

TESIS DOCTORAL

**EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA Y
PERSISTENCIA DE GRAMINEAS PERENNES
EN CONDICIONES DE SECANO DEL
MEDITERRÁNEO**



NUNO MIGUEL LOPES DA SILVA SANTOS SIMÕES

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA DEL MEDIO AGRONÓMICO Y FORESTAL**

2015



Tesis doctoral

Eficiencia del uso del agua y persistencia de gramíneas perennes en las condiciones de secano en el Mediterráneo

Autor:

Nuno Miguel Lopes da Silva Santos Simões

Engenheiro Zootécnico

Conformidad de los directores:

Fdo: Leopoldo Olea Márquez de Prado

Fdo: Manuel Maria Tavares de Sousa

Fdo: Sara Morales Rodrigo

2015

Una Tesis la firma una persona, pero colaboran y contribuyen para ella muchas más; por ello quiero aprovechar para agradecer la ayuda y apoyo de todos los que han influido en el documento que aquí se presenta.

En primer lugar me gustaría agradecer a los Directores de esta Tesis: al Profesor Leopoldo Olea, al Engenheiro Manuel Maria Tavares de Sousa y a la Profesora Sara Rodrigo todo el apoyo recibido durante estos años, por los conocimientos transmitidos, las críticas necesarias para el desarrollo de la misma y los ánimos para llevar a cabo este trabajo.

Ao Engenheiro Benvindo Maçãs, director da Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos do INIAV, bem como aos antigos Director e Subdirectora da ENMP Engenheiro José Potes e Engenheira Lola Navas por me permitirem realizar o trabalho dentro da Instituição e pelo constante apoio.

Ao Engenheiro João Paulo Carneiro, responsável pela Bolsa de Investigação em que trabalho actualmente, pelo tempo que me disponibilizou para realizar o trabalho e pelo apoio.

À Engenheira Isabel Duarte Maçãs pelo apoio e constante disponibilidade mostrada para me ajudar ao longo destes anos.

Às Engenheiras Conceição Gomes, Teresa Carita Nunes, Ana Rita Costa e Ana Sofia Bagulho pela ajuda em várias áreas do trabalho e pela amizade.

A la Profesora María José Poblaciones por todo el apoyo en este último trámite.

A Francisco Gómez-Coronado Romero, recién Doctorado, por la ayuda en estos últimos días y su disponibilidad para ayudarme.

A todas as pessoas que de uma maneira ou de outra me ajudaram com o trabalho de campo e sem os quais não teria sido possível desenvolver este trabalho: Paula Lourenço, Áurea Saraiva, Maria Catarina Carranca, Paulo Nogueira, e de um modo geral agradecer a todas as pessoas que trabalham no Polo e que me apoiaram e incentivaram.

E à minha família: à minha mãe Maria Emília, à minha irmã Paula (muito obrigado).

Dedicado ao meu pai

Dedicado a mi padre

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
RESUMO.....	V
SUMMARY.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXI
1 - INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. CLIMA	7
1.2. MATERIAL VEGETAL	8
1.2.1. <i>DACTYLIS GLOMERATA</i> L.	9
1.2.1.1. DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMIA.....	9
1.2.1.2. SUBESPECIES DE LA ESPECIE <i>DACTYLIS GLOMERATA</i> L.	11
1.2.1.4. PRODUCCIÓN Y CALIDAD.....	18
1.2.2. <i>FESTUCA ARUNDINACEA</i> SCHREB.	19
1.2.2.1. DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMIA.....	19
1.2.2.2. MORFOLÓGIA, ECOLOGÍA Y CRECIMIENTO	20
1.2.2.3. PRODUCCIÓN Y CALIDAD.....	22
1.2.3. <i>PHALARIS AQUATICA</i> L.....	23
1.2.3.1. DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMIA.....	23
1.2.3.2. MORFOLÓGIA, ECOLOGÍA Y CRECIMIENTO	23
1.2.3.3. PRODUCCIÓN Y CALIDAD.....	25
1.2.4. <i>LOLIUM PERENNE</i> L.....	26
1.2.4.1. DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMIA.....	26
1.2.4.2. MORFOLÓGIA, ECOLOGÍA Y CRECIMIENTO	27
1.2.4.3. PRODUCCIÓN Y CALIDAD.....	29
1.3. FACTORES BIÓTICOS PREJUDICIALES	29
1.4. NOTAS SOBRE LA FISIOLÓGIA DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO.....	32
1.5. RELACIONES HÍDRICAS DE LAS PLANTAS.....	35
1.5.1. EL AGUA EN LAS PLANTAS	36
1.5.2. EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA (WUE).....	38
2 - OBJETIVOS	45
3 - MATERIAL Y MÉTODOS.....	49
3.1. LOCALIZACIÓN Y ESQUEMA DEL ENSAYO.....	51
3.2. CLIMA	53
3.3. SUELO	53
3.4. PRACTICAS AGRONÓMICAS	54

3.4.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	54
3.4.2. SIEMBRA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	54
3.4.3. FERTILIZACIÓN.....	56
3.4.4. PERSISTENCIA.....	56
3.4.5. COSECHA	56
3.4.6. ANÁLISIS LABORATORIALES	58
3.4.7. OBSERVACIONES FISIOLÓGICAS.....	58
3.4.7.1. SENESCENCIA	58
3.4.7.2. EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA	59
3.4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	59
<u>4 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</u>	<u>71</u>
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	63
4.2. PERSISTENCIA	65
4.3. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA.....	69
4.4. SENESCENCIA Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA.....	76
4.4.1. SENESCENCIA	76
4.4.2. EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA (WUE).....	81
4.5. ANÁLISIS DE CALIDAD	88
4.5.1. PROTEÍNA	88
4.5.2. DIGESTIBILIDAD	96
<u>5 - CONCLUSIONES.....</u>	<u>103</u>
<u>6 - CONCLUSÕES</u>	<u>107</u>
<u>7 - REFERENCIAS.....</u>	<u>111</u>
<u>ANEJOS.....</u>	<u>147</u>

RESUMEN

El clima mediterráneo se caracteriza por una gran variación de las precipitaciones intra-anales e interanuales, principalmente centradas en la estación fría (desde el otoño hasta principios de primavera). Como resultado de esta irregularidad pluviométrica las plantas de los pastos de zonas mediterráneas son principalmente plantas anuales. No obstante, las plantas perennes una vez instaladas, tienen la ventaja de iniciar más precoz, que las anuales, la producción de biomasa, lo que ayudará al ganadero a disponer más temprano de alimento para el ganado. Debido a ello, es de suma importancia encontrar plantas perennes bien adaptadas a las condiciones climáticas presentes en la región mediterránea, que hagan un buen aprovechamiento de la disponibilidad de agua y que tengan la capacidad de sobrevivir a la sequía del verano. En ese sentido se planteó un ensayo comparativo de gramíneas perenes (siete variedades de *Dactylis glomerata* L. - dactilo, siete de *Festuca arundinacea* Schreb. – festuca alta, dos de *Lolium perenne* L. – raygrass inglés y cuatro de *Phalaris aquatica* L. - alpiste), realizándose aprovechamientos de biomasa a lo largo del año para comprobar la producción de materia seca y sus parámetros de calidad (proteína bruta y digestibilidad). Además también se midieron, la senescencia de las hojas en dos fechas (junio y julio), la persistencia de las plantas en otoño y primavera y la eficiencia del uso del agua (WUE). Los resultados muestran que en general las variedades de tipo mediterráneo tuvieron una mayor persistencia que las de tipo continental (66,7% en Kasbah y 3,3% en Porto, para dactilo y 65,5% en Flecha E542 y 36,7% en Lutine y Lunibelle, para festuca alta en otoño de 2008). Se observó que las variedades de festuca alta fueron más productivas con una media de los dos años de estudio de 9.906 kg MS ha⁻¹, que las variedades de las restantes especies (media de 6.338 kg MS ha⁻¹ para el dactilo, 7.752 kg MS ha⁻¹ para el alpiste y 3.624 kg MS ha⁻¹ para el raygrass inglés) y que la WUE de esta especie fue superior a la de dactilo. Finalmente se constató que existen diferencias entre variedades en la WUE (con valores medios anuales que variaron entre 2,58 g MS kg⁻¹H₂O para Flecha NE y 2,19 g MS kg⁻¹H₂O para Fraydo, en festuca alta y 2,08 g MS kg⁻¹H₂O para Medly y 1,12 g MS kg⁻¹H₂O para Porto, en dactilo) y una correlación positiva entre la WUE y la producción de materia seca ($r = 0,591$). Los resultados obtenidos son de gran interés, ya que indican que existe material vegetal perenne con buena capacidad de resistencia a la sequía para introducir en los pastos como alternativa o complemento a las plantas anuales.

RESUMO

O clima mediterrâneo caracteriza-se por uma grande variabilidade da precipitação intra-anual e interanual, principalmente centrada na estação fria (desde o outono até principio da primavera). Como resultado desta irregularidade pluviométrica, as plantas dos pastagens de zonas mediterrâneas são principalmente plantas anuais. No entanto, as plantas perenes, uma vez instaladas, têm a vantagem de iniciar de modo mais precoce que as anuais a produção de biomassa, o que permite ao agricultor a dispor mais cedo de alimento para o gado. Deste modo, é de grande importância encontrar plantas perenes bem adaptadas às condições climáticas da região mediterrânea, que façam um bom aproveitamento das água disponível e que tenham boa capacidade se sobreviver à falta de água no verão. Neste sentido, projectou-se um ensaio comparativo de gramíneas perenes (sete variedades de *Dactylis glomerata* L. - panasco, sete de *Festuca arundinacea* Schreb. – festuca alta, duas de *Lolium perenne* L. – azevém perene e quatro de *Phalaris aquatica* L. – alpista da água), realizando-se o aproveitamento da biomassa ao longo do ano para comprovar a produção de matéria seca e os parâmetros de qualidade (proteína bruta e digestibilidade). Também foi medida a senescência das folhas em duas datas (Junho e Julho), a persistência das plantas no Outono e Primavera e a eficiência do uso da água (WUE). Os resultados mostram que de um modo geral as variedades de tipo mediterrâneo tiveram uma maior persistência que as de tipo continental (66,7% para Kasbah e 3,3% para Porto, no panasco e 65,5% para Flecha E542 e 36,7% para Lutine e Lunibelle, para a festuca alta no Outono de 2008). Observou-se que as variedades de festuca alta foram mais produtivas, com uma média dos dois anos de estudo de 9.906 kg MS ha⁻¹, que as variedades das restantes espécies (média de 6.338 kg MS ha⁻¹ para o panasco, 7.752 kg MS ha⁻¹ para a alpista da água y 3.624 kg MS ha⁻¹ para azevém perene) e que a WUE desta espécie foi superior à do panasco. Finalmente constatou-se que existe diferenças entre variedades na WUE (com valores médios anuais que variaram entre 2,58 g MS kg⁻¹H₂O para Flecha NE e 2,19 g MS kg⁻¹H₂O para Fraydo, na festuca alta e 2,08 g MS kg⁻¹H₂O para Medly e 1,12 g MS kg⁻¹H₂O para Porto, no panasco) e uma correlação positiva entre a WUE e a produção de matéria seca ($r = 0,591$). Os resultados obtidos são de grande interesse, já que indicam que existe material vegetal perene com boa capacidade de tolerância à secura para introduzir em pastagens como alternativa ou complemento às plantas anuais.

SUMMARY

The Mediterranean climate is characterized by a great variability of inter-annual and interannual precipitation centered in cold season (since autumn to beginning of spring). As a result of this irregular rainfall, pastures plants of Mediterranean areas are mostly annuals. However, perennial plants, once installed, have the advantage of beginning earlier their annual production of biomass, which allows the farmer to dispose food earlier for cattle. Thus, it is of great importance to find perennials well adapted to climatic conditions of the Mediterranean region that make a good use of the available water and have good capacity to survive the lack of water in the summer. In this sense, was designed a comparative test of perennial grasses (seven varieties of *Dactylis glomerata* L. - cocksfoot, seven of *Festuca arundinacea* Schreb. - tall fescue, two of *Lolium perenne* L. - perennial ryegrass and four of *Phalaris aquatica* L. - bulbous canary grass). The dry matter yield and quality parameters (crude protein and digestibility) were measured. Was also measured the leaves senescence in two dates (June and July), the persistence of the plants at autumn and spring and the water use efficiency (WUE). The results show that in general the Mediterranean type varieties had greater persistence than those of continental type (66.7% for Kasbah to 3.3% for Porto, in Cocksfoot and 65.5% for Flecha E542 and 36.7% for Lunibelle and Lutine, in tall fescue, at autumn of 2008). It was observed that the tall fescue varieties were more productive, with an average of two years of study of 9,906 kg DM ha⁻¹, that the varieties of other species (mean of 6,338 kg DM ha⁻¹ for the cocksfoot, 7,752 kg DM ha⁻¹ for the bulbous canary grass and 3,624 kg DM ha⁻¹ for perennial ryegrass). The WUE of tall fescue species was superior to that of cocksfoot. Finally it was noted that there are differences between varieties in WUE (with annual average values ranged from 2.58 g DM kg⁻¹H₂O for Flecha NE to 2.19 g DM kg⁻¹H₂O for Fraydo, in the tall fescue and 2.08 g DM kg⁻¹H₂O for Medly to 1.12 g DM kg⁻¹H₂O for Porto in cocksfoot) and a positive correlation between the WUE and dry matter production ($r = 0.591$). The results obtained are of considerable interest, since it indicates that there is perennial plants material with good tolerance to dryness able to be introduced in pastures as an alternative or complement to annual plants.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 - Distribución primaria del complejo <i>Dactylis glomerata</i> L.....	11
Tabla 1.2 - Características morfológicas diferenciales de las subespecies <i>glomerata</i> e <i>hispanica</i>	14
Tabla 1.3 - Valores máximos y mínimos encontrados en diversos parámetros de calidad del forraje de <i>Dactylis glomerata</i>	19
Tabla 1.4 - Enfermedades más importantes causadas por hongos en las gramíneas perennes. Especies que pueden ser atacadas por esos hongos (✓)..	30
Tabla 1.5 - Valor de patogenicidad de 25 especies de hongos en <i>Dactylis glomerata</i>	31
Tabla 3.1 - Material vegetal utilizado en el ensayo.....	55
Tabla 3.2 - Densidad de siembra utilizada en el ensayo (corrección para el 90% de germinación).....	55
Tabla 3.3 - Fecha de los cortes realizados en los años 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008.....	57
Tabla 4.1 - Análisis de la varianza (ANOVA), por variedad, de la producción total de materia seca en <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> , <i>Lolium perenne</i> y <i>Phalaris tuberosa</i> en cada uno de los 2 años de estudio considerados (2006-2007 y 2007-2008).....	69
Tabla 4.2 - Análisis de la varianza (ANOVA), por variedad, de la producción de materia secas en <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> , <i>Lolium perenne</i> y <i>Phalaris tuberosa</i> en cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años (2006-2007 y 2007-2008).....	71
Tabla 4.3 - Análisis de la varianza (ANOVA), para la senescencia de <i>Dactylis glomerata</i> para la fecha de junio.....	77

Tabla 4.4 - Valor medio de senescencia (%) en <i>Dactylis glomerata</i> , en junio y julio. Las letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa.....	77
Tabla 4.5 - Análisis de la varianza (ANOVA), para la senescencia de <i>Dactylis glomerata</i> para la fecha de julio.....	78
Tabla 4.6 - Análisis de la varianza (ANOVA), para la senescencia de <i>Festuca arundinacea</i> para la fecha de junio a $p \leq 0,05$ de acuerdo con el test de Tukey...	79
Tabla 4.7 - Análisis de la varianza (ANOVA), para la senescencia de <i>Festuca arundinacea</i> para la fecha de julio.....	79
Tabla 4.8 - Valor medio de senescencia (%) para <i>Festuca arundinacea</i> , en junio y julio. Las letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa a $P \leq 0,05$ de acuerdo con el test de Tukey.....	80
Tabla 4.9 - Variedades de dactilo (<i>Dactylis glomerata</i> L.) y festuca alta (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) utilizadas para el estudio de la eficiencia del uso del agua (WUE).....	81
Tabla 4.10 - Análisis de la varianza (ANOVA), por especie, de la eficiencia del uso del agua (WUE) en <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca arundinacea</i> en tres fechas, en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).....	83
Tabla 4.11 - Análisis de la varianza (ANOVA), por variedad, de la eficiencia del uso del agua (WUE) en <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca arundinacea</i> en tres fechas, en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).....	85
Tabla 4.12 - Análisis de la varianza (ANOVA), por especie, del contenido en proteína bruta (%) de la materia seca en <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca arundinacea</i> en los cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).....	89
Tabla 4.13 - Análisis de la varianza (ANOVA) del contenido en proteína bruta (%) de la materia seca por variedades en los cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).....	93

Tabla 4.14 - Análisis de la varianza (ANOVA), por especie, de la digestibilidad (%) de la materia seca en <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca arundinacea</i> en los cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).....	96
--	----

Tabla 4.15 - Análisis de la varianza (ANOVA), por variedad, de la digestibilidad (%) de la materia seca en <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca arundinacea</i> en los cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).....	98
---	----

Anejos

Tabla I - Precipitación anual y mensual y temperatura (media de máximas y mínimas mensuales y media) de las campañas agrícolas 2006-2007 y 2007-2008 y de la media de 30 años en Elvas (Portugal).....	149
--	-----

Tabla II - Número de días desde el primer día de enero hasta la floración media (50% de las inflorescencias presentan flor) de las variedades en estudio en los años 2006-2007 y 2007-2008.....	150
---	-----

Tabla III - Producción de materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.....	151
---	-----

Tabla III (continuación) - Producción de materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.....	152
--	-----

Tabla IV - Producción de materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.....	153
--	-----

Tabla IV (continuación) - Producción de materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.....	154
---	-----

Tabla V - Proteína bruta de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.....	155
Tabla V (continuación) - Proteína bruta de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.....	156
Tabla VI - Proteína bruta de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.....	157
Tabla VI (continuación) - Proteína bruta de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.....	158
Tabla VII - Digestibilidad de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.....	159
Tabla VII (continuación) - Digestibilidad de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.....	160
Tabla VIII - Digestibilidad de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.....	161
Tabla VIII (continuación) - Digestibilidad de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.....	162
Tabla IX – Persistencia de las variedades en estudio en la primavera de 2005-2006, otoño y primavera de 2006-2007, otoño y primavera de 2007-2008 y otoño de 2008-2009.....	163
Tabla IX (Continuación) - Persistencia de las variedades en estudio en la primavera de 2005-2006, otoño y primavera de 2006-2007, otoño y primavera de 2007-2008 y otoño de 2008-2009.....	164
Tabla X - Eficiencia del uso del agua (WUE) de las variedades en estudio en tres fechas (invierno, primavera y verano) en el año agrícola 2006-2007.....	165

Tabla X (Continuación) - Eficiencia del uso del agua (WUE) de las variedades en estudio en tres fechas (invierno, primavera y verano) en el año agrícola 2006-2007.....	166
Tabla XI - Eficiencia del uso del agua (WUE) de las variedades en estudio en tres fechas (invierno, primavera y verano) en el año agrícola 2007-2008.....	167
Tabla XI (Continuación) - Eficiencia del uso del agua (WUE) de las variedades en estudio en tres fechas (invierno, primavera y verano) en el año agrícola 2007-2008.....	168
Tabla XII - Senescencia de las variedades en dos fechas (junio y julio) en los dos años de ensayo	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Distribución primaria de las subespecies de <i>Dactylis glomerata</i> L. (tomado de Mousset, 1995).....	10
Figura 1.2 - Estructura conceptual del flujo de carbono en la planta (después de Durand <i>et al.</i> , 1991). Dos tipos de procesos determinan la producción de la planta: morfogénesis (diferenciación) que controla la demanda de carbono para el crecimiento y los flujos de origen trófica que determinan el suministro de carbono (Durand, 2005).....	43
Figura 3.1 - Planta del Polo de Elvas del INIAV. Localización del campo experimental.....	51
Figura 3.2 - Esquema de las parcelas del campo experimental. En gris las parcelas donde se han hecho las lecturas para la monitorización del agua en el suelo.....	52
Figura 3.3 - Fotografía de la fase en que se hizo el primero corte en el año 2005-2006.....	57
Figura 4.1 - Diagrama ombrotérmico de Elvas, de los años 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008. La “m” representa la media de la temperatura mínima del mes más frío para cada año agrícola.....	64
Figura 4.2 - Evolución de la persistencia de las variedades de <i>Dactylis glomerata</i> observada en 6 fechas (P – primavera; O – otoño).....	66
Figura 4.3 - Evolución de la persistencia de las variedades de <i>Festuca arundinacea</i> observada en 6 fechas (P – primavera; O – otoño).....	67
Figura 4.4 - Evolución de la persistencia de las variedades de <i>Phalaris aquatica</i> observada en 6 fechas (P – primavera; O – otoño).....	67
Figura 4.5 - Evolución de la persistencia de las variedades de <i>Lolium perenne</i> observada en 6 fechas (P – primavera; O – otoño).....	68

Figura 4.6 - Efecto del Año x Variedad sobre la producción total de materia seca para las variedades de <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> , <i>Lolium perenne</i> y <i>Phalaris tuberosa</i> en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año.....	70
Figura 4.7 - Efecto del Año x Corte x Variedad sobre la producción de materia seca de cada uno de los cuatro cortes realizados para las variedades de <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca arundinacea</i> en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año y Corte; segundo al mismo nivel de Año; tercero a diferente nivel de Año.....	72
Figura 4.8 - Dinámica del agua del suelo en la media de las parcelas de las variedades de <i>Dactylis glomerata</i> L.....	82
Figura 4.9 - Dinámica del agua del suelo en la media de las parcelas de las variedades de <i>Festuca arundinacea</i> Schreb.....	82
Figura 4.10 - Efecto del Año x Corte x Especie sobre la eficiencia del uso del agua (WUE) para las dos especies (<i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca arundinacea</i>) en tres fechas. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año y Corte; segundo al mismo nivel de Año; tercero a diferente nivel de Año.....	84
Figura 4.11 - Efecto de la Fecha x Variedad sobre la eficiencia del uso del agua (WUE) para las variedades de <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca arundinacea</i> en tres fechas. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Fecha; segundo al diferente nivel de Fecha.....	86
Figura 4.12 - Efecto del Año x Especie sobre el contenido en PB (%) para las dos especies (<i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca arundinacea</i>) en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año..	90

Figura 4.13 - Efecto del Año x Corte sobre el contenido en PB (%) en las 4 fechas de corte realizadas en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año.....	91
Figura 4.14 - Efecto del Corte x Especie sobre el contenido en PB (%) para las dos especies (<i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca aundinacea</i>) en las 4 fechas de corte. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Corte; segundo a diferente nivel de Corte.....	92
Figura 4.15 - Efecto del Año x Variedad sobre el contenido en PB (%) para las variedades de <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca aundinacea</i> en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año..	94
Figura 4.16 - Efecto del Corte x Variedad sobre el contenido en PB (%) para las variedades de <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca aundinacea</i> en las 4 fechas de corte. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Corte; segundo a diferente nivel de Corte.....	95
Figura 4.17 - Efecto del Año x Corte x Especie sobre la digestibilidad en materia seca (%) para las especies <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca aundinacea</i> en las 4 fechas de corte y en los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008). Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año y corte; segundo al mismo nivel de Año; tercero a diferente nivel de Año.....	97
Figura 4.18 - Efecto del Año x Variedad sobre la digestibilidad en materia seca (%) para las variedades de <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Festuca aundinacea</i> en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año.....	99

Figura 4.19 - Efecto del Corte x Variedad sobre la digestibilidad en materia seca (%) para las variedades de *Dactylis glomerata* y *Festuca aundinacea* en las 4 fechas de corte. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Corte; segundo a diferente nivel de Corte..... 100

Anejos

Figura I - Correlación entre la eficiencia del uso del agua (WUE) y la producción de materia seca(MS)..... 170

Figura II - Correlación entre la eficiencia del uso del agua (WUE) y el porcentaje de proteína bruta (PB)..... 170

Figura III - Correlación entre la eficiencia del uso del agua (WUE) y el porcentaje de la digestibilidad de la materia seca (DMS)..... 171

1 - INTRODUCCIÓN

La dehesa es un sistema mixto pastoralsilvoagrario de utilización en pastoreo, mayoritariamente extensivo. Se localiza, principalmente en el sudoeste ibérico, en España y Portugal, en un área aproximadamente de 3,5 millones de hectáreas, encontrándose la mayor parte concentrada en Extremadura (1.250.000 hectáreas), Alentejo (800.000 hectáreas) y Andalucía (700.000 hectáreas) (Crespo, 2006; Olea y San Miguel-Ayanz, 2006; Olea *et al.*, 2007). Algunas semejanzas con este sistema pueden ser encontradas en el sudoeste de Francia, en Italia (sobre todo en Cerdeña), así como en ciertas áreas del norte de Marruecos, Argelia y Túnez (Crespo, 2006). También en Chile se encuentran sistemas semejantes, como es el caso de los espinales (Ovalle *et al.*, 1990; Martín-Forés *et al.*, 2012). La dehesa es un sistema muy antiguo de utilización de la tierra cuya primera referencia escrita conocida se remonta al año 924 d.C. (Olea y San Miguel-Ayanz, 2006).

El nombre portugués para la dehesa española es ‘*montado*’ que tiene su origen en la palabra que designaba el precio que durante la edad media se tenía que pagar al ‘Señor’ de las tierras para la utilización de los pastos de la ‘dehesa’. Etimológicamente, *dehesa*, es una palabra española de origen latino, que significa la defensa o protección de una tierra contra el uso público y contra los rebaños trashumantes (Roselló, 1984; Crespo, 2006; Olea y San Miguel-Ayanz, 2006). Es un sistema singular, de carácter multifuncional, que mantiene una gran biodiversidad (Crespo, 2006; Ferreira *et al.*, 2007; Olea *et al.*, 2007). La dehesa es un ecosistema creado por el hombre, consistiendo en un monte abierto, de alcornoques (*Quercus suber*), más frecuente en Portugal (Ferreira *et al.*, 2007) y/o encinas (*Quercus ilex ssp. ballota*), con una cantidad de árboles variando entre 20 pies/ha (o menos si se encuentra degradado) y 60 pies/ha (o más si consideramos las árboles jóvenes), siendo el número ideal próximo a 40 pies/ha según Crespo (2006). En ciertas condiciones ecológicas también es posible encontrar otras especies del género *Quercus* como *Q. coccifera*, *Q. faginea*, o *Q. pyrenaica*, e incluso especies de otros géneros, *Olea europaea var. sylvestris*, *Pinus pinea*, *Castanea sativa*, *Pyrus bougaeana*, entre otros (Crespo, 2006).

Las dehesas de alcornoque y encina comportan una vegetación arbustiva y herbácea bastante diversificada en términos florísticos (Marañón, 1988), tendiendo a ser invadido por arbustos del género *Cistus*, *Cytisus*, *Lavandula*, *Erica*, *Myrtus*, *Arbutus*, *Virburnum*, *Philyrea*, *Daphne*, *Ulex*, *Calicotome*, *Rubus*, etc. La componente herbácea, de los pastos naturales, envuelve gran diversidad de especies, formando variadas asociaciones, dependiendo de las condiciones edáficas, climáticas y de manejo. Las familias botánicas más representativas de la dehesa en el estrato herbáceo son las

siguientes: *Poaceae*, *Brassicaceae*, *Astereaceae*, *Fabaceae*, *Geraneaceae*, *Umbeliferae*, *Plantagineaceae*, *Borraginaceae*, *Liliaceae*, *Ranunculaceae*, *Oxalaceae*, entre otras. Aún así, si no hay control, la evolución del ecosistema hará que el pasto sea invadido por arbustos (Crespo, 2006), de las familias que se han indicado al principio de este párrafo.

Hasta nuestros días, el objetivo principal de la dehesa es la producción extensiva de ganado, y es por ello que los pastos desempeñan un papel extremadamente importante en este ecosistema (Olea y San Miguel-Ayanz, 2006). Esto es así, porque la producción de los pastos no es sino la primera etapa de la producción animal, tratándose, según Muslera (1987) de un proceso de conversión de energía solar por parte de las plantas en energía de la materia vegetal que es posteriormente convertida en productos de origen animal como carne, leche, huevos, lana, etc.

Los pastos de las zonas de dehesa se asientan sobre suelos de aptitud agrícola marginal, es decir, con graves limitaciones de fertilidad, encontrándose en su gran mayoría sobre suelos de granito y pizarra, de media/baja profundidad y de textura entre arenosa y franca (Rodrigues *et al.*, 2004; Olea *et al.*, 2007). Respecto al pH del suelo, Ferreira *et al.* (2007) describieron que en Portugal, el 90% de los suelos de pastos de dehesa son de reacción ácida.

Los pastos naturales presentan, generalmente, baja e irregular producción de biomasa (Lourenço *et al.*, 1994). Según Espejo y Lobete (1978) y Olea y San Miguel-Ayanz (2006) la producción de materia seca en pastos de dehesa y pastizales oscila entre 400 e los 5.000 kg MS ha⁻¹ y año, siendo los valores cercanos a 1.500 kg MS ha⁻¹ y año los más comunes según escriben Olea y San Miguel-Ayanz (2006). Lourenço *et al.* (1994) encontraron valores bastante diversos en términos de producción de materia seca en pastos naturales, oscilando los valores entre los 1.310 kg MS ha⁻¹ y año en la región de *Herdade do Sertão* cerca de Beja (luvisoles) a los 554 kg MS ha⁻¹ y año en la finca *Herdade da Mitra* en Évora (cambisoles). Estos resultados tan dispares eran de esperar debido a las enormes diferencias en fertilidad entre los dos suelos, principalmente en los valores de fósforo asimilable (9,7 mg/kg de P₂O₅ en Beja y 3,4 mg/kg de P₂O₅ en Évora) y pH (5,6 en Beja y 5,0 en Évora). Estas afirmaciones fueron corroboradas por Barradas *et al.* (2006) quienes encontraron variaciones de producción entre 800 kg MS/ha y año para un suelo arenoso (regosol) y 4.100 kg MS ha⁻¹ y año en suelo arcillo-limoso (luvisoles).

En pastos naturales que están suficientemente poblados de especies que aportan calidad a la biomasa – especialmente leguminosas – es posible duplicar la producción gracias a la fertilización, en particular, con aplicaciones regulares de fósforo (Olea y Paredes, 1984; Muslera, 1987). Ferrera *et al.* (2006) verificaron aumentos significativos, al final de tres años, en la producción de materia seca en suelos ácidos con problemas de toxicidad en aluminio, cuando se aplicaron diferentes fertilizantes: roca fosfórica, superfosfato de cal y residuos de la industria azucarera. En el sudeste de España, Santamaría *et al.* (2014), en suelos calcáreos (pH 8) con baja disponibilidad de fósforo, no obtuvieron respuesta a la aplicación de este elemento, principalmente en forma de roca fosfórica, lo que también ya había sido observado por Lombi *et al.* (2004). En este tipo de suelos, el fósforo forma complejos insolubles con el calcio como fosfatos bicálcicos y tricálcicos entre otros (Freeman y Rowell 1981; Quelhas-dos-Santos, 2002; Wandruszka, 2006). En general la fertilización, por si sola, podrá no ser suficiente para aumentar la productividad de los pastos de modo significativo (Muslera, 1987; Crespo, 2006) y esto se debe en gran medida a que la gran mayoría de los pastos naturales son pobres en especies con interés pratense.

Pero no sólo es importante mantener una cubierta vegetal para su uso como alimentación para el ganado en régimen extensivo, ya que según Olea *et al.* (2007), el factor más importante de degradación de los suelos del Sur de la Península Ibérica es la erosión hídrica, siendo una cobertura vegetal biodiversa (policita) la mejor protección contra este agente erosionador. En este aspecto habrá que destacar la importancia de las plantas perennes. Estas, al contrario de las anuales, permanecen en el campo todo el año, incluso durante el período de sequía, lo que contribuye en mayor medida a la disminución de la erosión.

Se estima que en Portugal se han sembrado alrededor de 260.000 hectáreas de praderas de secano, desde 1965. En España, la introducción de este tipo de praderas se inició en la década de 60, sin embargo el estudio de los pastos se inició, exceptuando algunos casos puntuales, en 1954, con un plan de comparación y adaptación de numerosas especies forrajeras y pratenses procedentes de países extranjeros (programa del Ministerio de Agricultura), al mismo tiempo que se inician recogida de germoplasma en la flora espontánea (Muslera y Ratera, 1991). Durante los años 80, no obstante, se asistió a un estancamiento debido en gran medida a la baja persistencia de esos prados (Mozo y Agulla, 1986; Crespo, 2003). Uno de los factores que más contribuyó para el poco éxito del programa fue la falta de material vegetal (principalmente leguminosas pratenses) adaptado a las condiciones edáficas y

climáticas de la Península Ibérica, en particular en lo que se refiere a la duración de los ciclos de las plantas y a la capacidad de producir semillas viables en algunas especies, con el añadido de tener que formar semillas con dureza suficiente para asegurar la renovación (Rodrigues *et al.*, 2004). Hoy día ya se encuentran especies y variedades, con buena capacidad de adaptación a los más variados ambientes, principalmente en el caso de las leguminosas, y varios estudios demuestran la ventaja de los pastos sembrados en relación a los pastos naturales. Así, Olea y Paredes (1980 cit. *In*: Lobete *et al.*, 1984) obtuvieron aumentos de producción de hasta 5 veces en ensayos realizados en Extremadura y Andalucía, con pastos sembrados a base a trébol subterráneo, multiplicando por cuatro la carga ganadera.

Uno de los desafíos actuales es el de encontrar gramíneas perennes que persistan durante varios años, para acompañar las leguminosas anuales en mezclas, ya que según Salis *et al.* (2006), en las regiones semiáridas del Mediterráneo, las gramíneas perennes pueden representar un importante papel en la alimentación del ganado, complementando las especies anuales de modo a aumentar la disponibilidad de material vegetal. Las gramíneas perennes tienen una gran importancia estratégica en estas condiciones mediterráneas, donde la producción de materia seca en pastos y praderas y su distribución estacional está fuertemente relacionada con factores climáticos (Efe-Serrano, 2006). La selección de especies y variedades, teniendo en consideración su modo de crecimiento y su adaptación a las alteraciones climáticas, en particular a la sequía, representa una de las principales estrategias para aumentar la producción. Así, plantas tolerantes son aquellas que consiguen mantener niveles elevados de producción en condiciones de estrés hídrico moderado o incluso severo (Sanderson *et al.*, 1997).

Por ello, en áreas pobres y secas de la Región Mediterránea, el uso de gramíneas perennes es importante, tanto para garantizar prados de larga duración para la mantención de animales en pastoreo durante gran parte del año en sistemas extensivos, como para garantizar la cobertura (tapizado) de los suelos de viñedos y cultivos de frutales (Volaire y Lilièvre, 1997). En ambos casos, el valor ambiental y agronómico de esas plantas depende de su persistencia a lo largo de los años y están altamente relacionados con su capacidad de sobrevivir varios años con veranos extremadamente secos (Volaire y Lilièvre, 1997), siendo la eficiencia en el uso del agua disponible, su piedra angular.

1.1. CLIMA

Los factores edáficos y climáticos son cruciales en la realización de determinadas actividades agrícolas, delimitando la expansión de los sistemas de cultivo y la explotación de la tierra. La distribución irregular de las precipitaciones en los últimos años, especialmente en invierno y en primavera, hace que los rendimientos de las cosechas en condiciones de secano en las regiones bajo la influencia del clima mediterráneo sean muy variables. Además, las zonas de pastos son raramente irrigadas, lo que las deja sujetas a períodos más o menos largos de déficit de agua (Durand, 2005) y por tanto la irregularidad en las producciones es muy alta.

La región del Mediterráneo incluye a los países que se encuentran su alrededor, perteneciendo a su área de influencia, según Février (1993), dos grupos de países: los de la costa norte, que incluye desde España a Turquía y Chipre, a los que pertenecen a la zona sur (desde Marruecos hasta Siria).

Si bien no son bañados por el mar Mediterráneo, Portugal en Europa, y Jordania, en Asia, se consideran países mediterráneos debido a la proximidad geográfica y su similitud con los países del Mediterráneo, es decir, que el clima mediterráneo, por definición, también se extiende a otras regiones (Estienne y Godard, 1970). Este clima se encuentra principalmente en las regiones oeste de los continentes, entre las latitudes 30 ° y 40 ° (norte o sur). Este ambiente incluye la totalidad o parte de algunos países del sur de Europa (Albania, Chipre, Croacia, Bosnia, España, Francia, Grecia, Italia, Malta, Portugal), Norte de África (Argelia, Egipto, Libia, Marruecos, Túnez), oeste de Asia (Irán, Iraq, Israel, Jordania, Líbano, Siria, Turquía), América (Región de California - EE.UU., Chile), Australia y el oeste de Sudáfrica

El clima mediterráneo se caracteriza por una gran variación de las precipitaciones intra-anales e interanuales, con estas centrándose en la estación fría (desde finales de otoño hasta principios de primavera). El invierno es por lo general lluvioso, siendo muy importante la lluvia caída en primavera (Turner, 2004). Otro rasgo característico de este clima, son los largos períodos de sequía, de hasta 5 meses durante la primavera y el verano, cuando las temperaturas son muy altas (Olea *et al.*, 2007). Otros autores como Shahin (1996) consideran que la duración de tiempo seco puede variar entre 2 y 7 meses, de norte a sur de la región, lo que es apoyado por Crespo (2001), quien habla de precipitaciones entre 100 y 2.000 mm en función de las localizaciones de estudio en un mismo país.

El pronóstico de precipitación anual es cada vez menos seguro (Goodess y Jones, 2002), sin embargo se estima que cada vez llueve menos en primavera / verano, concentrándose la temporada de lluvias en el otoño y el invierno. Según Rosenzweig y Tubiello (1997) y Stephens y Lamond (1999) se prevé que las precipitaciones totales en la región mediterránea tiendan a caer entre el 1,5 y el 7,3% hasta 2020.

La temperatura media mensual de las zonas bajo clima mediterráneo se sitúa entre 18 y 25 °C, sin embargo, la temperatura máxima puede alcanzar los 40 °C. La temperatura media del mes más caluroso del año suele ser superior a 20 °C, mientras que en el más frío alcanza los 5 °C, siendo rara vez inferior a 0 °C. Todo ello arroja una temperatura media anual de cerca de 15 °C, que raramente supera los 20 °C.

Esta combinación de temperatura y precipitación hace que la mayor parte del desarrollo de la planta se concentre en otoño y primavera, con una dormancia, más o menos marcada de la vegetación durante el verano por falta de agua y en el invierno por la falta de calor (Ferreira *et al.*, 2007). Como resultado de estas limitaciones climáticas las plantas de los pastos de zonas mediterráneas son principalmente plantas anuales (Olea y Miguel-Ayanz, 2006; Olea *et al.*, 2007).

Portugal está situado en el extremo más occidental de Europa (latitud 37 ° - 42 ° N, Longitud 9 ° - 6 ° W). Elvas, donde se instalaron los campos experimentales del presente trabajo, se encuentra en la región de Alentejo, la cual se considera de marcada influencia mediterránea.

1.2. MATERIAL VEGETAL

Las gramíneas perennes pertenecen a la familia de las *Poaceae*, con más de 11.000 especies, siendo la cuarta mayor familia de plantas con flor (Acar *et al.*, 2010). Se distribuyen por todo el mundo y son uno de los componentes principales de la mayoría de los ecosistemas de pastizales (Saarela, 2005). Las gramíneas perennes donde se incluyen entre otras el *Dactylis glomerata* L., la *Festuca arundinacea* Schreb., el *Lolium perenne* L. y la *Phalaris aquatica* L., pueden desempeñar un papel importante en la obtención de alimentación para el ganado, de modo más temprano en otoño, contribuyendo también para la protección del suelo y del agua (Acar *et al.*, 2009).

1.2.1. *Dactylis glomerata* L.

Nombre vulgar: Español: Dactilo apelonado; Portugués: Panasco; Inglés: Orchardgrass, Cocksfoot; Francés: Dactyle; Italiano: erba mazzolina comune; Alemán: Knaulgras

El *Dactylis glomerata* L. es una importante gramínea forrajera (Jiang *et al.*, 2014), siendo una de las tres gramíneas perennes, junto con *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*, más utilizada en Europa como forrajera y pratense (Hycka, 1976; Gillet, 1980), tanto sola como en combinación con leguminosas, bien en secano o bien en regadío. Viene siendo utilizada como forraje en casi todos los continentes debido a su buena producción, buena calidad, gran adaptabilidad, tolerancia a la sequía y persistencia (Kohoutek *et al.*, 2004; Jafari y Naseri, 2007; Sanada *et al.*, 2007; Xie *et al.*, 2010; Rehuel *et al.*, 2012)

1.2.1.1. DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMIA

El *Dactylis glomerata* pertenece al Reino *Plantae*, División *Magnoliophyta*, Clase *Liliopsida*, Orden *Poales*, Familia *Poaceae*, Subfamilia *Pooideae*, Tribo *Poeae* y Género *Dactylis*.

El género *Dactylis* constituye un pequeño grupo taxonómico, relativamente aislado, en la tribu *Festuceae*, de la familia de las gramíneas (Carnide y Guedes Pinto, 1992), siendo uno de los ejemplos más completos de un complejo natural poliploide infraespecífico (Mousset, 1995).

Los principales tipos evolutivos (sus especies y subespecies diploides, tetraploides y hexaploides) se pueden observar en la distribución natural o primaria de *Dactylis glomerata* L. (Figura 1.1 y Tabla 1.1), distinguiéndose 15 subespecies diploides, 3 tetraploides ampliamente distribuidas y 6 tetraploides que presentan una distribución geográfica restringida.

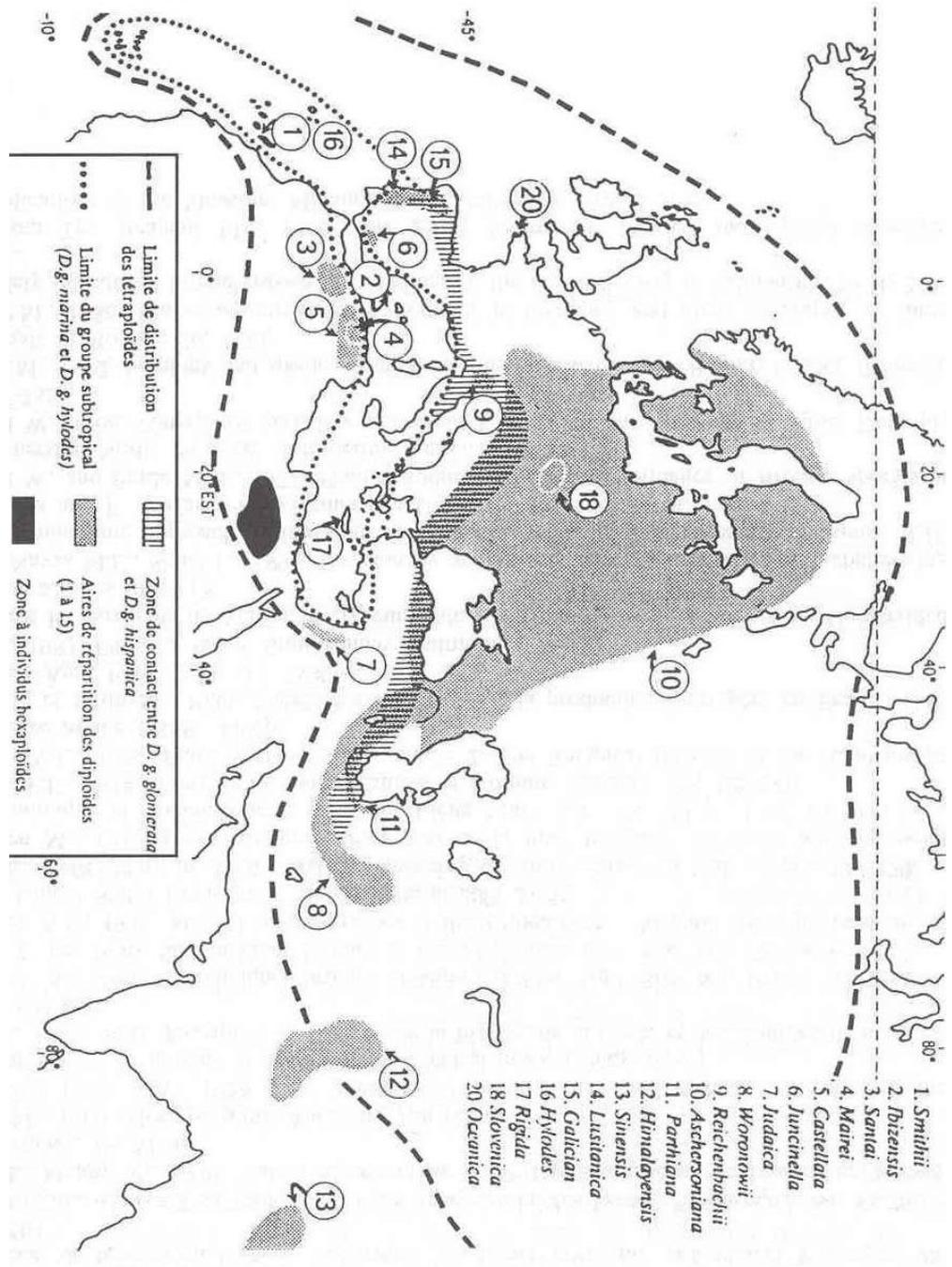


Figura 1.1 – Distribución primaria de las subespecies de *Dactylis glomerata* L. (tomado de Mousset, 1995).

En las subespecies del género *Dactylis*, los citotipos se pueden distinguir por las mayores células de los tetraploides en relación con los diploides (Borrill y Lindner, 1971; Lumaret *et al.*, 1987). Los diploides, por su parte, tienen tendencia a ser plantas más pequeñas, que producen menor cantidad de semilla y florecen más tarde (Lumaret *et al.*, 1987), pero mostrando una mayor resistencia a las bajas temperaturas (Chosson y Mousset, 1986; Bretagnolle y Thompson, 1996).

Tabla 1.1 – Distribución primaria del complejo *Dactylis glomerata* L.

Grupos morfológicos	Mediterráneos		Euroasiáticos
	Clima subtropical	Clima mediterráneo	Clima templado
Diploide 2n = 2x = 14	<i>smithii</i> <i>ibizensis</i>	<i>Santai</i> <i>Mairei</i> <i>castellata</i> <i>juncinella</i> <i>Judaica</i> <i>woronowii</i> <i>reichenbachii</i>	<i>aschersoniana</i> <i>parthiana</i> <i>himalayensis</i> <i>sinensis</i> <i>lusitanica</i> <i>galician</i>
Tetraploide 2n = 4x = 28	<i>marina</i> ssp. <i>hyloides</i>	<i>hispanica</i> ssp. <i>rigida</i>	<i>glomerata</i> ssp. <i>slovenica</i> ssp. <i>polygama</i> ssp. <i>oceanica</i>
Hexaploide 2n = 6x = 42		<i>hispanica</i>	

(Adaptado de Mousset, 1995)

1.2.1.2. SUBESPECIES DE LA ESPECIE *Dactylis glomerata* L.

Las especies del género *Dactylis* tienen una distribución muy amplia y son muy comunes entre la flora de los pastizales naturales de zonas templadas, se pueden encontrar las formas silvestres de este género desde la costa atlántica de Europa a Siberia y del norte de África hasta las proximidades del Círculo Polar Ártico, incluyendo Oceanía (Lindner y Garcia, 1997b, Gauthier *et al.*, 1998; Hirata *et al.*, 2011). En Portugal se encuentran de norte a sur, pero es predominante en el norte, especialmente en los prados naturales (Carnide *et al.*, 1994). La subespecie *hispanica* (Roth) Nyman, *ibizensis* Stebbins e Zoharis, *juncinella* (Bory) Boiss, *lusitanica* Stebbins e Zoharis, *marina* (Borril) Greuter y izcoi Ortiz y Rodríguez-Oubiña, sólo se encuentra en la Península Ibérica y Baleares (Barreña *et al.*, 1999).

En el sur del Portugal se encuentran, en particular en el interior del Alentejo, esencialmente al lado de las carreteras o en suelos derivados de pizarras; además, a

lo largo de la costa también se pueden encontrar en suelos arenosos (Barroso Fernandes, 1996).

a) SUBESPECIES DIPLOIDES

Las subespecies diploides se dividen en dos grupos en función de los criterios morfológicos:

i) Grupo Mediterráneo

El grupo mediterráneo comprende nueve entidades diferentes, estando adaptadas a un cierto grado de sequía, siendo las plantas, por lo general, de pequeño tamaño y de hoja estrecha.

ii) Grupo Euroasiático

El grupo euroasiático se caracteriza por plantas grandes, vigorosas y de hoja ancha, con crecimiento estival. Este crecimiento se debe a que estas subespecies se encuentran en elevadas altitudes (*himalayensis* – 1.800 a 4.000 m y *sinensis* – 1.000 a 3.800 m) o en zonas donde las temperaturas de invierno son limitantes del crecimiento (4 – 5 °C). Las especies más meridionales, *lusitanica* y, en menor grado, *galician*, muestran cierto crecimiento invernal (Hycka, 1976).

b) SUBESPECIES TETRAPLOIDES

Las principales subespecies tetraploides – *glomerata*, *hispanica* y *marina* – están asociadas a los climas templado, mediterráneo y subtropical, respectivamente. Éstas poseen una amplia distribución geográfica y una gran variedad morfológica.

Otras subespecies tetraploides menores, son semejantes a las formas diploides. En muchas situaciones, las formas diploides y tetraploides, fenotípicamente indistintas, se encuentran viviendo en el mismo entorno: *lobata*, *woronowii*, *judaica*, *galicien*, *reichenbachii* y *mairei*.

Existen además otros tetraploides, con una distribución geográfica más restringida y sin relación directa con ninguna forma diploide en particular, son descritas como derivadas de las principales subespecies tetraploides: *polygama*, *slovenica*, *rígida*, *oceánica*, *hylodes* e *itálica*.

c) SUBESPECIES HEXAPLOIDES

La entidad hexaploide fue observada en 1961 por Borrill y Jones, en Cyrénaïque en condiciones de extrema sequía. La morfología de este *Dactylis* correspondía a la de la subespecie *hispanica*.

La variabilidad del grupo taxonómico es grande y, hasta el momento su tratamiento taxonómico no ha sido completamente esclarecido. *Dactylis glomerata* L., generalmente, considerada como la única especie de su género (Stebbins y Zohary, 1959; Lindner y Garcia, 1997a), presenta una gran variabilidad infraespecífica. Sólomente en la Península Ibérica e Islas Baleares se encuentran las subespecies *glomerata* L., *hispanica* (Roth) Nyman, *ibizensis* Stebbins y Zohary, *juncinella* (Bory) Boiss, *lusitanica* Stebbins e Zohary, *marina* (Borrill) Greuter y izcoi Ortiz y Rodríguez-Oubiña (Barreña *et al.*, 1999).

A) *Dactylis glomerata* ssp. *glomerata* L.

Stebbins y Zohary (1959) propusieron dos posibles orígenes para la subespecie *Dactylis glomerata* ssp. *glomerata* L. ($2n=4x=28$): o una hibridación entre las subespecies *lobata* y *woronowii* o entre *lobata* y *reichenbachii*. Estos autores observaron que la subespecie *glomerata*, tetraploide, acumula características de diferentes diploides. Borrill (1978) indicó que contaba con características de formas diploides tanto de regiones templadas como de regiones mediterráneas.

Además Mousset (1995) afirma que la subespecie *glomerata* también se originó de dos formas: a) por hibridación inter-subespecífica entre diploides seguida de duplicación cromosómica, en varias ubicaciones; b) por auto-poliploidía por no haber habido reducción de los gametos en células diploides.

Para esta subespecie, el límite más bajo de temperatura por debajo del cual se detiene el crecimiento de los órganos aéreos es relativamente alto (4 - 5 °C), causando daño significativo a la planta una temperatura inferior a -10 °C, incluso en ausencia de nieve (Mousset, 1995). En cuanto a las temperaturas máximas, *D. glomerata* ssp. *glomerata*, puede crecer hasta temperaturas de entre 25 - 30 °C. Esta subespecie resiste bien el encamado (Vasconcellos, 1962).

B) *Dactylis glomerata* ssp. *hispanica* L.

Es una planta muy similar a la subespecie *glomerata* ($2n=4x=28$), no obstante, las principales características morfológicas diferenciales entre ambas subespecies se presentan en la tabla 1.2.

La producción agrícola de esta subespecie es significativamente inferior a la subespecie *glomerata* en las regiones templadas, pero *hispanica* puede ser interesante en la región mediterránea según Mousset (1992). La variabilidad de la producción potencial observada en diferentes poblaciones también es importante (Mousset, 1992).

En la tabla 1.2 se pueden observar las principales diferencias morfológicas entre las subespecies *glomerata* e *hispanica*.

Tabla 1.2 – Características morfológicas diferenciales de las subespecies *glomerata* e *hispanica*.

	<i>glomerata</i>	<i>hispanica</i>
1-FLORES		
Lema	Acuminada, atenuada en una arista terminal	Marginada, arista partiendo de la parte superior
Glumas (mm)	3-3,5	4
Anteras	Violáceas	Blanco-gris
2-PANÍCULA	Ramificada, 1 o 2 ramificaciones basales, irregularmente dispuestas, grupos de espiguillas largamente pedunculadas	Subespigiforme, densa e compacta
3-CARACTERES VEGETATIVOS		
Lígula	Tronco obtusa, 2,5mm	4-8mm
Hojas	Hojas anchas y planas (aprox. 10mm de ancho)	Hojas estrechas y envolventes (aprox. 5mm de longitud)
Longitud de la vaina + hoja (cm)	58	39
Altura en el inicio del espigado (cm)	18,3	17,5
Altura en el espigado (cm)	45	42
4 – PORTE	Robusta, verde grisácea o verde-marrón (30 – 150mm)	Baja, glauca (10 – 40cm)
5 - SEMILLAS		
Peso de 1000 granos (g)	0,56	0,34

Adaptación de Mousset (1992) y Barreña *et al.* (1999)

Mousset (1992) llevó a cabo un estudio comparativo entre el grupo *glomerata* y el grupo *hispanica*, y utilizó para este fin un grupo de trabajo compuesto por 38 poblaciones espontáneas; también verificaron que la subespecie *hispanica* se reparte en una gama mucho mayor de precocidad (de precoz a tardía) que la subespecie *glomerata* (de semitardía a tardía)

C) *Dactylis glomerata* ssp. *lusitanica* L.

De acuerdo con Stebbins (1961) esta subespecie diploide ($2n=2x=14$) apareció en el Pleistoceno por hibridación entre dos tipos próximos de las formas *smithii* y *juncinella*. La subespecie *lusitanica* constituye una conexión entre estas subespecies mediterráneas y la subespecie continental *lobata*, la cual es frecuente en regiones de clima atlántico, suave y húmedo en el Oeste de Portugal.

Su crecimiento sólo es interrumpido por la sequía, ya que esta subespecie no presenta dormancia invernal o estival en medio oceánico (Mousset, 1995).

D) *Dactylis glomerata* ssp. *marina* L.

Es una subespecie tetraploide ($2n=4x=28$) que tolera suelos pobres y rocosos junto al mar (algunos de ellos ácidos). La planta tipo es pequeña, las hojas son de color cian; tiene papilas epidérmicas (más desarrolladas en verano) y espículas no silíceas en los márgenes o nervaduras (Borrill, 1978; Garcia y Lindner, 1998). Esta subespecie aporta una biomasa con buena digestibilidad (García y Lindner, 1998).

1.2.1.3. MORFOLOGÍA, ECOLOGÍA Y CRECIMIENTO

En cuanto a la morfología, *Dactylis glomerata* L. es una planta alta, erecta, que forma macollos. La lígula es larga y blanquecina y no tiene aurículas. Las hojas jóvenes son suaves y tiernas, endureciendo a medida que envejecen y tiene un nervio central muy marcado (Muslera y Ratera, 1991). El *Dactylis glomerata* es totalmente glabro, fácilmente distinguible de otras gramíneas, ya que no tiene pelos en las hojas. La inflorescencia es una panícula con espigas típica con espiguillas aglomeradas, de ahí el nombre. Cada espiguilla tiene dos glumas en forma de quilla y contiene 3-5 flores (Gillet, 1980; Muslera y Ratera, 1991).

Las semillas son una cariósida blanco-amarillenta, con una arista fuerte; son pequeñas (1.000 semillas pesan entre 1,2 y 1,4 gramos) y no se conservan bien después de la cosecha, disminuyendo su capacidad de germinación después de 2-3 años, a menos que se tomen medidas especiales - secado y almacenamiento en frío (Gillet, 1980). El sistema radicular es vigoroso y profundo y puede alcanzar de 0,75 a 1 m (Salgueiro, 1982) de profundidad, razón por la cual muchos de los ecotipos presentan una alta resistencia a la sequía, siendo también una planta con buena tolerancia al aumento de la temperatura (Gilliland *et al.*, 2011).

Las exigencias edáficas del dactilo no son muy severas, siendo una planta perenne que se puede encontrar en diversos tipos de pastos desde el mediterráneo en los suelos de sílice y cal, donde se adapta especialmente *Dactylis glomerata* ssp. *hispanica*, hasta la vegetación de pastos de Europa central Atlántica en suelos alcalinos o neutro a ligeramente ácido, donde es común encontrar *Dactylis glomerata* ssp. *glomerata* (Hycka, 1976). Para Hycka (1976), esta especie crece en suelos de diferentes tipos, siempre que no sean excesivamente ácido o de solución salina, aunque el crecimiento se produce más rápidamente en suelos con pH entre 5,5 y 6,5 (Belesky y Fedders, 1994). El dactilo crece bien en suelos con buena estructura y rica en nutrientes, pero también se adapta a los suelos ligeros y a los húmedos y estructura pesada; no tolera las inundaciones prolongadas, por lo que es raro encontrar dactilos en orillas de ríos y lagos. En comparación con otras especies (*Lolium multiflorum*, *Festuca arundinacea*), el *Dactylis* tienen mayor necesidad de nitrógeno, presentando así una mayor respuesta a la fertilización (Gillet, 1980). Según Belesky y Fedders (1994), con alto contenido de nitrógeno en el suelo (sin leguminosas), el dactilo es la hierba con mayor producción en invierno. También muestra una buena respuesta a los fertilizantes con fósforo y potasio.

En referencia a las necesidades climáticas, se puede encontrar *Dactylis glomerata* desde los 200 – 300 m de altitud y 315 mm de lluvia hasta zonas de 1200m de altitud y más de 1500mm de lluvia (Hycka, 1976). Por su parte, temperatura óptima para el crecimiento del dactilo es de unos 25 °C (Hycka, 1976). Por encima de 30 °C el crecimiento y ahijamiento de esta especie son muy reducidos, como lo es por debajo de 4 - 5 °C, en que para de crecer, aunque sobrevive debido a la pérdida de masa foliar. Diversos autores encontraron que los ahijamientos en *Dactylis glomerata* aumentan con la disminución de la temperatura [(Newel, 1951, Mitchell, 1953; Langer, 1956; Templeton, 1961) citado en Barroso Fernandes, 1996].

De todo lo expuesto en párrafos anteriores, se deduce que el mejor momento para la siembra de *Dactylis glomerata* es el otoño, antes de las primeras heladas según Muslera y Ratera (1991), para evitar que las bajas temperaturas puedan afectar a las plántulas si estas son muy pequeñas. El objetivo de esta siembra otoñal será el de entrar en producción en la primavera siguiente, ya que cuando se instala la siembra en la primavera, la aparición de malas hierbas, con una tasa de crecimiento elevada, puede poner en peligro la cantidad de plantas nacidas y el buen establecimiento (Tavares de Sousa, 1985). La dosis de siembra recomendada para la instalación de una pradera de dactilo varía entre 15 y 20 kg ha⁻¹, siendo esta dosis menor en las praderas de mezclas (Muslera y Ratera, 1991). La profundidad de la semilla no debe ser superior a 1,5 cm de acuerdo con Gillet (1980).

En cuanto al crecimiento y desarrollo de las plantas de dactilo, las semillas germinan con facilidad caracterizándose esta especie por un establecimiento lento de las plantas en las primeras etapas, lo que las hace susceptibles a la competencia con otras gramíneas (Gillet, 1980). No obstante, tolera bien la sombra, lo que es una ventaja ante la competencia por la luz, y si el suelo es adecuado, su perennidad es alta pudiendo vivir de 6 a 8 años si las condiciones climáticas acompañan, siendo usado tanto para pastoreo como para corte (Gillet, 1980).

El rebrote depende de la actividad fotosintética y de las reservas de hidratos de carbono que acumule la planta. Cuando las reservas son altas, los cortes y las heladas, no afectan en gran medida a la planta, a menos que sean demasiado repetidos. Si las reservas son bajas, los cortes intensos y muy cerca del meristemo de crecimiento, se tornan muy severos (Hannaway y McGuire, 1981). Hay que tener en cuenta, que variedades de *Dactylis glomerata* L. obtenidas en el norte de Europa, pasan el invierno en estado de latencia incluso en las zonas con inviernos suaves, en donde las condiciones pueden ser favorables al crecimiento. En la primavera su crecimiento inicial es lento, pero se recupera rápidamente a medida que aumenta la temperatura del aire. Por su parte, las variedades desarrolladas en los países del Mediterráneo (Norte de África y el sur de la Península Ibérica), para uso en seco, están latentes en el verano (Muslera y Ratera, 1991). La combinación de estas variedades de dactilo, con leguminosas anuales de resiembra natural, permiten la constitución de praderas mejoradas en las zonas de *dehesa/montado*, con un excelente equilibrio en la proporción leguminosa/gramínea con alto potencial de rendimiento de materia seca y con una buena distribución de la producción durante el

otoño, invierno y primavera, ya que estos tipos tienen una gran capacidad de crecimiento invernal.

Después del rebrote en otoño, las plantas de *Dactylis* tienen una larga fase juvenil, que corresponde a la aparición de al menos 7-8 hojas en la rama principal; esta especie revela necesidad de inducción primaria (Gillet, 1980), es decir, requiere días fríos y cortos para que tenga lugar la diferenciación floral (Calder, 1964). La inducción secundaria es un proceso de días largos (Calder, 1964), que varía según la variedad, de acuerdo a los estudios de Gillet (1980). El mismo autor también observó que el *Dactylis* tiene un amplio rango de precocidad de espigado, pudiendo éste ser de más de un mes.

1.2.1.4. PRODUCCIÓN Y CALIDAD

Dactylis glomerata L. da un forraje de buena calidad, cuando se aprovecha temprano (Carnide y Guedes-Pinto, 1992), descendiendo ésta rápidamente a medida que avanza el ciclo y se aproxima la floración (Muslera y Ratera, 1991). Esta gramínea es, generalmente, bien aceptada por los herbívoros, y los grandes rumiantes la utilizan con gran eficacia, especialmente en fase avanzada de desarrollo (Demarquilly, 1974).

En Europa Central, bajo condiciones favorables, se puede alcanzar una producción anual de 12 a 16 t ha⁻¹ de materia seca (MS), uno de los más altos de todas las gramíneas, después de la festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) y algunos *Bromus* (Tavares de Sousa, 1985). En Portugal, en las zonas de *dehesa/montado* de secano, en el centro y sur del país, el potencial de producción de subespecies *glomerata* y *hispanica*, está entre 4 y 6 t ha⁻¹, respectivamente. Según Gillet (1980), en Francia, esta especie si se instala en el otoño tiene unos niveles de producción en el rango de 6 a 8 t MS ha⁻¹ el primer año, y de 8 a 12 t MS ha⁻¹ en el 2^{do} y 3^{er} año. A partir del 4^{to} año la producción baja a valores semejantes a las del año inicial.

En lo que a la calidad se refiere, el *Dactylis glomerata* destaca por una moderada cantidad de fibra (37,5%), por su alta proporción de extractos no nitrogenados (42,8%) y por su proporción moderada de proteínas (9,1%) y ácidos grasos (2,7%). La digestibilidad varía, según el estado vegetativo, entre el 58,5% y 78,0% (Demarquilly, 1974). De acuerdo a los resultados obtenidos por Hannaway y McGuire (1981), los valores más altos en términos de calidad se obtienen al hacer el aprovechamiento

entre el espigado y el comienzo de la floración. Retrasar el corte dos semanas puede reducir la digestibilidad hasta un 25%.

Ricardo *et al.* (2000), en ensayos en la *Estação de Melhoramento de Plantas* de Elvas, encontraron valores medios de 14,9% de proteína bruta, 17,6% de fibra bruta, 11,8% de cenizas y 35,9% de digestibilidad *in vitro*. No obstante, entre los valores máximos y mínimos existían grandes diferencias, mostradas en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 – Valores máximos y mínimos encontrados en diversos parámetros de calidad del forraje de *Dactylis glomerata*.

PARÀMETROS	Máximo	Mínimo
Proteína bruta (%)	20,8	5,9
Fibra bruta (%)	36,7	17,6
Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	72,1	35,9
Cenizas (%)	17,5	11,8

Ricardo *et al.* (2000)

1.2.2. *Festuca arundinacea* Schreb.

Nombre vulgar: Español: Festuca alta; Portugués: Festuca alta; Inglés: Tall fescue; Francés: Fétuque élevée; Italiano: Falasche; Alemán: Rohrschwingle

1.2.2.1. DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMIA

La *Festuca arundinacea* pertenece al Reino *Plantae*, División *Magnoliophyta*, Clase *Liliopsida*, Orden *Poales*, Familia *Poaceae*, Subfamilia *Festucoideae*, Tribo *Festuceae* y Género *Festuca*.

La *Festuca arundinacea* Schreb (2n = 42), conocida por festuca alta, es originaria de Eurasia y se adapta a las diversas áreas del mundo (Ebrahimiyan *et al.*, 2013), incluyendo partes de Europa, América, Australia, Nueva Zelanda, algunas partes de África del Norte, las montañas del este de África y Madagascar (Buckner *et al.*, 1979; Muslera y Ratera, 1991; Sleper y West, 1996, Meyer y Watkins, 2003). Según Borril (1978), fueron los colonos europeos los que introdujeron la festuca alta en América. En la Península Ibérica la festuca es el tipo de gramínea que tiene una más amplia

distribución, porque sus características permiten su utilización en casi cualquier país (Muslera y Ratera, 1991).

Inicialmente se desarrolló una discusión sobre si la *Festuca arundinacea* y la *Festuca elatior* eran especies separadas o no. En 1771 el botánico alemán Schreber describió la *Festuca arundinacea* como más robusta que la *Festuca elatior*. En 1935, Hitchcock consideró la festuca alta como *Festuca elatior* var. *arundinacea*, y en 1950, las describió como especies separadas *F. elatior* L. y *F. arundinacea* Schreb (Buckner et al., 1979, Meyer y Watkins, 2003).

La *Festuca arundinacea* se divide en 3 tipos: tipo continental, originaria de Europa central y del norte y algunas regiones de Asia y que se caracteriza por ser activa en verano; tipo mediterráneo, originaria del sur de Europa, medio oriente y norte de África, que se caracteriza por tener semidormancia estival; tipo Rhizomatous originaria del noroeste de España y Portugal (Borrill et al., 1971; Hopkins et al., 2009; Hand et al. 2010; Cuyeu et al. 2013; Dierking et al., 2013), y que es activa en verano. A pesar de que el tipo continental forma rizomas, el del tipo *Rhizomatous* forma rizomas más largos y frecuentes (De Bruijn, 2004).

1.2.2.2. MORFOLÓGIA, ECOLOGÍA Y CRECIMIENTO

La festuca alta es una planta que forma macollos densos que puede poseer o no tallos subterráneos llamados rizomas (los cuales acumulan sustancias de reserva). Los rizomas son más frecuentes en plantas aisladas que crecen en suelos arenosos, siendo raramente encontrados en plantas que viven en prados (Terrel, 1979).

Los tallos son erectos, robustos, lisos (o ásperos debajo de la panícula) con hasta 2 metros de altura; las lígulas son membranosas y con más de 2 mm de largo en los tipos comunes. La festuca alta presenta los primordios foliares enrollados y la extremidad de la hoja acuminada. Las hojas son estrechas o medias y de textura áspera, mostrando ejes destacados en la parte superior de la hoja y sin nervio central (Muslera y Ratera, 1991; Meyer y Walkins, 2003). Las láminas de la hoja son rugosas o lisas y pueden llegar a los 60 cm de largo y a una anchura de 3 a 12 mm. Las aurículas, cortas o ausentes, pueden ser glabras o ciliadas (Terrel, 1979; Meyer y Walkins, 2003). Las panículas presentan 10-50 cm de largo y son extremadamente ramificadas; no obstante, en ocasiones pueden ser estrechas y con ramas cortas. Las

espiguillas son de elípticas a oblongas, y cada una posee de 3 a 10 flores. El raquis de la inflorescencia es rugoso. Las glumas en la base de la inflorescencia son ligeramente lanceoladas con 3 – 6 mm de largo y con una nervadura, siendo las glumas en la parte superior lanceoladas o ligeramente oblongas con 4,5 - 7 mm de largo con 3 nervios. Las glumelas son ligeramente elípticas o lanceoladas con 6 – 10 mm de largo y con nervios finos y con una arista corta (4 mm de largo) o inexistente. Las glumas son tan largas como las glumelas. La cariopsis es oblonga totalmente cubierta por la glumela y por la gluma (Terrel, 1979), variando el peso de 1000 semillas entre 2,3 y 2,7 gramos (Vilax, 1963).

El sistema radicular es fasciculado, denso en la superficie, aunque algunas raíces descienden a gran profundidad, lo que hace con que sean utilizables en la conservación del suelo, ayudando a proteger contra la erosión (Muslera e Ratera, 1991). Esto le ayuda a tener tolerancia a la sequía (Milne y Johnson, 1997; Cougnon *et al.*, 2013b). Además la festuca es una planta que se adapta bien a suelos profundos, fértiles, frescos, preferentemente calizos, pero que tolera perfectamente suelos muy variados, desde ácidos a alcalinos y desde encharcadizos a muy secos (Milne y Johnson, 1997). No obstante, los suelos pobres y calcáreos no le convienen. Según Nie *et al.* (2008) esta especie, junto con *Phalaris aquatica*, es más tolerante al encharcamiento que *Dactylis glomerata*.

Debido a su gran adaptación es utilizada en todo el mundo, desde clima templado hasta mediterráneo. Es considerada una planta de gran tolerancia a la sequía (Reheul *et al.*, 2012), debido en parte a sus raíces, que descienden a gran profundidad (Deru *et al.*, 2012). Durand and Ghesquière (2002), encontraron plantas de festuca extrayendo agua a 180 cm de profundidad. Además, dentro de las festucas altas se pueden distinguir dos tipos en función de la adaptación a diferentes condiciones climáticas (Muslera y Ratera, 1991):

- Europeo – Festucas adaptadas a inviernos fríos y con parada vegetativa invernal
- Mediterráneo – Festucas adaptadas a veranos calientes y con buena tolerancia a la sequía. Tiene un crecimiento invernal moderado.

Normalmente la festuca se siembra en dosis de 15 - 24 kg ha⁻¹ en un suelo bien preparado y sin enterrar mucho la semilla (2 - 3 cm). Si se siembra para la obtención

de semillas se debe mantener una distancia de 60 - 80 cm entre líneas (Vilax, 1963). La siembra se deberá hacer en el inicio de otoño, antes que las temperaturas bajen.

Es una planta que tiene un establecimiento muy lento pese al tamaño de sus semillas, siendo por ello vulnerable a la competición con otras especies (Coughon *et al.*, 2012). Las plántulas son muy poco vigorosas, por lo que el manejo inicial debe ser muy cuidadoso para permitir una buena instalación.

1.2.2.3. PRODUCCIÓN Y CALIDAD

Con excepción del primer año, la festuca es la gramínea perenne que tiene el mayor crecimiento uniforme durante el año. En verano es la gramínea de clima templado que mejor crece en zonas calurosas, ya que su óptimo térmico se encuentra por encima del de *Dactylis glomerata* y *Lolium perenne*, a los cuales supera en producción en esta época, mientras tenga cierta disponibilidad de agua (Muslera y Ratera, 1991). En regadío se mantiene verde durante el verano, y aunque puede crecer su rendimiento es poco interesante. Según Vilax (1963), esta planta es una de las mejores gramíneas para ser utilizada en mezclas en praderas de secano, aunque a veces se utiliza en riego.

Se siega para heno o ensilado en el inicio de la formación de la panícula, ya que después lignifica y se vuelve áspera y los animales no la aprecian tanto, disminuyendo también su digestibilidad (Peratoner *et al.*, 2010; Baert y Van Waes, 2014), no obstante, empiezan a aparecer variedades con hoja suave, lo que aumenta su palatabilidad (Coughon *et al.*, 2012). Su valor nutritivo, que es bueno antes de la formación de las panículas, decrece rápidamente después de esta fase (Vilax, 1963). Mefti *et al.* (2008) obtuvieron en la región semiárida de Setif (Argelia) valores de producción de materia seca por hectárea que variaron entre 0,4 y 0,6 toneladas. Khedim *et al.* (2008) obtuvieron en una región más cercana al Mediterráneo, para el mismo año, valores bastante más elevados (entre 2,5 y 4,1 t MS ha⁻¹).

1.2.3. *Phalaris aquatica* L.

Nombre vulgar: **Nome vulgar:** Español: Alpiste; Portugués: Alpista da água; Inglés: Bulbous canary grass; Francés: Alpiste aquatique; Italiano: Scagliola; Alemán: Rohrglanzgras

1.2.3.1. DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMIA

La *Phalaris aquatica* pertenece al Reino Plantae, División Magnoliophyta, Clase Liliopsida, Orden Poales, Familia Poaceae, Subfamilia Pooideae, Tribu Aveneae y Género *Phalaris*.

Especie espontánea de las regiones mediterráneas y templadas de Europa, Asia y América del Norte. Se encuentra de forma espontánea en todo el sur de la Península Ibérica (Muslera y Ratera, 1991).

1.2.3.2. MORFOLÓGIA, ECOLOGÍA Y CRECIMIENTO

La *Phalaris aquatica* ($2n = 28$) es una planta cespitosa, con rizomas en la base y tallos altos, erectos y glabros. Las hojas se forman sobretodo en la base, desarrollándose también en los tallos florales; son largas, planas, glabras y con lígula membranácea oblonga. La inflorescencia se compone de espiguillas unifloras, comprimidas lateralmente, dispuestas en tirso cilíndrico, con dos glumas externas, naviculares, aquilladas y con quilla alada. La cariopsis se encuentra en una cápsula ovado-lanceolada, envuelta por las glumelas de color crema a marrón-claro, suave y brillante. Existen 700 a 1000 semillas por gramo (Crespo, 1975).

La *Phalaris aquatica* L. es una planta con buen crecimiento en regiones húmedas y subhúmedas, a la que le gusta la lluvia abundante, tolerando bien el encharcamiento, no obstante está bien adaptada a las condiciones de clima mediterráneo, de veranos secos y calurosos, presentando un buen grado de latencia estival, que le confiere alta resistencia a la sequía. Responde con prontitud a las primeras lluvias otoñales y crece vigorosamente durante el otoño y primavera, pero en invierno, sobretodo durante los periodos de heladas, su crecimiento es más reducido pero interesante (Stevens *et al.*, 1989). Puede ser utilizada en zonas con pluviometría anual superior a 400 mm desde

que los suelos sean profundos (Vilax, 1963; Crespo, 1975; Muslera y Ratera, 1991; Cullen, 2002).

Se adapta a gran cantidad de suelos, pero crece más fácilmente en suelos profundos, fértiles y fuertes, prefiere los suelos arcillosos o franco-arcillosos, teniendo gran dificultad en establecerse o persistir en suelos delgados y en los arenosos pobres. Tolerancia un pH (H₂O) muy variado (Crespo, 1975). Posee un sistema radicular bastante desarrollado lo que le permite sobrevivir en situaciones extremas de sequía durante el verano (Rumball, 1980). Esto se debe a una raíz que puede llegar hasta los dos metros, un año después de la instalación (Blair, 1937). El agua que consigue extraer durante los periodos secos es suficiente para mantener vivo los ápices (McWilliam y Kramer, 1968). No obstante también consigue sobrevivir en suelos encharcados durante periodos relativamente largos (Vilax, 1963; Muslera y Ratera, 1991).

La siembra se deberá hacer en otoño, antes que las temperaturas empiecen a disminuir de modo abrupto. La preparación del suelo debe ser buena para facilitar la distribución y cobertura de las semillas, la cual no debe quedar a más de 1-2 cm de profundidad. El suelo debe estar fino en la superficie y compacto en el lecho de modo que se garantice un buen contacto entre la semilla y el suelo (Muslera y Ratera, 1991). La dosis de siembra deberá variar entre 8 y 12 kg ha⁻¹, disminuyendo esa cantidad si se siembra en mezcla con leguminosas. Tiene ciertas exigencias en nutrientes, respondiendo especialmente bien a la fertilización con abonos de nitrógeno (Vilax, 1963).

Es una planta de establecimiento muy lento y presenta gran dificultad para competir con otras plantas durante el inicio del desarrollo, razón por la cual no se suele sembrar con otras gramíneas. Esto se debe en gran parte al pequeño tamaño de las semillas (1000 semillas pesan entre 1 y 1,2 gramos) lo que conlleva a que la planta inicialmente sea pequeña y poco vigorosa (Muslera y Ratera, 1991). Una vez instalada no tiene problemas de competición con otras plantas (Vilax, 1963).

Produce bien durante el otoño y primavera mientras las temperaturas medias sean superiores a 8 - 10 °C. Su gran ventaja es la capacidad de recrecer rápidamente en

otoño después de las primeras lluvias, antes de las demás gramíneas (Muslera y Ratera, 1991).

Al final de la primavera empieza el espigado y simultáneamente empieza el engrosamiento de los entrenudos de la base de los tallos, además del desarrollo de un sistema radicular profundo. Una vez que la semilla está madura, los tallos y las hojas se empiezan a secar y quedan los tubérculos vivos (que sólo se forman en los tallos que florecen) pero durmientes, hasta que las lluvias y las temperaturas más bajas de otoño desbloqueen la inactividad fisiológica del tubérculo, activando las yemas axilares (Muslera y Ratera, 1991).

1.2.3.3. PRODUCCIÓN Y CALIDAD

Phalaris aquatica produce una buena cantidad de biomasa durante el invierno. Hume y Lucas (1987) encontraron producciones de esta especie, en Nueva Zelanda, de 17,1 kg MS ha⁻¹ y día, valores superiores a los encontrados para *Lolium perenne* (9,6 kg MS ha⁻¹ y día), *Festuca arundinacea* (11,8 kg MS ha⁻¹ y día) y *Dactylis glomerata* (9,8 kg MS ha⁻¹ y día). También en Nueva Zelanda, Betteridge y Baker (1983) encontraron valores de producción superiores a 10.000 kg MS ha⁻¹. Mefti *et al.* (2008) obtuvieron en la región semiárida de Setif (Argelia), valores de producción de materia seca de 0,5 kg MS ha⁻¹, valor semejante a las encontradas para *Dactylis glomerata* (0,4-0,6 kg MS ha⁻¹). Esta especie produce hierba con buena palatabilidad y calidad mientras se encuentra en la fase vegetativa, pero cuando encaña y espiga su valor nutritivo disminuye rápidamente. Debido a esto, debe ser segada antes de la formación de la panícula, siempre que su uso sea para forraje o ensilado (Vilax, 1963). En caso de ser utilizada para pastoreo, deberá ser aprovechada con cierta frecuencia para no dejar que la planta alcance una altura superior a 60 cm, y así mantener una buena calidad. Se utiliza frecuentemente en mezcla con el trébol subterráneo o con medicagos anuales. Tiene una tolerancia al pastoreo (defoliación) semejante a la *Festuca arundinacea* (Cullen, 2002).

Cuando es dominante en la pradera puede provocar dos enfermedades metabólicas en los ovinos: una conocida como '*Phalaris stagger*', y la otra por '*muerte súbita*', las

cuales se deben a la presencia de ciertas sustancias alcaloides en sus tejidos (Crespo, 1975).

Debido a su latencia estival no se suele utilizar en regadío, ya que no se espera un buen aprovechamiento del agua disponible.

Uno de los principales factores por el que esta planta es poco utilizada es el elevado precio de su semilla, y esto se debe en gran medida a la facilidad de desgrane de esta planta (por separación de las glumas o ruptura del soporte de la espiguilla) lo que reduce bastante su rendimiento por hectárea en los cultivos para obtención de grano. Este factor se puede minimizar haciendo la recolección de las semillas más temprano, pero se perderá capacidad germinativa (Muslera y Ratera, 1991).

1.2.4. *Lolium perenne* L.

Nombre vulgar: Español: Raygrass inglés: Perennial ryegrass; Portugués: azevém perene; Inglés: Perennial ryegrass; Francés: Raygrass anglais; Italiano: Pagliettone, loglietto; Alemán: Englisches raygras

Es una planta que se puede utilizar para praderas, principalmente de riego, de 2 a 4 años de duración, o en zonas en que haya una cierta humedad y donde el calor no sea extremo. En el Norte-Centro de Europa, adonde el clima es más suave, se puede utilizar en parques recreativos, piscinas o céspedes deportivos.

1.2.4.1. DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMIA

El *Lolium perenne* pertenece al Reino *Plantae*, División *Magnoliophyta*, Clase *Liliopsida*, Orden *Poales*, Familia *Poaceae*, Subfamilia *Pooideae*, Tribo *Poeae* y Género *Lolium*.

Es una importante planta de clima templado, utilizada sola o en mezcla (Elazreg *et al.*, 2011). La región de existencia de esta especie engloba toda Europa, Asia templada, Norte de África, Nueva Zelanda, Australia (principalmente en el estado de Victoria) y

en todas las zonas que presenten condiciones de clima Atlántico. En España se utiliza especialmente en las regiones de clima atlántico: Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Navarra y Pirineos (Muslera y Ratera, 1991), mientras que en Portugal se encuentra por todo el país, siendo más frecuente en el norte (Crespo, 1975). En general las variedades comerciales existentes no están adaptadas a las condiciones de secano mediterráneo (Franca *et al.*, 2007; Sanna *et al.*, 2014). Las variedades existentes muestran una más baja persistencia a los veranos calientes y secos que otras especies de gramíneas perennes tales como *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Phalaris aquatica* (Slack *et al.*, 2000; Annicchiarico *et al.*, 2013).

1.2.4.2. MORFOLÓGIA, ECOLOGÍA Y CRECIMIENTO

El *Lolium perenne* es una planta más frecuentemente diploide $2n = 2x = 14$ (Kopecký *et al.*, 2010), pese a que existen formas tetraploides (Nair, 2004; Pop *et al.*, 2009). También conocido como raygrass inglés es una planta de pequeño tamaño (40 - 80 cm), glabra, cespitosa y con tallos delgados erectos o ascendentes. Las hojas con vaina lisa, lígula membranácea, limbo agudo u obtuso y brillante en la página superior, presentan aurículas estrechas y amplexicaules. Las espiguillas son ovado-lanceoladas, comprimidas lateralmente, sésiles, alternas y con 2 a 14 flores dispuestas en espiga dística, con sólo una gluma en las espiguillas laterales, de longitud igual o ligeramente superior a la de la primera flor, linear-lanceolada, obtusa, aguda o acuminada. La semilla, que es una cariopsis, es oblonga y con un apéndice terminal blanco y glabro. Estando envuelta por las glumelas, la semilla es de color marrón-amarillenta, existiendo de 450 a 550 semillas por gramo. Es una planta de polinización predominantemente cruzada (Crespo, 1975).

El raygrass inglés es la gramínea perenne más sembrada en Europa Occidental (Sheldrick, 2000; Bumane y Adamovics, 2006; Hoppé *et al.*, 2012; Ahmed *et al.*, 2014; Baert y Van Waes, 2014). Aunque el raygrass sea una especie más apropiada para regiones de pluviosidad bien distribuida y con veranos más suaves, existen algunas plantas con una razonable resistencia a la sequía, sobretodo en tetraploides (Pop *et al.*, 2009), y en algunos casos, derivado de la presencia de endófitos (Cheplick, 2004), son capaces de soportar altas temperaturas estivales, pudiéndose así utilizar para mezclas con leguminosas anuales de resiembra natural o, preferentemente, con

leguminosas perennes (en regiones más al norte), para la constitución de praderas temporales o permanentes de secano.

Soporta bien las bajas temperaturas invernales, pero el calor excesivo del periodo primaveral-estival reducen o paralizan su crecimiento, razón por la cual es más utilizada en regiones más septentrionales o más próximas al litoral (Crespo, 1975). Prácticamente no crece durante el verano si no se riega (Vilax, 1963).

En cuanto a la edafología, le van bien varios tipos de suelo, desde los ácidos hasta los alcalinos, prefiriendo los terrenos arcillosos o franco-arcillosos fértiles, y no sobreviviendo en los muy pobres y que no conservan un satisfactorio grado de humedad durante el verano. Su uso en secano es restringido a suelos profundos, frescos y fértiles, y en regiones con pluviosidad por encima de los 600 mm. *Lolium perenne* es una planta muy exigente en fertilidad anual especialmente en nitrógeno. Cuando no es abonada con nitrógeno, su producción puede ser de tres a seis veces menor en comparación con un sistema de cultivo de fertilización no limitante (Bélanger *et al.*, 1994). Según Hannaway *et al.* (1999) Responde de manera muy eficiente a la aplicación de nitrógeno. A partir de valores de fertilización en nitrógeno del orden de los 285 kg ha⁻¹ año⁻¹ es de esperar un aumento de la producción de 20-30 kg ha⁻¹ año⁻¹ por kilo de nitrógeno extra añadido. Según el mismo autor el valor, económicamente más viable, utilizado de fertilización en nitrógeno rondará los 180 kg ha⁻¹ año⁻¹.

Se debe preparar bien el suelo antes de sembrar para proporcionar una buena cama para la semilla, utilizándose una dosis de entre 15 y 20 kg ha⁻¹ y a una profundidad que no debe sobrepasar los 2 - 3 cm. Si se siembra en líneas, éstas deben mantener una distancia de 30 - 40 cm entre sí (Vilax, 1963).

El *Lolium perenne* presenta cierto crecimiento a partir de los 5 °C, creciendo bien a partir de los 10 °C, y teniendo su óptimo con valores de entre 18 y 20 °C. El crecimiento se reduce a partir de los 25 °C, lo que condiciona de manera marcada su crecimiento en verano en las zonas más meridionales (Muslera y Ratera, 1991). Pese a su menor adaptación a las condiciones mediterráneas, existe un renovado interés en seguir con el mejoramiento de la especie y su adaptación, ya que es más interesante que otras gramíneas perennes para forraje: mayor tolerancia a los cortes frecuentes (Pontes *et al.*, 2007) y mayor calidad para la alimentación del ganado (Nie *et al.*, 2004; Pardeller *et al.*, 2014).

1.2.4.3. PRODUCCIÓN Y CALIDAD

El raygrass inglés, prefiere sistemas en los que se hagan aprovechamientos frecuentes, mediante los cuales domina y compite con otras gramíneas y malas hierbas, obteniendo producciones totales relativamente elevadas. Además, esta especie produce una biomasa de excelente calidad, con una alta digestibilidad, palatabilidad y capacidad de ahijamiento, siendo muy buena su resistencia al pisoteo; es decir, que es una planta ideal para ser utilizada en pastoreo, especialmente en sistemas de regadío, donde se puede asociar con el trébol blanco (Vilax, 1963; Muslera y Ratera, 1991).

Las producciones de *Lolium perenne* varían mucho en función de las características edáficas y climáticas. En Lituania se observaron valores del orden de las 5,5 t MS ha⁻¹, con un valor medio de proteína de 10% (Skuodiene, 2003). Ya Vuckovic *et al.* (2003) obtuvieron valores de producción de MS que variaron entre las 3 y las 9 t MS ha⁻¹ en la antigua Yugoslavia, mientras que Golinski (2003) encontró valores de proteína bruta para producciones invernales que variaban entre 11,5 y 14,3% en función del nivel de fertilización en nitrógeno.

1.3. FACTORES BIÓTICOS PREJUDICIALES

La elección de variedades resistentes a las enfermedades es el modo más económico de controlar las mismas. En el caso de problemas fúngicos foliares, una adecuada cantidad de abono o fertilizante y una suficiente disponibilidad de agua, ayudará a la planta a tolerar la enfermedad. Además, estudios de Hannaway *et al.* (1999) indican que cortes o aprovechamientos realizados temprano, minimizan las pérdidas de calidad debido a enfermedades en las hojas y reducen el número de esporas capaces de infectar futuros rebrotes.

Tabla 1.4 – Enfermedades más importantes causadas por hongos en las gramíneas perennes. Especies que pueden ser atacadas por esos hongos (✓).

Especies	D.glomerata	F.arundinacea	L.perenne	P.aquatica
<i>Calonectria graminicola</i> (forma conidial: <i>Fusarium nivale</i>)	✓		✓	
<i>Cladochytrium graminis</i>	✓		✓	
<i>Claviceps purpurea</i>	✓	✓	✓	
<i>Epichloe typhina</i> (forma conidial: <i>Sphacelia typhina</i>)	✓	✓		
<i>Erysiphe purpurea</i> (forma conidial: <i>Sphacelia segetum</i>)	✓		✓	
<i>Helminthosporium dictyoides</i>	✓	✓	✓	
<i>Helminthosporium siccans</i>		✓	✓	
<i>Mastigosporium rubricosum</i>	✓			
<i>Ophiobolus graminis</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Puccinia coronata</i>		✓	✓	
<i>Puccinia glumarum</i>	✓			
<i>Puccinia graminis</i>	✓	✓	✓	
<i>Puccinia lolima</i>			✓	
<i>Rhynchosporium orthosporum</i>	✓			
<i>Rhynchosporium secalis</i>	✓		✓	
<i>Sclerotinia temulenta</i>				
<i>Scolecotrichum graminis</i>	✓			
<i>Tilletia caries</i>			✓	
<i>Urocystis agropyri</i>			✓	
<i>Uromyces dactylidis</i>	✓			
<i>Uromyces festucae</i>		✓		
<i>Ustilago poliicola</i>			✓	
<i>Ustilago salveii</i>	✓			

Fuente: Viennot-Bourgin (1949a); Viennot-Bourgin (1949b); Sampson y Western (1954); ACTA (1966)

Las gramíneas perennes son atacadas por varios hongos, siendo los principales: Algunas royas (*Puccinia graminis* Erikss.& Henn., *Puccinia striiformis* Erikss.& Henn., *Puccinia coronata* Erikss.& Henn., *Uromyces dactylidis* Otth. y *Uromyces festucae* Syd. & P. Syd.) que atacan las hojas del dactilo, en los veranos más húmedos, y especialmente en el norte-centro de Europa, cuando se acumulan mayores cantidades de biomasa, masigosporiosis (*Mastigosporium rubricosum* Dearn. & Barth.), scolecotrichosis (*Scolecotrichum graminis* Fckl) y *Epichloe typhina* Tulasne (*Acremonium typhinum* Morgan-Jones & Gams). En la tabla 1.4 se hace referencia a algunas enfermedades provocadas por hongos que afectan negativamente a las gramíneas perennes citadas anteriormente.

En la tabla siguiente (Tabla 1.5), se presentan los resultados del estudio realizado por Waipara *et al.* (1996), donde se aislaron 25 hongos de raíces de *Dactylis glomerata*, evaluando la patogeneicidad que cada hongo mostraba en la planta.

Tabla 1.5 – Valor de patogenicidad de 25 especies de hongos en *Dactylis glomerata*.

Especie		Especie		Especie		Especie	
<i>Acremonium stictum</i>	3	<i>Dreschlera dematioidea</i>	2	<i>F. sambucinum</i>	2	<i>Phymatotrichum omnivorum</i>	2
<i>Botrytis cinerea</i>	3	<i>Fusarium acuminatum</i>	3	<i>F. solani</i>	2	<i>Plectosphaerella cucumerina</i>	1
<i>Clasterosporium</i>	3	<i>F. avenaceum</i>	3	<i>F. tricinctum</i>	3	<i>Preussia aemulans</i>	-
<i>Codinaea fertilis</i>	-	<i>F. crookwellense</i>	3	<i>Gliocladium roseum</i>	2	<i>Rhizoctonia solani</i>	3
<i>Colletotrichum</i>	1	<i>F. culmorum</i>	3	<i>Microdochium bolleyi</i>	2		
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	-	<i>F. equiseti</i>	2	Mortierella gamsii	-		
<i>Cylindrocladium scoparium</i>	3	<i>F. oxysporum</i>	3	<i>Myrothecium verrucaria</i>	2		

* 2-2,9 - poco patogénico; 3-3,9 - moderadamente patogénico; 4-5 – patogénico

(Adaptado de Waipara *et al.* (1996)).

Al género *Festuca* está con frecuencia asociado un hongo endófito, que crece, sin que se observen síntomas, dentro de los tejidos de la planta, en una relación que puede ser considerada de mutualismo (Wilkinson y Schardl, 1997). El *Neotyphodium coenophialum* es la especie de endófito más frecuente en *Festuca arundinacea*, aunque otras especies taxonómicamente diferentes hayan sido halladas realizando el mismo tipo de simbiosis (Christensen *et al.*, 1993). Piano *et al.* (2005) verificaron que más de 95% de las poblaciones naturales recolectadas en Cerdeña (Italia) estaban infectadas de endófito, con una media dentro de cada población del 80%.

Pecetti *et al.* (2007a) encontraron beneficios de la infección del endófito en el crecimiento de la planta y en la tolerancia a la sequía. West *et al.* (1988) aplicando diferentes niveles de irrigación, verificaron una mayor capacidad de supervivencia, para los niveles más bajos de de irrigación, en plantas infectadas por el endófito cuando se comparaban con las mismas plantas no colonizadas con el endófito. Una mayor capacidad competitiva en mezcla con otras plantas, por parte de la planta infectada, fue observada por Hill *et al.* (1990), así como una mayor capacidad de producir semillas, asociada a una mayor germinación de las mismas (Clay, 1987; Rice *et al.*, 1990). Por otro lado Van Santen (1992) y Gwinn *et al.* (1998) observaron una marcada preferencia por parte del ganado al comer las plantas que no están infectadas. Esto tiene que ver con la selección por parte de los animales de plantas

que contengan menores niveles de alcaloides (Pecetti *et al.*, 2007b), los cuales son acumulados en mayor medida en plantas colonizadas por ciertos hongos endófitos como *Neotyphodium sp.* (Schardl *et al.*, 2004).

1.4. NOTAS SOBRE LA FISILOGIA DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

La sequía es uno de los factores ecológicos básicos que causan pérdidas importantes en la agricultura (Kaiser, 1987; Radeva, *et al.*, 2003), siendo definida la tolerancia a la sequía como *la capacidad que la planta tiene para producir biomasa durante un déficit de agua moderado o severo* (Salis *et al.*, 2006). En las dos últimas décadas la incidencia de años secos aumentó debido a las alteraciones climáticas globales (Kohoutek *et al.*, 2012), y se prevé un aumento de la incidencia de la sequía (Hoekstra *et al.*, 2014), por lo que la mejora de plantas para aumentar su persistencia y la supervivencia es de suma importancia en áreas con prolongados periodos de sequía (Kirigwi *et al.*, 2004; Chai *et al.*, 2010); en algunas ocasiones se torna más importante una estrategia de supervivencia de la planta que la producción que dicha planta puede ofrecer en esas condiciones (Eagles *et al.*, 1997).

La introducción de gramíneas perennes está siendo un importante recurso de forraje de alta calidad para complementar o sustituir gramíneas anuales en la alimentación del ganado (Reuter y Horn, 2002). Contribuye, igualmente, a la sostenibilidad de los sistemas agrarios a través de la disminución de la escorrentía superficial del agua y de la erosión del suelo (Malinowski *et al.*, 2005), ya que conserva el agua en el suelo durante la sequía estival (Malinowski *et al.*, 2005), como a una mejora de las propiedades químicas y físicas del suelo (Dormaar *et al.*, 1995), proporcionando mejor hábitat para la vida salvaje (Duebbert *et al.*, 1981). No obstante, el valor agronómico y ambiental de estas plantas depende de su persistencia, la cual está altamente relacionada con su capacidad de sobrevivir años consecutivos a veranos secos y calurosos (Volaire y Lelièvre, 1997). De un modo general las gramíneas perennes presentan una buena tolerancia al aumento de la temperatura (Petrychenko *et al.*, 2012). Los principales criterios de selección de plantas perennes para climas mediterráneos son el alto rebrote otoñal y la supervivencia estival (Kemp y Culvenor, 1994), ya que el verano en el mediterráneo puede ser tan severo, que las plantas perennes pueden tener de sobrevivir por muchos meses sin actividad fotosintética (Volaire y Thomas, 1995). Según Lelièvre y Volaire (2009), todos los estudios realizados apuntan para una serie de características en las gramíneas perennes

originarias del clima mediterráneo: alta tolerancia a la sequía y persistencia (capacidad de supervivir a veranos largos y calurosos); un rápido recrecimiento otoñal; altas tasas de crecimiento en otoño e invierno; buena calidad y fácil conservación en primavera.

La mayoría de las gramíneas perennes recomendadas tienen *semidormancia* (Alderson y Sharp, 1995), lo que significa que paran su crecimiento durante el verano como respuesta a un déficit de agua en el suelo y a las altas temperaturas (Cooper, 1963; Volaire *et al.*, 1998). Estas plantas poseen numerosos mecanismos para defensa contra el estrés provocado por la sequía, disminuyendo la extensión (y por tanto la evapotranspiración) de los tejidos durante el verano y aumentando la captura de agua de zonas más profundas del suelo (Ludlow, 1989; Volaire *et al.*, 1998). Sin embargo hay que tener en cuenta que el estrés provocado por la defoliación asociada a una elevada disminución de la disponibilidad de agua en el suelo y a las altas temperaturas en verano, reduce la persistencia de estas plantas en ambientes semiáridos (Malinowski *et al.*, 2003).

En contraste con las plantas con semidormancia, existen algunas plantas cuyo origen está en la Cuenca Mediterránea, que presentan dormancia estival como respuesta al aumento del fotoperiodo y probablemente al aumento de la temperatura (Laude, 1953; Ofir y Kerem, 1982). Este proceso, definido como *dormancia obligatoria*, funciona de modo independiente con respecto a la humedad del suelo (Cooper, 1963; Villiers, 1975). Según Nie y Norton (2009), la dormancia estival es una de las herramientas más importantes de algunas gramíneas perennes para hacer frente a situaciones de poca o ninguna disponibilidad de agua durante el verano. Sin embargo, los mecanismos de dormancia obligatoria no están completamente entendidos, en particular la parada completa de las funciones de crecimiento, con senescencia de las hojas, manteniéndose el meristemo o las estructuras vegetativas de supervivencia como las yemas o bulbos en estado letárgico, lo que permite a las plantas resistir al verano e iniciar el rebrote en otoño como respuesta a la disminución del fotoperíodo y de las temperaturas (Laude, 1953; Ofir y Kerem, 1982; Oram, 1984; Ofir, 1986; Volaire y Thomas, 1995; Ofir y Kigel, 1999). El rebrote después de las lluvias de otoño está relacionado con la cantidad total de hidratos de carbono solubles acumulados en la base de los tallos durante el verano (Volaire, 1995).

La base de las hojas jóvenes es la parte de los órganos aéreos que puede permanecer vivo durante una sequía pronunciada y es susceptible de presentar adaptaciones específicas (Munns *et al.*, 1979), por ejemplo, Volaire y Thomas (1995) observaron en

ambiente controlado, que las bases de las hojas jóvenes de *Dactylis glomerata* exhiben un potencial osmótico más bajo en las poblaciones resistentes a la sequía que en las plantas sensibles. Volaire y Gandoïn (1996) verificaron que las poblaciones resistentes acumulaban una más alta cantidad de fructanos y con un mayor grado de polimerización en la base de las hojas. También Volaire y Lelièvre (1997) encontraron una elevada correlación entre la relación bajo peso / alto peso de los fructanos en la base de las hojas de dátilo y la mortandad de los tallos durante el primer mes de sequía. Una relación $< 0,7$ de la relación bajo peso / alto peso de los fructanos está asociada con una elevada supervivencia y una relación $> 0,7$ a una elevada mortandad de los tallos. Esta relación se encuentra también correlacionada, aunque en menor medida, con el rebrote de otoño.

Otros mecanismos, tales como un sistema radicular profundo (Hoen, 1966; McWilliam, 1968) y la elevada acumulación de hidratos de carbono (Julander, 1945 cit.in Volaire y Lelièvre, 1997; Arcioni *et al.*, 1980) son característicos de poblaciones tolerantes a la sequía. Según Richards *et al.* (2002) un sistema radicular profundo es sinónimo de un mayor volumen de agua extraído del suelo y de mejor comportamiento en situaciones de sequía. Una manera simple de aumentar la profundidad y la distribución de las raíces es aumentando la duración del ciclo vegetativo, esto es, el período antes de la antesis. Esto se puede obtener sembrando más temprano o utilizando plantas con un ciclo más largo (si es viable). Aumentar el vigor inicial podrá resultar igualmente en un mayor crecimiento de las raíces para explorar zonas más profundas del suelo pero también para aumentar la producción de raíces adventicias en la parte superior del suelo. Éstas últimas pueden ser muy importantes para utilizar los nutrientes y el agua antes que se seque la parte superficial del suelo. No obstante, la extracción del agua por las raíces depende no sólo del potencial de las plantas para producir raíces profundas, sino también de factores propios del suelo que limitan su crecimiento. La presencia de factores patogénicos, deficiencias en minerales (Zn, P entre otros), factores de toxicidad (sal, pH, boro) o barreras físicas del suelo (mala estructura o elevada densidad aparente) pueden reducir drásticamente la extracción de agua (Richards *et al.*, 2002).

Este tipo de adaptación sugiere que en zonas semiáridas, pastos con base en este tipo de plantas (con dormancia obligatoria), tendrán una mayor persistencia que las que tienen como base plantas con semidormancia (Knight, 1973; Ceccarelli y Somaroo, 1983; Volaire, 1994; Volaire, 1995; Reed, 1996). Es así, que Volaire (1991) y Volaire y Lelièvre (1997) observaron que en *Dactylis glomerata* las plantas con

origen mediterráneo sobreviven mejor a la sequía extrema que las plantas de clima templado, pese a que en algunas situaciones más favorables produzcan menos que las de tipo continental (Reed, 1996). Por otra parte, variedades que florezcan más temprano, en el período anterior a la sequía, son más tolerantes al estrés hídrico y sobreviven mejor, debido a que utilizan menos recursos en esa fase de sequía para la producción de semilla, lo que les permite acumular mayores reservas en los tejidos de supervivencia (Volaire, 1994). Por otra parte, La festuca alta es más tolerante a climas calurosos que el dactilo (Hoveland *et al.*, 1970).

1.5. RELACIONES HÍDRICAS DE LAS PLANTAS

El clima, como fue referido anteriormente, es el motor fundamental de los procesos de los ecosistemas y, fundamentalmente, controla la cantidad de biomasa disponible y su distribución entre las estaciones del año (Bai *et al.*, 2004). Se prevé que la temperatura global aumente entre 1,4° C y 5,8° C hasta el 2100, como resultado del aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Houghton *et al.*, 2001). El aumento de la temperatura induce el aumento de la evapotranspiración (ET) que provoca la disminución del agua en el suelo y la disminución de la producción en las plantas (Saleska *et al.*, 1999). El déficit hídrico está, en la mayoría de las ocasiones, asociado con la ocurrencia de temperaturas elevadas que implican que el agua disponible para las plantas se reduce y las condiciones atmosféricas provocan continuadas pérdidas de agua por transpiración y evaporación (Boyer, 1982; Jaleel *et al.*, 2008). También la cantidad de agua disponible para la irrigación en las épocas más secas está disminuyendo (Sanders *et al.*, 2010). Un modo de asegurar futuras necesidades alimenticias de una población mundial en crecimiento, es tener en consideración una mejor utilización del agua mediante la obtención de variedades que necesiten una menor cantidad de agua y que sean más tolerantes a la sequía, ya que se sabe que esa tolerancia varía tanto entre especies como dentro de una misma especie (Jaleel *et al.*, 2008; Geerts y Raes, 2009; Pardeller *et al.*, 2014). Se observa, por ejemplo, que las gramíneas perennes desarrollan raíces más profundas que las gramíneas anuales (Nie *et al.*, 2008). Muchas plantas utilizan y/o desarrollan mecanismos para hacer frente al impacto del déficit hídrico que se pueden calificar como un escape a la sequía; ejemplos de esto son la regulación de la turgencia en los tejidos foliares por ajuste osmótico, la caída de las hojas para reducir las pérdidas hídricas por transpiración y el aumento la transferencia de solutos hacia las raíces (Chaves *et al.*, 2002).

1.5.1. EL AGUA EN LAS PLANTAS

Las interacciones entre la planta y el medio ambiente, sean al nivel de las relaciones hídricas de la planta (estado hídrico de la planta) o de los intercambios de gases, están condicionadas por el estado hídrico ambiental. La cantidad de agua en los tejidos de las plantas varía con el tipo de órgano, estado de desarrollo de la planta, la época del año, el tipo de crecimiento y la especie.

Existen diferentes técnicas para medir las relaciones hídricas de las plantas (Clarke *et al.*, 1992), siendo algunas más apropiadas para tejidos, otras para mediciones en el campo en un conjunto de órganos y plantas y otras para el estudio en ambientes controlados (invernadero). Así se puede obtener:

- El *potencial hídrico foliar* (ψ) medido con una cámara de presión de Scholander – indica el estado hídrico de una planta y la capacidad de ésta para crecer en función de la disponibilidad hídrica del suelo y de la atmósfera. El ψ integra la tensión de humedad en la zona radicular, la resistencia al movimiento del agua en la planta y la transpiración impuesta por el ambiente (calor, frío, viento, etc.). Así, la determinación de ψ nos muestra como el ambiente afecta a la planta (Clarke *et al.*, 1992). Potenciales hídricos muy bajos provocan alteraciones en numerosos procesos fisiológicos, tales como reducción de la fotosíntesis, reducción del crecimiento celular y eventualmente la muerte de la planta. El ψ al amanecer (ψ de base - ψ_b) nos indica el estado hídrico del suelo.
- El *Potencial osmótico* (ψ_o) – resulta de la concentración de solutos en el agua. El líquido del xilema contiene una pequeña cantidad de solutos, sin embargo, el agua intercelular puede contener gran cantidad de solutos creando un potencial osmótico en el punto de turgencia por debajo de los -5,0 MPa en algunas ocasiones (Meinzer *et al.*, 1986). Los principales solutos osmóticamente activos que afectan de modo significativo el potencial osmótico son iones orgánicos, hidratos de carbono, aminoácidos no proteicos y ácidos orgánicos. Cuando existen alteraciones en la concentración de algunos de estos solutos pueden ocurrir modificaciones al nivel del metabolismo celular. El potencial osmótico puede ser medido utilizando métodos psicométricos o estimados a través de curvas de presión-volumen

(hay que tener en cuenta que esta técnica sólo registra componentes del potencial hídrico del simplasto).

- El *contenido relativo en agua* (Relative Water Content – RWC) – indica el contenido hídrico actual de los tejidos en relación al contenido hídrico que corresponde a la turgencia máxima. El RWC está relacionado con el ψ . El ψ depende del RWC porque los componentes de ψ (ψ_P e ψ_o) son función del volumen de agua en la célula (Bradford y Hsiao, 1982).

Las relaciones hídricas de las plantas también están influenciadas por las tasas de transpiración (Schulze y Hall, 1982; Hall y Ziska, 2001). La transpiración es el paso final del proceso de transporte de agua a través de las células del mesófilo de la hoja, desde el suelo, hasta la atmósfera. Este proceso está caracterizado por algunas resistencias que crean dificultades a la salida del agua hacia el exterior. Según Nilsen y Orcutt (1996), en estas resistencias se incluyen el tamaño de la cámara subestomática, la dimensión del poro estomático y la morfología del estoma, la espesura de la cámara superficial y la cutícula hidrófoba de la superficie de la hoja. Cuando las plantas transpiran muy rápidamente desarrollan a corto plazo bajos potenciales hídricos (parte aérea), resultando esto a largo plazo, una disminución del agua en la zona radicular.

La conductancia estomática es recíproca de la resistencia y proporcional al flujo de vapor de agua. El término conductancia es muy representativo en la demostración del efecto causado por la difusión del vapor en las hojas porque es proporcional a la fotosíntesis (Nilsen y Orcutt, 1996).

Según Blum (1999), las plantas pueden utilizar tres mecanismos para mantener un estado hídrico favorable:

1. Capacidad de mantener elevado el potencial hídrico mediante la extracción de agua de capas más profundas;
2. Capacidad de hacer ajuste osmótico manteniendo elevado el RWC y reduciendo el potencial hídrico foliar;
3. Cerrando los estomas como respuesta a la deshidratación y/o a una señal hormonal producida en las raíces como respuesta al déficit hídrico.

La exploración de la regulación genética de los mecanismos de adaptación al stress hídrico es muy difícil de obtener porque hay muchas interacciones de genes. De este

modo, no parece que un gen o una familia de genes, aunque se hayan identificado en algunas especies, confieran tolerancia al mismo estrés en todas las especies. Pese a esto, se han desarrollado muchos estudios en el área de biología molecular para interpretar la regulación molecular de adaptación al estrés hídrico, sabiendo que el estudio de las relaciones hídricas de las plantas es fundamental para determinar las pérdidas o ganancias de producción causadas por un factor abiótico determinante (Blum, 1999). Es difícil interpretar los mecanismos fisiológicos responsables de la tolerancia a la sequía de diferentes poblaciones en el campo, ya que existen muchos factores bióticos y abióticos involucrados. Sequía, por ejemplo, puede incluir no solo suelo seco sino también, altas temperaturas, elevada insolación y elevada evaporación (Volaire y Thomas, 1995).

1.5.2. EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA (WUE)

La análisis sectorial del uso del agua en la región mediterránea muestra que el 72% del agua disponible es utilizada en la agricultura (Hamdy y Lacirignola, 1999) y se está transformando en un bien escaso, principalmente en los países del sur (Margat y Vallée, 1997); además, en ocasiones es malgastada. Según Shideed *et al.* (2005) los agricultores gastan grandes cantidades de agua, excediendo las necesidades de los cultivos (tanto en cultivos de otoño como de primavera). De acuerdo con los estudios de Hamdy y Katerji (2006), los cultivos son irrigados entre 30-49% por encima de las necesidades reales.

El agua, como uno de los principales factores ecológicos que determinan el crecimiento y desarrollo de las plantas, desempeñan un papel fundamental en la producción de las mismas (Jaleel *et al.*, 2007). El crecimiento de las hojas es extremadamente sensible a la sequía, ya que el agua es necesaria para expandir las hojas jóvenes (Eagles *et al.*, 1997). La cantidad de agua que limita la producción depende de la intensidad y forma de la sequía, las cuales varían entre años. De un modo general, el déficit de agua aumenta a lo largo de la temporada, debido a una disminución de la lluvia y a un aumento de la evaporación causada por el incremento de las temperaturas.

Una utilización eficiente de este recurso limitado y un mayor crecimiento de las plantas son fundamentales en este tipo de ambientes semiáridos. De este modo, la agricultura, principal consumidor de agua en la región mediterránea, es con frecuencia desafiada a

alterar el modo en el que el agua es utilizada, para así garantizar la protección de este recurso. Este objetivo puede ser alcanzado utilizando tres estrategias: disminuir el consumo mediante un mayor conocimiento de las necesidades reales del cultivo (Katerji, 1997); mejorando los sistemas de riego (Pereira *et al.*, 2002); y utilizando plantas con una mayor eficiencia de utilización del agua (Katerji *et al.*, 2008). La utilización más eficiente del agua por las plantas reduciría la cantidad de agua perdida por evaporación del perfil del suelo (Asay *et al.*, 1998).

El mayor aumento de las necesidades de agua, en consecuencia del aumento de la población mundial, conlleva cada vez más a sistemas de producción basados en la no utilización de agua. De este modo, la eficiencia del uso del agua (WUE) se está tornando un factor cada vez más importante en las condiciones mediterráneas. De hecho, la WUE debe de ser uno de los principales factores a tener en cuenta en la selección de nuevas variedades para las áreas de irregularidad pluviométrica marcada (Moreno *et al.*, 2006).

El término WUE tiene origen en el término económico de productividad. La productividad mide la cantidad de un recurso que se espera que produzca una unidad de cualquier producto o labor. En general, cuanto menor es la cantidad de *inputs* necesarios para producir una unidad, mayor será la eficiencia (Tate, 2000).

Una mejor comprensión de la estrategia fisiológica adoptada por una variedad tolerante a la sequía requiere un estudio en profundidad de las relaciones entre WUE y la transpiración. En los cultivos, el efecto prejudicial del déficit de agua en el índice de cosecha (HI) también minimiza el impacto de la limitación del agua en la producción del cultivo y aumenta la WUE. De este modo, la eficiencia de la transpiración y el HI son vías fundamentales para la producción agrícola. Además, las condiciones ambientales desempeñan un papel importante en la obtención de la relación *carbono ganado / agua utilizada*, ya que el déficit de presión entre la hoja y el aire determinan la tasa de transpiración (Tanner y Sinclair, 1983). Según Jallel *et al.* (2008) la WUE es la *habilidad de la planta de producir biomasa por unidad de agua perdida por transpiración*, y el HI es la *fracción de materia seca total cosechada como producción*.

La eficiencia del uso de agua (WUE) es generalmente medida utilizando uno de los siguientes métodos (Blicker *et al.*, 2003):

1. **Método tradicional** refleja la cantidad de materia seca producida con relación a la cantidad de agua utilizada (disponible) durante el periodo de crecimiento:

$$WUE = D / W$$

Donde D es la cantidad de materia seca y W es la cantidad de agua disponible

2. Determinación del WUE mediante el **intercambio de gases en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O) en las hojas individuales**. La eficiencia de estos intercambios es la relación de la masa de CO₂ asimilada (A) y la cantidad de agua perdida por la conductancia estomática (g). Este método evalúa la WUE instantánea, pero no puede ser correlacionada con la WUE a largo plazo (Kramer y Boyer, 1995).
3. Determinación de la WUE a corto y largo plazo mediante la **composición de isótopos de carbono ($\delta^{13}C$)** de los tejidos de la planta; está correlacionada con la estimativa, a corto y largo plazo, de la relación entre la materia seca y el agua, y por consiguiente, se puede utilizar para evaluar la relación entre A y g (Farquhar y Richards, 1984). La composición en isótopos de carbono es utilizada para determinar la discriminación en isótopos de carbono (Δ), la cual es correlacionada negativamente con la WUE a largo plazo en las plantas en C3 (Ehleringer *et al.*, 1990). La discriminación en isótopos de carbono es un indicador más sensible de WUE estacional que la medida de A/g instantánea (Gordon *et al.*, 1999).

La WUE de las plantas es afectada por el genotipo (Mtui *et al.*, 1981), por el manejo, por las condiciones climáticas locales, por la disponibilidad de agua (ASW) y por la textura del suelo (Sadras y Rodriguez, 2007; Katerji y Mastrorilli, 2009). Las condiciones climáticas determinan la extensión de la demanda atmosférica, mientras que ASW actúa como reserva para responder a esa demanda. Las plantas retirarán por las raíces el agua disponible hasta un punto en que el agua disponible no compensa las pérdidas por evapotranspiración y la planta cesa su crecimiento (Stone *et al.*, 2001). Una vez alcanzado este punto, las plantas quedan sujetas al estrés que tiene efectos acumulativos y finalmente se puede reducir la cantidad final de biomasa y producción (Jamieson *et al.*, 1995). De este modo, es de esperar que las variaciones a

lo largo de la temporada en el clima, en particular la lluvia, puedan afectar fuertemente el agua en el suelo y por consiguiente a la WUE de las plantas (García y García *et al.*, 2009). Stone *et al.* (2001) verificaron que el inicio del estrés afecta de modo significativo a la WUE de las plantas, disminuyendo ésta cuanto más temprano se inicia el estrés. Letey y Peters (1957) concluyeron que existe una relación negativa entre la temperatura del suelo y WUE.

También existe una relación entre el número de especies en un dado ecosistema y la WUE (Boeck *et al.*, 2006). Por lo general un ecosistema rico en especies botánicas hace un mejor aprovechamiento del agua disponible que un sistema empobrecido o menos biodiverso. Este factor se debe a una complementariedad entre los diferentes tipos de raíces. Esta complementariedad es tanto más importante cuanto mayor sea el déficit en agua. Plantas que posean una alta WUE están mejor adaptadas a situaciones en que el agua es un factor limitante. Mezclas de plantas (o ecosistemas naturales ricos en especies) tienen una mayor probabilidad de englobar plantas con mayor WUE, y de este modo una mayor tolerancia a la sequía que las plantas en monocultivo (Naeem y Li, 1997).

En climas áridos o semiáridos, una de las posibles estrategias para los agricultores es utilizar gramíneas perennes, que paren el crecimiento mediante el aumento de la aridez, sobreviviendo en la forma de ápices quiescentes y protegidos, para después recrecer rápidamente tras las primeras lluvias otoñales. Este es el caso de las dehesas de España y Portugal (Peco, 2002).

En condiciones en que los suelos son más profundos y en que la capacidad de almacenamiento de agua es mayor, se deberá asociar a la tolerancia a la sequía, un mayor aprovechamiento del agua disponible (Ghesquière y Durand, 1997). Con respecto a esto, la frase de Passioura (2004) “...*siendo verdad que las plantas que no sobreviven a déficits severos de agua no tendrán producción, lo contrario raramente es verdad.*” es bastante apropiada, y partiendo de este supuesto es posible descomponer la producción en sus componentes:

$$Y = W_u W_{ue} H_i$$

Es así que Y es la producción, W_u es el agua utilizada, W_{ue} es la eficiencia del uso del agua y H_i es el índice de cosecha según Passioura *et al.* (1993).

En los forrajes, H_i difícilmente varía, cuando todo el material aéreo se aprovecha. Es por ello que W_u y W_{ue} apenas aumentan con el mejoramiento de plantas. Cabe señalar que en cualquier situación, ninguna producción, en términos económicos, se puede conseguir sin el uso de agua. Existe un límite para la WUE que se muestra por la relación entre la producción de grano y el agua disponible durante el periodo de crecimiento (Angus y Herwaarden, 2000). En general se puede observar que aproximadamente 100 mm de agua son utilizados sin que se espere producción. Esta corresponde a la evaporación durante el establecimiento o rebrote inicial. Por otro lado, en estudios realizados por French y Schultz (1984a, 1984b) con trigo en Australia se observó un límite de $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1} W_{ue}$. De este modo esperar valores significativamente más elevados no es realista como meta para el mejoramiento de plantas. La mayoría de las veces los valores se encuentran muy debajo del valor antes citado, por lo que un objetivo razonable debería ser aumentar el agua disponible además de aumentar la eficiencia con que se utiliza dicho agua y así alcanzar el potencial productivo de la planta (Durand, 2005).

Según Durand (2005), los genotipos de élite deberán cumplir dos requisitos:

- Sobrevivir en verano y mantener un elevado potencial de rebrote otoñal
- Producir un mínimo de materia seca durante el periodo seco (o durante el mayor tiempo posible durante ese periodo)

Para entender cuáles son los factores que, contribuyendo al crecimiento de la planta, pueden ofrecer las mejores oportunidades para los mejoradores, es importante conocer el modo en el que las plantas responden al medio ambiente (Figura 1.2).

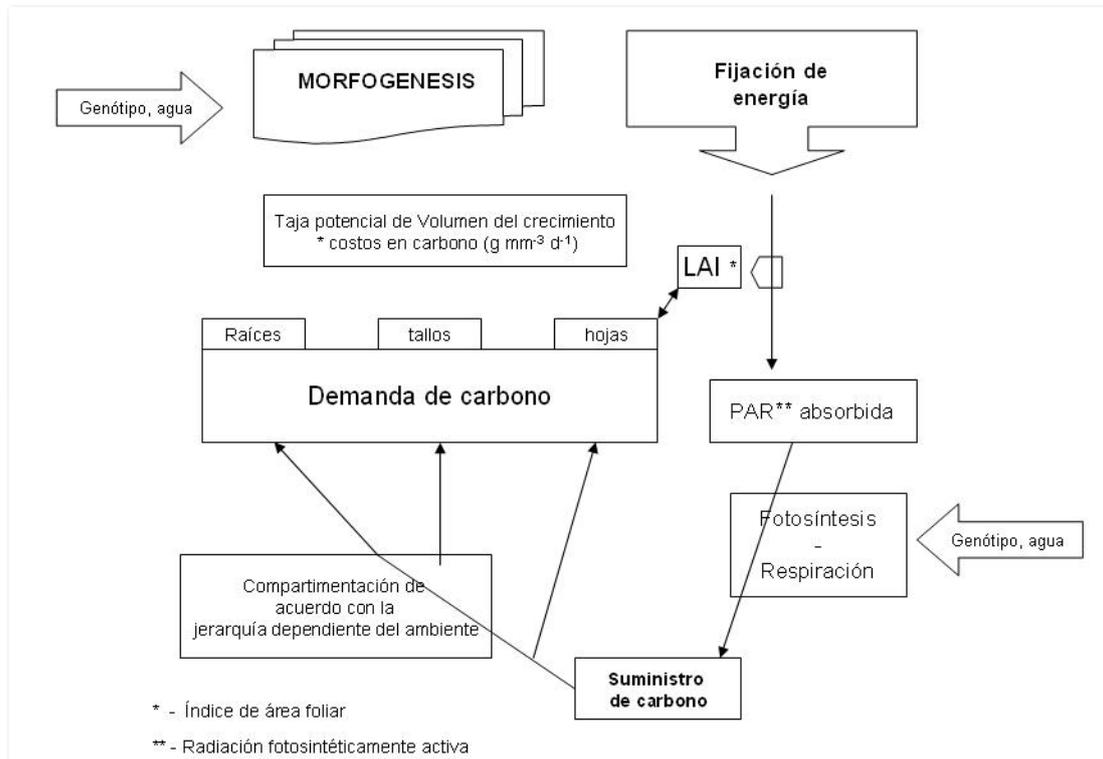


Figura 1.2 – Estructura conceptual del flujo de carbono en la planta (después de Durand *et al.*, 1991). Dos tipos de procesos determinan la producción de la planta: morfogénesis (diferenciación) que controla la demanda de carbono para el crecimiento y los flujos de origen trófica que determinan el suministro de carbono (Durand, 2005).

El crecimiento de las plantas resulta de 2 grupos de procesos: morfogénesis (diferenciación) y fijación de energía (Durand *et al.*, 1991). La morfogénesis es definida como *cambios en la forma de la planta con el tiempo*. Ésta es determinada por la tasa de aumento del volumen de la planta y requiere cierta cantidad de energía por unidad de volumen y de tiempo, incluyendo costos con la respiración (Vertregt y Penning de Vries, 1987). La fijación de energía es principalmente determinada por la cantidad de energía solar absorbida por la planta y está directamente relacionada con el área de las hojas y otras estructuras con capacidad fotosintética, siendo convertida en carbono mediante la fotosíntesis. El déficit de agua afecta tanto a la morfogénesis como a la fijación de energía, sin embargo existe un mayor impacto en la producción debido a una más alta sensibilidad de la morfogénesis (Bradford y Hsiao, 1982).

Existe variabilidad genética tanto en la morfogénesis como en la fijación de energía, bastante más marcada en la primera que en la segunda. De hecho, sólo se conoce variabilidad genética para el segundo proceso en la tasa de asimilación de CO₂ por las plantas en C3 y C4 (Sheehy, 2000). Por contra, la variabilidad genética en la morfogénesis es amplia, teniendo los programas de mejora como principal objetivo, el

aumento de la producción de materia verde con una reducción en el consumo de agua. En paralelo, la expansión de las raíces debe de ser incentivada para aumentar la capacidad de absorción de agua. Sin embargo, de acuerdo con Durand (2005), hay que tener en cuenta que el aumento del área verde se hace a expensas de las raíces, y que el aumento de este área conlleva una disminución del agua disponible en el suelo y consecuentemente a una disminución del agua en la planta, lo que conduce a una disminución de la expansión de las hojas; lo necesario sigue siendo encontrar en equilibrio.

2 - OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo ha sido el de comparar 20 variedades de gramíneas perennes: *Dactylis glomerata* L. (7), *Festuca arundinacea* Schreb. (7), *Lolium perenne* L. (2) y *Phalaris aquatica* L. (4).

Dicha comparación se ha basado tanto en la producción como en la calidad de la biomasa, además de un estudio de la persistencia y eficiencia del uso del agua (WUE).

Los parámetros evaluados fueron:

- a) Producción de biomasa total anual y por estaciones.
- b) Calidad de la hierba medida en base a la digestibilidad *in vitro* y la proteína bruta.
- c) Persistencia y tolerancia a la sequía.
- d) Eficiencia del Uso del Agua (WUE).

3 - MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y ESQUEMA DEL ENSAYO

El campo experimental se sembró en el año agrícola de 2005-2006 en el INIAV (Instituto Nacional de Investigaçã Agrária e Veterinária) – Polo de Elvas, ex - *Estação Nacional de Melhoramento de Plantas* (ENMP), en Portugal. La localización del área experimental es de 38° 53' N de latitud y 7° 09' W de longitud estando situada a una altitud de 208 m. En la figura 3.1 se puede ver la planta del INIAV – Polo de Elvas y la localización del ensayo.

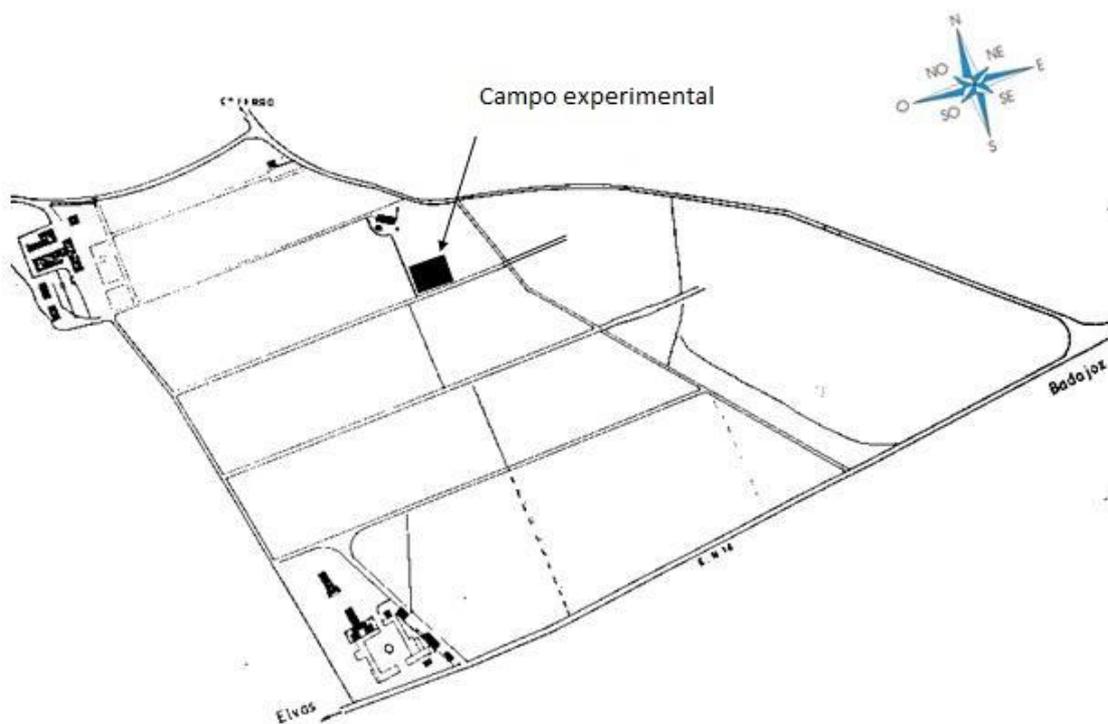


Figura 3.1 – Planta del Polo de Elvas del INIAV. Localización del campo experimental.

En la figura 3.2 se puede ver el esquema del campo experimental y las parcelas donde se han hecho las lecturas para la monitorización del agua en el suelo.

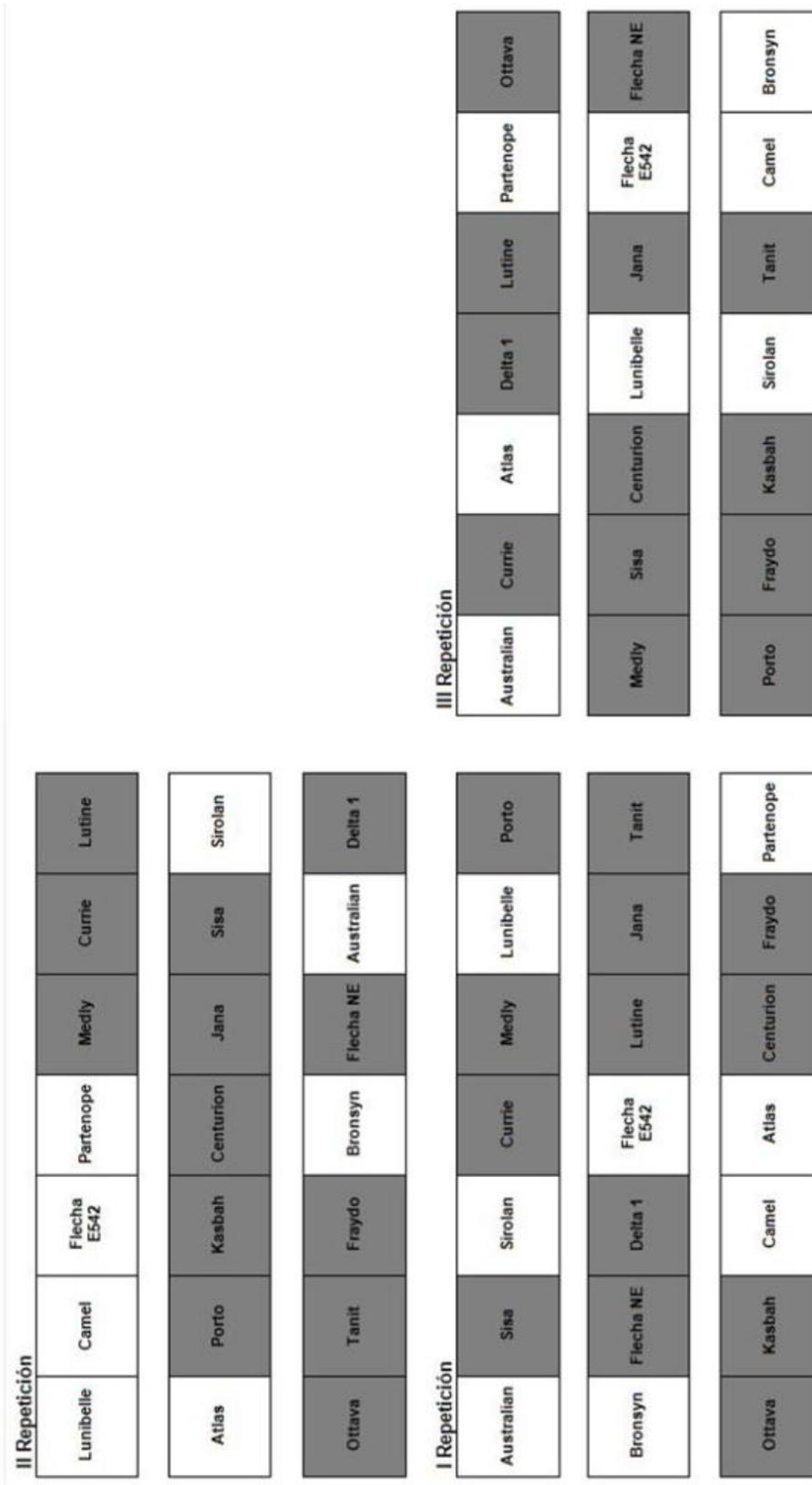


Figura 3.2 – Esquema de las parcelas del campo experimental. En gris las parcelas donde se han hecho las lecturas para la monitorización del agua en el suelo.

3.2. CLIMA

El clima de Elvas es un clima templado sin caída regular de nieve, con verano caliente y lluvia abundante en el invierno. Según Köppen (1936) es un clima mesotérmico húmedo, con estación seca y caliente en el verano; la temperatura del mes más cálido es superior a 22 °C y la temperatura del mes más frío se sitúa entre 0 y 18 °C. Según Thornthwaite (1948) el clima es mesotérmico o templado (evapotranspiración potencial de 714 a 845 mm), moderado (eficacia térmica en el verano superior al 48%), subhúmedo seco (índice hídrico comprendido entre -20 y 0%) y con exceso de agua en el invierno (Reis y Gonçalves, 1987). En la Tabla I (anejo) se puede ver la precipitación anual y mensual y temperatura (media de máximas y mínimas mensuales y media) de las campañas agrícolas 2006-2007 y 2007-2008 y de la media de 30 años en Elvas (Portugal).

3.3. SUELO

Según la clasificación de Carvalho Cardoso (1965) la localización del ensayo se hizo sobre suelos calcáreos pardos de granitos asociados a depósitos calcáreos (Pcg), cuya descripción de horizontes es la siguiente:

- *Horizonte Ap* - 25 a 40 cm; pardo, marrón o pardo-gris; franco, franco-arcilloso-arenoso o franco-argiloso calcáreo; con estructura granulosa o grumosa fina moderada a flaca; friable; efervescencia viva o ligera al HCl; pH 6,5 a 7,3.

Transición nítida para:

- *Horizonte C* - Material originario proveniente de la meteorización de granitos asociados a depósitos calcáreos. En su parte superior existe, a veces, un horizonte Cca, no endurecido.

El análisis de tierra realizado con la muestra de suelo del local donde estaba instalado el ensayo mostró los siguientes valores: $P_2O_5 > 200$ ppm; $K_2O > 122$ ppm; $Mg > 125$ ppm; Materia orgánica 1,3 % y $pH_{(H_2O)} 6,7$.

3 4. PRACTICAS AGRONÓMICAS

3.4.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Las labores preparatorias del terreno previo a la siembra se llevaron a cabo con dos pases cruzados de grada de discos a una profundidad de 20 a 25 cm a finales de septiembre. Antes de la siembra se utilizó un rotocultor para que la tierra quedara suelta. El control de malas hierbas se hizo a mano siempre que lo justificaba.

3.4.2. SIEMBRA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El 26 de octubre de 2005 se instaló, a mano, en los campos del INIAV – Polo de Elvas, un ensayo con 20 variedades (Tabla 3.1) de gramíneas perennes (siete variedades de *Festuca arudinacea*, siete variedades de *Dactylis glomerata*, cuatro variedades de *Phalaris aquatica* y dos variedades de *Lolium perenne*). La variedad Flecha fue testada con y sin endófito (Flecha E542 y Flecha NE). El diseño experimental de este ensayo fue de bloques aleatorios, con 3 repeticiones (figura 3.2). Cada bloque constó de 10 líneas de 2,5 metros de longitud, cuyos surcos han sido abiertos manualmente, con una separación entre líneas de 20 cm.

Previamente a la siembra se realizó un test de germinación en placas de petri para conocer la capacidad germinativa de la semilla de las diferentes variedades. De este modo, la densidad de siembra se hizo en función da la tasa de germinación, corregida al 90% (Tabla 3.2). A 25 cm de distancia y alrededor de todo el ensayo se sembró un borde de *Dactylis glomerata* (variedad Delta1) para disminuir el efecto oasis.

Tabla 3.1 – Material vegetal utilizado en el ensayo.

Variedad	Especie	Pais (Desarrollado/origen)
Atlas	<i>Phalaris aquática L.</i>	Australia/Marruecos
Australian	<i>Phalaris aquática L.</i>	Australia/Marruecos
Bronsyn	<i>Lolium perenne L.</i>	Australia
Camel	<i>Lolium perenne L.</i>	Australia
Centurion	<i>Festuca arundinacea Schreb.</i>	Francia
Currie	<i>Dactylis glomerata L.</i>	Francia/Argelia
Delta 1	<i>Dactylis glomerata L.</i>	Portugal (INIAV)
Flecha	<i>Festuca arundinacea Schreb.</i>	Argentina y Nueva Zelandia
Fraydo	<i>Festuca arundinacea Schreb.</i>	Australia
Jana	<i>Dactylis glomerata L.</i>	Italia
Kasbah	<i>Dactylis glomerata L.</i>	Australia/Marruecos
Lunibelle	<i>Festuca arundinacea Schreb.</i>	Francia
Lutine	<i>Festuca arundinacea Schreb.</i>	Francia
Medly	<i>Dactylis glomerata L.</i>	Francia
Ottava	<i>Dactylis glomerata L.</i>	Italia
Partenope	<i>Phalaris aquática L.</i>	Italia
Porto	<i>Dactylis glomerata L.</i>	Australia/Portugal
Sirolan	<i>Phalaris aquática L.</i>	Australia/Marruecos
Sisa	<i>Festuca arundinacea Schreb.</i>	Italia
Tanit	<i>Festuca arundinacea Schreb.</i>	Italia

Tabla 3.2 – Densidad de siembra utilizada en el ensayo (corrección para el 90% de germinación).

Variedad	Especie	Densidad prevista inicial (g m⁻²)	Tasa de germinación (%)	Densidad final (g m⁻²)
Atlas	<i>P. aquatica</i>	2,5	66	3,4
Australian	<i>P. aquatica</i>	2,5	72	3,1
Bronsyn	<i>L. perenne</i>	2,5	97	2,3
Camel	<i>L. perenne</i>	2,5	94	2,4
Centurion	<i>F. arundinacea</i>	2,5	88	2,6
Currie	<i>D. glomerata</i>	2,5	81	2,8
Delta1	<i>D. glomerata</i>	2,5	84	2,7
Flecha E542	<i>F. arundinacea</i>	2,5	27	8,0
Flecha NE	<i>F. arundinacea</i>	2,5	77	2,9
Fraydo	<i>F. arundinacea</i>	2,5	84	2,7
Jana	<i>D. glomerata</i>	2,5	86	2,6
Kasbah	<i>D. glomerata</i>	2,5	75	3,0
Lunibelle	<i>F. arundinacea</i>	2,5	59	3,8
Lutine	<i>F. arundinacea</i>	3,0	28	8,0
Medly	<i>D. glomerata</i>	2,5	67	3,4
Ottava	<i>D. glomerata</i>	2,5	34	7,5
Partenope	<i>P. aquatica</i>	3,0	68	4,0
Porto	<i>D. glomerata</i>	2,5	69	3,3
Sirolan	<i>P. aquatica</i>	2,5	74	3,0
Sisa	<i>F. arundinacea</i>	2,5	66	3,4
Tanit	<i>F. arundinacea</i>	2,5	99	2,3

3.4.3. FERTILIZACIÓN

En el primer año en abonado de fondo se añadieron 200 kg ha⁻¹ de abono 0-21-21 (N-P2O5-K2O) y 50 kg ha⁻¹ de nitrógeno en la forma nítrica (Nitrolusal® 27%) 15 días después de la germinación. Después de cada corte se aplicaron 40 unidades de nitrógeno en la forma de Nitrolusal® 27%.

En el segundo año y siguientes se aplicaron 40 unidades de nitrógeno (Nitrolusal® 27%) 15 días después del rebrote y 40 unidades después de cada corte.

3.4.4. PERSISTENCIA

La persistencia se midió contando el número de plantas vivas en un área de 0,25 m², en tres sitios dentro de la parcela. Esta observación se hizo en la primavera de 2005-2006 y se repitió en el otoño y primavera de 2006-2007 y 2007-2008, siempre en los mismos sitios. También se hizo la observación en el otoño de 2008.

3.4.5. COSECHA

En cada bloque se cortaron las 6 líneas centrales (4,8 m²). Posteriormente la muestra total de la vegetación cortada se pesó en verde. Dos submuestras de 300 g (en peso verde) por cada bloque, se secaron en estufa de aire forzado a 65 °C durante 48 horas. La productividad en kg de materia seca por unidad de superficie, fue estimada a partir del peso total de la muestra en verde, aplicándose la tasa del peso seco, obtenido por la media de las dos submuestras.

El número de cortes varió en función del año. En el primer año se realizaron dos cortes en función del estado fenológico de las plantas: el primer corte se hizo entre las fases GS 30 y GS 31 de la escala de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974) que se puede ver en la figura 3.3; el segundo corte se hizo cuando 50% de las plantas presentaban inflorescencias. En el segundo y tercer año se realizaron los cortes, para todas las variedades, cuando tres festucas presentaban más de 25 cm de altura. En la tabla 3.3 se pueden ver las fechas de los cortes realizados en los años 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008.

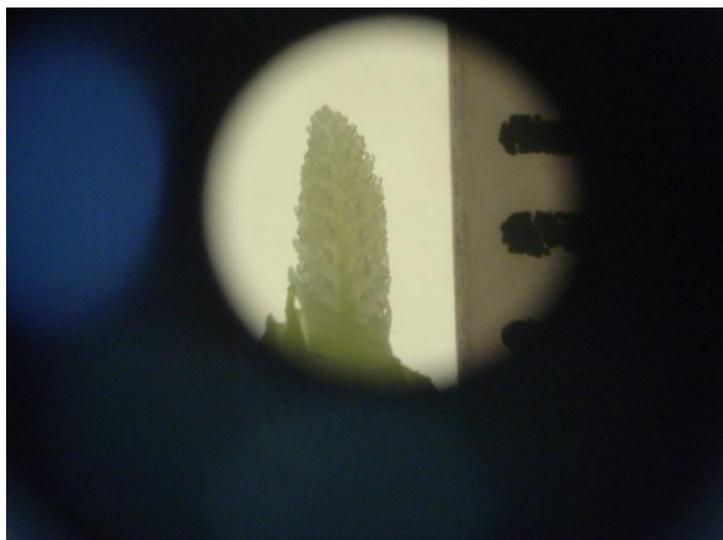


Figura 3.3 – Fotografía de la fase en que se hizo el primero corte en el año 2005-2006.

Tabla 3.3 - Fecha de los cortes realizados en los años 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008.

	2005-06	2006-07	2007-08
I Corte	14 de febrero - Partenope 2 Marzo - Sirolan 13 Marzo – Bronsyn y Camel 15 Marzo – Atlas y Medly 16 Marzo – Australian y porto 27 Marzo - Delta1, Kasbah,, Ottava y Sisa, 30 Marzo – Currie y Jana 3 Abril – Flecha E542 y Flecha NE 11 Abril – Centurion, Fraydo y Tanit 12 Abril – Lunibelle y Lutine	15 Noviembre	13 Noviembre
II Corte	26 Abril – Kasbah, Medly, Ottava y Partenop 5 Mayo – Bronsyn, Camel, Currie, Delta1 y Sisa 9 Mayo - Atlas, Australian, Porto y Sirolan 16 Mayo – Centurion, Flecha E542, Flecha NE y Fraydo 18 Mayo – Jana, Lunibelle, Lutine y Tanit	12 Diciembre	12 Febrero
III corte		27 Febrero	2 Abril
IV Corte		16 Abril	18 Junio
V Corte		19 Junio	

3.4.6. ANÁLISIS LABORATORIALES

La calidad del pasto se midió considerando la proteína bruta y la digestibilidad *in vitro*.

La proteína bruta se determinó utilizando el método de Kjeldhal (NP EN ISO 5983-1, 2007) 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 calcula la proteína bruta mediante la ecuación:

$$PB = \%N \times 6,25$$

La digestibilidad *in vitro* se determinó por el método de la pepsina-celulasa siguiendo el método descrito por Tilley y Terry (1963) con alteraciones propuestas por Jones y Hayward (1975).

3.4.7. OBSERVACIONES FISIOLÓGICAS

3.4.7.1. SENESCENCIA

Relación material verde/senescente = [peso seco/ (peso seco + peso verde) × 100%]

En el segundo y tercer año de ensayo se calculó la senescencia de las hojas de las variedades de *Dactylis*: Delta1, Currie, Jana, Kasbah, Medly, Ottava y Porto y de *Festuca*: Centurion, Flecha NE, Fraydo, Lutine, Tanit y Sisa.

Para cada variedad se cogieron 24 muestras (8 hojas en cada repetición) con lo que se obtuvo la media por variedad. Los pesos finales se obtuvieron después de secar todo el material en un secador de aire forzado a 60 °C durante 48 horas.

Las fechas en que se realizaron las cosechas de las hojas fueron: 4 de junio y 2 de julio del 2007 y 11 de junio y 16 de julio del 2008.

3.4.7.2. EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA

En Septiembre de 2006 se introdujeron tubos de PVC de 1,0 m de largo (\varnothing 5 cm) y tapón de fondo para cierre estanco. Con ellos se realizó la medición del potencial hídrico del suelo hasta 0,8 m de profundidad; en el centro de las parcelas (*Dactylis*: Delta1, Currie, Jana, Kasbah, Medly, Ottava y Porto; *Festuca*: Centurion, Flecha NE, Fraydo, Lutine, Tanit y Sisa) y en cada una de las repeticiones (figura 3.2)

El potencial hídrico del suelo se midió con una sonda *Diviner 2000*[®], la cual hace la monitorización de la humedad en el suelo con intervalos de 10 cm utilizando sensores con tecnología de *Frequency Domain Reflectometry* (FDR). Así se calculó la evapotranspiración real (ETR, m³/ha) para cada variedad. La Eficiencia del Uso del Agua se calculó para cada variedad con base en la materia seca obtenida en los cortes realizados el 27 de febrero, 16 de abril y 19 de junio de 2006-2007 y en 12 de febrero, 2 de abril y 18 de junio de 2007-2008, recurriendo a la siguiente fórmula:

$$\text{WUE} = \text{Producción (materia seca/unidad de superficie)} / \text{agua consumida (ETR)}$$

3.4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos del ensayo se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) mediante el paquete estadístico STATISTIX 8.0 (Analytical Software, Tallahassee, 2003), de acuerdo con el modelo de McIntosh desarrollado en 1983, para determinar el efecto de los diferentes tratamientos estudiados sobre los distintos parámetros a investigar. Para el tratamiento de las medias se utilizó el test de Tukey propuesta en 1953, de la diferencia honestamente significativa (DHS) a $P \leq 0,05$.

4 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Una de las principales características del clima en el sur de Portugal es la distribución irregular de la precipitación y su alta variabilidad interanual (Mourato *et al.*, 2010). Esta irregularidad de la precipitación se pudo constatar en el año anterior a la instalación del ensayo en que durante el invierno llovió menos de un cuarto de la lluvia de la media entre 1941 y 2005 para el mismo período (Santos *et al.*, 2007). Se prevé que en el futuro, la región sufra unas temperaturas altas superiores, disminución de la cantidad de lluvia anual, y una mayor concentración de la lluvia en determinados períodos, principalmente en invierno (Diffenbaugh *et al.*, 2007; IPCC, 2007; Giorgi y Lionello, 2008). El siglo XXI se está caracterizando por temperaturas y precipitaciones más extremas, mezcladas con el aumento de periodos secos prolongados (IPCC, 2014), de acuerdo con lo que se preveía (Ragab y Prudhomme, 2002), con el aumento de la frecuencia y severidad de la sequía en el sur de Europa y la zona mediterránea (Vicente-Serrano *et al.*, 2011; Hoerling *et al.*, 2012).

En la Figura 4.1 se puede ver el diagrama ombrotérmico correspondiente a los años 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008. En el año de la instalación del ensayo (2005-2006) no empezó a llover hasta octubre (día 10), y hasta la fecha de siembra (25 de Octubre de 2005) la precipitación caída total fue de 43,9 mm. Entre los días 28 de octubre y el 1 de noviembre llovieron 96,3 mm lo que junto a una temperatura mínima por encima de los 10 °C permitió una rápida germinación. Se puede decir que en este año los meses comprendidos entre septiembre y febrero fueron lluviosos, con una precipitación 292,1 mm, no obstante por debajo de la media de los últimos 30 años (375,5 mm). En los meses de marzo, abril y mayo la precipitación acumulada fue de 117,4 mm siendo la media de los últimos 30 años, 128,2 mm; no obstante la distribución fue muy irregular, concentrándose la mayoría de la lluvia en marzo (89,4 mm) y con un periodo sin lluvia entre los días 23 de abril y 31 de mayo (38 días). Según algunos autores (Trigo y DaCâmara, 2000; Paredes *et al.*, 2006) existe una tendencia hacia la disminución de la precipitación en los meses de primavera. Entre junio y agosto llovió 77,6 mm, bastante más que la media de los últimos 30 años (25,7 mm), y muy superior a la cantidad encontrada por Mourato *et al.* (2010) para la región, lo que hace un total anual de 487,1 mm, siendo la media de los últimos 30 años de 530,3 mm (Tabla I). En general, este año, tuvo una distribución de la lluvia de acuerdo con lo que encontraron Mourato *et al.* (2010) en Portugal con el mayor porcentaje de precipitación ocurrida durante el invierno.

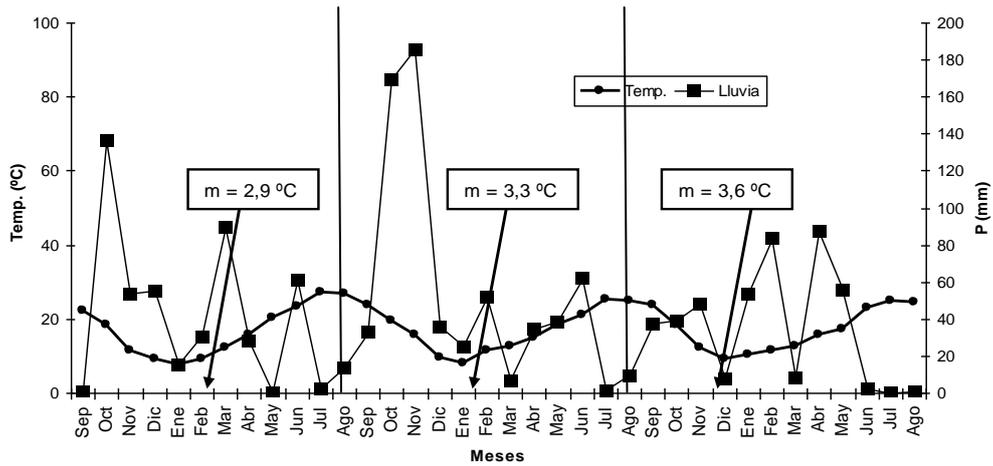


Figura 4.1 - Diagrama ombrotérmico de Elvas, de los años 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008. La “m” representa la media de la temperatura mínima del mes más frío para cada año agrícola.

En el segundo año agrícola (2006-2007), las lluvias comenzaron a finales de septiembre (día 22) lo que se encuadra dentro de lo normal en esta zona (Freixial y Barros, 2012), con una precipitación de 30,5 mm. Hasta finales de febrero se registró una precipitación acumulada de 500,5 mm bastante superior a la media de los 30 años para el periodo septiembre-febrero (375,5 mm). Entre marzo y mayo apenas llovió un total de 79,9 mm pero relativamente bien distribuida y entre junio y agosto llovió 73,3 mm, tres veces más que la media de los últimos 30 años, concentrada esencialmente en junio (62,4 mm) lo que hace un total anual de 653,7 mm (Tabla I).

Las lluvias comenzaron más tempranas de lo que es usual el tercer año (día 12 de septiembre) con un acumulado de 73,2 mm hasta el 4 de octubre. Desde esta fecha hasta el día 20 de noviembre (47 días) apenas llovió (3 mm) y hasta final de febrero la precipitación acumulada fue de 269,2 mm. En los meses de marzo, abril y mayo la precipitación acumulada fue de 150,9 mm y entre junio y agosto llovió solamente 3,2 mm. El total acumulado para el año agrícola de 2007-2008 fue de 423,3 mm.

4.2. PERSISTENCIA

La persistencia de las variedades se observó a lo largo de los 3 años. Esta observación se hizo en primavera del primer año (2005-2006) y en otoño y primavera de los años siguientes (2006-2007 y 2007-2008). En el otoño de 2008 también se realizó una observación de la persistencia.

Observando la Figura 4.2 se puede constatar la evolución de la persistencia en las variedades de *Dactylis glomerata*. La variedad Porto, seleccionada para clima templado o continental (Annicchiarico *et al.*, 2011), tuvo una persistencia del 85% en la primavera de 2006 (1^{er} año) y bajó a un valor de tan solo 15% de plantas vivas en el ensayo después del primer verano. Khedim *et al.* (2008) indicaron que esta variedad es extremadamente poco tolerante a la sequía, por tanto, su descenso de persistencia se explica por el hecho de ser una variedad no adaptada a veranos secos y calurosos, agotando sus reservas en la producción y no generando reservas para su supervivencia durante el periodo estival. Piano *et al.* (2004) en Cerdeña observaron valores de persistencia para la variedad Porto de solamente 2% después del verano, verificando valores para Jana, Medly y Currie del 87%, 95% y 88%, respectivamente.

Las variedades Jana y Medly tuvieron una sensible disminución de la persistencia al final del primer año, ya que los registros de plantas obtenidos en el otoño del 2006-2007 fueron sustancialmente más bajos que los de la primavera del año agrícola 2007-2008, pasando en el caso de Jana del 88,3% al 70,0% y en el caso de Medly del 90,0% al 56,7%, valores que mantuvieron hasta la primavera del tercer año, disminuyendo de forma marcada en el otoño siguiente (33,3% y 11,7% respectivamente). Las demás variedades mantuvieron una persistencia más o menos constante a lo largo de la duración del ensayo, con una caída marcada en el otoño del año agrícola 2008-2009. La excepción a estas últimas variedades ha sido Kasbah que incluso en otoño del cuarto año de ensayo mantuvo una persistencia bastante elevada (66,7%). Esta disminución de la persistencia en casi todas las variedades se puede explicar por una menor precipitación en los meses calurosos del verano de 2007-2008 (entre el 1 de Junio de 2008 y el 31 de Agosto de 2008 solo llovieron 3,2 mm), lo que impidió a las plantas acumular reservas que le permitiesen sobrevivir. Norton *et al.* (2006a) constataron que la variedad Kasbah mantiene la dormancia aun disponiendo de agua, y manteniéndola incluso cuando se simula una tormenta en medio del verano o se irriga durante ese periodo. Según Volaire *et al.* (2009), esta dormancia es una peculiaridad que confiere a la planta una mayor tolerancia a la sequía. Porqueddu *et*

al. (2008) en el norte de Cerdeña, observaron una mayor persistencia de la variedad Kasbah en comparación con la variedad Porto u otras variedades mediterráneas de *Dactylis glomerata*.

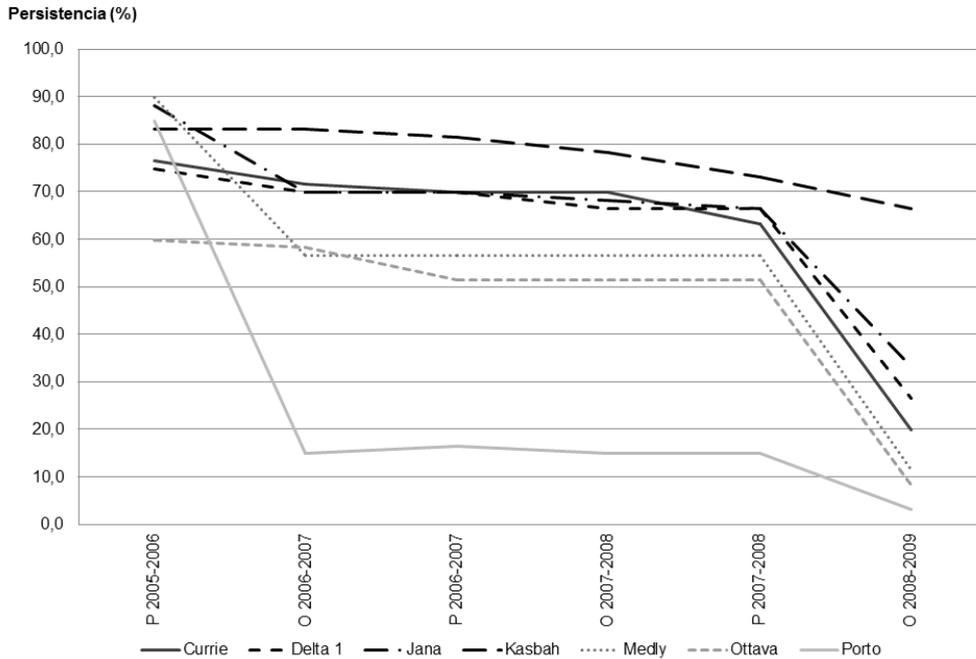


Figura 4.2 - Evolución de la persistencia de las variedades de *Dactylis glomerata* observada en 6 fechas (P – primavera; O – otoño).

En lo que se refiere a la persistencia de las variedades de *Festuca*, se observó un descenso muy gradual de la persistencia a lo largo de los años (Figura 4.3). Del primer al segundo año, que es normalmente el periodo más crítico (Boschma *et al.*, 2009), las variedades que presentaron una mayor disminución de la persistencia fueron Lutine (del 80,0% al 65,0%) y Sisa (del 80,0% al 68,3%). En el cuarto año, y tal como sucedió con *Dactylis*, hubo una disminución más acentuada en la persistencia en todas las variedades de *Festuca*, pese a no ser tan marcada como en el caso de los *Dactylis*. Khedim *et al.* (2008) verificaron una marcada superioridad de las variedades de *Festuca* en las condiciones más adversas (sequía y temperaturas elevadas), considerándolas muy interesantes para valorar el vasto espacio agro-pastoral situado en las zonas semiáridas. Se observa también que no hubo ningún efecto visible del endófito en la persistencia de la variedad Flecha como cabría esperar según estudios realizados por Piano *et al.* (2005) y Pecetti *et al.* (2007a).

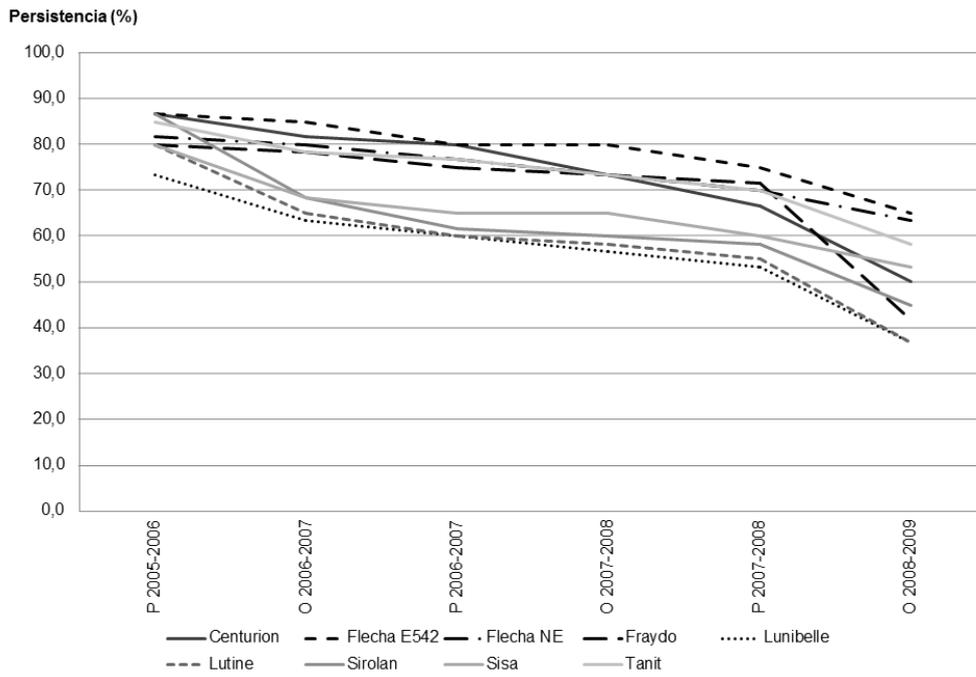


Figura 4.3 - Evolución de la persistencia de las variedades de Festuca arundinacea observada en 6 fechas (P – primavera; O – otoño).

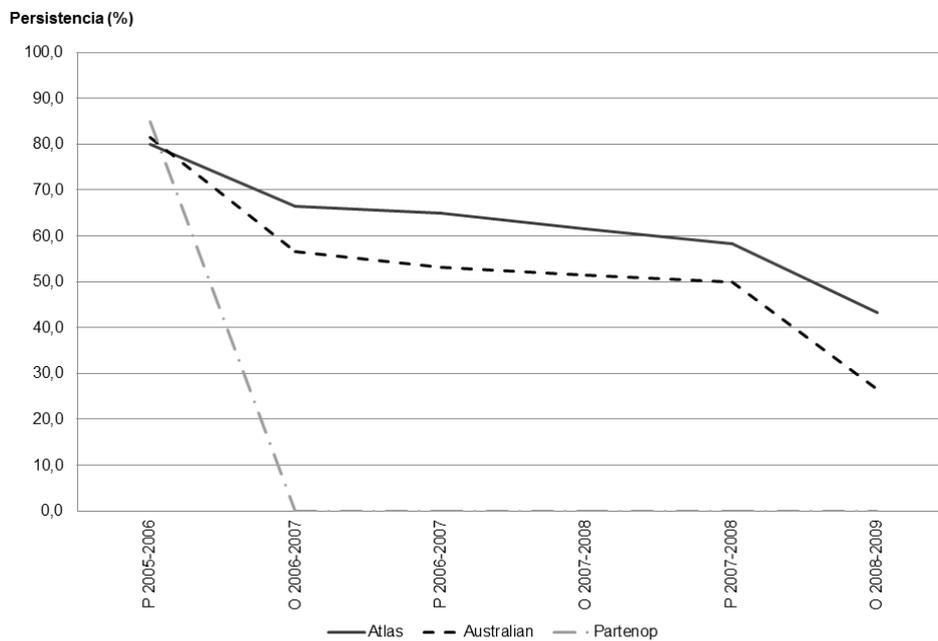


Figura 4.4 - Evolución de la persistencia de las variedades de Phalaris aquatica observada en 6 fechas (P – primavera; O – otoño).

En *Phalaris* se observó semejante tendencia a lo anteriormente acontecido para *Dactylis* y *Festuca* (Figura 4.4). Una disminución inicial más acentuada, seguida de una disminución más gradual en las fechas siguientes para terminar con una disminución más acentuada, de nuevo, en el otoño del cuarto año de ensayo. En la variedad Partenope todas las plantas murieron durante el primer verano del ensayo.

En *Lolium perenne* las dos variedades tuvieron un comportamiento muy semejante en las fechas de observación (Figura 4.5), presentando un descenso de planta viva muy acentuado entre la primavera de 2005-2006 y el otoño de 2006-2007. En Bronsyn esa disminución fue del 85,0% al 8,3% y en Camel fue del 80,0% al 10%. En otoño de 2008-2009 se observó que todas las plantas habían muerto. Esto va de encuentro a lo que se esperaba ya que, en general, el *Lolium perenne*, no suele persistir, no sobreviviendo a los veranos calientes y secos del clima mediterráneo (Franca *et al.*, 1995; Sanna *et al.*, 2014).

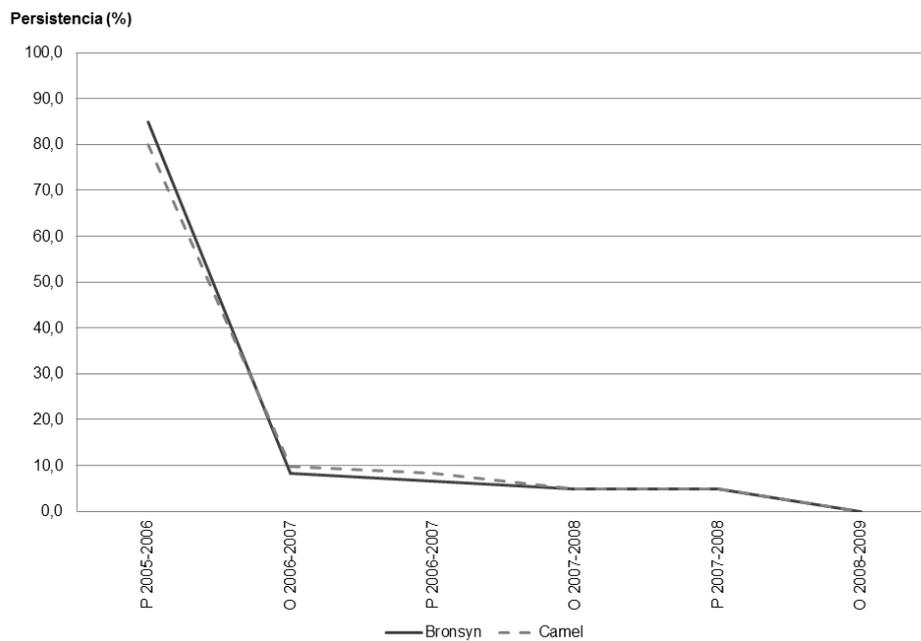


Figura 4.5 - Evolución de la persistencia de las variedades de *Lolium perenne* observada en 6 fechas (P – primavera; O – otoño).

4.3. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

Pese a que el campo de estudio se instaló en 2005-2006 se optó por utilizar solamente en este estudio los datos de producción del segundo y tercer año, ya que el año de implantación del ensayo, sólo se hicieron dos cortes para no desgastar a las plantas y permitir que se nutrieran de reservas correctamente, ya que según autores como Gillet (1980) y Lapeyronie (1982) es extremadamente importante una utilización menos severa de estas especies en el primer año con el fin de garantizar una buena instalación de las especies.

En la tabla 4.1 se puede observar que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la interacción Año x Variedad para la variable producción de materia seca.

Tabla 4.1 – Análisis de la varianza (ANOVA), por variedad, de la producción total de materia seca en *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne* y *Phalaris tuberosa* en cada uno de los 2 años de estudio considerados (2006-2007 y 2007-2008).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Año	1	3,852x10 ⁷	3,852x10 ⁷	12,07	0,0255	*
Error Año x Rep.	4	1,276x10 ⁷	3191938			
Variedad	19	6,308x10 ⁸	3,320x10 ⁷	23,76	0,0000	***
Año x Variedad	19	5,343x10 ⁷	2812049	2,01	0,0172	*
Error Año x Rep. x Variedad	76	1,061x10 ⁸	1397175			
Total	119	8,417x10 ⁸				

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

*** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

En la representación gráfica de la interacción doble Año x Variedad (Figura 4.6), se puede verificar que en el año 2006-2007 las variedades más productivas fueron las variedades de *Festuca arundinacea* Flecha NE y Sisa siendo superiores a más de la mitad de las restantes variedades, con una producción superior a los 11.000 kg de materia seca (MS) ha⁻¹, con 11.294 kg MS ha⁻¹ para la primera variedad y 11.171 kg MS ha⁻¹ para la segunda variedad. Por otra parte se destaca la variedad de *Lolium perenne* Bronsyn, con una producción de apenas 1.945 kg MS ha⁻¹, no siendo inferior a tan sólo 3 variedades (Ottava, Camel y Porto).

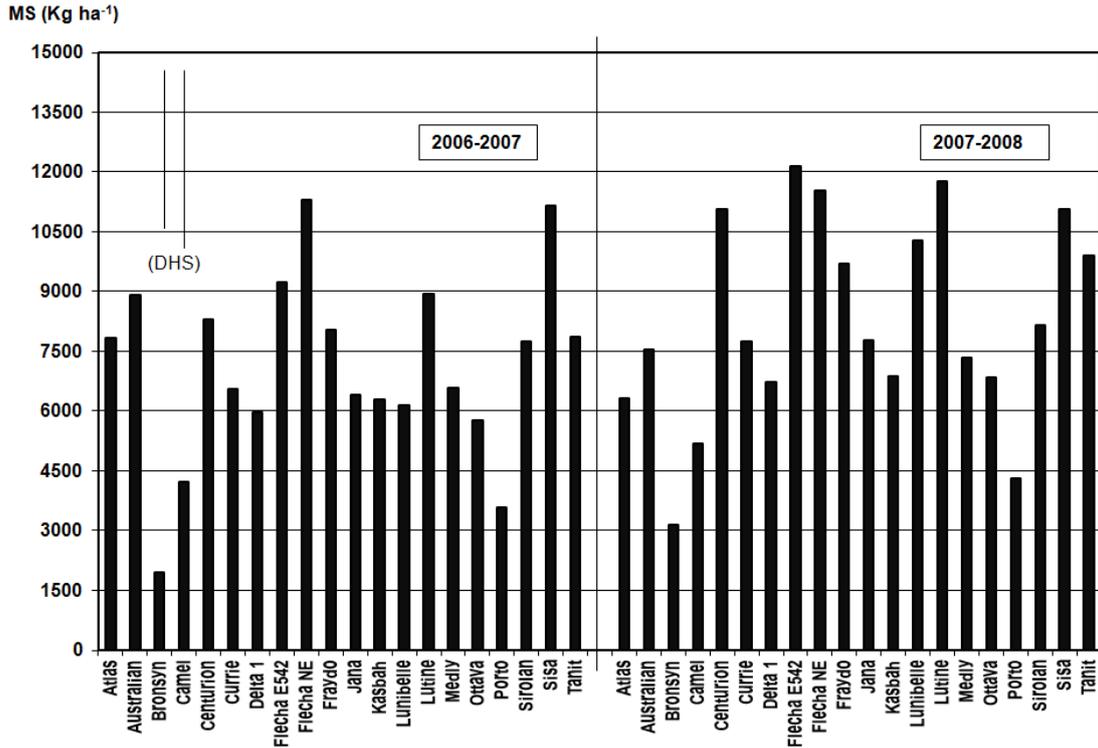


Figura 4.6 – Efecto del Año x Variedad sobre la producción total de materia seca para las variedades de *Dactylis glomerata*, *Festuca aundinacea*, *Lolium perenne* y *Phalaris tuberosa* en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año.

En 2007-2008, se destacan con las producciones más altas las variedades Flecha E542 y Lutine, con 12.146 kg MS ha⁻¹ y 11.171 kg MS ha⁻¹ respectivamente. Flecha NE y Sisa, que en el año anterior fueron las más productivas, también presentaron valores de producción de materia seca elevadas en este segundo año de estudio.

Las variedades de *Lolium perenne* (Bronsyn y Camel), y la variedad de *Dactylis glomerata* Porto, confirman la tendencia que se esperaba de ser poco productivas en ambiente mediterráneo, según apuntaban autores como Crespo (1975), Muslera y Ratera (1991) y Norton *et al.* (2004) en trabajos anteriores.

En lo que se refiere a las diferencias entre años, el análisis ANOVA no muestra diferencias significativas para ninguna variedad. Pese a esto, parece existir una tendencia de mayor producción en el año de 2007-2008. Si tomamos en atención la pluviometría total, se supondría una mayor producción de las variedades en el año 2006-2007, con una pluviometría total anual de 653,7 mm, frente a los 423,3 mm del año anterior. Sin embargo, en la época de mayor crecimiento esperado (marzo a

mayo), y que se puede constatar en el estudio de la distribución del crecimiento en los cuatro cortes en epígrafes posteriores, la pluviometría ha sido superior en el año 2007-2008 (con 150,9 mm) que en el 2006-2007 (79,9 mm). De los 653,8 mm de precipitación en el 2006-2007, 500,5 mm se concentraron de Septiembre a febrero. También debemos tener en consideración el hecho de estar comparando plantas perennes, cuyo tamaño del macollo va aumentando desde los primeros años por el surgimiento de ahijado o nuevos tallos. De este modo, en la misma planta se pueden encontrar hijos con diferentes edades y estados de desarrollo (Muslera y Ratera, 1991).

No obstante, no es sólo interesante la producción total de materia seca que aporta una variedad, sino la posibilidad de aplicar varios cortes a lo largo del año, y la cantidad por corte que cada variedad puede ofrecer. Así, se analizó la cantidad de materia seca de cada variedad en cada año y en cuatro momentos distintos de corte (Tabla 4.2).

Tabla 4.2 – Análisis de la varianza (ANOVA), por variedad, de la producción de materia secas en *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne* y *Phalaris tuberosa* en cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años (2006-2007 y 2007-2008).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Año	1	9630019	9630019	12,07	0,0255	*
Error Año x Rep.	4	3191849	797962			
Corte	3	3,183x10 ⁷	1,061x10 ⁷	33,90	0,0000	***
Año x Corte	3	4,90x10 ⁷	1,635x10 ⁷	52,22	0,0000	***
Error Año x Rep. x Corte	12	3756379	313032			
Variedad	20	1,577x10 ⁸	8299808	41,49	0,0000	***
Año x Variedad	20	1,335x10 ⁷	702987	3,51	0,0000	***
Corte x Variedad	60	1,050x10 ⁸	1842416	9,21	0,0000	***
Año x Corte x Variedad	60	3,323x10 ⁷	582936	2,91	0,0000	***
Error Año x Rep. x Corte x Variedad						
Variedad	320	6,081x10 ⁷	200035			
Total	503	4,676x10 ⁸				

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

*** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

En la Tabla 4.2, se puede observar que sí existieron diferencias en la interacción triple Año x Corte x Variedad ($p \leq 0,001$).

En la Figura 4.7., que es la representación gráfica de la interacción triple Año x Corte x Variedad, se observa que en el corte 1 del año 2006-2007, destacan las variedades de *Festuca arundinacea* Sisa y Flecha NE con producciones de 4.231,5 kg MS ha⁻¹ y 4.127,4 kg MS ha⁻¹, siendo significativamente superiores a las restantes variedades con excepción de Flecha E542, Kasbah, Fraydo, Tanit, Centurion y Australian. Por otra parte, cabe mencionar las bajas producciones del *Dactylis glomerata* Porto (161,1 kg MS ha⁻¹) y del *Lolium perenne* Bronsyn (161,1 kg MS ha⁻¹).

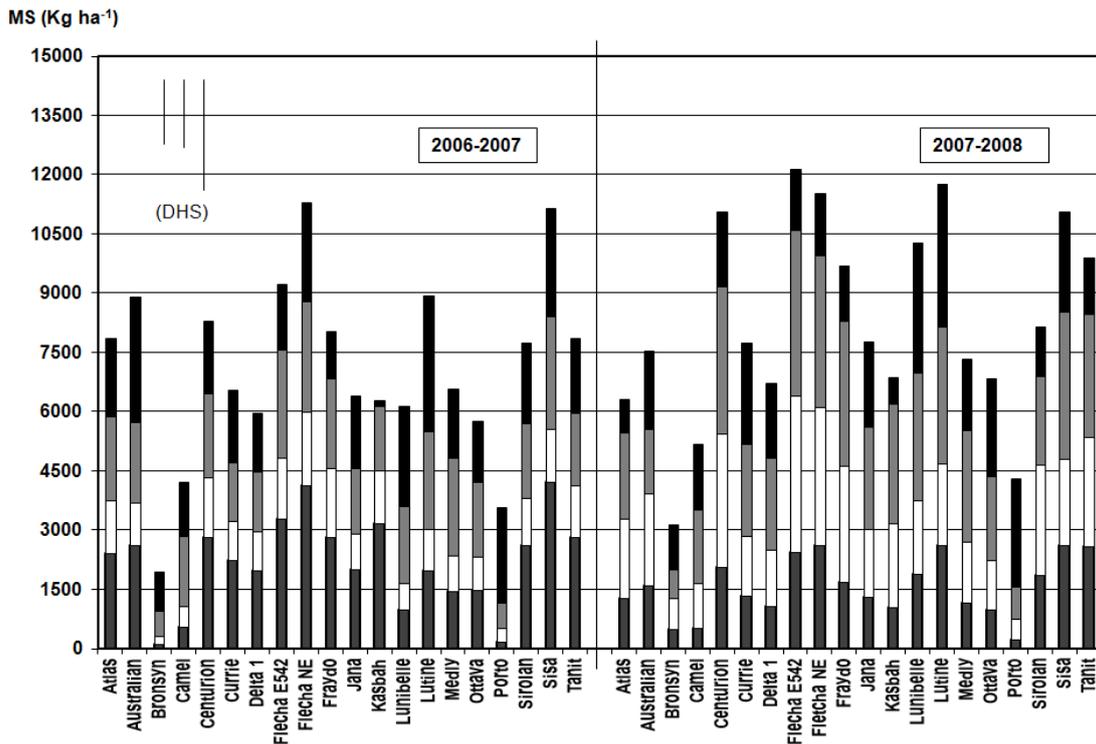


Figura 4.7 – Efecto del Año x Corte x Variedad sobre la producción de materia seca de cada uno de los cuatro cortes realizados para las variedades de *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año y Corte; segundo al mismo nivel de Año; tercero a diferente nivel de Año.

En el corte 2 de este año (2006-2007), prácticamente no se encuentran diferencias entre las variedades en estudio siendo, no obstante, las variedades de *Festuca arundinacea* Flecha NE, Fraydo, Flecha E542 y Centurion (1.865,0 - 1.736,4 - 1.550,9 y 1.542,6 kg MS ha⁻¹, respectivamente) las que mostraron una mayor producción (Figura 4.7).

Una vez más, en la Figura 4.7 se verifica la escasa diferencia significativa entre las variedades en el corte 3 de 2006-2007. No obstante, las variedades que tuvieron

mayores producciones fueron las variedades de *Festuca arundinacea* Sisa, Flecha NE, y Flecha E542, con valores de 2.848,8, 2.793,5 y 2.729,3 kg MSha⁻¹, respectivamente, y siendo sólo significativamente superiores a Bronsyn y Porto

Las variedades Lutine y Australian, con 3.451,2 kg MS ha⁻¹ y 3.165,3 kg MS ha⁻¹, fueron las variedades con mayor producción en el corte 4 de 2006-2007, a pesar de no tener diferencias con la gran parte de las restantes variedades en estudio (Figura 4.7). Esta producción de Lutine en este corte 4 se puede explicar por el hecho de ser una *Festuca arundinacea* híbrida entre el tipo mediterráneo y continental (Hopkins *et al.*, 2009; Mefti *et al.*, 2012), al contrario de las restantes variedades de *Festuca arundinacea* que son de tipo mediterráneo (con excepción de Lunibelle que también es híbrida y que también presentó buen resultado en este corte), razón por la que empiezan antes a acumular reservas para el verano y por lo tanto sacrifican en cierta medida la producción (Pecetti *et al.*, 2009). Por otra parte, también cabe destacar la variedad Kasbah, con una producción de tan solo 146,9 kg MS ha⁻¹. Esta baja producción de la variedad Kasbah era de esperar ya que es una planta con dormancia estival obligatoria (Lelièvre *et al.*, 2008), además de detener el crecimiento de manera más precoz que las demás variedades, incluso no respondiendo a riegos hechos continuamente durante el final de la primavera y verano, o a simulaciones de tormentas en medio del verano (riego intenso durante un corto periodo) (Norton *et al.*, 2006a; Norton, 2011).

En 2007-2008 en el corte 1 se vuelve a observar que, como en 2006-2007, las variedades más productivas fueron Sisa y Flecha NE, con producciones de 2.613,1 kg MS ha⁻¹ y 2.611,1 kg MS ha⁻¹ (Figura 4.7), aunque sólo son superiores estadísticamente a Camel, Bronsyn y Porto.

También en el corte 2 y 3 de 2007-2008, se repite lo que se verificó en el primer corte, con las mismas variedades que presentaron mayores valores en 2006-2007 obteniendo mayores producciones en el corte 2 y corte 3 del año 2007-2008 (Figura 4.7). También se puede destacar, por contra, el comportamiento de Porto y Bronsyn, con producciones de 520,8 kg MS ha⁻¹ y 800,5 kg MS ha⁻¹ para cada corte para la primera variedad y 793,5 kg MS ha⁻¹ y 720,5 kg MS ha⁻¹ para la segunda variedad. Norton *et al.* (2004) ya habían constatado una baja producción de la variedad Porto en el periodo invernal. En el presente estudio, el diminuto número de plantas de esta variedad en los años 2006-2007 y 2007-2008, justifican la baja producción total, sin que justifique la diferencia verificada en los cortes 4 de estos dos años, cuando se compara con los cortes anteriores. Aún más cuando se trata de una variedad recogida

en el norte litoral de Portugal (cerca de Oporto) y seleccionada por el *Tasmanian Department of Agriculture* en 1972, para zonas de clima templado y precipitaciones superiores a 700 mm (Hackney y Dear, 2007).

En el corte 4 de 2007-2008, y tal como ya se había visto en 2006-2007, la variedad Lutine fue la más productiva con 3.612,9 kg MS ha⁻¹, siendo la variedad Kasbah la que presenta un valor muy bajo de materia seca por hectárea, con tan sólo 680,5 kg MS ha⁻¹ (Figura 4.7).

Por lo general, en el primer año se verificó un descenso de las producciones entre el corte 1, que corresponde a la producción de otoño y el corte 2 que corresponde a la materia seca acumulada durante el periodo invernal. Esta disminución del corte 1 al corte 2 se explica principalmente por el menor crecimiento de estas plantas durante el período de invierno, debido principalmente a las bajas temperaturas. Según Muslera y Ratera (1991), especies como *Dactylis glomerata* detienen su crecimiento por debajo de 5 °C.

Observando la Figura 4.7, se deduce que las producciones de las variedades Flecha E542, Flecha NE, Kasbah y Sisa, presentan un descenso significativo de sus producciones durante este periodo. En el corte 4 se observa una bajada de la producción de Kasbah, al compararla con la de los tres primeros cortes. Pese a haber disponibilidad de agua, este descenso en la producción, como ya se explicó anteriormente, se debió a la entrada en dormancia estival obligatoria, característica de la variedad. Es interesante destacar que una medida de las plantas como defensa al stress hídrico, es la de producir alteraciones fisiológicas y hormonales, haciendo caer las hojas para reducir las pérdidas hídricas por transpiración y aumentando así la transferencia de solutos para las raíces, lo que contribuye a una disminución de la producción cerca de verano, y un aumento de la acumulación de reservas en la parte inferior de la planta (Chaves *et al.*, 2002; Fitter y Hay, 2002). La variedad Porto, por otra parte, tuvo su mayor producción en el último corte del tercer año de estudio (2007-2008), mientras que los otros *Dactylis glomerata*, poseen mayor o menor dormancia estival y por lo tanto, independientemente de existir cierta disponibilidad de agua en el suelo, empiezan a acumular reservas, sacrificando la producción en beneficio de la supervivencia; en este caso, la variedad Porto, de tipo continental, aprovechó la disponibilidad de agua y las temperaturas para manifestar una mayor producción, sacrificando para ello su persistencia, como se vio en el capítulo anterior.

En el año 2007-2008, se observó que al contrario de lo que pasó en 2006-2007, hubo en general una tendencia a la subida de la producción del corte 1 al corte 2, pese a no

tener significación estadística. Este hecho puede deberse a una menor disponibilidad de agua para las plantas durante el periodo otoñal, al compararla con la disponibilidad verificada en el primero año, ya que la precipitación se concentró más en este segundo año en los meses de enero y febrero, concentrándose en el primer año las lluvias entre octubre y noviembre.

Al igual que en el año anterior (2006-2007), la variedad Kasbah presentó en 2007-2008 una disminución de la producción en el corte 4, cuando se compara con la obtenida en el corte anterior (Figura 4.7), probablemente por la misma razón explicada en párrafos anteriores. Por su parte, también la variedad Porto tuvo un comportamiento semejante en este año al del año 2006-2007.

Finalmente, al comparar la materia seca obtenida en los diferentes cortes para los dos años de estudio, una vez más se verifica que no existen diferencias para ninguna variedad, al compararlas corte a corte.

4.4. SENESCENCIA Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA

Como consecuencia de las alteraciones climáticas que se están produciendo en el planeta, se espera un mayor y más severo periodo de sequía en las próximas décadas, que castigarán especialmente algunas regiones (IPCC, 2014).

Según Cantarel *et al.* (2013), no todas las plantas presentes en los pastos serán afectadas de igual modo, es por ello, que el estudio de las relaciones hídricas de las plantas es fundamental para determinar las pérdidas o ganancias de producción causadas por un factor abiótico determinante como es el agua (Blum, 1999). El agua, como uno de los principales factores ecológicos que determinan el crecimiento y desarrollo de las plantas, desempeña un papel fundamental en la producción de las mismas (Jaleel *et al.*, 2007). La utilización más eficiente del agua por las plantas reduciría la cantidad de agua perdida por evaporación del perfil del suelo (Asay *et al.*, 1998).

Hay plantas que aunque aceleran el ciclo, pueden mantener la turgencia en los tejidos foliares por ajuste osmótico pese al descenso del potencial hídrico y de la conductancia estomática; las hojas caen para reducir las pérdidas hídricas por transpiración y se puede aumentar la transferencia para las raíces (Chaves *et al.*, 2002).

4.4.1. SENESCENCIA

El primer requerimiento para la supervivencia de las plantas es conservar el agua durante los meses secos de verano, y esto ocurre de manera más eficiente disminuyendo la transpiración por el área foliar a través de la senescencia y reciclando los recursos para los tejidos de supervivencia (Eagles *et al.*, 1997). La senescencia es juntamente con el desarrollo de las raíces y el aumento de la extracción de agua, uno de los mecanismos de adaptación para evitar la muerte de los ápices de la planta (Volaire *et al.*, 1998; Volaire y Lelièvre, 2001; Feller y Vaseva, 2014).

La senescencia de las plantas se observó en el segundo y tercer año, en todos los dactilos y en 6 de las 8 festucas, optando por no realizarse en las variedades Flecha E542 y Lunibelle, ya que en los bloques pertenecientes a estas variedades no se instalaron tubos para la monitorización del agua en el suelo con la sonda de

neutrones. En cada uno de los dos años se midió la evolución de la senescencia en dos fechas (junio y julio).

El análisis ANOVA se realizó en separado para cada una de las especies y para cada fecha (Tabla 4.3).

Tabla 4.3 - Análisis de la varianza (ANOVA), para la senescencia de *Dactylis glomerata* para la fecha de junio.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Variedad	6	4869,623	811,604	5,692	0,000	***
Repetición	2	104,379	52,190	438,453	0,486	
Año	1	174,624	174,624	11,524	0,127	
Variedad x Año	6	864,374	144,062	0,741	0,095	
Error	26	1831,159	70,429	2,479		
Total	41	7844,160		2,045		

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

*** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

En *Dactylis* existieron diferencias significativas entre variedades para la primera fecha de observación de la senescencia (Tabla 4.3). La variedad Kasbah presentó para esta primera fecha (Tabla 4.4) un valor de senescencia bastante elevado (51,23 %), siendo este valor casi el doble de la segunda variedad con mayor valor de senescencia (Delta, con un 27,45 %).

Tabla 4.4 – Valor medio de senescencia (%) en *Dactylis glomerata*, en junio y julio. Las letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa.

Variedad	Senescencia junio (%)	Senescencia julio (%)
Currie	23,99 b	81,63 a
Delta1	27,45 b	78,97 abc
Jana	21,06 b	66,52 cd
Kasbah	51,23 a	89,45 a
Medly	26,66 b	62,33 d
Ottava	25,78 b	67,15 bcd
Porto	13,65 b	80,22 ab

También se puede destacar el bajo valor presentado por la variedad Porto para esta primera fecha de observación (13,65 %). Mefti *et al.* (2008) encontraron valores

elevados de senescencia (63,7%) para la variedad Kasbah en el inicio del verano, en la ciudad Argelina de Setif. Los mismos autores también verificaron valores elevados para las variedades Delta (42,5%) y Ottava (40,0%). En la Estación Experimental del INRA (Rabat/Marruecos), Shaimi *et al.* (2009) encontraron valores de senescencia, en el medio del verano, del 98,0% para la variedad Kasbah y del 27,5% para la variedad Porto, mientras que el valor de senescencia fue de 17,5% para la variedad Medly en condiciones de riego durante el verano.

En la segunda fecha de observación (julio) existieron diferencias significativas entre variedades, entre años y en la interacción Variedad x Año (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 – Análisis de la varianza (ANOVA), para la senescencia de *Dactylis glomerata* para la fecha de julio.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Variedad	6	3537,338	589,556	11,224	0,000	***
Repetición	2	88,032	44,016	0,838	0,444	
Año	1	11335,714	11335,714	215,816	0,000	***
Variedad x Año	6	2158,232	359,705	6,848	0,000	***
Error	26	1365,648	52,525			
Total	41	18484,965				

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

*** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

La variedad Kasbah se volvía a encontrar entre las variedades con un valor más alto (89,45%) de senescencia, si bien no mostrando diferencias significativas con Currie y Porto (Tabla 4.4). En Argelia, cerca de Argel, Khedim *et al.* (2008) encontraron valores más altos de senescencia en Kasbah (21,0%) al compararlo con otras variedades de *Dactylis glomerata* que presentaron una media del 11,9%, a pesar de ser estos valores más bajos que los encontrados en el presente trabajo. Algo semejante fue encontrado por Porqueddu *et al.* (2008), en Cerdeña, verificando que la variedad Kasbah entró en senescencia casi un mes antes de los restantes *Dactylis*. Esta capacidad de la variedad Kasbah de iniciar la senescencia más temprano, y con ello garantizar reservas, resultó en una mayor capacidad de aguantar el verano e recrecer después del periodo estival (93% de supervivencia de las plantas) en comparación con, por ejemplo, la variedad Porto (15%). Blösch *et al.* (2014) verificaron que la senescencia de las plantas también empieza en plantas bien regadas, no siendo restrictivo de las plantas sobre estrés abiótico, pero también dependiente del aumento de los días.

En festuca se observó que existen diferencias significativas entre variedades para la primera fecha de observación de la senescencia (Tabla 4.6).

Tabla 4.6 – Análisis de la varianza (ANOVA), para la senescencia de *Festuca arundinacea* para la fecha de junio a $p \leq 0,05$ de acuerdo con el test de Tukey.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Variedad	5	2142,563	428,513	10,967	0,000	***
Repetición	2	132,027	66,013	1,690	0,208	
Año	1	28,801	28,801	0,737	0,400	
Variedad x Año	5	654,122	130,824	3,348	0,021	*
Error	22	859,567	39,071			
Total	35	3817,080				

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

** *Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

Destacan, por un lado la variedad Fraydo (36,83%) con una senescencia más marcada que las restantes variedades (Tabla 4.8), y por otro la variedad Lutine, siendo la que presentó el valor más bajo (10,53%). Esto pudo deberse a una floración más tardía por parte de esta última variedad, y por ser una variedad de tipo intermedia (mediterránea x continental) (Lelièvre *et al.*, 2008).

Tabla 4.7 – Análisis de la varianza (ANOVA), para la senescencia de *Festuca arundinacea* para la fecha de julio.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Variedad	5	2324,657	464,931	3,138	0,027	*
Repetición	2	77,885	38,943	0,263	0,771	
Año	1	5605,018	5605,018	37,835	0,000	***
Variedad x Año	5	1374,026	274,805	1,855	0,144	
Error	22	3259,175	148,144			
Total	35	12640,760				

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

** *Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

Para esta segunda fecha, la variable año, arrojó diferencias significativas, siendo el año 2007-2008 el que presentó mayor valor de senescencia con 59,0% en comparación con los 34,0% verificados en 2006-2007.

Tabla 4.8 – Valor medio de senescencia (%) para *Festuca arundinacea*, en junio y julio. Las letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa a $p \leq 0,05$ de acuerdo con el test de Tukey.

Variedad	Senescencia junio (%)	Senescencia julio (%)
Centurion	23,75 b	55,00 a
Flecha NE	21,13 bc	46,30 ab
Fraydo	36,83 a	53,98 ab
Lutine	10,53 c	32,62 b
Sisa	25,58 b	39,87 ab
Tanit	24,77 b	51,23 ab

Mefti *et al.* (2008) también verificaron una menor senescencia en la variedad Lutine, y por tanto, si se considera que la senescencia una defensa de la planta a las pérdidas de agua en regiones calurosas, se puede afirmar que esta variedad (Lutine) presenta una menor respuesta defensiva al estrés hídrico (Ofir y Dorenfield, 1992; Volaire y Norton, 2006).

Se observa que en general las festucas presentan una menor senescencia que los dactilos, con un porcentaje de senescencia de 46,5 % en contraste con los 75,2 % de estos últimos en la fecha de julio. Esto puede deberse a una mayor dormancia por parte de los dactilos, pero también por la mayor capacidad de las festucas de desarrollar sus raíces hasta mayores profundidades, según indicaban en su trabajo Garwood y Sinclair (1979).

4.4.2. EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA (WUE)

La eficiencia del uso del agua (WUE, por sus siglas en inglés), por las plantas, es una de las características más importantes de las plantas en condiciones mediterráneas. De este modo, la WUE debe ser uno de los principales factores a tener en cuenta en la selección de nuevas variedades, principalmente en zonas de elevada irregularidad pluviométrica (Moreno *et al.*, 2006).

El dactilo (*Dactylis glomerata* L.) y la festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) son dos gramíneas perennes, que aparecen de modo espontáneo en la flora de España y Portugal, y que presentan variaciones en cuanto a la adaptación al estrés hídrico.

En la Tabla 4.9 se presentan las variedades de las dos especies en las cuales se procedió al estudio de su WUE.

Tabla 4.9 – Variedades de dactilo (*Dactylis glomerata* L.) y festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) utilizadas para el estudio de la eficiencia del uso del agua (WUE).

<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Festuca arundinacea</i>
Currie	Centurion
Delta 1	Fraydo
Kasbah	Flecha NE
Jana	Lutine
Medly	Tanit
Ottava	Sisa
Porto	

En las Figuras 4.8 y 4.9 se observa la dinámica del agua de la media de las parcelas de cada variedad.

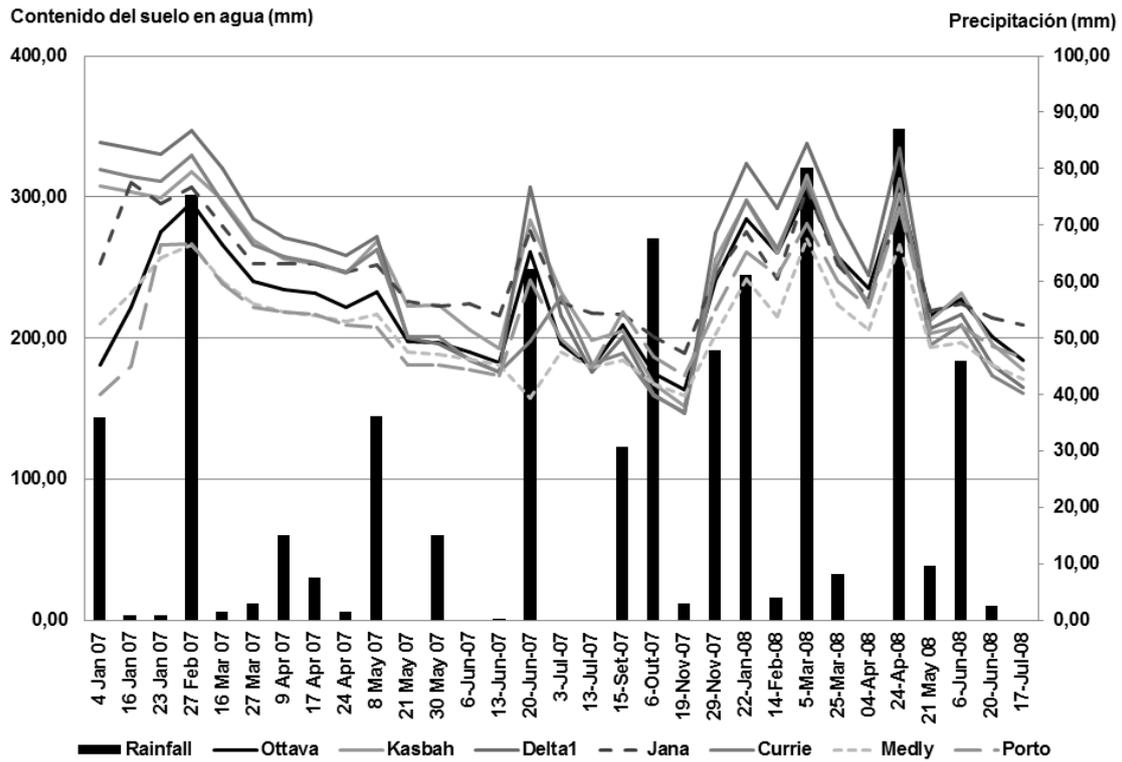


Figura 4.8 – Dinámica del agua del suelo en la media de las parcelas de las variedades de *Dactylis glomerata* L..

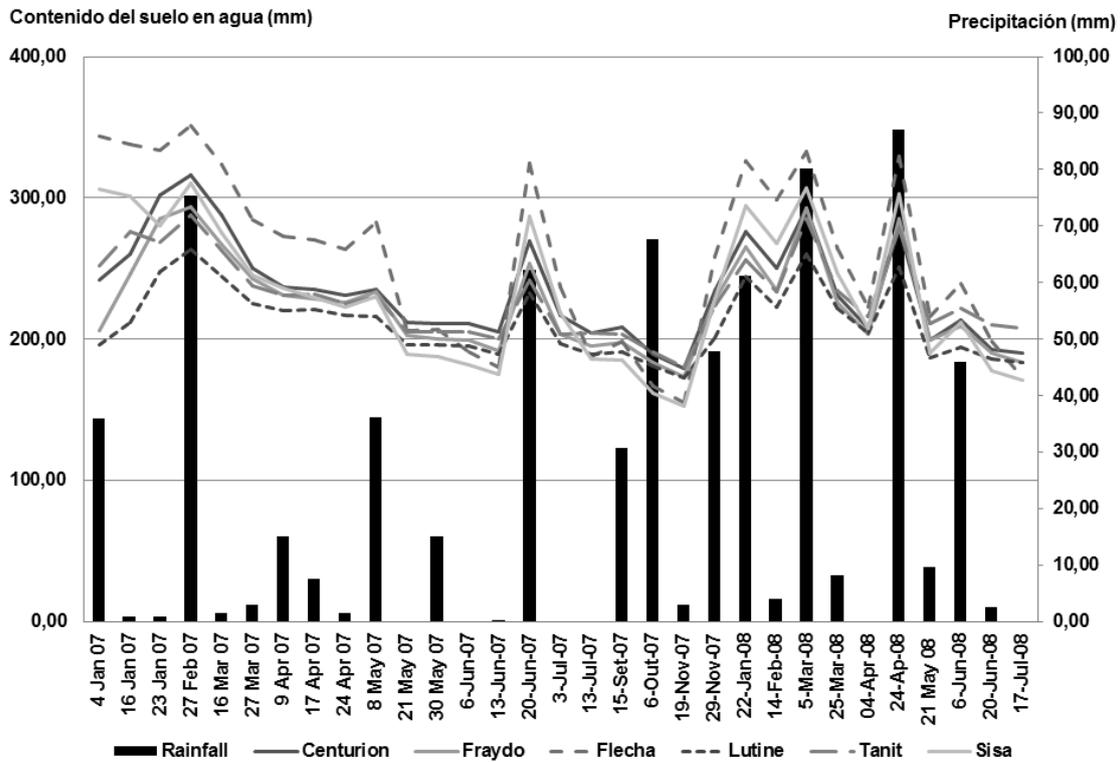


Figura 4.9 – Dinámica del agua del suelo en la media de las parcelas de las variedades de *Festuca arundinacea* Schreb..

En las Figuras 4.8 y 4.9, para la dinámica del agua en el suelo, se observa que la cantidad de agua disponible apenas varió entre las diferentes variedades, observándose las principales diferencias en el inicio del año de 2007.

El análisis de varianza (ANOVA) realizada para la WUE, por especie, permitió verificar que existieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la interacción triple Año x Fecha x Especie (Tabla 4.10)

Tabla 4.10 – Análisis de la varianza (ANOVA), por especie, de la eficiencia del uso del agua (WUE) en *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* en tres fechas, en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Año	1	0,4991	0,4991	0,67	0,4601	
Error Año x Rep.	4	2,9950	0,7488			
Fecha	2	30,6812	15,3406	30,75	0,0002	***
Año x Fecha	2	8,3994	4,1997	8,42	0,0108	**
Error Año x Rep. x Fecha	8	3,9900	0,4988			
Especie	1	44,3170	44,3170	115,56	0,0000	***
Año x Especie	1	0,0059	0,0059	0,02	0,9035	
Fecha x Especie	2	8,8668	4,4334	11,56	0,0016	**
Año x Fecha x Especie	2	4,3276	2,1638	5,64	0,0187	*
Error Año x Rep. x Fecha x Especie	12	4,6020	0,3835			
Error	198	124,9010	0,6308			
Total	233					

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

*** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

Para el mismo año y la misma fecha se verifica una tendencia a una mayor eficiencia del uso del agua de la especie festuca con relación a la especie dactilo (Figura 4.10) en los dos años (2006-2007 y 2007-2008). No obstante esa superioridad sólo fue efectiva en las fechas 1 y 3 del primer año y en la fecha 1 del segundo año. Esta superioridad de las festucas con relación a los dactilos ya fue observada por Lelièvre *et al.* (2008), principalmente en las mediciones hechas en otoño e invierno, viéndose la gran dependencia del potencial de crecimiento de la planta en esas fechas, superior en las festucas que en los dactilos. De igual modo Turner *et al.* (2012), encuentra

mayor potencial por parte de las festucas para crecer en condiciones de estrés moderado de agua, y mayor capacidad de recrecimiento en otoño, que los dactilos, lo que se refleja en la mayor eficiencia del uso del agua. Esto se debe en parte a una mayor capacidad por parte de las festucas para encontrar agua a mayores profundidades (superiores a 45 cm) debido a un sistema radicular más profundo y más denso que el de dactilo (Garwood y Sinclair, 1979; Bolinder *et al.*, 2002; Nie *et al.*, 2008). Siendo esa mayor eficiencia del uso de agua que permite a la festuca ser bastante tolerante a la sequía (Pardeller *et al.*, 2014).

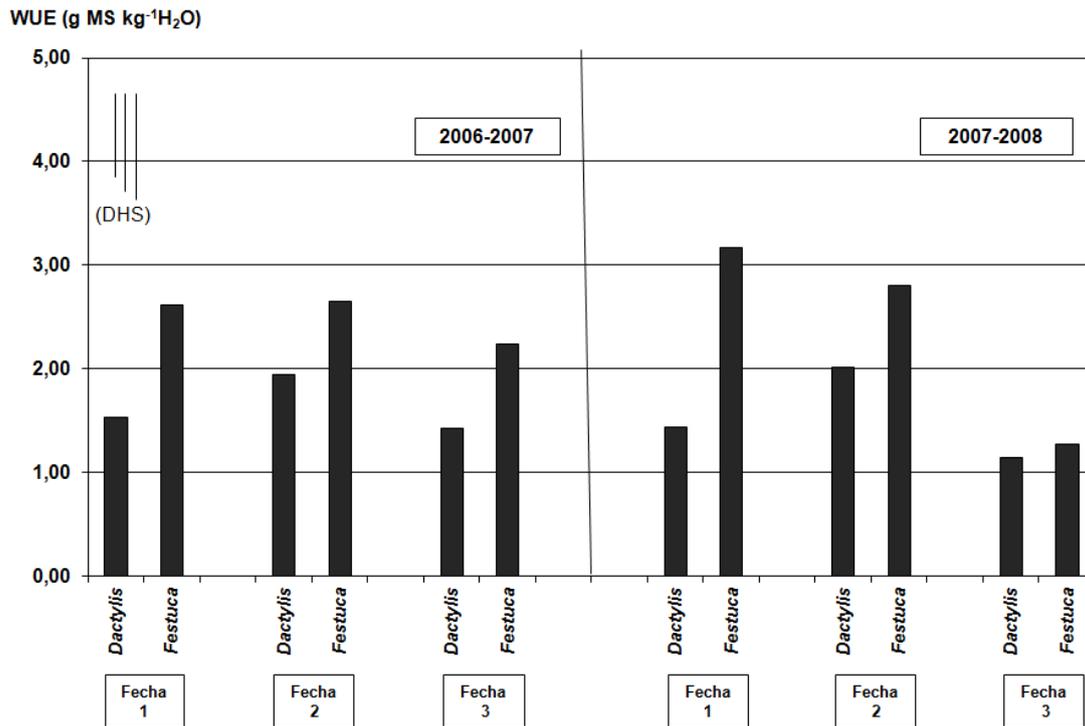


Figura 4.10 – Efecto del Año x Corte x Especie sobre la eficiencia del uso del agua (WUE) para las dos especies (*Dactylis glomerata* y *Festuca aundinacea*) en tres fechas. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año y Fecha; segundo al mismo nivel de Año; tercero a diferente nivel de Año.

Comparando las fechas en cada año de estudio, se observa que existen diferencias para la especie festuca entre las fechas 1 y 2 con relación a la fecha 3 en el segundo año de estudio. En este segundo año, y a diferencia de lo que se había verificado en el año anterior, en que no hubo diferencias entre fechas para ninguna de las dos especies (Figura 4.10), se observó que la especie festuca tuvo una menor eficiencia del uso del agua en la fecha 3. En el segundo año en la fecha de corte de la materia seca había una mayor disponibilidad de agua en el suelo (Figura 4.10), la cual fue menos aprovechada por las plantas, en parte debido a las variedades de tipo

mediterráneo que disminuyen su crecimiento, en función de cierta dormancia estival, como es el caso de las variedades Centurion, Tanit, Flecha NE y Fraydo (Lelièvre *et al.*, 2008), y que por tanto llevó a una disminución de la eficiencia del uso del agua. Pese a eso, no se verificó que existieran diferencias para una misma fecha cuando se comparan los dos años.

La Tabla 4.11 muestra el resultado de ANOVA para los análisis de la WUE en *Dactylis* y *Festuca*, viéndose que tanto las variables Fecha y Variedad, como las interacciones de ambas con la Fecha, indican diferencias con significación estadística entre los datos tomados.

Tabla 4.11 – Análisis de la varianza (ANOVA), por variedad, de la eficiencia del uso del agua (WUE) en *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* en tres fechas, en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Año	1	0,5105	0,5105	0,68	0,4563	
Error Año x Rep.	4	3,0080	0,7521			
Fecha	2	29,4114	14,7057	28,66	0,0002	***
Año x Fecha	2	7,5860	3,7930	7,39	0,0152	*
Error Año x Rep. x Fecha	8	4,1050	0,5131			
Variedad	12	61,5410	5,1284	17,05	0,0000	***
Año x Variedad	12	4,1590	0,3466	1,15	0,3233	
Fecha x Variedad	24	66,876	2,7865	9,26	0,0000	***
Año x Fecha x Variedad	24	11,1280	0,4636	1,54	0,0633	
Error Año x Rep. x Fecha x Variedad	144	43,3160	0,3008			
Total	233	231,6410				

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

*** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

En la Figura 4.11, que representa la interacción doble Fecha x Variedad se observa que, en la Fecha 1, la variedad Flecha NE fue la que presentó el valor más alto de eficiencia del uso del agua con un valor de 4,03 g MS kg⁻¹H₂O, siendo superior a todas las restantes variedades con excepción de las variedades Sisa (3,05 g MS kg⁻¹H₂O) y Centurion (2,98 g MS kg⁻¹H₂O), ambas pertenecientes a la especie festuca, valores que, con excepción de Sisa, ya habían sido observados por Lelièvre *et al.* (2008),

cuando compararon varias variedades de festuca. La producción otoñal en las poblaciones mediterráneas son, de media, cinco veces superiores que las de las poblaciones continentales, debido a que se conoce que existe una fuerte correlación entre el rebrote después del verano y las reservas de hidratos de carbono solubles (principalmente fructanos) en la base de los tallos acumuladas antes del verano (Volaire y Thomas, 1995), por lo que no sería de esperar que la variedad Sisa (de tipo intermedio) presentara uno de los valores más altos en esta Fecha. No obstante, esta variedad, fue de entre todas las festucas, la más precoz en los dos años de estudio (85 días desde el 1 de enero en el año 2006-2007 y 75 días en el año 2007-2008), además en la fecha de junio para la senescencia, presentaba valores semejantes a las festucas de tipo mediterráneo, por lo que pese a ser de tipo intermedio, se puede decir que su comportamiento en este estudio se asemejó más al tipo mediterráneo.

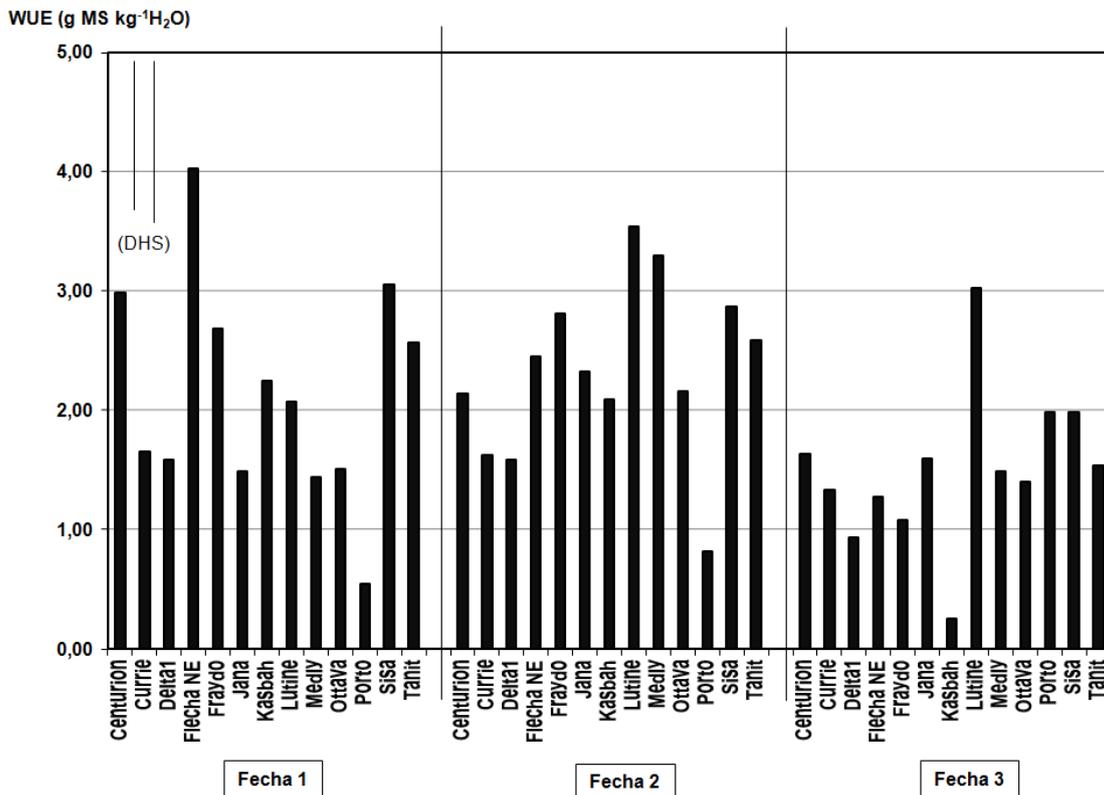


Figura 4.11 – Efecto de la Fecha x Variedad sobre la eficiencia del uso del agua (WUE) para las variedades de *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* en tres fechas. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Fecha; segundo al diferente nivel de Fecha.

De entre las variedades de dactilo que parecen presentar una menor WUE para esta fecha, debido a que las 6 variedades que poseen los valores más bajos pertenecen a

esta especie, Currie (1,65 g MS kg⁻¹H₂O), Delta 1 (1,59), Ottava (1,51), Jana (1,49), Medly (1,44) y Porto (0,55), todas con un valor por debajo de la media para esta fecha (2,14 g MS kg⁻¹H₂O), la que más se destacó fue Kasbah con una WUE de 2,25 g MS kg⁻¹H₂O, no obstante sólo fue significativamente superior a la variedad Porto (Figura 4.11). Como ya se refirió anteriormente, las variedades de tipo mediterráneo, que empiezan a acumular reservas más temprano que las de tipo continental, tienen una mayor producción de biomasa en el otoño siguiente, lo que explica el comportamiento de Kasbah y Porto.

En la Fecha 2, que fue la que en media tuvo el valor más alto (2,33 g MS kg⁻¹ H₂O), destacó la variedad Lutine con un valor de 3,54 g MS kg⁻¹ H₂O, siendo superior a 5 de las 7 variedades de dactilo, sin presentar un valor significativamente mayor que la variedad Medly (3,3 g MS kg⁻¹H₂O), que fue la que presentó el mejor comportamiento de entre los dactilos y segunda mejor en el cómputo general, junto con Jana (2,32 g MS kg⁻¹H₂O). Por su parte, negativamente destacó la variedad Porto, que también en esta fecha fue la que tuvo peor desempeño, presentando un valor muy bajo (0,82 g MS kg⁻¹H₂O) (Figura 4.11).

La variedad Lutine, se vuelve a destacar en la Fecha 3, con un valor de 3,03 g MS kg⁻¹ H₂O, siendo mejor que la mayoría de las variedades, con excepción de la variedad Porto (1,99 g MS kg⁻¹ H₂O) y Sisa (1,98). El peor valor para esta fecha lo tuvo Kasbah, con tan sólo 0,26 g MS kg⁻¹ H₂O, siendo inferior a la mayoría de las restantes variedades a excepción de Ottava (1,41 g MS kg⁻¹ H₂O), Currie (1,33), Flecha NE (1,28), Fraydo (1,08) y Delta 1 (0,94); cualquiera de éstas con valores inferiores a la media de la Fecha (1,50 g MS kg⁻¹ H₂O), como se observa en la Figura 4.11. Estos valores presentados por Lutine, Porto y Sisa eran de esperar, ya que son variedades de tipo intermedio (mediterráneo x continental), y como tal, continúan utilizando el agua disponible para la producción de hojas, al contrario de las de tipo mediterráneo, del que Kasbah es el exponente máximo, los cuales empiezan a acumular reservas de hidratos de carbono en los ápices, preparándose para sobrevivir al verano y preparar el rebrote en el otoño siguiente, y como tal no hacen un aprovechamiento del agua disponible (Volaire *et al.*, 2001; Volaire, 2002).

Cuando se hace la comparación para la misma variedad en las diferentes fechas (Figura 4.11), se verifica que la variedad Flecha NE, que fue la mejor de todas las variedades en la Fecha 1, bajó significativamente en la Fecha 2 y Fecha 3. Kasbah y Fraydo mantuvieron la eficiencia del uso del agua en las dos primeras Fechas,

bajando de manera marcada en la tercera Fecha de observación. De manera casi antagónica, la variedad Porto que tuvo valores bajos en las 2 primeras Fechas, tuvo una subida significativa de su eficiencia cuando se compara la Fecha 1 con la Fecha 3, en función de la mayor producción de materia seca como ya se vio anteriormente.

4.5. ANÁLISIS DE CALIDAD

Los análisis laboratoriales de calidad se realizaron en el Laboratorio Químico del INIAV - Elvas. Debido a que en la campaña 2005-2006 (primer año) los cortes de las diferentes variedades no se realizaron en las mismas fechas, se optó por incluir en este capítulo solamente los datos correspondientes al segundo y tercer años de ensayo (2006-2007 y 2007-2008) para las variedades de las especies *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea*. En el segundo año, al hablar del corte 1, la biomasa es la obtenida de la mezcla de los dos primeros cortes realizados (15 de noviembre y 12 de diciembre); de igual manera, se optó por no realizar los análisis de calidad del último corte de ese año (12 de julio).

En los análisis de calidad, especialmente para explicar las diferencias entre cortes, es aconsejable que los cortes se realicen con la misma frecuencia entre ellos (por ejemplo de 45 en 45 días), o en función del estado fenológico, según indican Donaghy *et al.* (2008), siendo este último método el que se ha elegido, ya que el propósito del proyecto es simular la utilización por parte del agricultor de la biomasa, y por tanto los cortes han sido realizados cuándo la cantidad de material vegetal lo justificaba. De este modo en el segundo año del trabajo, el número de días entre cortes fueron respectivamente: 77 días entre el corte 1 y el corte 2, 48 días entre al corte 2 y el corte 3 y de 64 días entre el corte 3 y el corte 4. En el tercer año el número de días entre cortes fueron: 91 días entre el corte 1 y el corte 2, 50 días entre el corte 2 y corte 3 y 77 días entre el corte 3 y corte 4.

4.5.1. PROTEÍNA

El análisis de varianza (ANOVA) realizada para la proteína permitió verificar que existieron diferencias significativas en las dobles interacciones Año x Corte, Año x Especie y Corte x Especie (Tabla 4.12).

Tabla 4.12 – Análisis de la varianza (ANOVA), por especie, del contenido en proteína bruta (%) de la materia seca en *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* en los cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Año	1	2,82	2,82	0,81	0,3737	
Error Año x Rep.	46	160,95	3,50			
Corte	3	4263,76	1421,25	489,30	0,0000	***
Año x Corte	3	885,50	295,17	101,62	0,0000	***
Error Año x Rep. x Corte	138	400,85	2,90			
Especie	1	235,87	235,87	101,24	0,0000	***
Año x Especie	1	30,31	30,31	13,01	0,0004	***
Corte x Especie	3	156,72	52,24	22,42	0,0000	***
Año x Corte x Especie	3	14,38	4,79	2,06	1,1081	
Error Año x Rep.x Corte x Especie						
Especie	160	372,78	2,33			
Total	359					

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

*** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

En lo referido a las diferencias significativas en la interacción Año x Especie ($p \leq 0,001$), en ambos años, el nivel de proteína bruta (PB) fue superior en *Dactylis glomerata* (Figura 4.12) que en *Festuca arundinacea*, también Butkutė et al. (2011), encontraron valores superiores de dactilo en comparación con festuca. En esta especie no hubo diferencias significativas en el contenido de PB entre los dos años. Por otro lado si se observaron diferencias significativas entre el contenido medio de las festucas entre los dos años, siendo este contenido superior en el año 2006-2007.

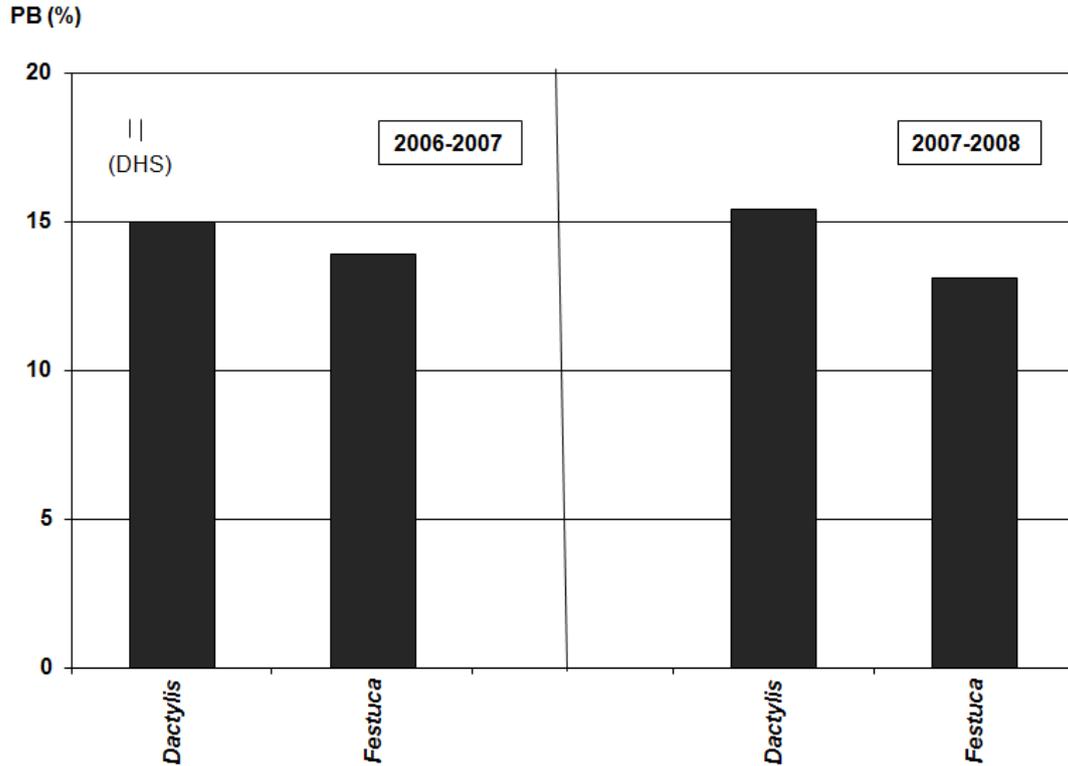


Figura 4.12 – Efecto del Año x Especie sobre el contenido en PB (%) para las dos especies (*Dactylis glomerata* y *Festuca aundinacea*) en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año.

En la Figura 4.13 se observa un mayor porcentaje de proteína en el corte 1 realizado en 2006-2007, pero también se destaca el buen porcentaje de PB en los 2 primeros cortes realizados en 2007-2008. Cuando se compara el corte 4 en los dos años se verifica que la PB disminuye en el segundo año. Esta disminución del nivel de proteína puede ser explicada, en parte, por el número de días que pasan entre cortes. Flores *et al.* (2000) ya indicaron que este porcentaje disminuye en función del aumento de los días entre cortes. Según los mismos autores esta disminución representa en media una pérdida de 0,14 % por cada día más de intervalo entre cortes. Minson (1990) encontró valores de disminución de la proteína de 0,22 % al día para gramíneas perennes. Por otro lado, con el avance del ciclo de las plantas, desde el estado vegetativo hasta el estado reproductivo, va aumentando el grado de lignificación, por tanto, disminuyendo la calidad del forraje (Waghorn y Shelton, 1992; Alomar, 1996).

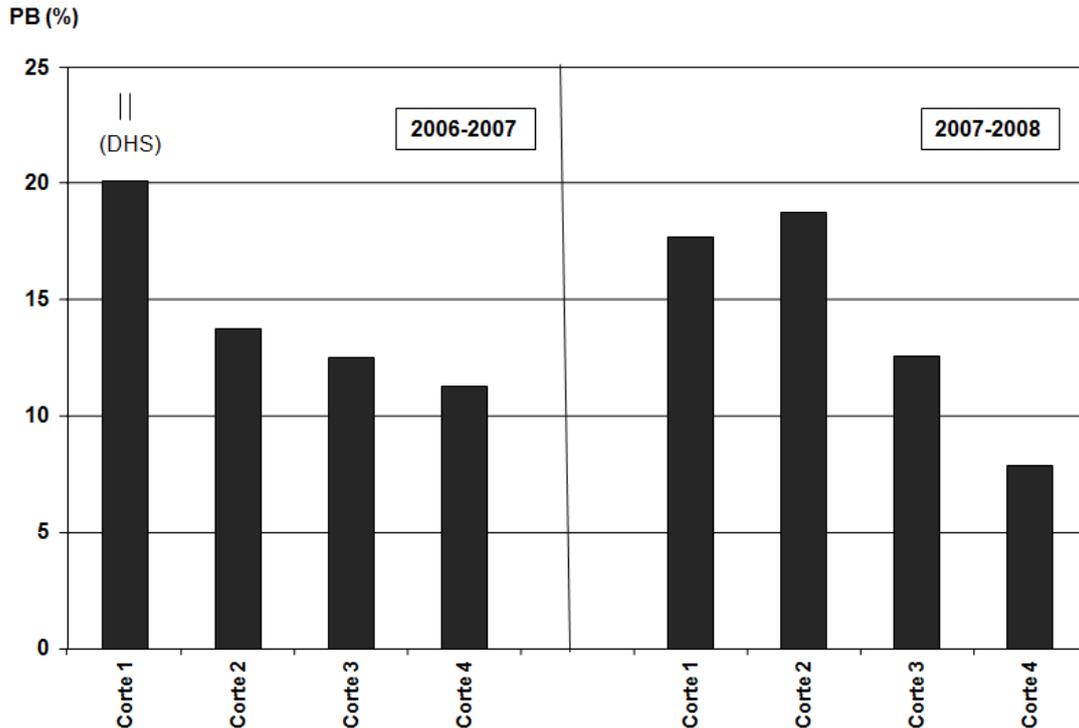


Figura 4.13 – Efecto del Año x Corte sobre el contenido en PB (%) en las 4 fechas de corte realizadas en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año.

Comparando para cada corte las diferencias entre las dos especies, se observa que en todos los cortes (Figura 4.14), con excepción del corte 4, las media del contenido en PB de *Dactylis glomerata* fue superior a la de la media de *Festuca arundinacea*. También Poblaciones *et al.* (2008), encontraron valores más altos de PB en *Dactylis glomerata* que en *Festuca arundinacea*, 17,1% y 15,6% respectivamente, media resultante del análisis de cortes realizados en final de invierno e inicio de la primavera, no obstante tener en cuenta que estos valores fueron obtenidos utilizando el NIRS (*Near Infrared Spectroscopy*). El valor de PB en el cuarto corte es ligeramente superior al encontrado por Tuna *et al.* (2004), en Turquía, para *Dactylis glomerata*, con un valor de 7,63%, este valor se deberá al hecho de que en ese estudio los niveles de materia orgánica en el suelo variaban entre 0,8% y 1,3%, siendo inferiores a los encontrados en este estudio, y no haber sido aplicado ningún fertilizante, al contrario de lo que fue echo en este estudio.

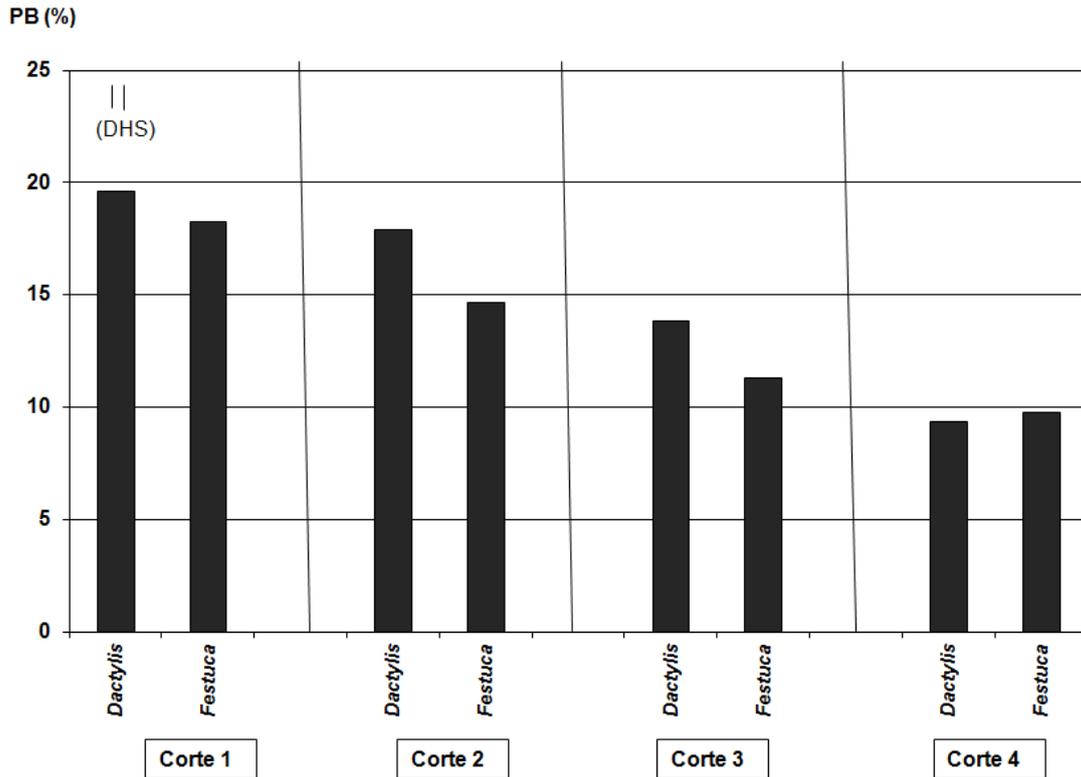


Figura 4.14 – Efecto del Corte x Especie sobre el contenido en PB (%) para las dos especies (*Dactylis glomerata* y *Festuca aundinacea*) en las 4 fechas de corte. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Corte; segundo a diferente nivel de Corte.

Al realizar el estudio por variedades, el análisis de la varianza arrojó diferencias significativas en la interacción Año x Variedad ($p \leq 0,01$), como se observa en la Tabla 4.13

En los dos años el contenido en PB, respecto a la variable *variedad* se mantuvo estable, no existiendo diferencias significativas (Figura 4.15). Este factor es de gran interés, ya que mantener los niveles de PB, independientemente de las condiciones meteorológicas del año, ofrece ciertas garantías de calidad, en función de la variedad que se elija.

Tabla 4.13 – Análisis de la varianza (ANOVA) del contenido en proteína bruta (%) de la materia seca por variedades en los cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Año	1	2,96	2,96	0,58	0,4893	
Error Año x Rep.	4	20,48	5,12			
Corte	3	4432,47	1477,49	949,87	0,0000	***
Año x Corte	3	911,72	303,91	195,38	0,0000	***
Error Año x Rep. x Corte	12	18,67	1,56			
Variedad	14	338,71	24,19	13,30	0,0000	***
Año x Variedad	14	62,64	4,47	2,46	0,0030	**
Corte x Variedad	42	475,38	11,32	6,22	0,0000	***
Año x Corte x Variedad	42	92,11	2,19	1,21	0,1961	
Error Año x Rep.x Corte x Variedad						
Especie	224	407,45	1,82			
Total	359	6762,58				

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

** *Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

Por otro lado, al realizar el estudio para cada año, sí se verificaron diferencias significativas entre las variedades. Se destaca que en el primer año (2006-2007) las diferencias entre variedades no fue muy marcada, destacando las variedades de *Dactylis glomerata* Porto (15,54%), Currie (15,47%) y Ottava (15,30%), y la variedad de *Festuca arundinacea*, Lunibelle (15,51%), con respecto a la variedad Flecha NE (13,10%). En el segundo año (2007-2008) las diferencias fueron más evidentes, con una superioridad de las variedades de *Dactylis glomerata* Porto (16,34%) y Jana (15,81%), en comparación con todas las variedades de *Festuca arundinacea*, todas con valores inferiores a los 14% de contenido en PB. Cougnon *et al.* (2013a) encontraron valores medios anuales de PB en festuca, en Bélgica, que variaban entre 11,9% y 13,3%, lo que está dentro de los valores encontrados para la especie en este estudio.

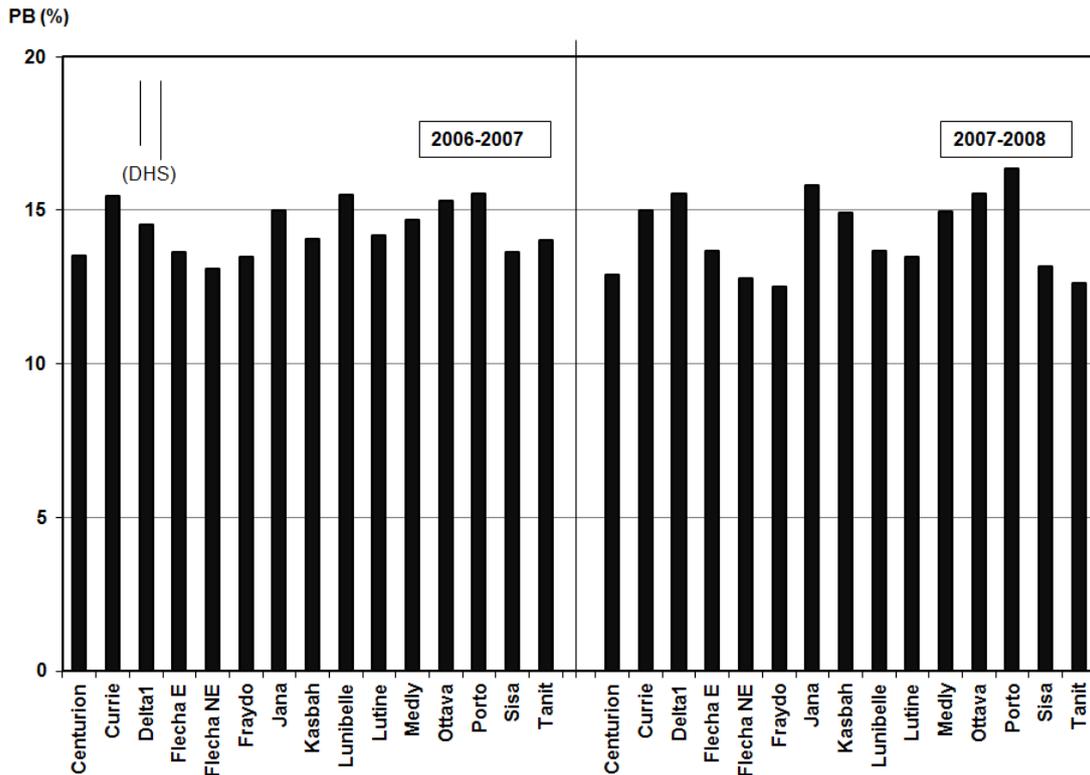


Figura 4.15 – Efecto del Año x Variedad sobre el contenido en PB (%) para las variedades de *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año.

La Figura 4.16 representa gráficamente los resultados obtenidos de la interacción Corte x Variedad y en ella se muestra que todas las variedades presentaron un nivel de PB en el corte 1 superior al corte 4.

La disminución del nivel de proteína bruta, entre cortes, fue más marcado en las variedades pertenecientes a la especie *Festuca arundinacea*. Esta disminución se podrá deber a una más rápida maduración de las hojas en festuca, razón por la cual el tiempo de aprovechamiento por el ganado deberá ser más corto que en el caso del dactilo (Muslera y Ratera, 1991). En todas las variedades de esta especie, con excepción de Lunibelle, Lutine y Sisa, se verificó una disminución del porcentaje de PB entre el corte 1 y todos los restantes cortes, mientras que en el caso de los dactilos, esta disminución sólo tiene lugar entre los cortes 1 y 2 en comparación con los cortes 3 y 4.

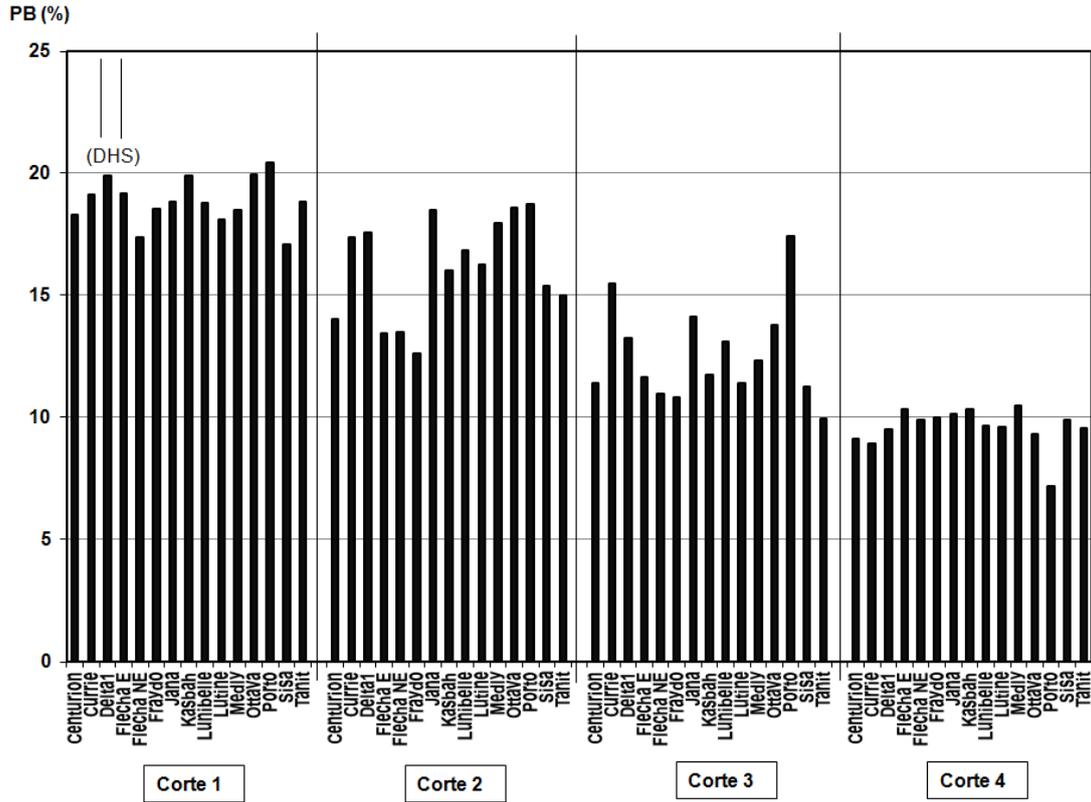


Figura 4.16 – Efecto del Corte x Variedad sobre el contenido en PB (%) para las variedades de *Dactylis glomerata* y *Festuca aundinacea* en las 4 fechas de corte. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Corte; segundo a diferente nivel de Corte.

En el corte 1, cuya media fue del 18,86 %, solo se verificaron existir diferencias entre la variedad Porto (20,42%) y la variedad Sisa (17,08%). En el corte 2 (media de 16,13%), las variedades Porto (18,72%) y Ottawa (18,62%), fueron superiores a todas las festucas con excepción de Lunibelle y Lutine. En el corte 3 (media de 12,58%), se destaca de nuevo la variedad Porto (17,45%), que con excepción de Currie (15,47%), fue superior a todas las variedades, las cuales presentaron valores inferiores al 14,50% de PB. En el último corte (media de 9,59%), se verifica solamente una superioridad de Medly (10,48%) en relación a Porto (7,19%) (Figura 4.16).

La disminución en el porcentaje de PB de la biomasa a lo largo de los distintos cortes, puede explicarse debido a las temperaturas más altas a medida que avanza el ciclo, perfectamente verificado entre los cortes 3 y 4 (mediados de junio). Debido al aumento de temperaturas, las paredes celulares se lignifican más rápido, ya que con altas temperaturas, las síntesis de lignina aumenta, mientras que con temperaturas más bajas la tendencia es que la planta acumule mayor porcentaje de hidratos de carbono

no estructurales, los cuales son de elevada digestibilidad (Kugler, 2004). Thorvaldsson (1992) observó en *Phleum pratense*, otra gramínea, que por cada grado Celsius de aumento de la temperatura la digestibilidad del forraje disminuía 0,66%. Por su parte, Chatterton *et al.* (1989) determinaron que con un aumento de 15 °C (de 10 °C a 25 °C) la cantidad de hidratos de carbono estructurales en la planta se triplicaban.

4.5.2. DIGESTIBILIDAD

Al igual que en el caso de la proteína, la digestibilidad de la biomasa se estudió en primer lugar para cada especie (*Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea*). En la Tabla 4.14 se puede ver el análisis de varianza (ANOVA) realizada en función de las variables Año, Corte y Especie.

Tabla 4.14 – Análisis de la varianza (ANOVA), por especie, de la digestibilidad (%) de la materia seca en *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* en los cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Año	1	318,73	318,73	8,90	0,0046	**
Error Año x Rep.	46	1647,60	35,82			
Corte	3	18577,00	6192,34	232,79	0,0000	***
Año x Corte	3	1407,80	469,27	17,64	0,0000	***
Error Año x Rep. x Corte	138	3670,80	26,60			
Especie	1	356,50	356,50	15,19	0,0001	***
Año x Especie	1	14,88	14,88	0,63	0,4271	
Corte x Especie	3	422,80	140,95	6,01	0,0007	***
Año x Corte x Especie	3	256,30	85,42	3,64	0,0141	*
Error Año x Rep. x Corte x Especie	160	3754,60	23,47			
Total	359					

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.
 ** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.
 *** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

Los resultados de ANOVA (Tabla 4.14) muestran, que la interacción triple Año x Corte x Especie arroja diferencias significativas. En la Figura 4.17 se puede observar que, en cuanto al mismo año y corte, sólo existieron diferencias significativas en el tercer corte en el primer año, con una mayor digestibilidad de *Dactylis glomerata* con respecto a *Festuca arundinacea*. Estos resultados coinciden con lo escrito por Dermaquilly y

Alibes (1977 en Muslera y Ratera, 1991) quienes encontraron valores similares entre las dos especies en cortes realizados en fechas similares. Radcliffe y Cochrane (1970) también encontraron valores semejantes, no obstante verificaron que la digestibilidad de *Dactylis glomerata* era inferior a la de *Festuca arundinacea* en los cortes realizados cerca del verano, con valores que variaban entre 45% - 50% en *Dactylis glomerata* y 52% - 55% en *Festuca arundinacea*. Una explicación presentada por esos autores es la de una continuada producción de nuevos hijos en las plantas de la variedad utilizada (Demeter), que compensaba los segmentos más maduros, en términos de calidad, del forraje, lo que no se observó en este estudio en las análisis de calidad realizados.

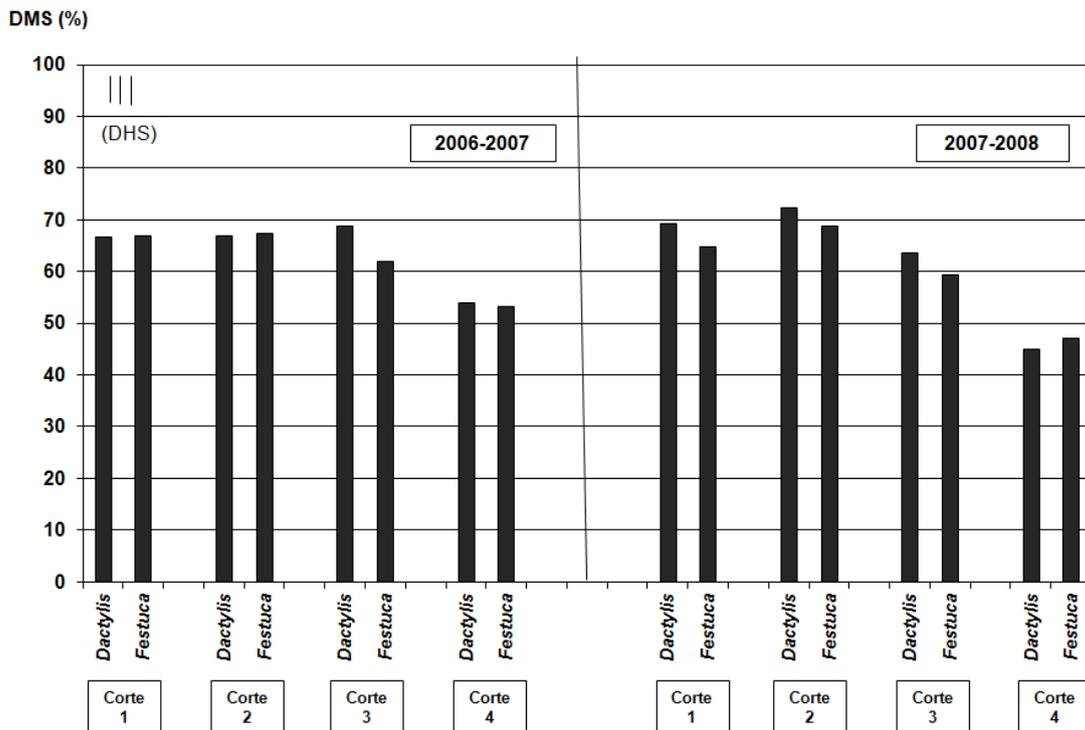


Figura 4.17 - Efecto del Año x Corte x Especie sobre la digestibilidad en materia seca (%) para las especies *Dactylis glomerata* y *Festuca aundinacea* en las 4 fechas de corte y en los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008). Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año y corte; segundo al mismo nivel de Año; tercero a diferente nivel de Año.

Considerando la comparación de la misma especie para el mismo corte en los dos años, sólo en el cuarto corte se observaron diferencias significativas, tanto en los dactilos como en las festucas. Esto puede deberse a que ambas son gramíneas, en las cuales, al madurar (paso de la fase vegetativa para la fase reproductiva) la proporción hoja/tallo disminuye, por lo que los tallos presentan un mayor porcentaje de fibra debido a una necesidad estructural para soportar las inflorescencias (Martiniello

et al., 1997; Kugler, 2004). Por otra parte, los tallos de las inflorescencias, porque contienen valores más altos de tejidos estructurales lignificados y menos tejidos metabólicamente activos que las hojas, tienen mucha menor digestibilidad (Twidwell *et al.*, 1988; Bruckner y Hanna, 1990; Twidwell *et al.*, 1991; Moore y Jung, 2001).

Al estudiar la interacción doble Año x Variedad (Figura 4.18), significativa según se muestra en la Tabla 4.15 se puede ver que solamente existen diferencias significativas en la variedad Jana, que en el primer año presentó una digestibilidad de la materia seca del 67,64% y solamente 58,85% en el segundo año.

Tabla 4.15 – Análisis de la varianza (ANOVA), por variedad, de la digestibilidad (%) de la materia seca en *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* en los cuatro cortes realizados en cada uno de los 2 años de estudio (2006-2007 y 2007-2008).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P	
Año	1	328,71	328,71	17,15	0,0144	*
Error Año x Rep.	4	76,70	19,17			
Corte	3	19702,00	6567,34	176,95	0,0000	***
Año x Corte	3	1413,20	471,07	12,69	0,0005	***
Error Año x Rep. x Corte	12	445,40	37,11			
Variedad	14	1131,10	80,80	4,52	0,0000	***
Año x Variedad	14	595,40	42,53	2,38	0,0042	***
Corte x Variedad	42	3092,40	73,63	4,12	0,0000	***
Año x Corte x Variedad	42	826,10	19,67	1,10	0,3242	
Error Año x Rep.x Corte x Variedad						
Variedad	224	4007,60	17,89			
Total	359	31618,50				

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad.

** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

*** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

El hecho de no encontrar apenas diferencias significativas para las variedades entre años para el parámetro digestibilidad, indica que existe una estabilidad de dicho parámetro entre años para las diferentes variedades.

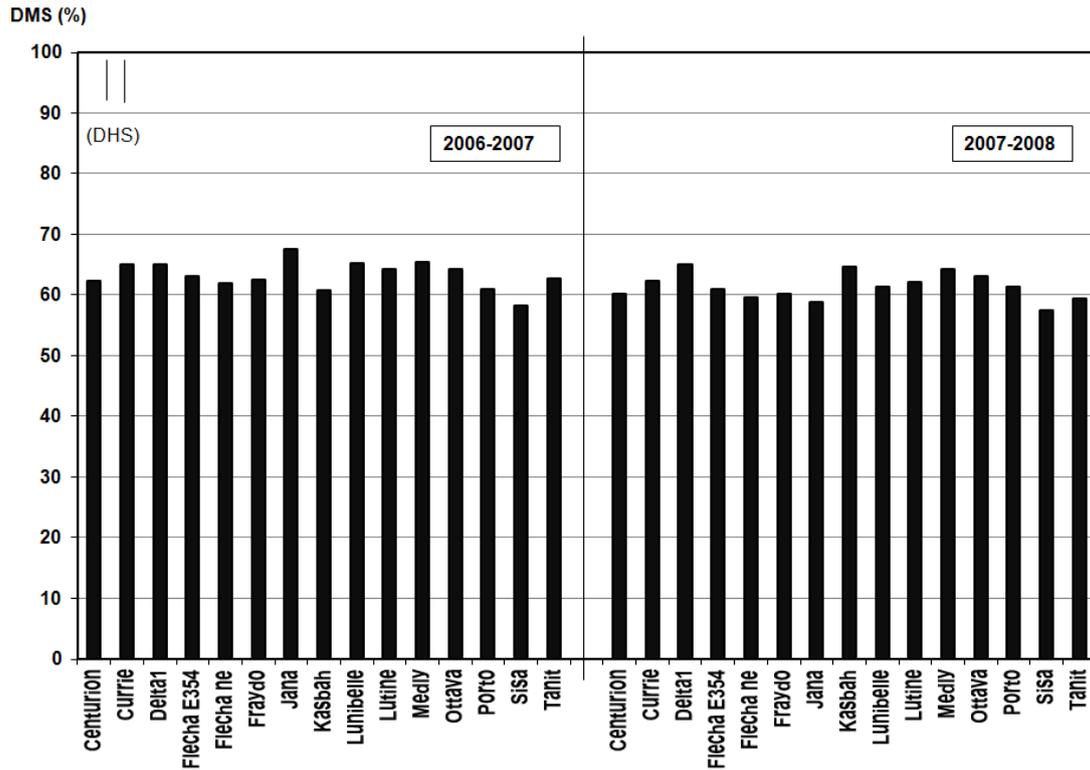


Figura 4.18 – Efecto del Año x Variedad sobre la digestibilidad en materia seca (%) para las variedades de *Dactylis glomerata* y *Festuca aundinacea* en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Año; segundo a diferente nivel de Año.

En cuanto a las diferencias entre variedades en el mismo año, se verifica que Sisa fue la variedad que presentó siempre el peor valor de digestibilidad de la materia seca con 58,27% en el primer año y 57,53% en el segundo, siendo significativamente inferiores sus valores de digestibilidad que los hallados para Jana (67,64%), Medly (65,36%), Lunibelle (65,33%), Currie (65,02%) y Delta1 (65,01%) en el primer año e inferior que Delta1 (65,08%), Kasbah (64,63%) y Medly (64,23%) en el segundo año (Figura 4.18). Pese a que Sisa es una variedad de tipo intermedio (mediterráneo x continental), su floración ha sido una de las más tempranas en los dos años (Tabla II), lo que puede justificar, en parte, una menor digestibilidad; según Vartha *et al.* (1982) la digestibilidad baja de manera marcada después del inicio de la floración, pudiendo descender entre 0,3 y 0,5 unidades por día, en el mes siguiente a la floración Radcliffe y Cochrane (1970). Por otra parte también existe una correlación negativa entre la producción y la calidad de las plantas (Seppänen *et al.*, 2010).

La figura 4.19 representa gráficamente la interacción doble Corte x Variedad, mostrando que todas las variedades arrojaban diferencias significativas para los

valores de digestibilidad entre el corte 1 y el corte 4, con excepción de la variedad Medly y entre el corte 2 y el corte 4 para todas las variedades. Entre el corte 2 y el corte 3 solamente hubo diferencias en los cortes de las variedades Fraydo y Kasbah. Se observaron diferencias significativas para la mayoría de las variedades entre el corte 3 y el corte 4, exceptuando las variedades Flecha E, Flecha NE, Fraydo, Jana y Medly. Esta disminución de la digestibilidad en el corte 4 era de esperar, debido a que la floración conlleva una reducción significativa de la digestibilidad, por tener valores más altos de tejidos estructurales lignificados (Twidwell *et al.*, 1988; Bruckner y Hanna, 1990; Twidwell *et al.*, 1991; Moore y Jung, 2001). Por ello se considera en algunos estudios una posible manipulación genética de modo a retrasar o suspender la formación de las inflorescencias (Jensen *et al.*, 2004; Andersen *et al.*, 2006; Pakarinen *et al.*, 2008).

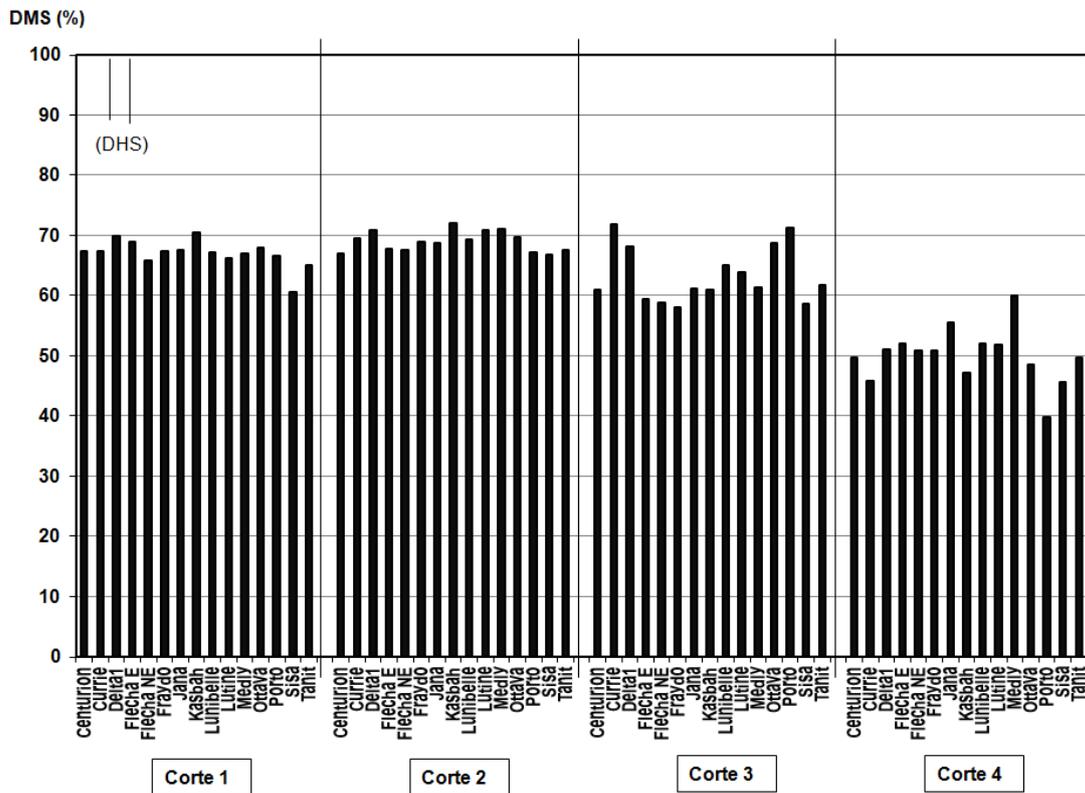


Figura 4.19 – Efecto del Corte x Variedad sobre la digestibilidad en materia seca (%) para las variedades de *Dactylis glomerata* y *Festuca aundinacea* en las 4 fechas de corte. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación: primero al mismo nivel de Corte; segundo a diferente nivel de Corte.

Al analizar los datos por cortes (Figura 4.19), se observa que: en el corte 1 solo existieron diferencias significativas entre la variedad Kasbah (70,48%) y la variedad Sisa (60,65%). No existieron diferencias significativas entre las variedades en el corte

2. En el corte 3 fue donde se encontraron mayores diferencias entre variedades, existieron diferencias significativas entre Fraydo (58,07%), Sisa (58,60%), Flecha NE (58,75%), Flecha E (59,48%), Centurión (60,95%), Kasbah (61,05%) y Jana (61,17%), en comparación con las variedades Currie (71,80%) y Porto (71,18%). Estas dos últimas variedades fueron las que llegaron a la floración más tarde, lo que justifica una mayor digestibilidad en este corte. Finalmente, en el corte 4 se destaca la variedad Medly, con un valor de la digestibilidad en materia seca del 59,92%, significativamente superior a todas las demás variedades. Esta mayor digestibilidad en comparación con las restantes variedades de dactilo se puede explicar por el hecho de Medly ser en julio la variedad de dactilo que presentaba menor senescencia (62,33%), en comparación con, por ejemplo Kasbah (89,45%), Currie (81,63%) o Porto (80,22%) no obstante no se ha encontrado justificación para su mayor digestibilidad fase a las festucas.

En las Figuras I, II y III (anejo) se pueden observar las correlaciones entre los parámetros producción de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y digestibilidad de la materia seca (DMS) con relación con la eficiencia del uso del agua (WUE). La correlación entre la WUE y la MS fue significativa al nivel $p \leq 0,001$, pese a que su coeficiente de correlación fue bajo ($r = 0,591$). Gulías *et al.* (2012) verificaron que existían correlaciones positivas entre la WUE y la MS en *Dactylis glomerata* ($r = 0,846$) y *Festuca arundinacea* ($r = 0,837$) en experimentos realizados en ambiente controlado en macetas. Eivazi (2015), encontró un valor semejante entre la WUE y la producción de grano en trigo, y Shahhosseini *et al.* (2012) también encontraron una correlación significativa entre estos parámetros para la producción de maíz ($r = 0,935$), lo que muestra que es importante el estudio de la WUE con relación a los parámetros de producción. En lo que se refiere a los parámetros de calidad, autores como Mohamed *et al.* (2013) corroboran los datos obtenidos en este trabajo, en los que solo se observó una correlación significativa de la WUE ($p \leq 0,05$) con relación a la digestibilidad con un coeficiente de correlación muy bajo ($r = 0,312$ para Mohamend *et al.* (2013) y $r = 0,213$ en el presente trabajo), no habiendo correlación entre WUE y PB ($r = 0,022$ en el trabajo actual y $r = 0,09$ en la bibliografía consultada).

5 - CONCLUSIONES

En la presente Tesis Doctoral se muestran los resultados de dos años agrícolas (2006-2007 y 2007-2008) realizados en los campos experimentales del Polo de Elvas del *Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária* (Portugal). Entre las conclusiones obtenidas encontramos que:

- 1.- En general, las variedades de tipo mediterráneo tuvieron una mayor persistencia que las de tipo continental debido su mayor adaptación a las condiciones climáticas del experimento; destacan en dactilo las variedades Kasbah por lo positivo y Porto por lo negativo y en festuca alta, Flecha E542 por lo positivo y Lutine y Lunibelle por lo negativo.
- 2.- Las variedades de dactilo presentaron mayor porcentaje de senescencia en julio (media de 75,2%) que las variedades de festuca alta (media de 46,5%); destaca la variedad Kasbah con 89,5%, única variedad con dormancia estival verdadera.
- 3.- Las variedades de festuca alta fueron más productivas que las de las restantes especies, destacándose en los dos años las variedades Flecha y Sisa, destacándose también por la negativa las variedades Bronsyn y Camel (raygrass inglés), Porto (dactilo) y Partenope (alpiste).
- 4.- Las variedades de dactilo presentaron un valor más alto de proteína bruta (media de dos años de 15,2%) que las variedades de festuca alta (media de dos años de 13,5%); destaca la variedad Porto, con una media de dos años de 15,9%.
- 5.- La WUE de festuca alta fue superior a la de dactilo, concluyéndose que es una especie interesante para un correcto aprovechamiento del agua. Se constató que existen diferencias entre variedades en la WUE lo que permite una selección en las especies en función de este parámetro.
- 6.- Se verificó la existencia de una correlación positiva entre la WUE y la producción de materia seca en la media total de todas las especies y variedades usadas en el ensayo.

6 - CONCLUSÕES

Nesta Tese de Doutoramento apresentam-se os resultados de dois anos agrícolas (2006-2007 e 2007-2008) realizados nos campos experimentais do Polo de Elvas do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (Portugal). Entre as conclusões obtidas encontramos que:

1.- Em geral, as variedades de tipo mediterrâneo tiveram uma maior persistência que as de tipo continental devido à sua maior adaptação às condições climáticas do ensaio; destacam-se no panasco as variedades Kasbah pela positiva e Porto pela negativa e na festuca alta, Flecha E542 pela positiva e Lutine e Lunibelle pela negativa.

2.- As variedades de panasco apresentaram maior percentagem de senescência em Julho (média de 75,2%) que as variedades de festuca alta (média de 46,5%); destaca-se a variedade Kasbah com 89,5%, única variedade com dormência estival verdadeira.

3.- As variedades de festuca alta foram mais produtivas que as das restantes espécies, destacando-se nos dois anos as variedades Flecha e Sisa, destacando-se também pela negativa as variedades Bronsyn e Camel (azevém perene), Porto (panasco) e Partenope (alpista aquática).

4.- As variedades de panasco apresentaram um valor mais alto de proteína bruta (média de dois anos de 15,2%) que as variedades de festuca alta (média de dois anos de 13,5%); destaca-se a variedade Porto, com uma média de dois anos de 15,9%.

5.- A WUE da festuca alta foi superior à do panasco, concluindo-se que é uma espécie interessante para um correcto aproveitamento da água. Constatou-se que existem diferenças entre variedades na WUE o que permite uma selecção nas espécies em função deste parâmetro.

6.- Verificou-se existir uma correlação positiva entre a WUE e a produção de matéria seca na média total de todas as espécies e variedades usadas neste ensaio.

7 - REFERENCIAS

- Acar Z., Ayan I., Asci O., Basaran U., Mut H. (2009). Biodiversity in morphological properties and nutritional values of forage grass species. *Journal of Environmental Biology* 30, Pp: 583-589.
- Acar Z., Ayan I., Basaran U., Mut H., Asci O. (2010). Some plant characteristics of accessions of fescue species (*Festuca sp.*) collected from the Central-Black Sea Region of Turkey. In: 23rd EGF General Meeting on "Grassland in a Changing World". *Grassland Science in Europe* 15, Pp: 323-325.
- ACTA (Association de Coordination Technique Agricole) (1966). *Guide pratique de defense des cultures*. Paris, Pp: 1- 232.
- Ahmed L.Q., Durand J-L., Louarn G., Fourtie S., Sampoux J.-P. and Escobar-Gutiérrez A.J. (2014). Genetic diversity of *Lolium perenne* L. in the response to temperature during germination. In: 25th EGF General Meeting on "EGF at 50: The Future of European Grasslands". *Grassland Science in Europe* 19, Pp: 122-124.
- Alderson J., Sharp W.C. (1995). Grass varieties in the United States. *CRC Press/Lewis Publ., Boca Raton, FL*, 258 p.
- Alomar D. (1996). Efecto del estado fenológico sobre la composición químico-nutricional de tres gramíneas forrajeras. *AgroSur* 24, Pp: 14-22.
- Andersen J.R., Jensen L.B., Asp T., Lübberstedt T. (2006). Photoperiodic regulation of flowering in perennial ryegrass involving a Constans-like homologue. *Plant Molecular Biology* 56 (2), Pp: 159-69.
- Angus J.F., van Herwaarden A.F. (2001). Increasing water use and water use efficiency in dryland wheat. *Agronomy Journal* 93, Pp: 290-298.
- Annicchiarico P., Pecetti L., Abdelguerfi A., Bouzerzour H., Kallida R., Porqueddu C., Simões N.M., Volaire F. (2013). Optimal forage grass germplasm for drought-prone Mediterranean environments. *Field Crops Research* 148, Pp: 9-14.
- Annicchiarico P., Pecetti L., Bouzerzour H., Kallida R., Khedim, A., Porqueddu, C., Simões N. M., Volaire F., Lelièvre F. (2011). Adaptation of contrasting cocksfoot plant types to agricultural environments across the Mediterranean basin. *Environmental and Experimental Botany* 74, Pp: 82-89.

- Arcioni S., Mariotti D., Falcinelli M., Ceccarelli S. (1980). Relationship between ecological adaptation and carbohydrates reserve evolution for two different varieties of *Lolium perenne* L.. *Annales de l'amélioration des plantes* 30(3), Pp: 309-319.
- Asay K., Johnson D., Palazzo A. (1998). Parent-progeny relationships for carbon isotop discrimination and related characters in crested wheatgrass. *International Journal of Plant Sciences* 159 (5), Pp: 821- 825.
- Baert J., Van-Waes C. (2014). Improvement of the digestibility of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) inspired by perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). In: 25th EGF General Meeting on "EGF at 50: The Future of European Grasslands". *Grassland Science in Europe* 19, Pp: 172-174.
- Bai Y.F, Han X.G, Wu J. G, Chen Z.Z, Li L.H. (2004). Ecosystem stability and compensatory effects in the inner Mongolia Grassland. *Nature* 431, Pp: 181-184.
- Barradas A., Carneiro, J.P., Amante, H., Simões, N. M., Olea, L., Almeida, J.P. (2006). Does the response of natural pastures to improvement techniques depend on soil fertility level?. In: 21st General Meeting on "Sustainable grassland productivity". *Grassland Science in Europe* 11, Pp: 101-103.
- Barreña J.A., Robledo A., Correal E. (1999). *Distribución y caracterización del género Dactylis L. En la región de Murcia (SE. España). Actas de la XXXIX Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, Pp: 63-67.
- Barroso-Fernandes (1996). Estudo comparativo de *Dactylis glomerata* em condições mediterrânicas de sequeiro. *Instituto Politécnico de Beja*, 51 p.
- Bélanger G., Gastal, F., Warembourg, F.R. (1994). Carbon balance of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.): effects of nitrogen fertilization and the growing season. *Annals of Botany* 74, Pp: 653-659.
- Belesky D., Fedders J.M. (1994). Defoliation Effects on Seasonal Production and Growth Rate of Cool-Season Grasses. *Agronomy journal* 86 (1), Pp: 38-45.
- Betteridge K., Baker C.J. (1983). Production from a drought-prone nothland pasture directed drilled with 3 grass cultivars. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 11, Pp: 101-106.

- Blair I.D. (1937). The agricultural value of *Phalaris tuberosa*. In: Proceedings of the New Zealand Grasslands Association Conference. *Journal of New Zealand Grasslands* 6, Pp: 156-164.
- Blicker P.S., Olson B.E., Wraith J.M. (2003). Water use and water-use efficiency of the invasive *Centaurea maculosa* and three native grasses. *Plant and Soil* 254, Pp: 371-381.
- Blösch R.M., Riesen O., Feller U. (2014). Leaf development and intactness of the photosynthetic electron transport in grassland plants exposed to an extended drought period. In: *Proceeding of the 9th International Conference On Energy & Environment (EE'14)*. Geneva, Switzerland, December 29-31, Pp: 13-20.
- Blum A. (1999). Towards standard assay on drought resistance in crop plants. In: Proceedings of the workshop on molecular approaches for the genetics improvement of cereals for stable production in water-limited environment, Pp: 3-35.
- Boeck H.J., Lemmens C.M.H.M., Bossuyt H., Malchair S., Carnol M., Merckx R., Nijs I., Ceulemans R. (2006). How do climate warming and plant species richness affect water use in experimental grasslands?. *Plant and Soil* 288, Pp: 249- 261.
- Bolinder M.A., Angers D.A., Bélanger G., Michaud R., Laverdière M.R. (2002). Root biomass and shoot to root ratios of perennial forage crops in eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science* 82 (4), Pp: 731-737.
- Borrill M. (1978). Evolution and genetic resources of cocksfoot. Annual Report Wales Plant Breeding Station Aberystwyth 1977, Pp: 190-209.
- Borrill M., Jones K. (1961). Hexaploid *Dactylis*. *Nature* 190, Pp: 469-470.
- Borrill M., Lindner R. (1971). Diploid-Tetraploid sympatry in *Dactylis* (Gramineae). *New Phytol* 70 Pp: 1111-1124.
- Borrill M., Tyler B., Jones M.K. (1971) Studies in *Festucae*. 1. A chromosome atlas of *bovinae* and *scariosae*. *Cytologia* 36, Pp 1-14.

- Boschma S.P., Lodge G.M., Harden S. (2009). Establishment and persistence of perennial grass and herb cultivars and lines in a recharge area, North-West Slopes, New South Wales. *Crop and Pasture Science* 60 (8), Pp: 753-767.
- Boyer J.S. (1982). Plant productivity and environment. *Science* 218, Pp:443-448.
- Bradford K.J., Hsiao T.C. (1982). Physiological responses to moderate water stress. In: *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series 12b. Springer Verlag, New York, Pp: 263-324
- Bretagnolle F., Thompson J.D. (1996). An experimental study of ecological differences in winter growth between sympatric diploid and autotetraploid *Dactylis glomerata*. *Journal of Ecology* 84, Pp: 343-351.
- Bruckner P.L., Hanna W.W. (1990). *In vitro* digestibility of fresh leaves and stems of smallgrain species and genotypes. *Crop Science* 30, Pp:196-202.
- Buckner R.C., Powell J.B., Frakes R.V. (1979). Historical development. In: *Tall fescue. Agronomy Monograph* 20, Pp: 1-8.
- Bumane S., Adamovics A. (2006). Influence of fertilization rates on *Lolium perenne* sward photosynthetic characteristics and seed yield. In: 21st General Meeting on "Sustainable grassland productivity". *Grassland Science in Europe* 11, 116-118.
- Butkutė B., Kanapeckas J., Lemežienė N., Kemešytė V. (2011). Comparison of productivity and forage quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.), tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and red canary grass (*Phalaris arundinacea* L.). *Veterinary Medicine and Zootechnics* 56 (78), Pp: 41-50.
- Calder D.M. (1964). Flowering behaviour of populations of *Dactylis glomerata* under field conditions in Britain. *Journal of Applied Ecology* 1 (2), Pp: 307-320.
- Cantarel A.M., Bloor J.M.G, Soussana JF. (2013). Four years of simulated climate change reduces aboveground productivity and alters functional diversity in a grassland ecosystem. *Journal of Vegetation Science* 24, Pp: 113-126.
- Carnide V., Guedes-Pinto H. (1992). *Caracterização de ecótipos de Dactylis glomerata do Norte de Portugal*. *Pastagens e Forragens* 13, Pp: 93-103.

- Carnide V., Guedes-Pinto H., Sequeira C., Mascarenhas-Ferreira A. (1994). Produção e valor nutritivo de ecótipos portugueses de *Dactylis glomerata*. *Pastagens e Forragens* 14/15, Pp: 1-9.
- Carvalho-Cardoso J.V.J. (1965). Os solos de Portugal. Secretaria de Estado da Agricultura. Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas. I – A Sul do Rio Tejo. 308 p.
- Ceccarelli S., Somaroo B.H. (1983). Summer dormancy and winter regrowth of perennial grasses in Syria. *Journal of Agronomy and Crop Science* 15, Pp: 81-83.
- Chai Q.i., Jin F., Merewitz E., Huang B. (2010). Growth and physiological traits associated with drought survival and post-drought recovery in perennial turfgrass species. *Journal of American Society for Horticultural Science* 135, Pp: 125-133.
- Chatterton N.J., Harrison P.A., Bennett J.H., Asay K.H. (1989) Carbohydrate partitioning in 185 accessions of Graminae grown under warm and cool temperatures. *Journal of Plant Physiology* 134, Pp: 169-179.
- Chaves M.M, Pereira J.S, Maroco J., Rodrigues M.L, Ricardo C.P.P, Osorio M.L, Carvalho I., Faria T., Pinheiro C. (2002). How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89, Pp: 907-916.
- Cheplick G. P. (2004). Recovery from drought stress in *Lolium perenne* (*Poaceae*): are fungal endophytes detrimental? *American Journal of Botany* 91 (12), Pp: 1960-1968.
- Chosson J.F., Mousset C. (1986). Caractéristiques physiologiques, morphologiques et agronomiques d'écotypes de *Dactylis* de la Côte Nord de l'Espagne, de Galice et du Nord du Portugal. *Pastagens e Forragens* 7, Pp: 21-44.
- Christensen M.J., Leuchtman A., Rowan D.D., Tapper B.A. (1993). Taxonomy of *Acremonium* endophytes of tall fescue (*Festuca arundinacea*), meadow fescue (*F. pratensis*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Mycological Research* 97, Pp: 1083-1092.

- Clarke J.M., De Pauw R.M., TownleySmith T.M. (1992). Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Science* 32, Pp: 728-732.
- Clay K. (1987). Effects of fungal endophytes on the seed and seedling biology of *Lolium perenne* and *Festuca arundinacea*. *Oecologia* 73, Pp: 358-362.
- Cooper J.P. (1963). Species and population differences in climatic response..In: L.T. Evans (ed.) *Environmental control of plant growth*. Academic Press, New York, Pp: 381-403.
- Cougnon M., Baert J., Van-Waes C., Reheul D. (2012). Tall fescue and Italian ryegrass – an ideal mixture for intensive cutting management. In: 24th EGF General Meeting on “Grassland - a European Resource?”. *Grassland Science in Europe* 17, Pp: 61-63.
- Cougnon M., Baert J., Van Waes C., Reheul D. (2013a). Performance and quality of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and mixture of both species grown with or without white clover (*Trifolium repens* L.) under cutting management. *Grass and Forage Science* 69, Pp 666-677.
- Cougnon M., Deru J., Van-Eekeren N., Baert J., Reheul D. (2013b). Root depth and biomass of tall fescue vs. perennial ryegrass. In: 17th EGF Symposium on “the Role of Grasslands in a Green Future - Threats and perspectives in less favoured areas”. *Grassland Science in Europe* 18, Pp: 285-287.
- Crespo D.G. (1975). Factores elementares do sequeiro do sul. Prados temporários e permanentes. Curso de reciclagem – Sequeiro 7. Ministério da Agricultura. Instituto Nacional de Investigação Agrária (INIA), 99 p.
- Crespo D.G. (2001). Manmade stresses in the grazing resources of the Mediterranean region. In: Proceedings of the 23rd Meeting of the fodder crops and amenity grasses section of EUCARPIA: Breeding for stress tolerance in fodder crops and amenity grasses. Ilha Terceira, Açores, Portugal, 1 a 4 de Outubro de 2001. Pp: 199-206.
- Crespo D.G. (2003). Sistemas forrageiros extensivos – seu papel na reabilitação da agricultura nacional. *INIAP, EAN*, Pp. 35-47.

- Crespo D.G. (2006). The role of legumes on the improvement of grazing resources and the conservation of the "montado/dehesa" system. *In: workshop international sur Diversité des fabacées fourragères et des leurs symbiotes: Applications biotechnologiques, agronomiques et environnementales*. Alger, 19-22 Février. Pp: 298-300.
- Cullen B.R. (2002). Population biology and ecophysiology of *Phalaris aquatica* L. in grazed pastures. PhD thesis, School of Agricultural and Food Systems, The University of Melbourne, 330 p.
- Cuyeu R., Pagano E., Soto G., Fox R., Ayub N.A. (2013). Genetic diversity in a world germplasm collection of tall fescue. *Genetics and Molecular Biology* 36 (2), Pp: 237-242.
- De-Bruijn J. (2004). Tall fescue variety having rhizomes. U.S. Patent 6677507 Date Issue: 13 January 2004.
- Demarquilly C., Jarrige R. (1974). The comparative nutritive value of grasses and legumes. Quality of herbage. *In: Proceedings of the 5th General Meeting of the European Grassland Federation. Växtodling Plant Husbandry* 28, Pp: 33-41.
- Dermaquilly C., Alibes X. (1977). Tablas de valor nutritivo y alimenticio de los forrajes. Hoja Técnica 16. INIA.
- Deru J., Van-Eekeren N., De-Boer H. (2012) Rooting density of three grass species and eight *Lolium perenne* cultivars. In: 24th EGF General Meeting on "Grassland - a European Resource?". *Grassland Science in Europe* 17, Pp: 604-606.
- Dierking R., Azhaguvel I., Kallenbach P., Bouton R., Chekhovskiy S. K., Kopecký D., Hopkins A. (2013). Linkage Maps of a Mediterranean x Continental Tall Fescue Population and their Comparative Analysis with Other Poaceae Species. *The Plant Genome* 8 (1), 18 p.
- Diffenbaugh N.S., Pal J.S., Giorgi F., Gao X. (2007). Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot. *Geophysical Research Letters* 34 (11).
- Donaghy D.J., Turner L.R., Adamczewski K.A. (2008). Effect of defoliation on water-soluble carbohydrate energy reserves, dry matter yield, and herbage quality of tall fescue. *Agronomy Journal*. 100, Pp: 122-127.

- Dormaar J.F., Naeth M.A., Willms W.D., Chanasyk D.S. (1995). Effect of native prairie, crested wheatgrass (*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.) and Russian wildrye (*Elymus junceus* Fish.) on soil chemical properties. *Journal of Range Management* 48, Pp: 258-263.
- Duebbert H.F., Jacobson E.T., Higgins K.F., Podoll E.B.. (1981). Establishment of seeded grasslands for wildlife habitat in the Prairie Pothole Region. *Special scientific report. Wildlife* 234. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC. 21 p.
- Durand J-L., Varlet-Grancher C., Lemaire G., Gastal F., Moulia B. (1991). Carbon partitioning in forage crops. *Acta Biotheoretica* 39, Pp: 213-224.
- Durand J-L., Ghesquière M. (2002). Root biomass changes in tall fescue and Italian ryegrass swards under two irrigation regimes. In: 19th General Meeting on "Multi-function grassland: Quality Forage, Animal Products and Landscapes". *Grassland Science in Europe* 7, Pp: 292-293.
- Durand J-L. (2005). Improving the use of water by forage grasses under water deficits. In: *Recent advances in genetics and breeding of the grasses*. Polish Academy of Sciences. Poznan. Pp: 63-75.
- Eagles C.F., Thomas H., Volaire F., Howarth C.J. (1997). Stress physiology and crop improvement. In: *Proceedings of the XVIII international grassland congress* 3, Pp: 141-150.
- Ebrahimiyan M., Majidi M.M., Mirlohi A. (2013). Genotypic variation and selection of traits related to forage yield in tall fescue under irrigated and drought stress environments. *Grass and Forage Science* 68, Pp: 59-71.
- Efe-Serrano J. M. E. (2006). Pastagens do Alentejo. Universidade de Évora - Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, 219 p.
- Ehleringer J.R., White J.W., Johnson D.A., Brick M. (1990). Carbonisotope discrimination, photosynthetic gas exchange, and transpiration efficiency in beans and range grasses. *Acta Oecologica* 11, Pp: 611–625.
- Eivazi A.R. (2015). Genetic variation of water use efficiency and its components in wheat cultivars. *International Journal of Farming and Allied Science* 4 (1), Pp: 78-85.

- Elazreg H., Chtourou-Ghorbe N., Ghariani S., Chakroun M., Trifi-Farah N. (2011). Studying genetic diversity of the Tunisian *Lolium perenne* and *Festuca arundinacea* with AFLP markers. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 9, Pp: 409-415.
- Espejo A.C., Lobete J.I. (1978). Problemática de los pastos en las regiones de Extremadura y Andalucía Occidental. Comunicación en reunión de la FAO intitulada "Red Europa de Pastos (Subred mediterránea)". Badajoz, Servicio de Extensión Agraria.
- Estienne P., Godard E. (1970) *Climatologie*. A.Collin edition, 365p.
- Farquhar G. D., Richards R. A. (1984). Isotope composition of plant carbon correlates with water-use efficiency of wheat genotype. *Australian Journal of Plant Physiology* 11, Pp: 539-552.
- Feller U., Vaseva I.I. (2014). Extreme climatic events: impacts of drought and high temperature on physiological processes in agronomically important plants. *Frontiers Environmental Science* 2, 39 p.
- Ferreira A.G., Ribeiro N.A., Gonçalves A.C., Dias S.S., Afonso T., Lima J., Recto H. (2007). Produção silvícula no montado. Análise e reflexão sobre a gestão sustentada dos montados de sobreiro. *Revista das ciências Agrárias* 30, Pp: 181-198.
- Ferrera E.M., Olea L., Viguera F.J., Poblaciones M.J. (2006). Influence of the phosphoric fertilization in grasses of "dehesas" of degraded areas. Proceedings of the 21st General Meeting on "Sustainable grassland productivity". *Grassland Science in Europe* 11, Pp: 95-97.
- Février R. (1993). L'agriculture Française et l'agriculture des autres pays Méditerranéennes: complémentarités et concurrences. *Journal Officiel de la République Française* (19), Pp: 229.
- Fitter A., Hay R. (2002). Water environmental physiology of plants. *Academic Press*, San Diego, 131-190.

- Flores G., Castro J., González-arráez A., Brea T, Amil G., González-Warleta M. (2000). Evaluación de aditivos en la mejora de la calidad de ensilajes de hierba para la producción de leche en Galicia. *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, Braganca (Portugal). A Coruña y Lugo (España), Pp: 627-632.
- Franca A., Porqueddu C., Roggero P.P., Sulas L. (1995). Adattamento e produttività di alcune graminacee da prato e da pascolo in ambiente semi-arido mediterraneo. *Rivista di Agronomia* 2, Pp: 171-177.
- Franca A., Porqueddu C., Dettori D. (2007). Evaluating new grass-legume mixtures for pasture improvement in a semi-arid environment. In: 14th Symposium on "Permanent and temporary grassland: plant, environment, economy". *Grassland Science in Europe* 12, Pp: 43-46.
- Freeman J.S., Rowell D.L. (1981). The adsorption and precipitation of phosphate on to calcite. *European Journal of Soil Science* 32, Pp: 75–84.
- Freixial R.M.C., Barros J.F.C. (2012). Texto de apoio para as Unidades Curriculares de Sistemas e Tecnologias Agropecuárias, Noções Básicas de Agricultura e Tecnologia do Solo e das Culturas. *Departamento de Fitotecnia. Universidade de Évora*, 38 p.
- French R.J., Schultz J.E. (1984a). Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment. II. Some limitations to efficiency. *Australian Journal of Agricultural Research* 35. Pp: 765-775.
- French R.J., Schultz J.E. (1984b) Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment. I. The relation between yield, water use and climate. *Australian Journal of Agricultural Research* 35, 743-764.
- Garcia A., Lindner R. (1998). *Dactylis glomerata* genetic resources allozyme frequencies on a acid sandy loam soil with summer drought. *Euphytica* 120, Pp: 255-264.
- Garcia y Garcia A., Guerra L., Hoogenboom G. (2009). Water use and water use efficiency of sweet corn under different weather conditions and soil moisture regimes. *Agricultural Water Management* 96, Pp: 1369-1376.
- Garwood E.A., Sinclair J. (1979). Water use by six grass species. 2. Root distribution and use of soil water. *Journal of Agricultural Science* 93, Pp: 25-35.

- Gauthier P., Lumaret R., Bédécarrats A. (1998). Ecotype differentiation and coexistence of two parapatric tetraploid subspecies of cocksfoot (*Dactylis glomerata*) in the Alps. *New Phytologist* 139, Pp: 741-750.
- Geerts S., Raes D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Manage* 96, Pp: 1275-1284.
- Ghesquiére M., Durand J-L. (1997). Breeding for mid-summer production of forage grasses, Seeds of Progress. *British Grassland Society Occasional Symposium* 31, Pp: 105-113.
- Gillet M. (1980). Les graminées fourragères. *Description, fonctionnement, applications a la culture de l'herbe*. SAPF, INRA, Lusignan, Pp: 263-267.
- Gilliland T.J., Farrell A.D., Grogan D. (2011). Differential responses to climatic conditions in Ireland by five grass species. In: 16th EGF Symposium on "Grassland farming and land management systems in mountainous regions". *Grassland Science in Europe* 16, Pp: 217-219.
- Giorgi F., Lionello P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63, Pp: 90-104.
- Goliński P. (2003). Effectiveness of pasture overdrilling with *Lolium perenne* using different methods of sod preparation. In: 12th Symposium on "Optimal forage systems for animal production and the environment". *Grassland Science in Europe* 8, Pp: 134-137.
- Goodess C.M., Jones P.D. (2002). Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall. *International Journal of Climatology* 2, Pp: 1593-1615.
- Gordon C., Woodin S. J., Mullins C. E., Alexander I.J. (1999). Effects of environmental change, including drought, on water use by competing *Calluna vulgaris* (heather) and *Pteridium aquilinum* (bracken). *Functional Ecology* 13 (1), Pp: 96-106.
- Gulías J., Seddaiu G., Cifre J., Salis M., Ledda L. (2012). Leaf and plant water use efficiency in cocksfoot and tall fescue accessions under differing Soil water availability. *Crop Science* 52, Pp: 2321-2331.

- Gwinn K.D., Fribourg H.A., Waller J.C., Saxton A.M., Smith M.C. (1998). Changes in *Neotyphodium coenophialum* infection levels in tall fescue pastures due to different grazing pressures. *Crop Science* 38, Pp: 201-204.
- Hackney B., Dear B. (2007). Cocksfoot. *Primefacts* 281. (http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0011/155486/socksfoot.pdf)
- Hall A.E., Ziska L.H. (2000). Crop Breeding Strategies for the 21st Century. *In: Climate Change and Global Crop Productivity*, (eds KR Reddy, HF Hodges) (CAB International Press), Pp 407-419.
- Hamdy A., Lacirignola C. (1999). Mediterranean Water Resources: Major Challenges Towards the 21st Century. IAM Editions, Bari, Italy, 570 p.
- Hamdy A., Katerji N. (2006). Water Crisis in the Arab World. Analysis and Solutions. IAM-Bari Editor, 60 p.
- Hand M.L., Cogan N.O., Stewart A.V., Forster J.W. (2010). Evolutionary history of tall fescue morphotypes inferred from molecular phylogenetics of the *Lolium-Festuca* species complex. *BMC Evolutionary Biology* 10: 303. (<http://www.biomedcentral.com/1471-2148/10/303>)
- Hannaway D.B. McGuire W.S. (1981). Growing meadow foxtail for forage. Oregon State University Extension Bulletin (<https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/18579/264Foxtail.pdf?sequence=3>)
- Hannaway D., Fransen S., Cropper J., Teel M., Chaney M., Griggs T., Halse R., Hart J., Cheeke P., Hansen D., Klinger R., Lane W. (1999). Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). (<http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/17828/pnw504.pdf.jsessionid=A1897C9E1B0504028B20EFDF664BD42B?sequence=1>)
- Hill N.S., Stringer W.C., Rottinghaus G.E., Belesky D.P., Parrott W.A., Pope D.D. (1990). Growth, morphological, and chemical component responses of tall fescue to *Acremonium coenophialum*. *Crop Science* 30, Pp: 156-161.
- Hirata M., Yuyama N., Cai H.W. (2011). Isolation and characterization of simple sequence repeat markers for the tetraploid forage grass *Dactylis glomerata*. *Plant Breeding* 130, Pp: 503-506.

- Hoekstra N.J., Finn J.A., Hofer D., Lüscher A. (2014). The effect of drought and interspecific interactions on depth of water uptake in deep- and shallow-rooting grassland species as determined by $\delta^{18}\text{O}$ natural abundance. *Biogeosciences* 11, Pp: 4493-4506.
- Hoen K. (1966). The effect of temperature and soil moisture on summer survival of two varieties of *Phalaris tuberosa*. *Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 6, Pp: 280-282.
- Hoerling M., Eischeid J., Perlwitz J., Quan X., Zhang T., Pegen P. (2012). On the increased frequency of Mediterranean drought. *Journal of Climatology* 25 (6), 2146-2161.
- Hopkins A.A., Sana M. C., Wang Z.Y. (2009). Tall fescue for the 21st Century (Agronomy Monograph 53). Chapter 19: *Breeding, Genetics, and Cultivars*. American Society of Agronomy, 540 p.
- Hoppé G.M., Archer J., Gilliland T.J. (2012). Differential responses to timing of defoliation in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) grown under silage management. In: 24th EGF General Meeting on "Grassland - a European Resource?". *Grassland Science in Europe* 17, Pp: 358-360.
- Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J. Noguier M., Van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnso, C.A. (2001). Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge, 83 p.
- Hoveland C.S., Evans E.M., Mays D.A. (1970). Cool Season Perennial Grass Species for Forage in Alabama. *Alabama Agricultural Experiment Station Bulletin* 397, 20 p.
- Hume D.E., Lucas R.J. (1987). Effects of Winter cutting management on growth and tiller number of six grass species. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 15, Pp: 17-22.
- Hycka M. (1976). *Cultivares españoles de Dactylis glomerata* L.. *An. Estación. Experimental Aula Dei* 13 (3/4), Pp: 301-324.

- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge (UK), Pp: 996.
- IPCC (2014). Summary for policymakers. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge (UK), Pp: 1-32.
- Jafari A., Naseri H. (2007). Genetic variation and correlation among yield and quality traits in cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Journal of Agricultural Science* 145 (6), Pp: 599-610.
- Jaleel C.A., Manivannan P., Kishorekumar A., Sankar B., Gopi R., Somasundaram R., Panneerselvam R. (2007) Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit, *Colloids Surf. B. Biointerfaces* 59, Pp: 150-157.
- Jaleel C.A., Gopi R., Sankar B., Gomathinayagam M., Panneerselvam R. (2008). Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. *Comptes Rendus Biologies* 331, Pp: 42-47.
- Jamieson P.D., Martin R.J., Francis G.S., Wilson D.R. (1995). Drought effects on biomass production and radiation-use efficiency in barley. *Field Crops Research* 43, Pp: 77-86.
- Jensen C.S., Salchert K., Gao C., Andersen C., Didion T., Nielsen K.K. (2004). Floral inhibition in red fescue (*Festuca rubra* L.) through expression of a heterologous flowering repressor from *Lolium*. *Molecular Breeding* 13, Pp: 37-48.
- Jiang L.F., Qi X., Zhang X.Q., Huang L.K., Ma X., Xie W.G. (2014). Analysis of diversity and relationships among orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) accessions using start codon-targeted markers. *Genetics and Molecular Research* 13 (2), Pp: 4406-4418.
- Jones D., Hayward M. (1975). The effect of pepsin pretreatment of herbage on the prediction of dry matter digestibility from solubility in fungal cellulase solutions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 26, Pp: 711-718.

- Kaiser W.M. (1987). Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiology Plantarum* 71, Pp: 142-149.
- Katerji N. (1997). Les indicateurs de l'état hydrique de la plante. In: Riou, Ch., Bonhomme, R., Chassin, P., Neven, A., Papy, F. (Eds.), L'eau dans l'espace Rural: Production végétale et qualité de l'eau. *Aupelf-UREF/INRA éditions*, Pp: 169-177.
- Katerji N., Mastrorilli M., Rana G. (2008). Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis. *European Journal of Agronomy* 28, Pp: 493-507.
- Katerji N., Mastrorilli M. (2009). The effect of soil texture on the water use efficiency of irrigated crops: results of a multi-year experiment carried out in the Mediterranean region. *European Journal of Agronomy* 30 (2), Pp: 95-100.
- Kemp D.R., Culvenor, R.A. (1994). Improving the grazing and drought tolerance of temperate perennial grasses. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 37. Pp: 365-78.
- Khedim A., Khelifi H.E., Nabi M., Hadj-Omar K., Mefti M., Maouche S., Bellague D., M'Hammedi Bouzina M., Laouar M., Merabey M.A., Bouzerzou H., Abdelguerfi A. (2008). Etude du comportement vis-à-vis de la sécheresse estivale de trois graminées fourragères: *Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Phalaris aquatica* Desf.. *Options Méditerranéennes Series A*, No 79, Pp: 319-322.
- Kirigwi F.M., Van Ginkle M., Trethowan R., Sears R.G., Rajaram S., Paulsen G.M. (2004). Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 135, Pp: 361-371.
- Knight R. (1973). The climatic adaptation of populations of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) from Southern France. *Journal of Applied Ecology* 10, Pp: 1-12.
- Kohoutek A., Odstrčilova V., Komárek P, Nerušil P. (2004). Persistence and production ability of *Dactylis glomerata* L., *Dactylis polygama* Horvat, *Festuca arundinacea* L., and genus hybrids in 1986-2003. Land use systems in grassland dominated regions. In: 20th General Meeting on "Land use systems in grassland dominated regions". *Grassland Science in Europe* 9, Pp: 422-424.

- Kohoutek A., Odstrčilová V., Komárek P., Nerušil P., Němcová P. (2012). The impact of precipitation on yield of *Dactylis glomerata*, *Dactylis polygama*, *Festuca arundinacea* and genus hybrids in 1986–2011. In: 24th EGF General Meeting on “Grassland - a European Resource?”. *Grassland Science in Europe* 17, Pp: 139-141.
- Kopecký D., Havránková M., Loureiro J., Castro S., Lukaszewski A.J., Bartoš J., Kopecká J., Doležel J. (2010). Physical distribution of homoeologous recombination in individual chromosomes of *Festuca pratensis* in *Lolium multiflorum*. *Cytogenetic Genome Research* 129, Pp: 162-172.
- Köppen W. (1936). Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie (ed. by W. Köppen and R. Geiger), Vol 1 Part C, Pp: 1-44.
- Kramer, P.J., Boyer, J.S. (1995). Water Relations of Plants and Soils. *Academic Press, San Diego, California*. 481 p.
- Kugler J. (2004). Production high quality orchardgrass and timothy hay. In: *Proceedings, National alfalfa symposium*, 13-15 Dec., 2004, San Diego, CA, UC Cooperative Extension, University of California. 9 p.
- Langer R.H.M. (1956). Growth and nutrition of timothy (*Phleum pratense*). I – The life history of individual tillers. *Annals of Applied Biology* 44, Pp: 166-187.
- Lapeyronie (1982). Les Productions fourragères méditerranéennes. *Edition Maisonneuve et Larose*. Tome 1. Paris, 450 p.
- Laude H.M. (1953). The nature of summer dormancy in perennial grasses. *Botanical Gazette* 114, Pp: 282-292.
- Lelièvre F., Satger S., Volaire F. (2008). Water use efficiency in a mild season and water cost of summer survival of perennial forage grasses in Mediterranean areas. *Options Méditerranéennes Series A* 79, Pp: 259-264.
- Lelièvre F., Volaire F. (2009). Current and potential development of perennial grasses in rainfed Mediterranean farming systems. *Crop Science* 49, Pp: 2371-2378.
- Letey J., Peters D.B. (1957). Influence of soil moisture levels and seasonal weather on efficiency of water use by corn. *Agronomy Journal* 49, Pp: 362-365.

- Lindner R., Garcia A. (1997a). Genetic differences between natural populations of diploid and tetraploid *Dactylis glomerata* ssp. Izcoi. *Grass and Forage Science*, 52, Pp: 291-297.
- Lindner R., Garcia A. (1997b). Geographic distribution and genetic resources of *Dactylis* in Galicia (northwest Spain). *Genetic Resources and Crop Evolution* 44, Pp: 499-507.
- Lobete J.I., Espejo A.C., Membrillo J. , Tejeiro C.J.P., González de Tanago A., Soldevilla L. S., Rego S., Losada M.G., Olea L., Bravo J.A.Q.G., Jabato J.M., Bellido M.M., Piteras C.G., Mozo J.J. (1984). Manejo de pastos mejorados con introducción de especies In: *Mejora de pastos en secanos semiáridos de suelos ácidos*. (Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). España. Pp: 155-177.
- Lombi E., McLaughlin M.J., Johnston C., Armstrong R.D., Holloway R.E. (2004). Mobility and lability of phosphorus from granular and fluid monoammonium phosphate differs in a calcareous soil. *Soil Science Society of America Journal* 68, Pp: 682–689.
- Lourenço M.E., Gonçalves M.C., Oliveira A. J., Efe-Serrano J.M. (1994). Capacidade produtiva das pastagens naturais nas condições do montado alentejano. *Pastagens e Forragens* 14/15, Pp: 139-148.
- Ludlow M.M. (1989). Strategies of response to water stress. In K.H. Kreeb, H.Richter, and T.M. Hinckley (ed.) *Structural and functional responses to environmental stresses*. SPB Academic Publishing, the Hague, the Netherlands. Pp: 269-281.
- Lumaret R., Guillerr J.L., Delay J., Ait Lhaj Louffi A. , Izco J., Jay M. (1987). Polyploidy and habitat differentiation in *Dactylis glomerata* L. From Galicia (Spain). *Oecologia*, 73, Pp: 436-446.
- Malinowski D.P., Hopkins A.A., Pinchak W.E., Sij J.W., Ansley R.J. (2003). Productivity and survival of defoliated wheatgrasses in the Rolling Plains of Texas. *Agronomy Journal* 95, Pp: 614-626.
- Malinowski D. P., Zuo H., Kramp B. A., Muir J. P., Pinchak W. E. (2005). Obligatory summer-dormant cool-season perennial grasses for semiarid environments southern great plains. *Agronomy Journal* 97, Pp: 147-154.

- Marañón T. (1988). Agro-sylvo-pastoral systems in the Iberian Península. Dehesas and montados. *Rangelands* 10, Pp: 255-258.
- Margat J, Vallée D. (1997). Démographie en Méditerranée. *Options Méditerranéennes Série A* 31, Pp: 3-16.
- Martín-Forés I., Casado M. A., Castro I., Ovalle C., Del Pozo A., Acosta-Gallo B., Sánchez-Jardón I., De Miguel J. M. (2012). Flora of the Mediterranean basin in the Chilean espinales: evidence of colonisation. *Pastos* 42 (2), Pp: 137-160.
- Martiniello P., Paolette R., Berardo N. (1997). Effect of phenological stages on dry matter and quality components in lucerne. *European Journal of Agronomy* 6, Pp: 79-87.
- McWilliam J.R., Kramer P.J. (1968). The nature of the perennial response in Mediterranean grasses. I – Water relations and summer survival in *Phalaris*. *Australian Journal of Agricultural Research* 19 (3), Pp: 381-395.
- McWilliam J.R. (1968). The nature of the perennial response in Mediterranean grasses. II - Senescence, summer dormancy, and survival in *Phalaris*. *Australian Journal of Agricultural Research* 19 (3), Pp: 397-409.
- Mefti, M., Bouzerzour, H, Nouar, H., Maameri, K., Trabelsi, M., Khedim, A., Abdelguerfi (2008). Ecophysiological survey of some perennial grass cultivars in the semi-arid region of Setif. *Options Méditerranéennes, Series A*, 79, Pp: 149-152.
- Mefti M., Bouzerzour B., Chebouti A., Kebour D., Abdelguerfi A. (2012). Performance of some tall fescue varieties grown under Algerian semi-arid conditions. *Options Méditerranéennes, A*, 102, New approaches for grassland research in a context of climate and socio-economic changes, Pp: 135-138.
- Meinzer F.C., Goldstein G. (1986). Adaptations for water and thermal balance in Andean giant rosette plants. In: *On the Economy of Plant Form and Function*. Cambridge University Press, Cambridge, Pp: 381-411.
- Meyer W.A., Watkins E. (2003). Turfgrass biology, genetics, and breeding. John Wiley & Sons, Inc., Pp: 107-128.
- Milne G.D., Johnson F., Pacific Seeds, Agricom, Meat Research Corporation (1997). Tall fescue guide for meat producers. *Pacific seeds*, Albury (Australia), 68 p.

- Minson, D. J. (1990). Forage in ruminant nutrition. *Academic press*, San Diego (EE.UU). 483 p.
- Mitchell K.J. (1953). Influence of light and temperatures of the growth of ryegrass (*Lolium* sp.). I – Patern of vegetative development. *Physiology Plantarum* 6, Pp: 21-46.
- Mohamed M.M., El-Nahrawy M.A., Abdu M.A., Shams S.A. (2013). Development of fodder resources in Sinai: The roles of forage crops in agriculture development, North Sinai-Governorate, Egypt. *Journal of Agronomy* 12 (1), Pp: 29-37.
- Moore K.J., Jung H.G. (2001). Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management* 54, Pp: 420-430.
- Moreno M. T., Riera D., Carambula C., Pou A., Medrano H., Flexas J., Ribas-Carbó M., Cifre J., Gullías J. (2006). Water use efficiency in three cultivars of *Dactylis glomerata* under different soil water contents. In: 21st General Meeting on “Sustainable grassland productivity”. *Grassland Science in Europe* 11, Pp: 71-73.
- Mourato S., Moreira M., Corte-Real J. (2010). Interannual variability of precipitation distribution patterns in Southern Portugal. *International Journal of Climatology* 30 (12), Pp: 1784-1794.
- Mousset C, (1992). Diversité et conservation des ressources génétiques dans le genre *Dactylis* Linnée. *Sauve qui Peut Sauve qui Veut* 4, Pp: 25-32.
- Mousset C. (1995). Les dactyle ou le genre *Dactylis*. In: *Ressources génétiques des plantes fourragères et à gazon*, BRG-INRA, France, Pp: 29-52.
- Mozo J.J., Agulla T. M. (1986). La respuesta de los fertilizantes (N, P, K y micronutrientes) en el establecimiento de praderas sembradas sobre los suelos ácidos del SO de España. *Pastagens e Forragens* 4, Pp: 217-234.
- Mtui T.A., Kanemasu E.T., Wassom C. (1981). Canopy temperatures, water use, and water use efficiency of corn genotypes. *Agronomy Journal* 73, Pp: 639-643.
- Munns R., Brady C.J., Barlow W.R. (1979). Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. *Australian Journal of Plant Physiology* 6, Pp: 379-389.

- Muslera E. (1987). La producción de pastos y forrajes en el suroeste de la Península Ibérica. *Pastagens e Forragens* 8(1), Pp: 45-54.
- Muslera E., Ratera C. (1991). Praderas y Forrajes : producción y aprovechamiento. *Mundi-Prensa*. 2nd Edición, 674 p.
- Naeem S., Li S.B. (1997). Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* 390, Pp: 507-509.
- Nair R.M. (2004). Developing tetraploid perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) population. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 47 (1), Pp: 45-49.
- Newell L.C. (1951). Controlled life cycles of brome grass, *Bromus inermis* Leyss used in improvement. *Agronomy Journal* 43, Pp: 417-424.
- Nie Z., Chapman D.F., Tharmaraj J., Clements R. (2004). Effects of pasture species mixture, management, and environment on the productivity and persistence of dairy pastures in south-west Victoria. 1. Herbage accumulation and seasonal growth pattern. *Australian Journal of Agricultural Research* 55 (6), Pp: 625-636.
- Nie Z., Miller S., Moore G., Hackney B., Boschma S., Reed K.F.M., Mitchell M., Albertsen T.O., Clark S.G., Craig A.D., Kearney G., Li G.D., Dear B.S. (2008). Field evaluation of perennial grasses and herbs in southern Australia. 2. Persistence, root characteristics and summer activity. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, Pp: 424-435.
- Nie Z., Norton M. (2009). Stress Tolerance and Persistence of Perennial Grasses - The Role of the Summer Dormancy Trait in Temperate Australia. *Crop Science* 49 (6), Pp: 2405-2411.
- Nilsen E.T., Orcutt D.M. (1996). The Physiology of Plants under Stress 1: Abiotic Factors. *John Wiley & Sons*, 2nd edition, 704 p.
- Norton M., Koetz E., Stewart G. (2004). Perennial grasses for waterlogging prone, summer dry environments. *In* Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens. *Options Méditerranéennes* 62, Pp: 121-124.

- Norton M.R., Lelièvre F., Volaire F. (2006a). Summer dormancy in *Dactylis glomerata* L.: the influence of season of sowing and a simulated mid-summer storm on two contrasting cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research* 57(5), Pp: 565-575.
- Norton M.R., Volaire F., Lelièvre F. (2006b) Summer dormancy in *Festuca arundinacea* Schreb., the influence of season of sowing and a simulated mid-summer storm on two contrasting cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research* 57, Pp: 1267-1277.
- Norton M. (2011). Summer dormancy in temperate forage plants. (<http://www.dpi.nsw.gov.au/factsheetsH>)
- NP EN ISO 5983-1 (2007). Alimentos para animais - Determinação do teor de azoto e cálculo do teor de proteína bruta Parte 1: Método de Kjeldahl, 15p.
- Ofir M., Kerem D. (1982). The effects of temperature and photoperiod on the onset of summer dormancy in *Poa bulbosa* L. *Annals of Botany* (London) 50, Pp: 259-264.
- Ofir M. (1986). Seasonal changes in the response to temperature of summer-dormant *Poa bulbosa* L. bulbs. *Annals of Botany* (London) 58, Pp: 81–89.
- Ofir M., Dorenfield Y. (1992). Induction of summer dormancy in *Poa bulbosa* L. under natural environment and subsequent controlled photo-thermal conditions. *Israel Journal of Botany* 41, Pp: 265-277.
- Ofir M., Kigel J. (1999). Photothermal control of the imposition of summer dormancy in *Poa bulbosa*, a perennial grass geophyte. *Physiologia Plantarum* 105, Pp: 633-640.
- Olea L., Paredes J. (1984). *Mejora de los pastos. Curso sobre pastos y ganadería extensiva de Extremadura*. Universidad de Extremadura, EUITA Badajoz, Pp: 31-49.
- Olea L., San Miguel-Ayanz A. (2006). The Spanish dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. In: 21st General Meeting on “Sustainable grassland productivity”. *Grassland Science in Europe* 11, Pp: 3-13.

- Olea L., Santamaría O., Poblaciones M.J. (2007). Los pastos como factor de sostenibilidad de los ecosistemas de dehesa. *Pastagens e Forragens* 28, Pp: 79-92.
- Oram R. (1984). Inheritance of conditional dormancy in over-summering buds of *Phalaris aquatica*. *Euphytica* 33, Pp: 313-320.
- Ovalle C., Aronson J., Del Pozo A., Avendano, J. (1990). The *espinal* agroforestry systems of the mediterranean - type climate region of Chile State of the art and prospects for improvement. *Agroforestry Systems* 10, Pp: 213-239.
- Pakarinen K., Virkajärvi P., Seppänen M., Rinne M. (2008). Effect of different tiller types on the accumulation and digestibility of the herbage mass of timothy (*Phleum pratense* L.). 22nd EGF General Meeting on “Biodiversity and animal feed – future challenges for grassland production”. *Grassland Science in Europe* 13, Pp: 495-497.
- Pardeller M., Schäufele R., Pramsohler M., Peratoner G. (2014). Water use efficiency of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under different management intensity. In: 25th EGF General Meeting on “EGF at 50: The Future of European Grasslands”. *Grassland Science in Europe* 19, Pp: 163-165.
- Paredes D., Trigo R. M, Garcia-Herrera, R., Trigo I.F. (2006). Understanding precipitation changes in Iberia in early spring: weather typing and storm-tracking approaches. *Journal of Hydrometeorology* 7, Pp: 101–113.
- Passioura J.B., Condon A.G., Richards R.A. (1993). Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In: *Water Deficits. Plant Responses from Cell to Community*, Pp: 253-264.
- Pecetti L., Romani M., Carroni A.M., Annicchiarico P., Piano E. (2007a). The effect of endophyte infection on persistence of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) populations in two climatically contrasting Italian locations. *Australian Journal of Agricultural Research* 58 (9), Pp: 893-899.
- Pecetti L., Tava A., Pagnotta M.A., Russi L. (2007b). Variation in forage quality and chemical composition among Italian accessions of *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirt.. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, Pp: 985-991.

- Pecetti L., Annicchiarico P., Porqueddu C., Khedim A., Abdelguerfi A. (2009). Fitting germplasm types of tall fescue and orchardgrass to different cropping environments of the Mediterranean region. *Crop Science* 49, Pp: 2393-2399.
- Pecetti L., Annicchiarico P., Abdelguerfi A., Kallida R., Mefti M., Porqueddu C., Simões N.M., Volaire F., Lelièvre F. (2011). Response of Mediterranean Tall Fescue Cultivars to Contrasting Agricultural Environments and Implications for Selection. *Journal of Agronomy and Crop Science* 197 (1), Pp: 12-20.
- Peco B. (2002). Grassland diversity under dry conditions: the role of management in nature conservation. *Multifunction Grasslands: Quality Forages, Animal Products and Landscapes*, Pp: 875-881.
- Peratoner G., Resch R., Gottardi S., Figl U., Bodner A., Werth E., Kasal A. (2010) Competitiveness, yield and forage quality of soft and rough-leaved varieties of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in a mountain environment. In: *Conference Proceedings of the 14th International Symposium on Forage Conservation*. Pp: 124-126.
- Pereira, L.S., Oweis, T., Zairi, A. (2002). Irrigation management under water scarcity. *Agricultural Water Management* 5, Pp: 175–206.
- Petrychenko V., Bohovin A., Kurhak V. (2012). More efficient use of grassland under climate warming. In: 24th EGF General Meeting on “Grassland - a European Resource?”. *Grassland Science in Europe* 17, Pp: 151-153.
- Piano E., Pecetti L., Annicchiarico P., Carroni A.M., Fornasier F., Romani M. (2004). Combining drought tolerance and responsiveness to summer moisture availability in cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) germplasm grown in Mediterranean environments. *Australian Journal of Agricultural Research* 55, Pp: 1197-1204.
- Piano E., Bertoli F.B., Romani M., Tava A., Riccioni L., Valvassori M., Carroni A.M., Pecetti L. (2005). Specificity of host-endophyte association in tall fescue population from Sardinia, Italy. *Crop Science* 45, Pp:1456–1463.
- Poblaciones M.J., Rodrigo S., Simões N., Tavares-de-Sousa M.M., Bagulho A., Olea L. (2008). Instantaneous determination of chemical composition of *Festuca* sp. And *Dactylis* sp. At two different cut times using near infrared spectroscopy (NIRS). *Options Méditerranéennes, Series A, N° 79*, 227-230.

- Pontes L.S., Carrère P., Andueza D., Louault F., Soussana J. F. (2007). Seasonal productivity and nutritive value of temperate grasses found in semi-natural pastures in Europe: responses to cutting frequency and N supply. *Grass Forage Science* 62, Pp: 485-496.
- Pop M.R., Sand C., Barbu H., Balan M., Grusea A., Boeriu H., Popa I. (2009). Selection of Resistant Forms to Drought in Species *Lolium perenne* L., in Mixtures for Lawns Based. *Bulletin UASVM Horticulture* 66 (1), Pp: 527-531.
- Porqueddu C., Nieddu S., Maltoni S., (2008). Drought survival of some perennial grasses in Mediterranean rainfed conditions: Agronomic traits. *Options Méditerranéennes Series A* 79, Pp: 231-235.
- Quelhas-dos-Santos J. (2002). Fertilização - Fundamentos da Utilização de Adubos e Correctivos. *Publicações Europa-America*. 548 p
- Radcliffe J.C., Cochrane M.J. (1970). Digestibility and crude protein changes in ten maturing pastures species. *In: Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 8, Pp: 531-536.
- Radeva R., Yaneva I., Strumin P. (2003). Mo-containing enzymes responses to low temperature stress of winter wheat grown on acid soil. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 14, Pp: 382-383.
- Ragab R., Prudhomme C. (2002). Climate change and water resources management in arid and semi-arid regions: Prospective and challenges for the 21st Century. *Biosystems Engineering* 81 (1), Pp: 3-34.
- Reed K.F.M. (1996). Improving the adaptation of perennial ryegrass, tall fescue, phalaris, and cocksfoot for Australia. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 39, Pp: 457-464.
- Reheul D., De-Cauwer B., Cougnon M., Aper J. (2012). What global and/or European agriculture will need from grasslands and grassland breeding over the next 10–15 years for a sustainable agriculture. *In: Breeding Strategies for Sustainable Forage and Turf Grass Improvement*, Springer, Pp: 3-20.
- Reis R.M.M., Gonçalves M.Z. (1987). Caracterização climática da Região Agrícola do Alentejo - O Clima de Portugal, Fascículo XXXIV; Instituto de Meteorologia, Lisboa. 225 p.

- Reuter R.R., Horn G.W. (2002). Cool-season perennial grasses as complementary forages to winter wheat pasture. *The Professional Animal Scientist* 18, Pp: 44-51.
- Ricardo F., Sousa, M.M.T. de, Brites C.M. (2000). Selection of *Dactylis glomerata* L. portuguese ecotypes by analysis of quality with near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). Breeding for stress tolerance in fodder crops and amenity grasses. In; *Proceedings of the 23rd Meeting of the Fodder Crops and Amenity Grasses Section of EUCARPIA*, Azores, Portugal, 1-4 October 2000, Pp: 222-226.
- Rice J.S., Pinkerton B.W., Stringer, W.C., Undersander D.J. (1990). Seed production in tall fescue as affected by fungal endophyte. *Crop Science* 30, Pp: 1303-1305.
- Richards R.A., Rebetzke G.J., Condon A.G., van Herwaarden A.F. (2002). Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science* 42, Pp :111-121.
- Rodrigues P.A., Costa A.S., Coelho S.T., Oliveira R.M., Simões N.M. (2004). A fertilidade do solo e a persistência das pastagens. *Pastagens e Forragens* 24/25, Pp: 5-13.
- Roselló M.E. (1984). La dehesa: génesis y situación actual. Curso sobre: Pastos y ganadería extensiva de Extremadura. Universidad de Extremadura, Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola, Pp: 7-28.
- Rosenzweig C., Tubiello F.N. (1997). Impacts of global climate change in Mediterranean agriculture: current methodologies and future directions. An introductory essay. *Mitigation and Adaptation Strategies for global changes* 1(3), Pp: 219-232.
- Rumball W. (1980). *Phalaris aquatica* cv. 'Grasslands Maru'. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 8, Pp: 267-271.
- Saarela J.M. (2005). North to Alaska: Grass collecting in America. *The Plant Press* 8, Pp: 1-12.
- Sadras V.O, Rodriguez D. (2007). The limit to wheat water-use efficiency in eastern Australia. II. Influence of rainfall patterns. *Australian Journal of Agricultural Research* 58, Pp: 657-669.

- Saleska S.R., Harte J., Torn M.S. (1999) The effect of experimental ecosystem warming on CO₂ fluxes in a montane meadow. *Global Change Biology* 5, Pp: 125-141.
- Salgueiro T.A. (1982). Pastagens e Forragens. Clássica Editora, 101 p.
- Salis M., Seddaiu G., Ledda L. (2006). Drought resistance evaluation of perennial grasses. In: 21st General Meeting on "Sustainable grassland productivity". *Grassland Science in Europe* 11, Pp: 68-70.
- Sampson K., Western J.H. (1954). Diseases of british grasses and herbage legumes. Cambridge University Press, 2nd Edition, 118p.
- Sanada Y., Takai T., Yamada T. (2007). Ecotypic variation of water-soluble carbohydrate concentration and winter hardiness in cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Euphytica* 153, Pp: 267-280.
- Sanders O., Goesch T., Hughes N. (2010). Adapting to Water Scarcity. ABARE Issues and Insights 10.5, Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, Canberra.
(<http://daff.gov.au/SiteCollectionDocuments/abares/outlook/2010/a5.pdf>).
- Sanderson M. A., Stair D. W., Hussey M. A. (1997). Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. *Advances in Agronomy* 59, Pp: 171-224.
- Sanna F., Franca A., Porqueddu C., Piluzza G., Re G., Sulas L., Bullitta S. (2014). Characterization of native perennial ryegrasses for persistence in mediterranean rainfed conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 12 (4), Pp: 1110-1123.
- Santamaría O., Rodrigo S., Poblaciones M.J., Olea L. (2014). Fertilizer application (P, K, S, Ca and Mg) on pasture in calcareous dehesas: effects on herbage yield, botanical composition and nutritive value. *Plant Soil Environment* 60 (7), Pp: 303-308.
- Santos J., Corte-Real J, Leite S.M. (2007). Atmospheric Large-scale Dynamics During the 2004/2005 Winter Drought in Portugal. *International Journal of Climatology* 27 (5), Pp: 571-586.

- Schardl C.L., Leuchtman A., Spiering M.J. (2004). Symbioses of grasses with seedborne fungal endophytes. *Annual Review of Plant Biology* 55, Pp: 315-340.
- Schreber J.C.D. (1771). *Spicilegium florum Lipsicae*. Dykiano, Lipsiae, 180 p.
- Schulze E.D., Hall A.E. (1982). Stomatal responses, water loss and CO₂ assimilation rates of plants in contrasting environments. *In Physiological Plant Ecology II. Encyclopedia of Plant Physiology, New Series Vol. 12B*, Pp: 182-230
- Seppänen M.M., Pakarinen K., Jokela V., Andersen J.R., Fiil A., Santanen A., Virkajärvi P. (2010). Vernalization response of *Phleum pratense* and its relationships to stem lignification and floral transition. *Annals of Botany* 106 (5), Pp: 697-707.
- Shahhosseini Z., Gholami A., Asghari H. (2012). Study the correlation among some growth characteristics of maize and yield under symbiosis with mycorrhizae fungi. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4 (11), Pp: 696-698.
- Shahin M. (1996). Hydrology and Scarcity of Water Resources in the Arab Region. IHE *Monograph* 1. A.A. Balkema, Rotterdam, *Brookfield*, 137 p.
- Shaimi N., Kallida R., Volaire F., Saidi N., Al Faiz C. (2009). Summer dormancy and drought survival of Moroccan ecotypes of orchardgrass. *Crop Science* 49, Pp: 1416-1424.
- Sheehy J.E. (2000). Limits to yield for C₃ and C₄ rice: an agronomist's view. *In: Sheehy JE, Mitchell PL, Hardy B, eds. Redesigning rice photosynthesis to increase yield*. Makati City/ Amsterdam: International Rice Research Institute/Elsevier, Pp: 39-52.
- Sheldrick R.D. (2000). Sward establishment and renovation. *In: Grass its Production and Utilisation*, Pp. 13-30
- Shideed K., Oweis T., Gabr M., Osman M. (2005). Assessing On-farm Water-use Efficiency: A New Approach. *ICARDA/ESCWA Editions*, 86 p.
- Skuodiene R. (2003). Chemical composition and nutritive value of grasses in relation to management regimes. *Optimal Forage Systems for Animal Production and the Environment* 8, Pp: 207-210.

- Slack K., Fulkerson W.J., Scott J.M. (2000). Regrowth of prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in response to temperature and defoliation. *Australian Journal of Agricultural Research* 51 (5), Pp: 555-561.
- Sleper D.A., Watkins C.P. (1996). Turfgrass management. In: *Tall fescue. Agronomy Monograph* 34, Pp: 471-502.
- Stebbins G.L., Zohary D. (1959). Cytogenetic and evolutionary studies in the genus *Dactylus*. I. The morphology distribution and inter-relationships of the diploid sub-species. *University of California Publications in Botany* 31, Pp: 1-40.
- Stebbins G.I. (1961). A diploid subspecies of the *Dactylis glomerata* complex from Portugal. *Agronomia Lusitana* 23, Pp: 9-15.
- Stephens D.J., Lamond M.H. (1999). Reducing the impact of major droughts in the Indonesian-Australian region through the monitoring of atmospheric pressure anomalies in the preceding year. In: *Disaster Prevention for the 21st Century: Proc. Aust. Disaster Conf., South Perth, Australia*. Pp: 399-404 (www.agric.wa.gov.au/climate).
- Stevens J.R., Turner J.D., Baker D.J., Moloney S. (1989). Grasslands Maru phalaris: production and persistence in hill country. In: *Proceedings of New Zealand Grassland Association* 50: 230-231.
- Stone P.J., Wilson D.R., Reid J.B., Gillespie R.N. (2001). Water deficit effects on sweet corn. I. Water use, radiation use efficiency, growth, and yield. *Australian Journal of Agricultural Research* 52, Pp: 103-113.
- Tanner C.B., Sinclair T.R. (1983). Efficiency water use in crop production research, In: H.M. Taylor, W.R. Jordan, E.R. Sinclair (Eds.). *Limitations of Efficient Water Use in Crop Production*, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, Pp: 1-27.
- Tate D.M. (2000). *Principles of Water Use Efficiency*, Council of European Professional Informatics Societies, CEPIS web page, October 13. (<http://www.cepis.opsoms.org/muwww/fulltext/repind48/principles/principles.html>)
- Tavares-de-Sousa, M.M. (1985). Apontamentos sobre culturas pratenses e forrageiras em regadio. Elvas, *ENMP (MIMEO)*, 56 p.

- Templeton W.C. Jr., Mott G.O., Bula R.J. (1961). Some effects of temperature and light on growth and flowering of tall fescue, *Festuca arundinacea* Schreb. I - Vegetative development. *Crop Science* 1, Pp: 216-219.
- Terrell E.E. (1979). Taxonomy, morphology, and phylogeny. Tall fescue. *Agronomy Monograph* 20, Pp: 31-39.
- Thorntwaite C.W. (1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review* 38 (1), Pp: 55-94.
- Thorvaldsson G. (1992). The effects of temperature on digestibility of timothy (*Phleum pratense* L.), tested in growth chambers. *Grass and Forage Science* 47 (3), Pp: 306-308.
- Tilley J., Terry R. (1963). A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18, Pp: 104-111.
- Trigo R.M., Da Câmara C. (2000). Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *International Journal of Climatology* 20, Pp: 1599-1581.
- Tuna C., Coskuntuna L., Koc F. (2004). Determination of nutritional value of some legume and grasses. *Pakistan Journal of Biological Science* 7 (10), Pp 1750-1753.
- Turner L.R., Holloway-Phillips M.M., Rawnsley R.P., Donaghy D.J., Pembleton K.G. (2012). The morphological and physiological responses of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb., syn. *Schedonorus phoenix* Scop.) to variable water availability. *Grass and Forage Science* 67 (4), Pp: 507–518.
- Turner N.C. (2004). Sustainable production of crops and pastures under drought in a Mediterranean environment. *Annals of Applied Biology* 144, Pp:139-147.
- Twidwell E.K., Johnson K.D., Cherney J.H., Volenec J.J. (1988). Forage quality and digestion kinetics of switchgrass herbage and morphological components. *Crop Science* 28, Pp: 778-782.

- Twidwell E.K., Johnson K.D., Patterson J.A., Cherney J.H., Bracker C.E. (1991). Degradation of switchgrass anatomical tissue by rumen microorganisms. *Crop Science* 30, Pp: 1321-1328.
- Van-Santen E. (1992). Animal preference for tall fescue during reproductive growth in the spring. *Agronomy Journal* 84, Pp: 979-982.
- Vartha E.W., Archie W.S., Archer A.C., Høglund J.H., Macmillan B.H. (1982). Management of grassland on the sunny aspect of North Canterbury dry hill country: environment and quantity and quality of herbage. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 25, Pp: 475-482.
- Vasconcellos J.C. (1962). Ervas Forrageiras. Lisboa. *Direcção Geral dos Serviços Agrícolas*, 162 p.
- Vertregt N., Penning de Vries F.W.T. (1987). A Rapid Method for Determining the Efficiency of Biosynthesis of Plant Biomass. *Journal of Theoretical Biology* 128, Pp: 109-119.
- Vicente-Serrano S.M., López-Moreno J.I., Lorenzo-Lacruz J., El Kenawy A., Azorin-Molina C, Morán-Tejeda E., Pasho E., Zabalza J., Begueria S., Angulo-Martinez M. (2011). The NAO impact on droughts in the Mediterranean region. Hydrological, Socioeconomic and Ecological Impacts of the North Atlantic Oscillation in the Mediterranean Region – *Advances in Global Change Research* 46, Springer, Netherlands. Pp. 23-40.
- Viennot-Bourgin, G. (1949a). Les champignons parasites des plantes cultivées. Masson & C, editors. Tomo I, Pp: 1-755.
- Viennot-Bourgin, G. (1949b). Les champignons parasites des plantes cultivées. Masson & C, editors. Tomo II, Pp: 75-1850.
- Villax E.J. (1963). La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale. *Les cahiers de la recherche agronomique* 17. Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat, Pp: 496-498.
- Villiers T.A. (1975). Dormancy and the survival of plants. Institute of Biology's *Studies in Biology* 57, 68 p.

- Volaire F. (1991). Agronomical evaluation of local population of cocksfoot in Corsica. *Agricoltura Mediterranea* 121, Pp: 263-271.
- Volaire F. (1994). Effects of summer drought and spring defoliation on carbohydrate reserves, persistence and recovery of two populations of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) in a Mediterranean environment. *Journal of Agricultural Science* 122, Pp: 207-215.
- Volaire F. (1995). Growth, carbohydrate reserves and drought survival strategies of contrasting *Dactylis glomerata* populations in a Mediterranean environment. *Journal of Applied Ecology* 32, Pp: 56-66.
- Volaire F., Thomas H. (1995). Effects of drought on water relations, mineral uptake, water-soluble carbohydrate accumulation and survival of two contrasting populations of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Annals of Botany* (London) 75, Pp: 513-524.
- Volaire F., Gandoin J.M. (1996). Sward age affects the relationship between water-soluble carbohydrates accumulation and drought survival in two contrasting populations of *Dactylis glomerata* L. *Grass and Forage Sciences* 51, Pp: 190-198.
- Volaire F., Lelièvre F. (1997). Production, persistence and water-soluble carbohydrate accumulation in 21 contrasting populations of *Dactylis glomerata* L. subjected to severe drought in the south of France. *Australian Journal of Agricultural Research* 48, Pp: 933-944.
- Volaire F., Thomas H., Lelièvre F. (1998). Survival and recovery of perennial forage grasses under prolonged Mediterranean drought I. Growth, death, water relations and solute content in herbage and stubble. *New Phytol* 140, Pp: 439-449.
- Volaire F., Conejero G., Lelièvre F. (2001). Drought survival and dehydration tolerance in *Dactylis glomerata* and *Poa bulbosa*. *Australian Journal of Plant Physiology* 28, Pp: 743-754.
- Volaire F., Lelièvre F. (2001). Drought survival in *Dactylis glomerata* and *Festuca arundinacea* under similar rooting conditions in tubes. *Plant and Soil* 229, Pp: 225-234.

- Volaire F. (2002). Drought survival, summer dormancy and dehydrin accumulation in contrasting cultivars of *Dactylis glomerata*. *Physiologia Plantarum* 116, Pp: 42-51.
- Volaire F., Norton M. (2006). Summer dormancy in perennial temperate grasses. *Annals of Botany* 98, Pp: 927-933.
- Volaire F., Seddaiu G., Ledda L., Lelievre F. (2009). Water deficit and induction of summer dormancy in perennial Mediterranean grasses. *Annals of Botany*, Pp: 1-10.
(<http://aob.oxfordjournals.org/content/early/2009/04/14/aob.mcp080.full.pdf+html>).
- Vučković S., Simić A., Čupina B., Stojanović I., Stanisavljević R. (2003). The effect of vegetation area size on grass seed yield. *Journal of Agricultural Sciences* 1, Pp: 125-134.
- Waghorn G.C., Shelton I.D. (1992). The nutritive value of *Lotus* for sheep. *In: Proceedings New Zealand Society of Animal Production* 52, Pp: 89-92.
- Waipara N.W., Di-Menna M.E., Cole A.L.J., Skipp R.A. (1996). Potential pathogenicity of pasture plant root-colonising fungi to seedlings of legumes and grasses. *In: Proceedings of the 49th New Zealand Plant Protection Conference*, Pp: 212-215.
- Wandruszka R. V. (2006). Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. *Geochemical Transactions* 7:6
(<http://www.geochemicaltransactions.com/content/7/1/6>)
- West C.P., Izekor E., Oosterhuis D.M., Robbins, R.T. (1988). The effect of *Acremonium coenophialum* on the growth and nematode infestation of tall fescue. *Plant and Soil* 112, Pp: 3-6.
- Wilkinson H.H., Schardl C.L. (1997). The evolution of mutualism in grass/endophyte associations. *In: Proceedings of 3rd International Symposium on Neotyphodium /Grass Interactions*, Pp: 13-26.
- Xie W.G., Zhang X.Q., Cai H.W., Liu W. (2010). Genetic diversity analysis and transferability of cereal EST-SSR markers to orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). *Biochemical Systematics and Ecology* 38, Pp: 740-749.

Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14, Pp: 415-421.

Ziska L.H. (2001). Acclimation to growth temperature alters the temperature dependent stimulation of photosynthesis to elevated carbon dioxide in *Albutilon theophrasti*. *Physiologia Plantarum* 111, Pp: 322-328.

ANEJOS

Tabla I – Precipitación anual y mensual y temperatura (media de máximas y mínimas mensuales y media) de las campañas agrícolas 2006-2007 y 2007-2008 y de la media de 30 años en Elvas (Portugal).

Mes	2006-2007				2007-2008				Media 30 años			
	Precipitaciones (mm)	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Precipitaciones (mm)	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Precipitaciones (mm)	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)
Septiembre	32,8	31,2	16,6	23,9	37,4	30,7	16,7	23,7	26,6	30,3	15,1	22,7
Octubre	169,1	24,9	13,8	19,4	38,8	24,7	12,0	18,3	75,4	24,1	12,1	18,1
Noviembre	185,3	19,6	12,0	15,8	47,9	19,4	5,1	12,3	76,0	17,9	7,8	12,8
Diciembre	35,9	14,2	4,9	4,6	7,6	14,2	3,5	8,9	85,2	14,4	5,4	9,9
Enero	25,6	12,9	3,3	8,1	53,7	15,4	5,2	10,3	61,9	13,7	4,0	8,9
Febrero	51,8	16,1	7,1	11,6	83,8	17,0	6,1	11,6	50,5	15,7	4,7	10,2
Marzo	6,6	18,9	6,7	12,8	8,2	19,3	6,2	12,8	41,0	19,2	6,9	13,0
Abril	34,8	20,5	9,3	14,9	87,1	22,4	9,6	16,0	49,1	21,0	8,6	14,8
Mayo	38,5	24,7	11,6	18,2	55,6	22,5	11,9	17,2	41,0	25,8	11,7	18,4
Junio	62,4	27,8	14,6	21,2	2,5	30,9	14,8	22,8	16,4	30,6	14,8	22,8
Julio	1,5	34,1	16,7	25,4	0,0	33,3	16,6	25,0	3,6	34,3	16,7	25,5
Agosto	9,4	32,5	17,4	25,0	0,7	33,3	16,1	24,7	3,6	34,5	16,7	25,6
Total anual	653,7				423,3				530,3			
Media		23,1	11,2	16,7		23,6	10,3	17,0		23,5	10,4	16,9

Tabla II - Número de días desde el primer día de enero hasta la floración media (50% de las inflorescencias presentan flor) de las variedades en estudio en los años 2006-2007 y 2007-2008.

Variedades	Especie	2006-2007	2007-2008
Atlas	<i>P</i>	116	112
Australian	<i>P</i>	118	108
Bronsyn	<i>L</i>	106	104
Camel	<i>L</i>	100	99
Centurion	<i>F</i>	99	90
Currie	<i>D</i>	110	105
Delta1	<i>D</i>	99	96
Flecha E542	<i>F</i>	98	88
Flecha NE	<i>F</i>	97	86
Fraydo	<i>F</i>	91	71
Jana	<i>D</i>	105	103
Kasbah	<i>D</i>	84	76
Lunibelle	<i>F</i>	102	99
Lutine	<i>F</i>	104	104
Medly	<i>D</i>	85	74
Ottava	<i>D</i>	101	97
Porto	<i>D</i>	104	115
Sirolan	<i>P</i>	116	112
Sisa	<i>F</i>	85	75
Tanit	<i>F</i>	106	103

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla III – Producción de materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2006-07) Kg ha ⁻¹	Corte invierno (2006-07) Kg ha ⁻¹	Corte primavera (2006-07) Kg ha ⁻¹	Corte verano (2006-07) Kg ha ⁻¹
Atlas	I	P	2.482,8	1.180,7	1.909,0	2.081,3
Australian	I	P	2.799,8	1.068,9	1.923,6	2.830,8
Bronsyn	I	L	0,0	202,1	635,3	269,0
Camel	I	L	880,7	729,6	2.426,8	1.528,9
Centurion	I	F	3.023,0	1.489,0	2.217,6	2.438,9
Currie	I	D	1.810,0	887,4	1.612,0	1.542,6
Delta 1	I	D	2.234,5	862,4	1.293,1	999,0
Flecha E542	I	F	3.076,8	1.466,3	2.489,2	1.184,5
Flecha NE	I	F	3.453,9	1.641,7	2.324,0	1.533,3
Fraydo	I	F	3.333,1	1.966,5	2.360,2	1.184,2
Jana	I	D	1.959,3	813,8	1.548,7	1.543,8
Kasbah	I	D	3.046,0	1.346,7	1.771,9	150,5
Lunibelle	I	F	1.024,5	625,9	1.914,8	2.185,8
Lutine	I	F	1.546,1	934,0	2.157,3	3.132,3
Medly	I	D	1.132,1	1.016,0	2.293,0	1.646,7
Ottava	I	D	1.114,1	817,6	1.494,0	1.270,5
Porto	I	D	0,0	230,5	408,2	1.572,5
Sirolan	I	P	2.176,3	1.097,1	2.298,8	1.046,8
Sisa	I	F	6.790,4	1.500,4	3.696,8	2.998,1
Tanit	I	F	3.265,4	1.172,0	1.501,6	1.839,5
Atlas	II	P	3.048,7	1.393,3	1.866,1	2.379,2
Australian	II	P	2.467,9	989,8	1.942,5	3.597,0
Bronsyn	II	L	0,0	0,0	199,6	207,4
Camel	II	L	157,3	285,8	807,0	615,4
Centurion	II	F	3.023,2	1.611,6	1.963,4	1.356,2
Currie	II	D	2.592,5	1.058,8	1.459,2	2.207,3
Delta 1	II	D	1.647,0	877,5	1.280,8	1.596,0
Flecha E542	II	F	2.861,4	1.646,7	2.966,0	1.720,5
Flecha NE	II	F	4.729,9	2.501,3	3.242,1	2.560,8
Fraydo	II	F	2.220,3	1.691,7	2.349,5	1.116,5
Jana	II	D	1.586,3	975,0	1.884,8	1.809,3
Kasbah	II	D	3.170,1	1.317,6	1.462,5	158,3
Lunibelle	II	F	1.006,3	635,5	1.619,8	2.554,5
Lutine	II	F	2.841,7	1.294,1	2.527,6	3.531,8
Medly	II	D	2.047,8	947,3	2.384,5	2.037,5
Ottava	II	D	1.481,0	784,0	1.732,5	1.056,0
Porto	II	D	322,0	488,3	740,7	3.117,6
Sirolan	II	P	2.874,1	1.322,9	1.368,5	2.464,5
Sisa	II	F	3.451,5	1.397,6	2.751,0	3.058,0
Tanit	II	F	1.978,1	1.352,6	1.862,0	1.970,3

D – *Dactylis glomerata*; F – *Festuca arundinacea*; P – *Phalaris aquatica*; L – *Lolium perenne*

Tabla III (continuación) – Producción de materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2006-07) Kg ha ⁻¹	Corte invierno (2006-07) Kg ha ⁻¹	Corte primavera (2006-07) Kg ha ⁻¹	Corte verano (2006-07) Kg ha ⁻¹
Atlas	III	<i>P</i>	1.706,0	1.411,0	2.687,7	1.402,0
Australian	III	<i>L</i>	2.626,0	1.162,0	2.223,4	3.068,0
Bronsyn	III	<i>L</i>	361,4	348,9	1.167,7	2.444,2
Camel	III	<i>F</i>	575,8	587,7	2.139,7	1.895,3
Centurion	III	<i>D</i>	2.379,2	1.527,2	2.143,8	1.695,8
Currie	III	<i>D</i>	2.332,0	1.026,8	1.399,5	1.694,0
Delta 1	III	<i>F</i>	2.089,0	1.164,0	2.034,4	1.795,5
Flecha E542	III	<i>F</i>	3.922,0	1.539,8	2.732,8	2.134,9
Flecha NE	III	<i>F</i>	4.198,3	1.452,0	2.814,4	3.430,0
Fraydo	III	<i>D</i>	2.943,0	1.551,0	2.127,5	1.315,0
Jana	III	<i>D</i>	2.451,7	935,0	1.548,8	2.142,0
Kasbah	III	<i>F</i>	3.342,0	1.344,6	1.591,3	131,8
Lunibelle	III	<i>F</i>	936,3	742,5	2.348,2	2.875,0
Lutine	III	<i>D</i>	1.506,9	957,6	2.733,2	3.689,6
Medly	III	<i>D</i>	1.216,6	670,4	2.813,1	1.549,1
Ottava	III	<i>D</i>	1.856,4	969,8	2.442,3	2.268,5
Porto	III	<i>P</i>	164,3	380,0	746,6	2.609,4
Sirolan	III	<i>F</i>	2.767,9	1.200,0	2.047,1	2.574,1
Sisa	III	<i>F</i>	2.452,7	1.100,5	2.098,6	2.216,3
Tanit	III	<i>F</i>	3.236,6	1.400,0	2.117,5	1.876,0

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla IV – Producción de materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (200-08) Kg ha ⁻¹	Corte invierno (2007-08) Kg ha ⁻¹	Corte primavera (2007-08) Kg ha ⁻¹	Corte verano (2007-08) Kg ha ⁻¹
Atlas	I	P	1.460,9	2.014,9	2.277,2	769,5
Australian	I	P	1.527,5	1.996,9	1.604,4	2.713,5
Bronsyn	I	L	210,0	308,9	122,2	879,7
Camel	I	L	667,0	1.196,3	2.306,9	1.130,5
Centurion	I	F	2.605,8	2.885,5	3.477,4	2.114,6
Currie	I	D	1.191,6	1.283,5	2.116,7	2.689,5
Delta 1	I	D	1.127,0	1.302,9	1.703,0	2.061,8
Flecha E542	I	F	2.365,5	3.477,9	3.873,0	1.672,1
Flecha NE	I	F	2.065,2	3.343,3	3.565,5	1.799,4
Fraydo	I	F	2.010,4	2.815,6	3.225,5	1.483,6
Jana	I	D	1.235,5	1.573,3	2.473,8	2.201,6
Kasbah	I	D	975,0	2.857,5	3.367,1	723,7
Lunibelle	I	F	1.744,2	1.963,3	3.309,0	2.767,5
Lutine	I	F	2.639,3	2.046,0	3.204,6	3.453,5
Medly	I	D	1.100,0	1.386,9	2.902,6	1981,6
Ottava	I	D	986,2	1.216,7	2.078,4	2.478,1
Porto	I	D	268,3	433,1	756,8	3.087,8
Sirolan	I	P	1.377,0	2.068,9	1.631,3	1.035,1
Sisa	I	F	2.613,0	1.566,3	2.923,0	2.910,0
Tanit	I	F	2.672,3	2.755,4	3.272,4	1.610,9
Atlas	II	P	1.375,0	2.107,0	2.225,1	963,3
Australian	II	P	1.732,5	2.310,8	1.860,4	1.837,9
Bronsyn	II	L	36,7	306,2	493,3	733,3
Camel	II	L	263,3	785,7	1.285,9	1.007,3
Centurion	II	F	2.050,4	3.106,1	3.833,3	1.488,0
Currie	II	D	1.327,5	1.894,4	2.312,5	2.546,8
Delta 1	II	D	1.001,0	1.494,5	2.364,0	1.768,1
Flecha E542	II	F	1.927,3	3.775,8	4.878,7	1.531,8
Flecha NE	II	F	2.201,5	4.096,6	4.015,7	1.477,6
Fraydo	II	F	1.741,3	2.996,3	3.811,3	918,8
Jana	II	D	1.293,3	1.750,7	2.573,8	2.190,0
Kasbah	II	D	949,0	1.686,3	2.358,3	356,1
Lunibelle	II	F	2.403,0	1.776,3	2.703,8	3.384,9
Lutine	II	F	2.832,5	1.698,7	3.372,6	3.566,3
Medly	II	D	1.443,0	1.627,8	2.574,6	1.817,4
Ottava	II	D	945,0	1.156,3	2.062,2	3.174,0
Porto	II	D	240,0	630,9	819,1	2.294,0
Sirolan	II	P	2.334,5	2.829,0	2.667,5	1.053,0
Sisa	II	F	2.457,0	2.465,0	4.207,7	1.932,0
Tanit	II	F	1.949,3	2.512,5	2.946,4	1.885,0

D – *Dactylis glomerata*; F – *Festuca arundinacea*; P – *Phalaris aquatica*; L – *Lolium perenne*

Tabla IV (continuación) – Producción de materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2007-08) Kg ha ⁻¹	Corte invierno (2007-08) Kg ha ⁻¹	Corte primavera (2007-08) Kg ha ⁻¹	Corte verano (2007-08) Kg ha ⁻¹
Atlas	III	<i>P</i>	980,0	1.913,3	2.053,7	833,0
Australian	III	<i>L</i>	1.545,0	2.717,0	1.394,8	1.394,0
Bronsyn	III	<i>L</i>	1.195,0	1.765,4	1.546,1	1.867,3
Camel	III	<i>F</i>	624,0	1.392,0	2.007,9	2.884,3
Centurion	III	<i>D</i>	1.521,7	4.157,9	3.922,5	2.072,0
Currie	III	<i>D</i>	1.500,8	1.376,1	2.576,8	2.441,2
Delta 1	III	<i>F</i>	1.093,7	1.487,3	2.948,7	1.862,1
Flecha E542	III	<i>F</i>	3.071,0	4.586,5	3.880,6	1.397,5
Flecha NE	III	<i>F</i>	3.566,6	3.091,8	3.906,6	1.445,0
Fraydo	III	<i>D</i>	1.345,5	3.003,0	3.996,5	1.774,5
Jana	III	<i>D</i>	1.364,7	1.844,5	2.762,3	2.035,0
Kasbah	III	<i>F</i>	1.189,8	1.884,2	3.304,9	961,8
Lunibelle	III	<i>F</i>	1.540,0	1.872,3	3.684,7	3.662,8
Lutine	III	<i>D</i>	2.358,9	2.513,3	3.791,0	3.819,0
Medly	III	<i>D</i>	976,5	1.625,3	2.936,1	1.629,4
Ottava	III	<i>D</i>	1.036,7	1.344,0	2.263,9	1.801,6
Porto	III	<i>P</i>	206,7	498,3	825,7	2.851,3
Sirolan	III	<i>F</i>	1.867,8	3.501,8	2.386,7	1.687,6
Sisa	III	<i>F</i>	2.769,3	2.525,4	4.103,8	2.773,1
Tanit	III	<i>F</i>	3.120,1	3.057,2	3.129,7	805,0

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla V – Proteína bruta de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2006-07) (%)	Corte invierno (2006-07) (%)	Corte primavera (2006-07) (%)	Corte verano (2006-07) (%)
Centurion	I	F	20,5	13,5	11,3	9,8
Currie	I	D	21,2	15,3	16,8	11,0
Delta 1	I	D	18,4	13,8	11,9	10,2
Flecha E542	I	F	20,6	11,2	11,3	10,9
Flecha NE	I	F	17,9	11,3	10,2	11,9
Fraydo	I	F	20,3	10,7	10,4	11,7
Jana	I	D	20,5	14,4	15,1	13,2
Kasbah	I	D	21,2	13,5	10,7	12,6
Lunibelle	I	F	21,3	17,0	13,1	12,9
Lutine	I	F	22,3	13,8	11,8	11,8
Medly	I	D	21,7	16,5	12,7	12,8
Ottava	I	D	21,5	16,6	11,6	11,6
Porto	I	D	20,2	15,6	17,9	9,1
Sisa	I	F	16,5	14,2	11,3	11,0
Tanit	I	F	19,4	12,0	11,3	13,3
Centurion	II	F	19,6	11,6	10,3	9,7
Currie	II	D	19,9	15,0	14,6	10,4
Delta 1	II	D	19,5	14,3	13,6	12,2
Flecha E542	II	F	20,2	11,1	11,0	11,7
Flecha NE	II	F	19,3	10,9	10,9	12,2
Fraydo	II	F	21,1	10,6	12,1	12,6
Jana	II	D	19,2	15,3	12,4	11,2
Kasbah	II	D	18,6	11,6	12,3	11,1
Lunibelle	II	F	19,2	14,5	13,5	9,3
Lutine	II	F	16,1	13,4	10,0	10,5
Medly	II	D	18,9	14,6	13,4	11,6
Ottava	II	D	20,7	15,2	12,9	9,8
Porto	II	D	20,1	15,6	16,2	7,0
Sisa	II	F	17,1	12,5	11,4	12,0
Tanit	II	F	21,7	12,3	11,7	10,4

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla V (continuación) – Proteína bruta de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2006-07) (%)	Corte invierno (2006-07) (%)	Corte primavera (2006-07) (%)	Corte verano (2006-07) (%)
Centurion	III	<i>F</i>	20,8	11,6	12,7	10,8
Currie	III	<i>D</i>	20,4	15,8	12,9	12,3
Delta 1	III	<i>D</i>	22,8	14,8	10,9	12,2
Flecha E542	III	<i>F</i>	20,4	10,4	12,5	12,2
Flecha NE	III	<i>F</i>	17,5	10,9	12,8	11,4
Fraydo	III	<i>F</i>	20,9	10,8	10,5	10,1
Jana	III	<i>D</i>	19,7	14,1	13,2	11,8
Kasbah	III	<i>D</i>	20,2	12,6	12,7	11,7
Lunibelle	III	<i>F</i>	21,5	17,4	14,4	12,0
Lutine	III	<i>F</i>	21,6	15,2	11,6	12,3
Medly	III	<i>D</i>	19,1	15,0	8,8	11,0
Ottava	III	<i>D</i>	22,1	16,3	13,1	12,2
Porto	III	<i>D</i>	20,2	16,7	19,7	8,2
Sisa	III	<i>F</i>	19,9	13,7	11,7	12,5
Tanit	III	<i>F</i>	21,3	13,2	11,1	10,7

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla VI – Proteína bruta de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2007-08) (%)	Corte invierno (2007-08) (%)	Corte primavera (2007-08) (%)	Corte verano (2007-08) (%)
Centurion	I	F	16,2	15,0	10,1	8,6
Currie	I	D	17,8	17,0	15,9	6,7
Delta 1	I	D	17,9	19,2	15,0	6,7
Flecha E542	I	F	16,7	15,8	10,5	7,6
Flecha NE	I	F	14,3	15,5	11,0	6,0
Fraydo	I	F	15,2	13,8	9,3	10,8
Jana	I	D	21,9	24,7	15,5	8,4
Kasbah	I	D	20,6	20,0	11,4	8,8
Lunibelle	I	F	17,5	17,9	12,7	8,2
Lutine	I	F	15,8	17,2	11,7	7,0
Medly	I	D	17,7	22,4	14,8	9,4
Ottava	I	D	18,8	23,0	15,9	7,9
Porto	I	D	21,3	21,0	17,0	6,6
Sisa	I	F	15,1	16,5	10,6	8,1
Tanit	I	F	17,3	18,4	11,0	7,2
Centurion	II	F	15,7	15,9	10,4	7,9
Currie	II	D	17,4	18,6	16,3	6,8
Delta 1	II	D	20,2	21,6	13,1	7,4
Flecha E542	II	F	18,0	16,6	12,9	9,7
Flecha NE	II	F	17,8	15,7	11,3	8,6
Fraydo	II	F	17,3	15,3	12,6	7,4
Jana	II	D	18,5	21,7	14,4	7,0
Kasbah	II	D	18,6	18,4	11,9	9,8
Lunibelle	II	F	16,5	16,3	12,2	7,4
Lutine	II	F	14,4	16,7	11,0	8,1
Medly	II	D	16,6	18,7	11,3	8,9
Ottava	II	D	17,5	19,9	15,3	6,6
Porto	II	D	20,6	20,1	17,1	6,2
Sisa	II	F	16,4	16,2	11,3	7,0
Tanit	II	F	15,5	18,3	12,7	6,7

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla VI (continuación) – Proteína bruta de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 20072008.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2007-08) (%)	Corte invierno (2007-08) (%)	Corte primavera (2007-08) (%)	Corte verano (2007-08) (%)
Centurion	III	<i>F</i>	17,1	16,7	13,6	7,9
Currie	III	<i>D</i>	18,2	22,7	16,3	6,3
Delta 1	III	<i>D</i>	20,5	21,7	14,9	8,3
Flecha E542	III	<i>F</i>	19,3	15,6	11,7	9,9
Flecha NE	III	<i>F</i>	17,6	16,6	9,7	9,3
Fraydo	III	<i>F</i>	16,5	14,4	10,1	7,4
Jana	III	<i>D</i>	13,3	20,8	14,3	9,3
Kasbah	III	<i>D</i>	20,2	20,1	11,5	8,0
Lunibelle	III	<i>F</i>	16,6	18,0	12,7	8,1
Lutine	III	<i>F</i>	18,6	21,2	12,2	8,0
Medly	III	<i>D</i>	16,9	20,6	13,1	9,1
Ottava	III	<i>D</i>	19,2	20,7	14,0	7,8
Porto	III	<i>D</i>	20,1	23,3	16,8	6,0
Sisa	III	<i>F</i>	17,5	19,3	11,4	8,7
Tanit	III	<i>F</i>	17,7	15,9	1,8	8,9

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla VII – Digestibilidad de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2006-07) (%)	Corte invierno (2006-07) (%)	Corte primavera (2006-07) (%)	Corte verano (2006-07) (%)
Centurion	I	F	64,4	67,2	61,9	49,7
Currie	I	D	66,8	64,8	72,7	50,8
Delta 1	I	D	65,5	65,4	70,4	52,3
Flecha E542	I	F	75,1	68,1	60,9	56,3
Flecha NE	I	F	66,6	65,9	60,1	53,6
Fraydo	I	F	67,7	68,2	59,5	51,9
Jana	I	D	68,2	68,2	73,3	62,4
Kasbah	I	D	65,8	68,3	55,2	46,3
Lunibelle	I	F	69,9	69,5	66,9	58,2
Lutine	I	F	70,3	69,5	64,8	55,7
Medly	I	D	68,8	69,9	63,1	65,6
Ottava	I	D	65,3	67,4	71,4	46,7
Porto	I	D	65,0	70,3	73,9	43,8
Sisa	I	F	51,4	67,4	59,1	46,5
Tanit	I	F	65,6	66,8	65,7	54,6
Centurion	II	F	70,0	67,0	63,2	55,1
Currie	II	D	68,8	67,8	77,5	50,3
Delta 1	II	D	70,3	65,4	71,4	57,4
Flecha E542	II	F	69,2	66,8	60,5	53,1
Flecha NE	II	F	66,4	66,1	61,8	54,2
Fraydo	II	F	73,3	67,9	61,2	56,1
Jana	II	D	73,4	68,2	72,7	63,6
Kasbah	II	D	69,4	67,5	62,7	51,9
Lunibelle	II	F	71,2	66,2	68,6	52,6
Lutine	II	F	59,3	70,7	65,3	53,0
Medly	II	D	63,8	70,3	60,8	66,2
Ottava	II	D	67,9	66,6	72,5	54,5
Porto	II	D	64,8	63,9	73,6	39,7
Sisa	II	F	60,8	66,1	60,0	47,1
Tanit	II	F	71,0	68,9	63,5	54,6

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla VII (continuación) – Digestibilidad de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2006-2007.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2006-07) (%)	Corte invierno (2006-07) (%)	Corte primavera (2006-07) (%)	Corte verano (2006-07) (%)
Centurion	III	<i>F</i>	70,0	64,2	62,2	53,7
Currie	III	<i>D</i>	64,8	67,3	72,3	56,4
Delta 1	III	<i>D</i>	69,7	67,3	67,5	57,5
Flecha E542	III	<i>F</i>	65,0	66,9	60,4	54,6
Flecha NE	III	<i>F</i>	66,4	71,2	56,9	53,8
Fraydo	III	<i>F</i>	65,6	66,7	57,6	53,9
Jana	III	<i>D</i>	65,0	64,8	73,6	58,3
Kasbah	III	<i>D</i>	62,1	69,8	59,1	50,6
Lunibelle	III	<i>F</i>	70,3	68,1	66,0	56,4
Lutine	III	<i>F</i>	72,0	70,3	63,5	56,0
Medly	III	<i>D</i>	64,9	69,6	57,6	63,7
Ottava	III	<i>D</i>	67,6	68,4	67,3	56,4
Porto	III	<i>D</i>	65,1	59,2	72,9	40,0
Sisa	III	<i>F</i>	66,7	66,2	58,7	49,2
Tanit	III	<i>F</i>	62,3	66,4	60,9	52,0

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla VIII – Digestibilidad de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2007-08) (%)	Corte invierno (2007-08) (%)	Corte primavera (2007-08) (%)	Corte verano (2007-08) (%)
Centurion	I	F	63,6	65,7	60,3	43,3
Currie	I	D	66,7	77,4	70,3	39,2
Delta 1	I	D	67,5	87,5	67,0	46,1
Flecha E542	I	F	67,9	70,2	59,7	50,5
Flecha NE	I	F	65,1	66,0	60,8	46,5
Fraydo	I	F	65,5	69,9	54,4	50,3
Jana	I	D	68,2	72,1	69,5	49,8
Kasbah	I	D	74,4	75,2	61,5	44,6
Lunibelle	I	F	66,5	71,2	64,4	48,6
Lutine	I	F	64,0	69,2	63,4	48,9
Medly	I	D	65,0	74,3	65,8	54,5
Ottava	I	D	67,0	73,4	67,1	42,2
Porto	I	D	69,2	71,6	69,4	40,1
Sisa	I	F	59,0	64,4	58,8	42,3
Tanit	I	F	66,1	68,0	61,9	43,4
Centurion	II	F	68,7	70,5	59,7	46,7
Currie	II	D	64,4	69,6	69,7	36,1
Delta 1	II	D	72,4	69,6	66,8	45,4
Flecha E542	II	F	67,9	66,9	59,5	45,4
Flecha NE	II	F	65,3	68,4	58,1	47,7
Fraydo	II	F	63,4	71,4	56,5	47,5
Jana	II	D	71,0	69,5	71,1	46,4
Kasbah	II	D	76,4	76,0	66,1	48,3
Lunibelle	II	F	60,1	69,5	62,1	47,1
Lutine	II	F	60,7	72,6	62,0	49,6
Medly	II	D	69,1	68,9	61,0	55,2
Ottava	II	D	68,4	72,0	70,2	44,3
Porto	II	D	64,2	70,6	68,4	40,4
Sisa	II	F	63,1	67,0	59,0	42,3
Tanit	II	F	62,7	69,4	59,6	45,7

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla VIII (continuación) – Digestibilidad de la materia seca de las variedades en estudio en los cuatro cortes realizados en el año agrícola 2007-2008.

Variedad	Rep.	Especie	Corte otoño (2007-08) (%)	Corte invierno (2007-08) (%)	Corte primavera (2007-08) (%)	Corte verano (2007-08) (%)
Centurion	III	<i>F</i>	68,1	67,4	58,4	49,3
Currie	III	<i>D</i>	72,8	69,9	68,3	42,5
Delta 1	III	<i>D</i>	74,3	70,3	66,0	47,2
Flecha E542	III	<i>F</i>	68,0	67,8	55,9	52,2
Flecha NE	III	<i>F</i>	64,7	68,0	54,8	49,9
Fraydo	III	<i>F</i>	68,4	69,6	59,2	46,1
Jana	III	<i>D</i>	60,0	69,1	6,8	52,7
Kasbah	III	<i>D</i>	74,8	75,0	61,7	41,5
Lunibelle	III	<i>F</i>	64,8	71,9	62,0	49,1
Lutine	III	<i>F</i>	71,0	72,8	63,8	47,6
Medly	III	<i>D</i>	70,1	73,1	59,5	54,3
Ottava	III	<i>D</i>	71,7	70,7	63,4	47,2
Porto	III	<i>D</i>	70,8	67,8	68,9	34,2
Sisa	III	<i>F</i>	62,6	70,0	56,0	45,8
Tanit	III	<i>F</i>	63,2	65,8	58,5	47,9

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla IX – Persistencia de las variedades en estudio en la primavera de 2005-2006, otoño y primavera de 2006-2007, otoño y primavera de 2007-2008 y otoño de 2008-2009.

Variedad	Rep.	Especie	2005-2006	2006-2007		2007-2008		2008-2009
			Primavera	Otoño	Primavera	Otoño	Primavera	Otoño
Atlas	I	P	80,0	70,0	65,0	65,0	60,0	45,0
Australian	I	P	85,0	60,0	50,0	50,0	45,0	35,0
Bronsyn	I	L	80,0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0
Camel	I	L	90,0	15,0	15,0	5,0	5,0	0,0
Centurion	I	F	85,0	85,0	85,0	70,0	65,0	65,0
Currie	I	D	75,0	75,0	70,0	70,0	60,0	20,0
Delta 1	I	D	80,0	80,0	80,0	75,0	75,0	50,0
Flecha E542	I	F	90,0	90,0	80,0	80,0	75,0	60,0
Flecha NE	I	F	80,0	80,0	75,0	75,0	70,0	60,0
Fraydo	I	F	80,0	90,0	80,0	80,0	80,0	70,0
Jana	I	D	90,0	85,0	80,0	75,0	75,0	30,0
Kasbah	I	D	85,0	85,0	85,0	80,0	80,0	80,0
Lunibelle	I	F	90,0	75,0	65,0	65,0	60,0	35,0
Lutine	I	F	85,0	75,0	60,0	60,0	55,0	45,0
Medly	I	D	90,0	60,0	60,0	60,0	60,0	10,0
Ottava	I	D	60,0	60,0	50,0	50,0	50,0	10,0
Partenope	I	P	90,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Porto	I	D	90,0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0
Sirolan	I	P	95,0	70,0	60,0	55,0	55,0	45,0
Sisa	I	F	85,0	75,0	75,0	75,0	70,0	70,0
Tanit	I	F	85,0	85,0	80,0	75,0	75,0	55,0
Atlas	II	P	90,0	65,0	65,0	60,0	55,0	40,0
Australian	II	P	80,0	55,0	55,0	55,0	55,0	25,0
Bronsyn	II	L	95,0	10,0	5,0	5,0	5,0	0,0
Camel	II	L	70,0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0
Centurion	II	F	90,0	80,0	75,0	75,0	70,0	40,0
Currie	II	D	90,0	75,0	75,0	75,0	70,0	20,0
Delta 1	II	D	75,0	70,0	70,0	65,0	65,0	20,0
Flecha E542	II	F	80,0	75,0	75,0	75,0	70,0	60,0
Flecha NE	II	F	80,0	80,0	75,0	70,0	65,0	60,0
Fraydo	II	F	80,0	65,0	65,0	65,0	60,0	15,0
Jana	II	D	95,0	50,0	60,0	60,0	60,0	15,0
Kasbah	II	D	85,0	85,0	80,0	75,0	70,0	60,0
Lunibelle	II	F	60,0	55,0	55,0	55,0	50,0	35,0
Lutine	II	F	85,0	65,0	65,0	65,0	60,0	40,0
Medly	II	D	95,0	60,0	60,0	55,0	55,0	15,0
Ottava	II	D	60,0	60,0	55,0	55,0	55,0	10,0
Partenope	II	P	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Porto	II	D	85,0	25,0	25,0	20,0	20,0	5,0
Sirolan	II	P	90,0	75,0	65,0	65,0	65,0	45,0
Sisa	II	F	80,0	65,0	60,0	60,0	55,0	40,0
Tanit	II	F	85,0	70,0	70,0	65,0	60,0	60,0

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla IX (Continuación) – Persistencia de las variedades en estudio en la primavera de 2005-2006, otoño y primavera de 2006-2007, otoño y primavera de 2007-2008 y otoño de 2008-2009.

Variedad	Rep	Especie	2005-2006	2006-2007		2007-2008		2008-2009
			Primavera	Otoño	Primavera	Otoño	Primavera	Otoño
Atlas	III	<i>P</i>	70,0	65,0	65,0	60,0	60,0	45,0
Australian	III	<i>P</i>	80,0	55,0	55,0	50,0	50,0	20,0
Bronsyn	III	<i>L</i>	80,0	10,0	10,0	5,0	5,0	0,0
Camel	III	<i>L</i>	80,0	10,0	5,0	5,0	5,0	0,0
Centurion	III	<i>F</i>	85,0	80,0	80,0	75,0	65,0	45,0
Currie	III	<i>D</i>	65,0	65,0	65,0	65,0	60,0	20,0
Delta 1	III	<i>D</i>	70,0	60,0	60,0	60,0	60,0	10,0
Flecha E542	III	<i>F</i>	90,0	90,0	85,0	85,0	80,0	75,0
Flecha NE	III	<i>F</i>	85,0	80,0	80,0	75,0	75,0	70,0
Fraydo	III	<i>F</i>	80,0	80,0	80,0	75,0	75,0	40,0
Jana	III	<i>D</i>	80,0	75,0	70,0	70,0	65,0	55,0
Kasbah	III	<i>D</i>	80,0	80,0	80,0	80,0	70,0	60,0
Lunibelle	III	<i>F</i>	70,0	60,0	60,0	50,0	50,0	40,0
Lutine	III	<i>F</i>	70,0	55,0	55,0	50,0	50,0	25,0
Medly	III	<i>D</i>	85,0	50,0	50,0	55,0	55,0	10,0
Ottava	III	<i>D</i>	60,0	55,0	50,0	50,0	50,0	5,0
Partenope	III	<i>P</i>	70,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Porto	III	<i>D</i>	80,0	15,0	20,0	20,0	20,0	5,0
Sirolan	III	<i>P</i>	75,0	60,0	60,0	60,0	55,0	45,0
Sisa	III	<i>F</i>	75,0	65,0	60,0	60,0	55,0	50,0
Tanit	III	<i>F</i>	85,0	80,0	80,0	80,0	75,0	60,0

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla X – Eficiencia del uso del agua (WUE) de las variedades en estudio en tres fechas (invierno, primavera y verano) en el año agrícola 2006-2007.

Variedad	Rep.	Especie	Invierno (2006-07) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)	Primavera (2006-07) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)	Verano (2006-07) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)
Centurion	I	<i>F</i>	2,42	1,76	2,68
Currie	I	<i>D</i>	1,74	1,43	0,97
Delta 1	I	<i>D</i>	1,55	1,05	0,66
Flecha NE	I	<i>F</i>	3,06	2,21	1,05
Fraydo	I	<i>F</i>	2,81	2,30	1,32
Jana	I	<i>D</i>	1,35	1,54	1,87
Kasbah	I	<i>D</i>	2,77	1,90	0,12
Lutine	I	<i>F</i>	1,38	2,33	3,40
Medly	I	<i>D</i>	1,63	2,19	1,43
Ottava	I	<i>D</i>	2,34	1,27	1,13
Porto	I	<i>D</i>	0,26	0,40	1,76
Sisa	I	<i>F</i>	3,66	5,03	3,22
Tanit	I	<i>F</i>	1,58	1,76	2,11
Centurion	II	<i>F</i>	2,50	2,31	1,35
Currie	II	<i>D</i>	1,85	1,46	1,80
Delta 1	II	<i>D</i>	1,45	1,50	1,18
Flecha NE	II	<i>F</i>	4,02	2,73	1,68
Fraydo	II	<i>F</i>	2,54	2,61	0,97
Jana	II	<i>D</i>	1,43	2,52	1,73
Kasbah	II	<i>D</i>	2,10	1,77	0,15
Lutine	II	<i>F</i>	2,72	4,52	3,82
Medly	II	<i>D</i>	1,40	3,14	2,44
Ottava	II	<i>D</i>	1,28	1,73	0,89
Porto	II	<i>D</i>	0,67	1,37	2,98
Sisa	II	<i>F</i>	2,43	1,77	2,14
Tanit	II	<i>F</i>	3,14	2,50	2,21

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla X (Continuación) – Eficiencia del uso del agua (WUE) de las variedades en estudio en tres fechas (invierno, primavera y verano) en el año agrícola 2006-2007.

Variedad	Rep.	Especie	Invierno (2006-07) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)	Primavera (2006-07) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)	Verano (2006-07) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)
Centurion	III	<i>F</i>	2,67	1,86	2,24
Currie	III	<i>D</i>	1,64	1,47	1,24
Delta 1	III	<i>D</i>	2,00	1,74	1,03
Flecha NE	III	<i>F</i>	2,45	2,76	2,13
Fraydo	III	<i>F</i>	2,41	2,44	1,54
Jana	III	<i>D</i>	1,56	2,20	1,96
Kasbah	III	<i>D</i>	2,32	1,58	0,09
Lutine	III	<i>F</i>	1,56	4,40	4,27
Medly	III	<i>D</i>	0,97	5,59	1,89
Ottava	III	<i>D</i>	1,47	4,19	2,29
Porto	III	<i>D</i>	0,60	0,98	2,43
Sisa	III	<i>F</i>	3,10	2,18	2,12
Tanit	III	<i>F</i>	2,64	2,39	2,06

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla XI – Eficiencia del uso del agua (WUE) de las variedades en estudio en tres fechas (invierno, primavera y verano) en el año agrícola 2007-2008.

Variedad	Rep.	Especie	Invierno (2007-08) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)	Primavera (2007-08) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)	Verano (2007-08) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)
Centurion	I	<i>F</i>	3,07	2,29	1,33
Currie	I	<i>D</i>	1,68	1,77	1,21
Delta 1	I	<i>D</i>	1,42	1,22	1,00
Flecha NE	I	<i>F</i>	4,07	2,18	0,98
Fraydo	I	<i>F</i>	2,84	2,36	0,95
Jana	I	<i>D</i>	1,21	2,58	1,42
Kasbah	I	<i>D</i>	3,26	2,48	0,34
Lutine	I	<i>F</i>	2,17	3,04	1,97
Medly	I	<i>D</i>	1,38	3,36	1,03
Ottava	I	<i>D</i>	1,23	1,75	1,36
Porto	I	<i>D</i>	0,51	0,74	1,75
Sisa	I	<i>F</i>	3,31	1,45	1,35
Tanit	I	<i>F</i>	2,67	3,04	1,04
Centurion	II	<i>F</i>	3,23	1,16	0,91
Currie	II	<i>D</i>	1,78	1,74	1,44
Delta 1	II	<i>D</i>	1,36	1,56	0,95
Flecha NE	II	<i>F</i>	5,22	2,60	0,84
Fraydo	II	<i>F</i>	2,98	3,00	0,56
Jana	II	<i>D</i>	1,49	2,60	1,34
Kasbah	II	<i>D</i>	1,67	1,99	0,23
Lutine	II	<i>F</i>	1,99	3,15	2,25
Medly	II	<i>D</i>	1,74	2,16	1,17
Ottava	II	<i>D</i>	1,42	1,65	1,74
Porto	II	<i>D</i>	0,70	0,80	1,42
Sisa	II	<i>F</i>	3,27	3,28	1,23
Tanit	II	<i>F</i>	2,58	2,57	1,25

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla XI (Continuación) – Eficiencia del uso del agua (WUE) de las variedades en estudio en tres fechas (invierno, primavera y verano) en el año agrícola 2007-2008.

Variedad	Rep.	Especie	Invierno (2007-08) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)	Primavera (2007-08) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)	Verano (2007-08) (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)
Centurion	III	<i>F</i>	4,00	3,48	1,33
Currie	III	<i>D</i>	1,23	1,88	1,33
Delta 1	III	<i>D</i>	1,76	2,47	0,80
Flecha NE	III	<i>F</i>	5,34	2,21	0,99
Fraydo	III	<i>F</i>	2,54	4,18	1,15
Jana	III	<i>D</i>	1,89	2,52	1,27
Kasbah	III	<i>D</i>	1,37	2,85	0,60
Lutine	III	<i>F</i>	2,63	3,81	2,45
Medly	III	<i>D</i>	1,51	3,36	1,00
Ottava	III	<i>D</i>	1,31	2,36	1,03
Porto	III	<i>D</i>	0,54	0,65	1,59
Sisa	III	<i>F</i>	2,54	3,52	1,83
Tanit	III	<i>F</i>	2,78	3,29	0,55

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

Tabla XII – Senescencia de las variedades en dos fechas (junio y julio) en los dos años de ensayo.

Variedad	Rep.	Especie	2006-2007		2007-2008	
			Junio	Julio	Junio	Julio
Centurion	I	F	19,9	28,1	21,0	60,0
Currie	I	D	45,9	64,0	10,7	96,8
Delta	I	D	38,7	64,0	25,3	92,2
Flecha NE	I	F	24,2	24,6	17,6	68,1
Fraydo	I	F	38,0	32,7	34,9	63,9
Jana	I	D	19,5	37,6	10,6	96,8
Kasbah	I	D	64,9	94,7	46,0	99,2
Lutine	I	F	12,1	38,3	10,5	46,0
Medly	I	D	24,6	40,8	38,9	88,0
Ottava	I	D	37,7	44,9	21,2	96,4
Porto	I	D	14,1	68,0	12,1	96,6
Sisa	I	F	18,7	48,6	44,4	32,9
Tanit	I	F	15,1	30,8	42,8	61,0
Centurion	II	F	33,5	38,4	25,3	69,6
Currie	II	D	14,3	67,4	14,5	98,9
Delta	II	D	35,3	61,0	24,5	97,9
Flecha NE	II	F	27,2	24,2	18,9	76,4
Fraydo	II	F	46,4	29,3	31,9	80,0
Jana	II	D	31,3	42,7	21,1	96,0
Kasbah	II	D	51,4	88,4	40,5	82,9
Lutine	II	F	1,90	28,0	23,3	24,9
Medly	II	D	21,6	62,4	33,5	73,3
Ottava	II	D	17,0	43,2	33,1	86,5
Porto	II	D	13,4	47,6	18,6	97,7
Sisa	II	F	19,5	41,6	30,1	37,5
Tanit	II	F	24,2	29,5	21,4	81,7
Centurion	III	F	22,5	59,3	20,3	74,6
Currie	III	D	38,5	63,5	20,0	99,2
Delta	III	D	13,1	63,2	27,8	95,5
Flecha NE	III	F	25,2	42,4	13,7	42,1
Fraydo	III	F	35,6	46,8	34,2	71,2
Jana	III	D	20,7	42,4	23,1	83,6
Kasbah	III	D	61,6	82,4	43,1	89,1
Lutine	III	F	6,5	9,7	8,9	48,8
Medly	III	D	23,5	33,4	17,8	76,1
Ottava	III	D	15,6	46,2	30,1	85,7
Porto	III	D	9,5	76,0	14,1	95,4
Sisa	III	F	15,6	24,4	25,2	54,2
Tanit	III	F	25,6	35,7	19,5	68,7

D – *Dactylis glomerata*; *F* – *Festuca arundinacea*; *P* – *Phalaris aquatica*; *L* – *Lolium perenne*

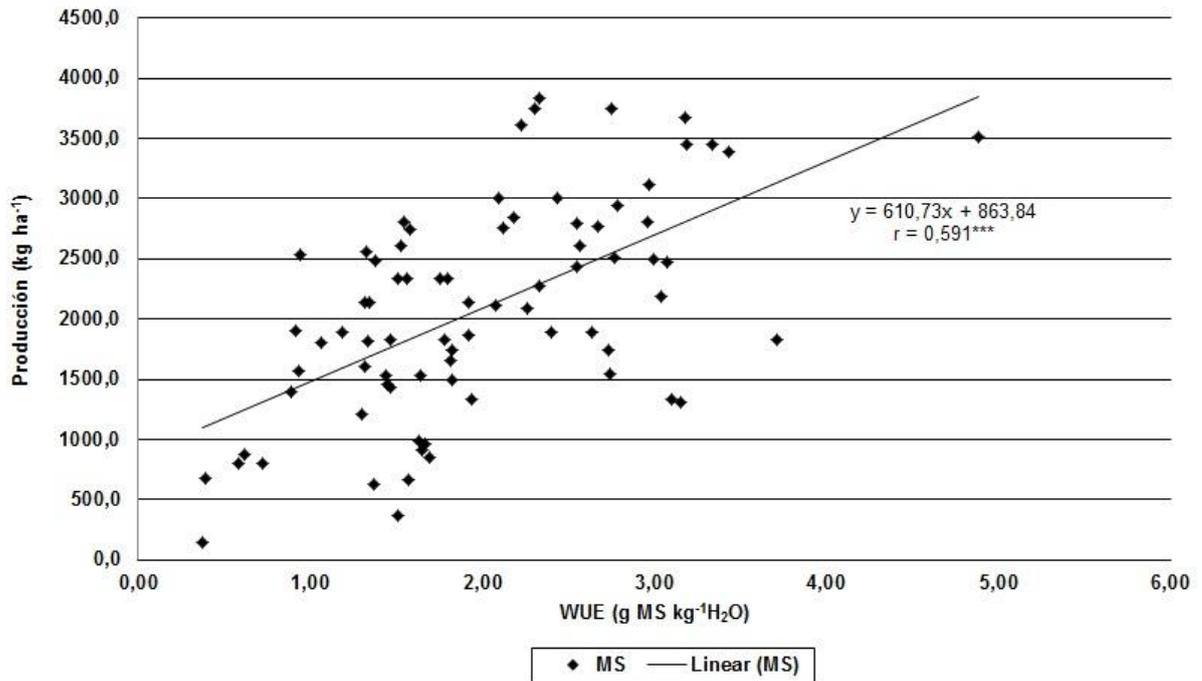


Figura I – Correlación entre la eficiencia del uso del agua (WUE) y la producción de materia seca (MS).

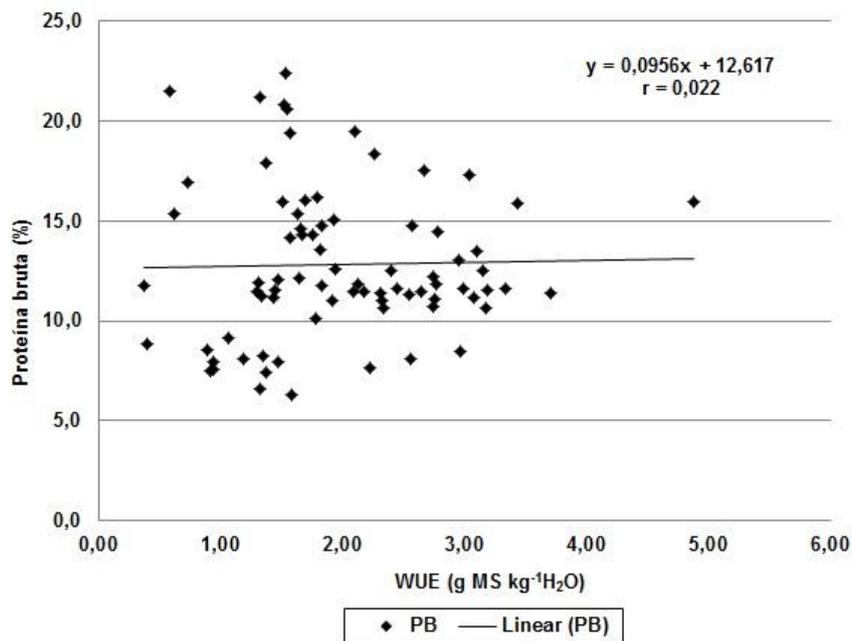


Figura II - Correlación entre la eficiencia del uso del agua (WUE) y el porcentaje de proteína bruta (PB).

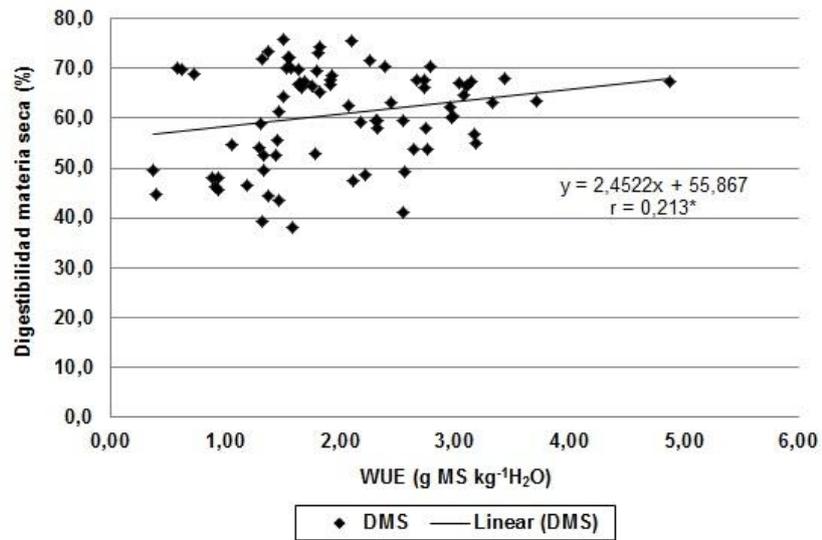


Figura III - Correlación entre la eficiencia del uso del agua (WUE) y el porcentaje de la digestibilidad de la materia seca (DMS).