano 58. N.º 1761 (12). 46 p.
- Maga, J. (1982). Phytate: Its Chemistry, Occurrence, Food Interactions, Nutritional Significance, and Methods of Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 30(1): 1-9.
- Magalhães, A.C.N. (1985). Análise quantitativa de crescimento. *In: Fisiologia vegetal*. M.G. Ferri (Coord.), 1: 333-350.
- Malek, M.A.; Afzal, A.; Rahman, M.M. & Salahuddin, A.B.M. (1999). *Lathyrus sativus*: a crop for harsh environments. Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21<sup>st</sup> century. *Kinght Ed. Klumer Academic Publishers*, 34: 369-373.
- Mansfield, T.A. & Davies, W.J. (1985). Mechanisms for leaf control of gas exchange. *BioScience*, 35(3):158-164.
- Manzano, S. S. (2007). Función del ácido salicílico en la floración acelerada por estrés en *Arabidopsis thaliana*. Tesis Doctoral. (Acedido en 2010/03/08 en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/14903/1/Tesis%20S.Segarra.pdf>)
- Marcelos, H. & Constable, G.A. (1986). Effects of plant density and sowing date on grain yield of faba beans (*Vicia faba* L.) in Northern New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agricultural*, 26: 493–496.

- Martinez, M.; Ibáñez, M.D. & Fernández-Cáldas, E. (2000). Hypersensitivity to members of the botanical order Fabales (legumes). *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 10:187-199.
- Martins, M.C.; Câmara, G.M.S.; Peixoto, C.P.; Marchiori, L.F.S.; Leonardo, V. & Mattiazzi, P. (1999). Épocas de sementeira, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. *Scientia Agrícola*, 56(4): 851-858.
- Martins, J.M. & Bento, O.P. (2007). As leguminosas como alimentos funcionais: o caso das dislipidémias e das doenças cardiovasculares. *Revista de Ciências Agrárias*, 30: 385-399.
- McCutchan, J.S. (2003). Review: A brief history of grasspea and its use in crop improvement. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 3: 18-23.
- Mcintosh, G. H. & Topping, D.L. (1999). Food legumes in human nutrition. *In: Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21<sup>st</sup> century. Knight Ed. Klumer Academic Publishers*, 34: 655-660.
- Mekbungwan, A. (2007). Application of tropical legumes for pig feed. *Animal Science Journal*, 78: 342–350.
- Mera, M.; Espinoza, N.; Gaete, N.; Tay, J.; Galdames, R. & Aguillera, A. (2005). Guía para la producción de chícharo. Gobierno de Chile. Ministério de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA N.º 134. 24 p.
- Meyer, B.; Anderson, D.; Böhninh, R. & Fratianne, D. (1973). Introdução á fisiologia vegetal. Fundação Calouste Gulbenkian. 710 p..
- Milczak, M.; Pedzinski, M.; Mnichowska, H.; Szwed-Urba, K. & Rybinski, W. (2001). Creative breeding of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) in Poland. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 2: 85-88.
- Miyan, M.S. & Bellotti, W.D. (1998). Agronomy of *Lathyrus* species. South Australia. *In: Proceedings of the 9<sup>th</sup> Australian Agronomy Conference. Australian Society of Agronomy*.
- Misra, B.; Singh, S. & Barat, G. (1980). Os-Dapros: the *Lathyrus sativus* neurotoxin. *Plant Foods for Human Nutrition*, 30:259-270.
- Molina Cano, J.L. (1989). *La Cebada. Morfología, genotipoética, agronomía y usos industriales*. Coedición del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Servicio de Extensión Agraria). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Mohamed, H. A., Clark, J. L. & Ong, C.K. (1988). Genotypic differences in the temperature responses of tropical crops. II. Seedling emergence and leaf growth of groundnut (*Arachis hypogea* L.) and pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). *Journal of Experimental Botany*, 39:1129-1135.
- Morazzoni, P.; Riva, A.; Duranti, M.; Consonni, A.; Lovati, M.R.; Gardi, A.; Berlanda, D.; Donzelli, F. & Ponzzone, C. (2007). *In: Integrating legume biology for sustainable*

- agriculture. Book of Abstracts. 6<sup>th</sup> European Conference on Grain Legumes. Lisboa, Portugal. p 57-58.
- Moreno, M. T. (1993). Las leguminosas de grano: una visión de conjunto. *In: Leguminosas de grano*. J. I. Cubero Y M. T. Moreno (Eds.). Ediciones Mundi-Prensa. p 15-34.
- Moseley, G. & Griffiths, W. (1979). Varietal variation in the anti-nutritive effects of field beans (*Vicia faba*) when fed to rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 30(8):772-778.
- Mowat, D.; Kwain, J. & Winch, J. (1969). Lignification and in vitro cell wall digestibility of plants parts. *Canadian Journal of Plant Science*, 49(4):499-504.
- Muehlbauer, F.J. (1993). Food and grain legumes. *In: New crops*. J. Janick and J.E. Simon (Eds.). Wiley, New York. p 256-265.
- Muehlbauer, F.J. & Tullu, A. (1997). *Lathyrus sativus* L.. *NewCROP FactSHEET* (Acedido en 19/01/2010 en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/grasspea.html>).
- Murti, V.V.S., Seshadri, T.R., Venkitasubramanian, T.A. (1964). Neurotoxic compound of the seeds of *Lathyrus sativus*. *Phytochemistry*, 3:73-78.
- Muzquiz, M. (2001). *Agricultura: Revista agropecuaria*, 70(824):104-105.
- Muzquiz, M. (2005). Positive impact of pulse consumption on human health. (Acedido en 7/07/2009 en: [www.grainlegumes.com](http://www.grainlegumes.com)).
- Mwanamwenge, J., Loss, S.P., Siddique, K.H.M., Cocks, P.S. (1998). Growth, seed yield and water use of faba bean (*Vicia faba* L.) in a short-season Mediterranean-type environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38: 171-180.
- Ney, B. & Wery, J. (1998). How does a grain legume crop work? A simulation model to integrate our knowledge and to solve agronomic problems. *In: Proceedings of the 3<sup>th</sup> European Conference on Grain Legumes*. Valladolid. p 25- 29.
- Nleya, T.; Vandenberg, A.; Araganosa, G.; Warkentin, T.; Muehlbauer, F.J. & Slinkard, A. E. (1999). Produce quality of food legumes: Genotipootype (G), environment € and (G x E) considerations. *In: Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century*. Kinght Ed. Klumer Academic Publishers, 34: 173-182.
- Norma Portuguesa 872 (1983). Alimentos para animais. Determinação do teor de cinza total. NP 1607 leguminosas. 4p.
- Norma Portuguesa 876 (1971). Alimentos para animais. Determinação do teor em matéria gorda. 4 p.
- Norma Portuguesa 2030 (1983). Cereais e leguminosas. Determinação do teor de azoto e cálculo do teor de proteína bruta. Método de Kjeldhal. Lisboa. IPQ. 9p.
- Norma ISO/CD 13905 (1994). Animal feeding Auffi-determination of NDF. 4p.
- Norma ISO/CD 13906 (1994). Animal feeding Auffi-determination of NDF e ADL. 4p.
- Nunes, F.C. (1993). Relações entre irregularidades pluviométricas, desenvolvimento fenológico, épocas de semeadura. *In: Reunião brasileira do milho (Zea mays L.) e*

- probabilidade de frustração da safra. Dissertação de mestrado em agronomia. Universidade do Ceará. Fortaleza. 147 p..
- Olalde-Gutiérrez, V.M., Escalante-Estrada, J.A.; Sánchez-García, P.; Tijerina-Chávez, L.; Mastache-Lagunas, A.A. & Carreño-Román, E. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra*, 18: 313-323.
- O'Toole, J.C. & Bland, W.L. (1987). Genotypic variation in crop plant root systems. *Advances in Agronomy*, 41: 91-145.
- Ojimekwe, P.C., Onuoha, C.C., Obanu, Z.A. (1995). Effect of processing in vivo proteolytic digestion on soybean and yambean hemagglutinins. *Plant Foods for Human Nutrition*. 47(3): 293-299.
- Pandey, R.L., Chitale, M.W.; Sharma, R.N. & Rastogi, N. (1995). Status of *Lathyrus* research in India. In: *Lathyrus* Genotipoetic Resources in Asia. R.K. Arora, P.N. Mathur, K.W. Riley & Y. Adham (Eds.). Proceedings of a Regional Workshop, 27–29 December-Raipur, India. p 45–52.
- Pastor-Cavada, E.; Juan, R.; Pastor, J.E.; Alaiz, M. & Vioque, J. (2009). Antioxidant activity of seed polyphenols in fifteen wild *Lathyrus* species from South Spain. *Food Science and Technology*, 42(3): 705-709.
- Patanita, M.J.M. (2006) *Fertilización Nitrogenotipoada de la Cebada Cervecera (Hordeum vulgare L. spp. Distichum) en regadío*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.
- Peixoto, C.P.; Câmara, G.M.S.; Martins, M.C.; Marchiori, L.F.S.; Guerzoni, R.A.; Mattiazzi, P. (2000). Épocas de sementeira e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. *Scientia Agricola*, 57(1): 89-96.
- Peixoto, C.P. & Peixoto, M. F.S.P.. (2009). Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. Programa de pós-graduação em ciências agrárias – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. (Em publicação).
- Pereira, G.; Carita, T.; Costa, R. & Tavares de Sousa, M.M. (2008). *Lathyrus Lathyrism Newsletter*. 1: 33 (on press).
- Pereira, A.R., Machado, E.C. (1987). Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas: Instituto Agronômico. (Boletim Técnico, 144). 33 p.
- Polignano, G.B.; Uggentipoti, P.; Olita, G.; Bisignano, V.; Alba, V.; & Perrino, P. (2005). Characterization of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) entries by means of agronomically useful traits. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 4: 10-14.
- Poulain, D., Keller, S., Le Guen, J. (1986). Canopy development and efficiency of foliar light interception in winter faba bean. *Fabis Newsletter*, 16:13–19.
- Prakash, S., B.K. Mishra, R.N., Adsule, R. & Barat, G. (1977). Distribution of B-N-oxalyl-L-a, B-diaminopropionic acid in different tissues of aging *Lathyrus sativus*. *Plant Physiology and Biochemistry Pflanzen*, 171: 369-374.

- Prévost, D. & Antoun, H. (2008). Root Nodule Bacteria and Symbiotic Nitrogenotipoe Fixation. *In: Soil Sampling and Methods os Analysis*. M.R. Cartes & E.G. Gregorich (Eds.) 1224 p. (Acedido en 01/002/2010 en: [http://books.google.pt/books?id=ZTJsbXsikagC&dq=lathyrus+sativus+rhizobium&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.pt/books?id=ZTJsbXsikagC&dq=lathyrus+sativus+rhizobium&source=gbs_navlinks_s)).
- Quader, M.; Ramanujam, S. & Barat, G.K. (1986). Genotipoetics of flower colour, BOAA, content and their relationship in *Lathyrus sativus* L.. *In: Lathyrus and Lathyrism* (A.K. Kaul and D. Combs, eds.). Third World Medical Research Foundation, New York. p 93-97.
- Quereshi, M.Y., D.J. Pilbea,, C.V. Evans & E.A. Bell (1977). The neurolathyrogenotipo – amino-*B*-oxalylaminopropionic acid in legume seeds. *Phytochemistry*. 16: 477-479.
- Rachwal, M.F.G.; Curcio, G.R.; Dedecek, R.A.; Nietsche, K.; Radomskil, M.I. (2000). Influência da luminosidade sobre os teores de macronutrientes e taninos em folhas de erva-mate. *In: II° Congresso sul-Americano de erva mate. III Reunião técnica de erva mate*. Encantado/RS, Anais. Porto Alegre: Edição dos Organizadores. p 417-420.
- Rahman, M.M., J. Kumar, M.A. Rahaman & M. Ali Afzal (1995). Natural outcrossings in *Lathyrus sativus* L.. *Indian Journal of Genticis*, 55: 204–207.
- Ramanujam, S.; Sethi, K. L. Rao, S. L. N. (1980). *Indian Journal of Genotipoetics & Plant Breeding*, 40(1), 300-304.
- Rao, S. L. N. (1978). A Sensitive and Specific Colorimetric Method for the Determination of  $\alpha,\beta$  -Diaminopropionic Acid and the *Lathyrus sativus* Neurotoxin. *Analytical biochemistr*, 86: 386-395.
- Rao, S.L.N.; Adiga, P.R. & Sarma, P.S.. (1964). Isolation and characterization of  $\beta$ -*N*-oxalyl- $\alpha,\beta$ -diamino propionic acid, a neurotoxin from seeds of *Lathyrus sativus*. *Biochemistry*, 3(3): 432–436.
- Rao, S. & Northup, B. (2008). Planting date affects production and quality of grass pea forage. *Crop Science*, 48: 1629-1635
- Rayburn, E.B. (1993). Plant Growth and Development as the Basis of Forage Management . West Virginia University. Extension Service.
- Regan, K.; Hanbury, C. & White, P. (2005). Growing *lathyrus*. *In: Producing pulses in the Southern Australia*. Ed. P. White, M. Seymour, P. Burgess and M. Harries. Department of Agricultural of Government of Western Australia. GRDC Project DAW712. Bulletin 4645. p 75-78.
- Reis, R. M. & Gonçalves, M. Z. (1987) - Caracterização climática da região agrícola do Alentejo. *Clima de Portugal*, 34:226.
- Reyes-Moreno, C.; Parede-López, O. (1993). Hard-to-Cook Phenomenon in common bean: a review. *Critical Reviews Food Science Nutrition*, 33(3): 227-286.

- Ritchie, S.W.; Hanway, J.J.; Thompson, H.E. & Benson, G. O. (1982). How a soybean plant develops. Ames, Iowa State University of Science and Technology: Cooperative Extension Service. Special Report, 53. , 20p.
- Romero, J.M.; Tenório, G. & Mérida, A. (1999). Biosíntesis de almidón: posible papel en procesos de desarrollo vegetal. *In: Libro de Resúmenes de la XIII Reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal*. Sevilla, España. 192 p.
- Rotter, R.G., R.R. Marquardt & C.G. Campbel, 1991. The nutritional value of low lathyrogenic *Lathyrus* (*Lathyrus sativus*) for growing chicks. *British Poultry Science*, 32: 1055-1067.
- Roy, D.N. & Rao, K.V. (1978). Physicochemical values in different varieties of *Lathyrus sativus* and their interrelationships. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(3):687-689.
- Rubiales, D.; Pérez-de-Luque, A.; Joel, D.M.; Alcántara, C. & Sillero, J. C. (2003). Characterization of resistance in chickpea to crenate broomrape (*Orobanche crenata*). *Weed Science*, 51(5):702-707.
- Ruiz, M.F.A. (2006). Resistencia genotipoética a Jopo (*Orobanche crenata*) en *Lathyrus sativus* spp. Resúmenes de trabajos profesionales fin de carrera. Curso 2005/2006. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba.
- Rybiński, W.; Szot, B. & Rusinek, R. (2008). Estimation of morphological traits and mechanical properties of grasspea seeds (*Lathyrus sativus* L.) originating from EU countries. *International Agrophysics*, 22: 261-275.
- Sammour, H. R.; Mustafa, A., Badr, S. & Tahr, W. (2007). Genotipoetic variability of some quality traits in *Lathyrus* spp. germplasm. *Acta agriculturae Slovenica*, 90(1): 33–43.
- Santonoceto C.; Monti M.; Anastasi U. (2004). A comparison of the agronomic performance of grasspea and faba bean in a semiarid Mediterranean environment . *In: Mediterranean rainfed agriculture: Strategies for sustainability = Agriculture pluviale méditerranéenne : stratégies de durabilité* . Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n.º 60. C. Cantero-Martínez & D. Gabiña (Eds.). Zaragoza (Spain). p 223-228.
- Sao Chan Cheong (1990). Mode d'action d'un déficit hydrique sur l'orientation des assimilâtes chez le pois proteageaux. Diplôme D'Études Approfondies de Sciences et techniques du Languedoc. Montpellier. 17 p.
- Saraswat, K.S. (1980). The ancient remains of the crop plants at Atranjikera. *Journal of Indian Botanical Society*, 59:306-319.
- Sarker, A.; Robertson, L.D. & Campbell, C.G. (1999). *Lathyrus* spp: Conserved resources, priorities for colleccion and future prospects. *In: Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21<sup>st</sup> century*. Kinght Ed. Klumer Academic Publishers, 34: 655-660.

- Serviço Meteorológico Nacional (1950) - O clima de Portugal: Extremadura, Ribatejo e Alto Alentejo. 48 p.
- Seymour, M. (2006). *Lathyrus sativus* x herbicide tolerance. Crop Updates is a partnership between the Department of Agriculture, Western Australia and the Grains Research & Development Corporation. p 105-114.
- Sharma, B. D.; Kaul, H. N. & Singh, M. (1993). Growth analysis of potato varieties in autumn in subtropical conditions. *New Botanist*, 20(54): 55-64.
- Siddique, K.; Hanbury, C.; Sarker, A.; Perry, M. & Francis, C. (1995). *Lathyrus* germplasm evaluation in a Mediterranean type environment of south-western Australia. In: "Lathyrus Genotipoetics Resources in Asia.". R.K. Arora, P.N. Mathur, K.W. Riley, & Y. Adham (Eds.). IPGRI. New Delhi, India. p 113-125.
- Siddique, K.H.M.; Loss, S.P.; Herwig, S.P. & Wilson, J.M. (1996). Growth, yield and neurotoxin (ODAP) concentration of three *Lathyrus* species in Mediterranean-type environments of Western Australia. *Australian Journal of Experimental Agricultural*, 36: 209–218.
- Siddique, K.H.M.; Loss, S.P.; Regan, K.L. & Jettner, R.L. (1999). Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of south-western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*. 50, 375-387.
- Sillero, J.C.; Cubero, J.I.; Fernández-Aparicio, M. & Rubiales, D. (2005). Search for resistance to crenate broomrape (*Orobanche crenata*) in *Lathyrus*. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 4: 7-9.
- Silva, E.T. (2007). Análise do crescimento e produtividade de duas cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) influenciadas por doses de fósforo. Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Curso de pós-graduação em agronomia. 56 p..
- Silva, M. R. & Silva, M. A. P. (1999). Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. *Journal of Nutricion*, 128 (1): 21-32.
- Singh, U. (1984). The inhibition of digestive enzymes by polyphenols of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). *Nutrition Reports International*, 29:745-753.
- Singh, S.P., Singh, N.P., Pandey, R.K. (1988). Growth analysis in faba bean (*Vicia faba* L.). *Fabis Newsletter*, 22: 185–191.
- Singh, U.; Williams, P.C. & Petterson, D.S. (1999). Processing and grain quality to meet market demands. In: *Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21<sup>st</sup> century*. Kinght Ed. Klumer Academic Publishers, 34:155-171.
- Smartt, J. (1984). Evolution of Grain Legumes. I. Mediterranean Pulses. *Experimental Agriculture*. 20:275-296.



- Srivastadava, S. & Khokhars, S. (1996). Effects of processing on the reduction of  $\beta$ -ODAP ( $\beta$ -N-oxalyl-L-2,3-diaminopropionic acid) and anti-nutrients of Khesari Dhal. *Lathyrus sativus*. *Journal of the science of food and agriculture*, 71(1): 50-58.
- S.R.O.A. (Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário) (1961). Carta de solos de Portugal. N.º 43 C. Secretaria de Estado da Agricultura. Ministério da Economia. Lisboa.
- Tadelle, D.; Alemu, Y.; Nigusie, D. & Peters, K. (2003). Evaluation of Processing Methods on the Feeding Value of Grass Pea to Broilers. *International Journal of Poultry Science*, 2(2): 120-127.
- Talukdar, D.(2009). Dwarf mutations in grass pea (*Lathyrus sativus* L.): origin, morphology, inheritance and linkage studies. *Journal of Genetics*, 88(2):165-175.
- Tarade, K.M.; Singhal, R.S.; Jayram, R.V. & Pandit, A.B. (2007). Kinetics of degradation of ODAP in *Lathyrus sativus* L. flour during food processing. *Food Chemistry*, 104: 643–649.
- Tay, J; Mera, M & France, A. (2004). LUANCO-INIA: Nueva variedad de chícharo (*Lathyrus sativus* L.) de grano grande para exportación. *Agricultura Técnica (Chile)*: 64(3): 309-313.
- Taylor, H.M. (1980). Postponement of severe water stress in soybeans by rooting modifications: a progress report. *In: Proceedings of World Soybean Research Conference*, Boulder. F. T. Corbin (Ed.). p 161-178.
- Teixeira, A. & Ricardo, C.P. (1983). Fotossíntese. Porto Editora. Lisboa. P291-330.
- Tekle-Haimont, R.; Abegaz, B.M.; Wuhib, E.; Kassina, A.; Kidane, Y. & Kebede, N. (1993). Pattern of *Lathyrus sativus* consumption and  $\beta$ -N-oxalyl- $\alpha,\beta$ -diaminopropionic acid ( $\beta$ -ODAP) content of food samples in the lathyrism endemic region of northwest Ethiopia. *Nutrition Research*, 13: 1113–1126.
- Thomson, B.D.; Siddique, K.H.M.; Barr, M.D. Wilson, J.M. (1997). Grain legume species in low rainfall Mediterranean-type environments I. Phenology and seed yield. *Field Crops Research*, 54: 173-187.
- Tiwari, K.R. & Campbell C.G.. (1996a). Inheritance of seed weight in grasspea (*Lathyrus sativus* L), *FABIS Newsletter*, 38/39:30–33.
- Tiwari, K.R. & Campbell C.G.. (1996b). Inheritance of neurotoxin (ODAP) content, flower and seed coat colour in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Euphytica*, 91(2):195-203.
- Trombetta, M.T.; Mattii, S.; Pasquini, M. & Falaschini, A. (2006). Evaluation of the digestibility of *Lathyrus sativus* in growing pigs. *Italian Journal of Animal Science*, 5(2): 147-153.
- Truong, H.-H. & Duthion, C. (1993). Time of flowering of pea (*Pisum sativum* L.) as a function of leaf appearance rate and node of first flower. *Annals of botany*, 72: 133-142.
- Tuttobene, R. & Vagliasindi, C. (1995). Effects of plant density on flowering characteristics, growth and yield in “Sikelia” a new faba bean genotipo ( *Vicia faba* L.) recently

- released. In: AEP (Ed.), Proceeding of Second European Conference on Grain Legumes. 9–13 July, Copenhagenotipo, Denmark. 172 p.
- Turk, M.; Albayrak, S. & Celk, N. (2007). Estimates of Broad-Sense Heritability for Seed Yield and Yield Components of Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31: 155-158.
- Ulloa, P. & Mera, M. (2010). Inheritance of Seed Weight in Large-Seed Grass Pea *Lathyrus sativus* L.. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(3):357-364.
- Urbano, P. (2002). *Fitotecnia: ingenotipoiería de la producción vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 528p.
- Urchei, M.A., (2000).Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro son irrigação, em plantio directo e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(3): 497-506.
- Urga, K., Fite, A. & Kebede, B. (1995). Nutritional and anti-nutritional factors of grass pea germplasm. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 9: 9-16.
- Van Barneveld, R.J.; Edwards, A.C. & Huisman, J. (1999). Chemical and physical influencing the nutritional value and subsequent utilisation of food legumes by livestock. In: *Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21<sup>st</sup> century*. Kinght Ed. Klumer Academic Publishers, 34: 661-670.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca and London: Cornell University Press. 476 p.
- Vavilov, N.I. (1951). The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Translated by K. Start. *Chronica Boanica*. 13: 1-366.
- Vaz Patto, M. C.; Skiba, B.; Pang, E. C. K.; Ochatt, S. J.; Lambein, F. & Rubiales, D. (2006). *Lathyrus* improvement for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical breeding to marker assisted selection. *Euphytica*, 147: 133-147.
- Vidal, A.; Arnaudo, D. & Arnoux, M. (1981). La resistance à la séchereuse du soja I – Influence d'un deficit hydrique sur la croissance et la production. *Agronomie*, 1(4): 295-302.
- Vocanson, A.; Jeuffroy, M.H. & Roger-Estrade, J. (2006). Effect of Sowing Date and Cultivar on Root System Development in Pea (*Pisum sativum* L.). *Plant and Soil*, 283: 339-352.
- Wallace, D; Paudoin, H., Beaver, J.; Coyne, D.; Halseth, D.; Masaya, P.; Munger, H.; Myers, J.; Silbernagel, M.; Yourstone, K. & Zobel, R. (1993). Improving efficiency of breeding for higher crop yield. *Theoretical and Applied Genetics*, 86:27-40.

- Waggoner, P.E. & Berger, R.D. (1987). Defoliation, disease and growth. *Phytopathology*, 77(3):393-398.
- Wang, X.; Warkentin, T. D.; Briggs, C.J.; Oomah, B. D.; Campbell, C.G. & Wood, S: (1998a). Total phenolics and condensed tannins in field pea (*Pisum sativum* L.) and grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Euphytica*, 101: 97–102.
- Wang, X.; Warkentin, T.D.; Briggs, C.J.; Oomah, B.D.; Campbell, C.G. & Woods, S. (1998b). Trypsin Inhibitor Activity in Field Pea (*Pisum sativum* L.) and Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(7): 2620-2623.
- Wang, F.; Chen, X.; Chen, Q. , Qin, X. & Li, Z. (2000). Determination of neurotoxin 3-N-oxalyl-2,3-diaminopropionic acid and non-protein amino acids in *Lathyrus sativus* by precolumn derivatization with 1-fluoro-2,4-dinitrobenzene. *Journal of Chromatography A*, 883:113–118.
- Warkentin, T.D.; Bett, K.E: & Arganosa (2007). Development of low phytate field pea. *In: Integrating legume biology for sustainable agriculture. Book of Abstracts. 6<sup>th</sup> European Conference on Grain Legumes. Lisboa, Portugal. 66p.*
- Weimer, J.L. (1947). Resistance of *Lathyrus* spp. and *Pisum* spp. To *Ascochyta pinodella* and *Mycosphaerella pinodes*. *Journal of Agricultural Research*, 75: 181–190.
- Weller, J.L.; Hecht, V.; Lauri, R.; Knowles, C.; Liew, L.C.; Vanderschoor, J. & Macknight, R. (2007). *In: Integrating legume biology for sustainable agriculture. Book of Abstracts. 6<sup>th</sup> European Conference on Grain Legumes. Lisboa, Portugal. 21 p.*
- Wery, J. (1987). Adaptation des plantes cultivées au déficit hydrique. Cours UB4 (Maitrise de l'eau et du Bioclimat). Ecole National Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier. 17p..
- Westermann, D.T. & Crothers, S.E. (1977). Plant population effects on the seed yield components of beans. *Crop Science*, 17(4): 493-496.
- Yadav, C. R. (1995). Genotipoetic Evaluation and Varietal Improvement of Grasspea in Nepal. *In: Lathyrus Genotipoetic Resources in Asia Proceedings of a Regional Workshop Organized/supported by International Plant Genotipoetic Resources Institute. R.K. Arora, P.N. Mathur, K.W. Riley & Y. Adham (Eds.) Indian Council of Agricultural Research and Indira Gandhi Agricultural University, and held at Raipur, India. p. 27-29.*
- Yan, Z. Y.; Spencer, P.S.; Li, Z.; Liang, Y.; Wang, Y.; Wang, C. & Li, F. (2006). *Lathyrus sativus* (grass pea) and its neurotoxin ODAP: *Phytochemistry*, 67(2): 107-121.
- Yang, H.M. & Zhang, X.Y. (2005). Considerations on the reintroduction of grass pea in China. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 4: 22-26.
- Young, F.L.; Matthews, J.; Al-Menoufi, A.; Sauerborn, J.; Pieterse, A.H. & Kharrat, M. (1999). Integrated weed management for food legumes and lupins. *In: Linking research and*

- marketing opportunities for pulses in the 21<sup>st</sup> century. *Kinght Ed. Klumer Academic Publishers*, 34: 481-490.
- Yunus, A.G. & Jackson, M.T. (1991). The gene pools of the grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Plant Breeding*, 106(4): 319–328.
- Zhao, L.; Chena, X., Hua, Z., Lia, Q., Chenb,Q. & Lib, Z. (1999). Analysis of b-N-oxalyl-L-a,b-diaminopropionic acid and homoarginine in *Lathyrus sativus* by capillary zone electrophoresis. *Journal of Chromatography* ,. 857: 295–302.

# **Anexos**



Anexo 1 - Temperaturas medias durante los años de ensayo (° C) y medias de los últimos 30 años

	T máximas medias			T mínimas medias			T medias		
	2006/07	2007/08	30 años	2006/07	2007/08	30 años	2006/07	2007/08	30 años
<b>Septiembre</b>	31,2	30,7	22,7	16,6	16,7	15,1	23,9	23,7	30,3
<b>Octubre</b>	24,9	24,7	17,8	13,8	12,0	12,0	19,4	18,3	23,6
<b>Noviembre</b>	19,6	19,4	12,8	12,0	5,1	7,7	15,8	12,3	17,9
<b>Diciembre</b>	14,2	14,2	10,0	4,9	3,5	5,5	9,6	8,9	14,4
<b>Enero</b>	12,9	15,4	8,7	3,3	5,2	3,8	8,1	10,3	13,7
<b>Febrero</b>	16,1	17,0	10,1	7,1	6,1	4,7	11,6	11,6	15,5
<b>Marco</b>	18,9	19,3	12,8	6,7	6,2	6,7	12,8	12,8	18,9
<b>Abril</b>	20,5	22,4	14,4	9,3	9,6	8,3	14,9	16,0	20,5
<b>Mayo</b>	24,7	22,5	17,8	11,6	11,9	11,0	18,2	17,2	24,5
<b>Junio</b>	27,8	30,9	22,4	14,6	14,8	14,7	21,2	22,8	30,1
<b>Julio</b>	34,1	33,3	25,3	16,7	16,6	16,6	25,4	25,0	34,0
<b>Agosto</b>	32,5	33,3	25,3	17,4	16,1	16,5	25,0	24,7	34,1

Anexo 2 - Temperaturas máximas medias, mínimas medias e medias en los años agrícolas 2006/07 y 2007/08 (° C), por decena

		T máximas medias		T mínimas medias		T medias	
		2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
<b>Septiembre</b>	1 <sup>a</sup>	39,00	33,52	19,55	18,60	29,28	26,06
	2 <sup>a</sup>	29,25	29,25	15,19	16,55	22,22	22,90
	3 <sup>a</sup>	25,35	29,47	14,95	14,90	20,15	22,19
<b>Octubre</b>	1 <sup>a</sup>	26,35	24,37	13,20	15,45	19,78	19,91
	2 <sup>a</sup>	24,90	26,42	13,78	12,18	19,34	19,30
	3 <sup>a</sup>	23,70	23,36	14,45	8,59	19,08	15,98
<b>Noviembre</b>	1 <sup>a</sup>	22,02	23,50	14,60	7,15	18,31	15,33
	2 <sup>a</sup>	19,56	19,55	11,30	3,40	15,43	11,48
	3 <sup>a</sup>	17,20	15,20	10,05	4,72	13,63	9,96
<b>Diciembre</b>	1 <sup>a</sup>	15,46	14,50	8,90	4,07	12,18	9,29
	2 <sup>a</sup>	14,05	13,46	2,70	2,65	8,38	8,06
	3 <sup>a</sup>	13,33	14,50	3,27	3,88	8,30	9,19
<b>Enero</b>	1 <sup>a</sup>	12,69	13,95	3,85	7,05	8,27	10,50
	2 <sup>a</sup>	14,05	14,56	3,44	3,80	8,75	9,18
	3 <sup>a</sup>	12,18	17,52	2,73	4,88	7,45	11,20
<b>Febrero</b>	1 <sup>a</sup>	14,07	17,20	4,53	5,30	9,30	11,25
	2 <sup>a</sup>	16,77	15,85	8,85	5,10	12,81	10,48
	3 <sup>a</sup>	17,78	18,10	8,00	8,11	12,89	13,11
<b>Marzo</b>	1 <sup>a</sup>	18,35	19,53	6,80	5,75	12,58	12,64
	2 <sup>a</sup>	20,35	19,42	7,35	7,50	13,85	13,46
	3 <sup>a</sup>	18,14	19,05	5,91	5,41	12,02	12,23
<b>Abril</b>	1 <sup>a</sup>	16,05	23,85	5,80	10,05	10,93	16,95
	2 <sup>a</sup>	22,55	19,38	11,20	8,35	16,88	13,87
	3 <sup>a</sup>	22,90	23,95	10,75	10,30	16,83	17,13
<b>Mayo</b>	1 <sup>a</sup>	23,66	25,07	9,70	11,85	16,68	18,46
	2 <sup>a</sup>	28,15	21,72	13,40	12,00	20,78	16,86
	3 <sup>a</sup>	24,85	22,92	13,00	12,90	18,93	17,91
<b>Junio</b>	1 <sup>a</sup>	29,30	26,07	16,00	12,85	22,65	19,46
	2 <sup>a</sup>	24,15	30,15	14,25	14,70	19,20	22,43
	3 <sup>a</sup>	30,05	36,55	13,40	16,73	21,73	26,64
<b>Julio</b>	1 <sup>a</sup>	34,05	32,19	17,60	15,00	25,83	23,60
	2 <sup>a</sup>	33,35	34,60	16,45	17,85	24,90	26,23
	3 <sup>a</sup>	34,91	33,23	16,18	16,98	25,55	25,11
<b>Agosto</b>	1 <sup>a</sup>	34,95	35,85	18,65	16,93	26,80	26,39
	2 <sup>a</sup>	32,15	31,30	15,10	14,85	23,63	23,08
	3 <sup>a</sup>	33,68	30,00	20,20	16,50	26,94	23,25



Anexo 3- Evolución de la precipitación, por decena, en los años agrícolas 2006/07 y 2007/08 (mm)

		Precipitación (mm)	
		2006/07	2007/08
Septiembre	1 <sup>a</sup>	0,0	0,0
	2 <sup>a</sup>	0,1	30,7
	3 <sup>a</sup>	32,7	6,7
Octubre	1 <sup>a</sup>	2,9	35,8
	2 <sup>a</sup>	56,6	0,0
	3 <sup>a</sup>	109,6	3,0
Noviembre	1 <sup>a</sup>	124,4	0,0
	2 <sup>a</sup>	7,8	38,5
	3 <sup>a</sup>	53,1	9,4
Diciembre	1 <sup>a</sup>	35,9	0,1
	2 <sup>a</sup>	0,0	2,0
	3 <sup>a</sup>	0,0	5,5
Enero	1 <sup>a</sup>	0,0	41,9
	2 <sup>a</sup>	1,0	11,8
	3 <sup>a</sup>	24,6	0,0
Febrero	1 <sup>a</sup>	29,4	3,6
	2 <sup>a</sup>	20,2	39,0
	3 <sup>a</sup>	2,2	41,2
Marzo	1 <sup>a</sup>	1,6	0,0
	2 <sup>a</sup>	0,0	8,2
	3 <sup>a</sup>	5,0	0,0
Abril	1 <sup>a</sup>	13,1	27,1
	2 <sup>a</sup>	9,1	55,8
	3 <sup>a</sup>	12,6	4,2
Mayo	1 <sup>a</sup>	23,5	0,0
	2 <sup>a</sup>	0,0	7,2
	3 <sup>a</sup>	15,0	48,4
Junio	1 <sup>a</sup>	0,2	0,0
	2 <sup>a</sup>	62,2	2,5
	3 <sup>a</sup>	0,0	0,0
Julio	1 <sup>a</sup>	0,0	0,0
	2 <sup>a</sup>	0,0	0,0
	3 <sup>a</sup>	1,5	0,0
Agosto	1 <sup>a</sup>	0,0	0,0
	2 <sup>a</sup>	0,0	0,7
	3 <sup>a</sup>	9,4	0,0

Anexo 4 - Inicio de la floración (DFI-I), plena floración (DFI-P), fin de floración (DFI-F) y maduración en Unidades Térmicas, según la fecha de siembra por campaña

		DFI-I		DFI-P		DFI-F		DM	
		Campaña		Campaña		Campaña		Campaña	
		2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
<b>Fecha de siembra</b>	<b>1ª Fecha</b>	639	744	735	834	1232	1363	1682	1782
	<b>2ª Fecha</b>	593	650	680	770	1110	1189	1506	1588
	<b>3ª Fecha</b>	547	565	646	663	928	1086	1344	1468

Anexo 5 – Número de días después de la siembra (DDS), según la fecha del muestreo y la fecha de siembra; Campaña 2006/07.

<b>Campaña 2006/2007</b>				
<b>Días após siembra (DAS)</b>				
	<b>1ª Fecha de siembra</b>	<b>2ª Fecha de siembra</b>	<b>3ª Fecha de siembra</b>	
	13-Diciembre-2006	15-Enero-2007	15-Febrero-2007	
<b>Muestreo 1</b>	05-Marzo	82	49	20
<b>Muestreo 2</b>	26-Marzo	103	70	39
<b>Muestreo 3</b>	11-Abril	119	86	55
<b>Muestreo 4</b>	23-Abril	131	98	67
<b>Muestreo 5</b>	07-Mayo	145	112	81
<b>Muestreo 6</b>	23-Mayo	161	128	97
<b>Muestreo 7</b>	08-Junio	177	144	113

Anexo 6 – Número de días después de la siembra (DDS), según la fecha del muestreo y la fecha de siembra; Campaña 2007/08.

<b>Campaña 2007/2008</b>				
<b>Días após siembra (DAS)</b>				
	<b>1ª Fecha de siembra</b>	<b>2ª Fecha de siembra</b>	<b>3ª Fecha de siembra</b>	
	11-Diciembre-2007	21-Enero-2008	14-Febrero-2008	
<b>Muestreo 1</b>	05-Marzo	88	47	23
<b>Muestreo 2</b>	26-Marzo	97	56	32
<b>Muestreo 3</b>	11-Abril	111	70	46
<b>Muestreo 4</b>	23-Abril	125	84	60
<b>Muestreo 5</b>	07-Mayo	139	98	74
<b>Muestreo 6</b>	23-Mayo	153	112	88
<b>Muestreo 7</b>	08-Junio	167	126	102
<b>Muestreo 8</b>	11-Jun	183	142	118