



**“ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS  
DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE”**

**TOMO I**

Investigador responsable:

**Dr. Eduardo A. Chinaa Correa.**

Profesor Titular de Universidad

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (ETSIA, ULL)

Personal participante:

Investigadores:

**Ricardo Mesa Coello.** GESPLAN SAU, Gobierno de Canarias.

**Antonia García Ciudad.** Investigador Científico del IRNASA, CSIC.

**Balbino García Criado.** Profesor Investigador del IRNASA, CSIC.

**Antonio Rodríguez Rodríguez.** Catedrático de Universidad (ULL).

**José Asterio Guerra García.** Coordinador Dpto. Desarrollo SIG (SAU).

**Juan Luis Mora Hernández.** Profesor Ayudante (Universidad de Zaragoza).

Otro personal:

**Ana Isabel Carrasco Martín.** Cabildo de Lanzarote, Oficina Reserva Biosfera.

**María del Mar Duarte Martín.** Cabildo de Lanzarote, Oficina Reserva Biosfera.

**Esteban Fraile Bonafonte.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Francisco Pino López.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Alejandro Perdomo Placeres.** Cabildo de Lanzarote, Colaborador.

**Fernando Delgado Hernández.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**José Javier Meleros Saavedra.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Juan Pedro Rivera de León.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Bernabé García Corujo.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Jacinto Betancort Dorta.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Juan D. Betancort Álvarez.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Mateo Martín Morales.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Juan Jesús Rijo Machín.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental

**Cristo Batista Núñez.** Ingeniero Técnico Agrícola contratado por la ULL.

**Marta Peña Hernández.** Ingeniero Agrónomo contratado por el Cabildo de Lanzarote.

**Octubre de 2010**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al Dr. Miguel Corbella Tena y a Dña. M<sup>a</sup> Nieves Hernández Darías, por la ayuda invaluable aportada en las técnicas de los análisis de los suelos y los forrajes.

A la Dra. Carmen Dolores Arbelo por su participación en la clasificación de los suelos de Lanzarote.

A D. Antonio Siverio Núñez y a la Dra Candelaria Gil Rodríguez por la colaboración prestada en la obtención de las fotografías de las semillas.

A D. Quino Miquélez, Dña. Tania Acuña y Dña. Tania Álvarez por su colaboración y ayuda para la elaboración de este trabajo.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera han colaborado en la realización de este trabajo.

## **ÍNDICE**

<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b> .....	<b>1</b>
----------------------------------	----------

<b><u>OBJETIVOS</u></b> .....	<b>4</b>
-------------------------------	----------

## **CAPÍTULO I: POBLACIONES NATURALES, CALIDAD QUÍMICO-BROMATOLÓGICA Y ANÁLISIS DE SUELO**

<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1. CLIMATOLOGÍA</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.1. Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.2. Temperatura</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.3. Pluviometría</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1.4. Vientos</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.5. Humedad relativa</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.6. Insolación</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.7. Evaporación y evapotranspiración potencial</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2.1. Suelos de aporte coluvial</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2.2. Suelos de vega</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2.3. Suelos marrones encalichados</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2.4. Suelos pardos vérticos</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2.5. Jables</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2.6. Suelos fersialíticos</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3. EROSIÓN Y CONSERVACIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>1.4. AGRICULTURA</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4.1. Introducción</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4.2. Enarenados naturales</b> .....	<b>18</b>
<b>1.4.3. Enarenados artificiales</b> .....	<b>18</b>
<b>1.4.4. Cultivos en jable</b> .....	<b>19</b>
<b>1.4.5. Cultivos en grietas y zanjas</b> .....	<b>19</b>
<b>1.5. GANADERÍA</b> .....	<b>19</b>
<b>1.6. VEGETACIÓN</b> .....	<b>20</b>
<b>1.7. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS</b> .....	<b>22</b>
<b>1.7.1. <i>Atriplex halimus</i> L.</b> .....	<b>22</b>
<b>1.7.2. <i>Bituminaria bituminosa</i> (L.) C.H. Stirton var. <i>albomarginata</i>...</b>	<b>23</b>
<b>1.7.3. <i>Coronilla viminalis</i> Salisb.</b> .....	<b>23</b>
<b>1.7.4. <i>Echium decaisnei</i> ssp <i>purpuricense</i> Bramwell</b> .....	<b>24</b>
<b>1.7.5. <i>Lotus lancerottensis</i> Weeb&amp;Berthel</b> .....	<b>24</b>



1.8. FORRAJES.....	25
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS POBLACIONES NATURALES.....	31
2.2. ANÁLISIS QUÍMICO-BROMATOLÓGICO.....	44
<b>2.2.1. Material vegetal.....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.2. Procedimiento analítico.....</b>	<b>45</b>
2.2.2.1. Materia Seca.....	45
2.2.2.2. Fracción Orgánica.....	45
2.2.2.3. Ceniza .....	45
2.2.2.4. Componentes minerales.....	46
2.3. ANÁLISIS DE SUELOS.....	46
<b>2.3.1. Toma de muestras.....</b>	<b>46</b>
<b>2.3.2. Técnicas físico-químicas.....</b>	<b>47</b>
2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	48
<b>3. CONSIDERACIONES PREVIAS.....</b>	<b>49</b>
3.1. CLIMATOLOGÍA.....	49
3.2. FENOLOGÍA.....	49
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
4.1. CLIMATOLOGÍA.....	51
4.2. FENOLOGÍA.....	52
4.3. CALIDAD QUÍMICO-BROMATOLÓGICA.....	53
<b>4.3.1. Materia seca comestible.....</b>	<b>53</b>
<b>4.3.2. Fracción Orgánica.....</b>	<b>55</b>
4.3.2.1. Fibra neutro detergente.....	56
4.3.2.2. Fibra ácido detergente.....	58
4.3.2.3. Lignina.....	59
4.3.2.4. Celulosa.....	61
4.3.2.5. Contenido celular.....	63
4.3.2.6. Digestibilidad de la materia seca.....	65
4.3.2.7. Digestibilidad del contenido celular.....	67
4.3.2.8. Digestibilidad de la pared celular.....	68
4.3.2.9. Digestibilidad de la materia orgánica.....	70
4.3.2.10. Proteína bruta.....	72
<b>4.3.3. Macroelementos.....</b>	<b>75</b>
4.3.3.1. Ceniza.....	75
4.3.3.2. Fósforo.....	77
4.3.3.3. Potasio.....	79
4.3.3.4. Calcio.....	81

4.3.3.5. Magnesio.....	83
4.3.3.6. Azufre.....	85
4.3.3.7. Sodio.....	87
<b>4.3.4. Microelementos.....</b>	<b>89</b>
4.3.4.1. Hierro.....	89
4.3.4.2. Manganeso.....	91
4.3.4.3. Cobre.....	93
4.3.4.4. Zinc.....	95
4.3.4.5. Plomo.....	97
4.3.4.6. Cadmio.....	99
4.3.4.7. Estroncio.....	100
4.3.4.8. Aluminio.....	102
4.3.4.9. Boro.....	103
4.3.4.10. Cobalto.....	105
4.3.4.11. Molibdeno.....	106
4.3.4.12. Cromo.....	108
<b>4.4. ANÁLISIS DE SUELOS.....</b>	<b>111</b>
4.4.1. Fertilidad de los suelos.....	111
4.4.2. Análisis de los Componentes Principales.....	115

## CAPÍTULO II: ENSAYO DE GERMINACIÓN

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>118</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>118</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>122</b>
3.1. <i>Atriplex halimus</i> .....	122
3.2. <i>Bituminaria bituminosa</i> var. <i>albomarginata</i> .....	124
3.3. <i>Coronilla viminalis</i> .....	126
3.4. <i>Echium decaisnei</i> ssp. <i>purpuricense</i> .....	127
3.5. <i>Lotus lancerottensis</i> .....	129
3.6. VALORACIÓN MORFOLÓGICA.....	131
<b>4. OBSERVACIONES.....</b>	<b>131</b>
<b>5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	<b>134</b>
5.1. DISCUSIÓN.....	134
5.1.1. <i>Atriplex halimus</i> .....	136
5.1.2. <i>Bituminaria bituminosa</i> var. <i>albomarginata</i> .....	137
5.1.3. <i>Echium decaisnei</i> .....	138
5.1.4. <i>Lotus lancerottensis</i> .....	139

## **CAPÍTULO III: PARCELAS EXPERIMENTALES, CALIDAD QUÍMICO BROMATOLÓGICA Y ANÁLISIS DE SUELO**

<b>1. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>142</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES.....	142
1.2. DISEÑO AGRONÓMICO.....	143
1.3. TRASPLANTE Y CULTIVO.....	144
1.4. MATERIAL VEGETAL.....	146
1.5. ANÁLISIS DE SUELOS.....	147
<b>2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>148</b>
2.1. FENOLOGÍA.....	148
2.2. BIOMETRÍA Y PRODUCCIÓN.....	150
2.2.1. Altura de la planta.....	150
2.2.2. Diámetro de la copa de la planta.....	152
2.2.3. Diámetro del tronco.....	154
2.2.4. Fracción ramoneable/Fracción no ramoneable.....	155
2.2.5. Materia seca comestible.....	157
2.2.6. Producción de materia seca comestible.....	158
2.3. ANÁLISIS DE SUELOS.....	160
2.4. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE AGUAS DE RIEGO.....	164

## **CAPÍTULO IV: RECUPERACIÓN DE FINCAS ABANDONADAS**

<b>1. LEVANTAMIENTO DE MAPAS DE CULTIVO.....</b>	<b>167</b>
<b>2. PROPUESTA DE PARCELAS.....</b>	<b>173</b>
<b><u>CONCLUSIONES</u>.....</b>	<b>187</b>
<b><u>BIBLIOGRAFÍA CITADA</u>.....</b>	<b>190</b>

<b><u>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</u></b> .....	<b>200</b>
<b><u>ANEXOS</u></b> .....	<b>207</b>
<b>ANEXO 1: ANÁLISIS DE LOS SUELOS</b> .....	<b>208</b>
<b>ANEXO 2: CLIMATOLOGÍA (Poblaciones naturales)</b> .....	<b>211</b>
<b>ANEXO 3: CLIMATOLOGÍA (Ensayo de germinación)</b> .....	<b>212</b>
<b>ANEXO 4: CLIMATOLOGÍA (Parcelas experimentales)</b> .....	<b>213</b>

## **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN.**

La actividad ganadera en el Archipiélago Canario tuvo una importancia vital en la sociedad y economía insular, tanto en la época prehistórica como en el periodo que va desde después de la conquista hasta mitad del siglo pasado. Uno de los principales problemas que afectan al sector ganadero en el presente, y que es responsable de su situación actual, es la dificultad para proporcionar al ganado la porción de fibra necesaria. Esta dificultad viene determinada por un lado, por el alto coste que supone la importación de paja u otras fibras desde el exterior, ya que la condición insular, que dificulta el transporte, eleva el costo de estas materias primas. Por otro lado resulta, en la mayoría de los casos, poco rentable el cultivo en las Islas de este tipo de forrajes, debido en gran parte a la orografía de éstas. Finalmente, cabe destacar la escasa presencia de pastos de calidad en las Islas, especialmente en las orientales.

La Isla de Lanzarote es la más oriental del Archipiélago Canario, declarada Reserva de la Biosfera en 1993 por la UNESCO. La cabaña ganadera de la Isla cuenta con más de 28.000 cabras y 8.000 ovejas (AEL, 2009) cuya alimentación se realiza con fibra y granos, importados casi en su totalidad. En ella se dan todos los condicionantes citados anteriormente que dificultan la actividad ganadera en las Islas. Si a esto sumamos las especiales condiciones climáticas y de fertilidad de los suelos de la Isla, podemos concluir que el cultivo de forrajeras autóctonas, mejor adaptadas al medio de la Isla, puede ser una alternativa a la importación de otros tipos de fibras, haciendo más rentables las explotaciones ganaderas existentes y potenciando la aparición de otras nuevas.

El 30,6 % de la superficie de Lanzarote sufre riesgo de desertificación (Rodríguez Rodríguez, 2001). El estado de abandono en el que se encuentran gran parte de los terrenos de cultivo de la Isla no mejora esta situación. Es por eso que se hace necesario el uso de una herramienta que favorezca la estabilización de los suelos, impidiendo su erosión y recuperando su fertilidad, potenciando por otro lado la recuperación de poblaciones de especies autóctonas amenazadas y embelleciendo el paisaje rural.

Según el Nomenclator de pastos de la SEEP (Ferrer *et al.*, 2001), se considera forraje, a toda aquella parte vegetativa de las plantas que se utiliza en la alimentación del ganado, una vez cortada o segada, bien directamente o bien conservada (henificada o ensilada). En la Isla de Lanzarote, varias especies autóctonas han sido y son utilizadas como forrajeras. Además, existen otras especies, que sin tener un uso generalizado en la actualidad, representan una posibilidad de futuro debido a algunas de sus condiciones. Todas ellas están adaptadas a las condiciones del medio insular, siendo capaces de soportar situaciones extremas de temperatura, déficit hídrico, salinidad, ect, y podrían ser cultivadas en terrenos marginales, abandonados y que no están destinados a otra práctica agrícola.

Todo esto hace necesario el estudio del potencial forrajero de estas especies autóctonas en su medio insular, ya que en la mayoría de los casos no se ha realizado, o por lo menos no en la Isla.

En este trabajo se estudiará el potencial forrajero de cinco especies autóctonas de la Isla (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Echium decaisnei*, *Coronilla viminalis* y *Lotus lancerottensis*) en ejemplares ubicados en 16 poblaciones naturales y en dos fincas experimentales, también se estudiará su germinación y las propiedades físico-químicas de los suelos de las poblaciones naturales y de las fincas.

## **OBJETIVOS**



## **OBJETIVOS.**

El objetivo principal de este trabajo es el estudio de cinco especies autóctonas de la Reserva de Biosfera de Lanzarote (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* y *Lotus lancerottensis*) para determinar la posibilidad de su aprovechamiento como forraje para el ganado, como instrumento para evitar la erosión y pérdida de suelo y como herramienta para el embellecimiento y conservación del paisaje. Se intenta proponer un sistema de aprovechamiento de especies autóctonas de interés para regiones áridas y semiáridas.

Para ello se persiguen unos objetivos concretos, que son:

- Evaluar la calidad químico-bromatológica de las cinco especies en su hábitat natural, determinando su contenido en materia seca comestible, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, lignina, celulosa, contenido celular, materia seca digestible, contenido celular digestible, pared celular digestible, materia orgánica digestible, proteína bruta, cenizas, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, B, Co, Mo y Cr, así como su fenología.
- Recoger germoplasma de las especies en su hábitat natural.
- Estudiar la germinación de las cinco especies, evaluando el efecto de distintos tratamientos sobre esta variable.
- Determinar una serie de parámetros productivos, biométricos y fenológicos de estas especies desarrolladas en cultivos mediante su plantación en parcelas experimentales, así como la calidad químico-bromatológica, determinando su contenido en materia seca comestible, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, lignina, celulosa, contenido celular, materia seca digestible, contenido celular digestible, pared celular digestible, materia orgánica digestible, proteína bruta, cenizas, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, B, Co, Mo y Cr.
- Determinar las propiedades edáficas de los suelos en los que se desarrollan de forma natural así como las correspondientes a los suelos en los que van a ser cultivadas.

- Llevar a cabo el levantamiento de un mapa de cultivos y una propuesta de parcelas abandonadas en las que podría desarrollarse un aprovechamiento ganadero de estas cinco especies utilizando como software los programas : ArcGIS 9.2 y AutoCAD 2008

**CAPÍTULO I:**  
**POBLACIONES NATURALES, CALIDAD QUÍMICO-**  
**BROMATOLÓGICA Y ANÁLISIS DE SUELO**

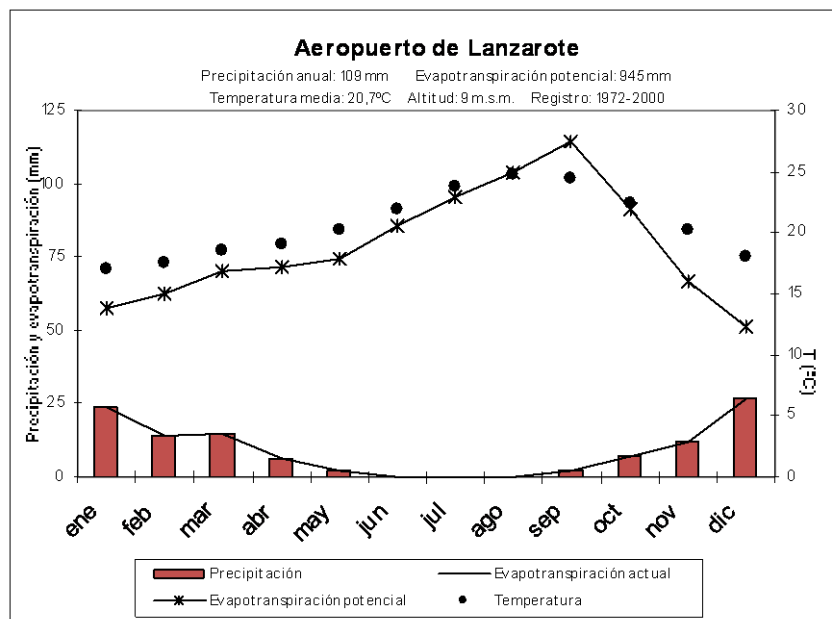
## 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 1.1. CLIMATOLOGÍA.

#### 1.1.1. Introducción.

El rasgo más relevante en la climatología de la Isla de Lanzarote es su aridez. Esta viene determinada por la escasa altitud y su orografía homogénea, cualidades que impiden que se alcance la cota de inversión del alisio, que se sitúa entre 1200 y 1500 msnm y por lo tanto, no se produce interceptación del mar de nubes ni la consecuente descarga de humedad. Otros factores que determinan en menor medida la aridez de algunas zonas de la Isla son la orientación y la cercanía geográfica al continente africano.

Se puede clasificar el clima de Lanzarote como desértico, según el índice de Lang, hiperárido, según el índice de Martonne y mediterráneo semiárido subtropical, según la clasificación de Papadakis (López Arozarena, 2009).



**Figura 1: Características climáticas de la isla de Lanzarote (Aeropuerto de Guacimeta). Periodo 1972-2000. Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología.**

#### 1.1.2. Temperatura.

La moderada temperatura y su reducida variación es una característica definitoria de la climatología de la Isla de Lanzarote, encontrándose la media anual alrededor de los 20°C (López Arozarena, 2009), si bien es verdad que se pueden observar variaciones considerables entre el Norte y el Sur, citando como ejemplo la

diferencia existente entre la zona de Caleta de Famara (Norte) con una temperatura media anual de 19,4°C con respecto a Playa Blanca (Sur), con una temperatura media anual de 21°C (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

Mención aparte merece la diferencia de temperaturas que se produce con la variación de altitud, sirviendo como ejemplo la que se produce entre el aeropuerto de Guasimeta a 25 msnm, con una temperatura media de 21°C y Tías-Las Vegas a 370 msnm, con una temperatura media de 18,4°C (AEMET, 2010).

También son importantes las variaciones térmicas que se producen entre los meses más fríos y los más cálidos, siendo la diferencia media de temperaturas entre enero y agosto de alrededor de 7°C, pero alcanzándose mínimas de 7°C en invierno y máximas de 48°C en verano, debidas estas últimas al efecto del aire sahariano (AEMET, 2010).

Finalmente, cabe destacar que el contraste térmico diurno en esta Isla es aún más importante que el producido entre el Norte y el Sur, llegándose a registrar diferencias de hasta 17°C en el mismo día, siendo estas variaciones, entre el día y la noche, propias de regiones de naturaleza desértica.

### **1.1.3. Pluviometría.**

Este es uno de los parámetros climáticos que más influye en la climatología de la Isla, caracterizándose por darse en una magnitud muy reducida, no superando en ninguna ocasión los 300 mm de precipitación media anual, y recibiendo la mayor parte de la isla precipitaciones medias anuales inferiores a 150 mm (AEMET, 2010).

Al igual que ocurre con la temperatura, en el caso de la pluviometría, también se producen variaciones importantes dependiendo de la ubicación. En este caso la media anual puede oscilar entre 95,7 mm en Punta Pechiguera (20 msnm) y 275,6 mm en Tegoyo (370 msnm) (Reyes Betancort *et al.*, 2000). Atendiendo a esta variación espacial de las precipitaciones, existen dos zonas en Lanzarote con valores máximos de pluviometría, una de ellas es la zona de Tegoyo, ubicada en el centro de la isla y la otra es la montaña de Haría, ubicada en la zona más elevada del Macizo de Famara.

Además de la, ya mencionada, variación espacial, también es importante la variación temporal de precipitaciones, tanto anual como estacional. En cuanto a la variación interanual podemos decir que han sido registrados años de escasa pluviometría (< 100 mm) seguidos de años con pluviometrías considerablemente mayores (> 200 mm) (Tejedor Salguero *et al.*, 2007). En cuanto a la variación estacional, cabe destacar, que el mes más lluvioso es diciembre, produciéndose la mayor parte de la precipitación anual entre los meses de noviembre y marzo, y siendo prácticamente nulas entre los meses de Junio y Agosto (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

#### **1.1.4. Vientos.**

Debido a la escasez de barreras geográficas y a la influencia, tanto de los vientos alisios como de las brisas marinas, el viento es un factor característico de las islas orientales en general, y de Lanzarote en particular, siendo además casi constante a lo largo de todo el año y dando lugar a algunas de las prácticas agrícolas características de Lanzarote.

La dirección del viento que predomina es la N-NE y su mayor concentración y velocidad se concentran durante los meses de verano, cuando los vientos alisios presentan su mayor intensidad, oscilando la velocidad media anual entre 5 y 7 m/s (AEMET, 2010).

#### **1.1.5. Humedad relativa.**

Esta variable climática puede ser considerada relativamente alta en esta Isla, habiéndose registrado humedad relativa media anual de 69%, siendo importantes las variaciones estacionales, con valores máximos del 72% en los meses de medias más altas (diciembre y enero) y mínimos del 66% en los meses con medias más bajas (Abril y Mayo) (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

También son importantes las variaciones diarias, registrándose valores máximos superiores al 80%, a primera hora de la mañana, y valores mínimos inferiores al 40% a mediodía, coincidiendo con las horas de máxima insolación (López Arozarena, 2009).

Mención especial merece la facilidad con la que se alcanza el punto de rocío, circunstancia propiciada por la alta humedad y por la bajada de temperaturas producida durante la noche, unido todo ello a la escasez de vegetación y a las características de los piroclastos basálticos, predominantes en gran parte de la isla. Este fenómeno contribuye a la captación de agua por parte de las plantas, considerando algunos autores que representa la única fuente de humedad de algunas poblaciones vegetales. Esta cualidad a propiciado el uso de algunos materiales de origen volcánico para propiciar un efecto mulching en gran parte de los suelos agrícolas de la Isla (Tejedor Salguero *et al.*, 2007).

#### **1.1.6. Insolación.**

La escasa nubosidad de la Isla, característica generalizada a lo largo de todo el año, favorece el elevado número de horas de radiación solar, obteniéndose un valor medio de 7,8 horas/día. Si bien es verdad que existen variaciones en cuanto al número de horas de insolación entre las distintas estaciones, dándose el valor máximo en verano (9,5 horas/día), valores intermedios en primavera (8 horas/día) y otoño (7 horas/día), y mínimos en invierno (6 horas/día) (AEMET, 2010).

### 1.1.7. Evaporación y evapotranspiración potencial.

Este factor, al igual que algunos de los ya mencionados, contribuye considerablemente al carácter árido de la isla y está directamente relacionado con éstos, ya que las altas temperaturas, la influencia de los vientos y los altos valores de insolación determinan una tasa anual de evaporación medida en tanque vaporimétrico de alrededor de 1800 mm y cercanos a 960 mm utilizando el método Thornthwaite (López Arozarena, 2009).

La variación a lo largo del año nos lleva a la obtención de valores máximos en el mes de Agosto, con una media de 230 mm, y mínimos en el mes de Enero, con una media de 90 mm (AEMET, 2010).

## 1.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LANZAROTE.

### 1.2.1. Suelos de aporte coluvial.

Leptosoles hiperesqueléticos (WRB). Torriorthents vérticos (ST).

Los Leptosoles son suelos que ocupan una extensión considerable en toda la isla generalmente asociados a otras unidades taxonómicas. Como su nombre indica son suelos incipientes, dado que los procesos de edafogénesis están ralentizados o limitados por una posición topográfica de fuertes pendientes que acentúa los fenómenos erosivos, frenando la evolución del suelo, o bien donde debido a la juventud del material de origen y a la falta de humedad, los procesos de alteración tienen aún una baja incidencia, predominando en todos los casos los procesos de erosión geológica y acelerada sobre los de edafogénesis. Vienen definidos además por (USDA, 2001):

- Presencia de la roca dura o una costra caliza a menos de 25 cm de profundidad
- Contener menos de un 10% de tierra fina, y
- No presentar horizontes de diagnóstico definidos.

Sus características de pedregosidad y escaso espesor hacen que los *Leptosoles* tengan siempre una muy baja fertilidad. La calidad ambiental y valor ecológico es así mismo muy baja, como consecuencia de ser suelos en su mayor parte degradados por procesos de erosión hídrica y eólica y en algunos casos por salinización, o por su juventud e inmadurez en la secuencia edafológica evolutiva (USDA, 2001).

Cuando el porcentaje de elementos gruesos supera el 90% hablamos de *Leptosoles hiperesqueléticos*. Estos suelos pueden tener una profundidad superior a los 20 cms, pero sus potencialidades están muy limitadas por la elevada pedregosidad

(piedras y gravas) y en consecuencia su baja capacidad de retención de agua (USDA, 2001).

### 1.2.2. Suelos de vega.

Fluvisoles éutricos (WRB). Torrifuvents típicos (ST).

Los Fluvisoles se denominan también *Suelos de aporte aluvial/coluvial*. Los suelos de aporte aluvial/coluvial se incluyen entre los suelos poco evolucionados, caracterizados por la ausencia de propiedades y horizontes de diagnóstico. En este caso los procesos de edafogénesis se encuentran ralentizados debido al continuo aporte y remoción del material que se ve continuamente rejuvenecido por la propia dinámica geomorfológica de las laderas. Este hecho hace que en el suelo se observe siempre una neta estratificación del material fino con algunas (cantos rodados en muchas ocasiones). Los suelos de esta unidad vienen definidos además por presentar un contenido en carbono orgánico que decrece irregularmente con la profundidad y que permanece por encima del 0,2% a una profundidad de 100 cm (WRB, 2006)).

Los riesgos de salinización y erosión y a veces la elevada pedregosidad son las principales limitaciones de uso de estos suelos, que por otra parte suelen presentar una media-baja fertilidad química. Como consecuencia del continuo rejuvenecimiento de los suelos, constituyen fases inmaduras y suelos poco evolucionados, por lo que su calidad ambiental es baja.

Cuando el porcentaje de saturación de bases supera el 50% se consideran con carácter éutrico (*Fluvisoles éutricos*), que en consecuencia suelen tener un carácter alcalino, con el consiguiente bloqueo de algunos nutrientes (micronutrientes) (WRB, 2006).

### 1.2.3. Suelos marrones encalichados.

Calcisoles pétricos (WRB). Petrocalcids árgicos (ST).

En general los Calcisoles se caracterizan por (USDA, 2001):

- Bajo contenido en materia orgánica.
- Condiciones alcalinas y salinas de la solución edáfica.
- Baja permeabilidad y capacidad de infiltración.
- Textura arcillosa.
- Estructura grumosa muy fina, de baja estabilidad (“estructura dispersa”).
- Colores grisáceos, pardo amarillentos o amarillo-rojizos.



- Presencia de acumulaciones de caliche pulverulentas o endurecidas.

Este grupo se define por la presencia de un horizonte "cálcico" (a veces endurecido -"petrocálcico"-), caracterizado por:

- Un contenido en carbonato cálcico equivalente en la tierra fina superior al 15%
- Un espesor de al menos 15 cm

Además es normal la presencia de un horizonte "ócrico" superficial (epipedón), definido por:

- Estructura masiva y dura o muy dura
- Un contenido en carbono orgánico inferior al 0,6%
- Colores con cromas y valores superiores a 5,5 en seco
- Espesor inferior a 25 cm

y un horizonte "cámbico" situado entre el ócrico y el cálcico o petrocálcico. El horizonte cámbico se define por:

- Textura no arenosa
- Estructura bien desarrollada
- Colores rojizos o pardos
- Mayor cantidad de arcilla que el horizonte subyacente
- Una capacidad de cambio superior a  $16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$

La fertilidad de estos suelos es variable en los diferentes subgrupos, así como su calidad ambiental. Al ser suelos con una estabilidad estructural muy baja, son muy susceptibles a la erosión, tanto hídrica como eólica y frecuentemente están afectados también por procesos de salinización y sodificación secundaria (WRB, 2006).

Los *Calcisoles pétricos* se caracterizan por la presencia de un horizonte cálcico u horizonte de acumulación de carbonato cálcico (caliza secundaria) endurecido, formando un horizonte petrocálcico o costra caliza (caliche) impenetrable por las raíces y con una conductividad hidráulica muy baja. Este horizonte petrocálcico se define por:

- 50% o más de carbonato cálcico equivalente
- Consistencia en seco extremadamente dura
- Espesor superior a 10 cm.

Los *Calcisoles pétricos* tienen una baja fertilidad derivada del alto contenido en carbonato cálcico que origina desequilibrios nutricionales y carencias de

micronutrientes. Sin embargo la calidad ambiental de estos suelos es alta, al considerarse la presencia de la costra caliza como un factor de evolución genética de los suelos, por lo que éstos tienen un alto valor ecológico como formación edáfica estable y evolucionada (WRB, 2006).

#### 1.2.4. Suelos pardos vérticos.

Cambisoles vérticos (WRB). Haplocambids vérticos (ST).

Los Cambisoles frecuentemente se conocen como *suelos pardos* y tienen en común el ser suelos aún con un bajo grado de evolución genética y que vienen definidos por la presencia de un horizonte cámbico de alteración y por un epipedón (horizonte superficial) ócrico (WRB, 2006).

El *horizonte cámbico* es un horizonte subsuperficial de alteración, que presenta además las siguientes características:

- Bajo contenido en materia orgánica
- Espesor superior a 25 cm.
- Textura franco arenosa o más fina y, como mínimo un 8% de arcilla en la fracción tierra fina.
- Evidencias de alteración que se reflejan en colores más rojizos o más oscuros que la roca madre.
- La estructura de la roca no supera la mitad del volumen del horizonte.

El epipedón ócrico es un horizonte superficial de relativamente bajo contenido en materia orgánica y por lo tanto con colores claros, pardos y pardo-amarillentos, aunque lógicamente el contenido orgánico del mismo depende del tipo de vegetación o cultivo que se haya instalado en el suelo (USDA, 2001).

La fertilidad de estos suelos es variable, ya que depende de muchos factores y al ser suelos poco evolucionados, presentan una calidad ambiental y un valor ecológico bajo. Presentan además una alta susceptibilidad a prácticamente todos los procesos de degradación.

Los *Cambisoles vérticos* se caracterizan además por presentar un alto contenido en arcilla, colores gris oscuro y frecuentes grietas de retracción lo que les proporciona una morfología próxima a los vertisoles (WRB, 2006).

#### 1.2.5. Jables.

Arenosoles calcáricos (WRB). Torripsamments líticos (ST).

Los Arenosoles se caracterizan por tener texturas arenosas o franco arenosas y menos del 35% de fragmentos de roca u otros elementos gruesos, presentando a veces

un epipedón ócrico de poco espesor, colores claros, bajo contenido en materia orgánica y estructura masiva o particular.

Son suelos que se han formado a partir de arenas organógenas de origen marino, las cuales constituyen casi el 95% del total de la masa del suelo (USDA, 2001).

La fertilidad de estos suelos es muy baja, debido principalmente a su baja capacidad de retención de agua y a otras limitaciones de tipo químico, pero su calidad ambiental es alta, dado que sustentan ecosistemas de interés ambiental (jables y dunas). El principal proceso de degradación que les afecta es la erosión eólica, debido a las características intrínsecas del suelo y a los aprovechamientos ganaderos que se producen en el matorral natural.

Los *Arenosotes calcáricos* son aquellos constituidos por arenas calcáreas de origen orgánico (restos de foraminíferos y moluscos marinos). Constituyen uno de los suelos más extendidos en toda la zona, ocupando importantes superficies de jables y dunas. La calidad ambiental de estas formaciones edáficas suele ser moderada y están afectados por una activa dinámica eólica (USDA, 2001).

#### 1.2.6. Suelos fersialíticos.

Luvisoles cálcicos (WRB). Paleargids cálcicos (ST).

Los *Luvisoles* o *suelos fersialíticos* son generalmente suelos profundos y evolucionados, arcillosos y con estructura poliédrica fina, media o gruesa característica, color en tonos rojizos o pardo rojizos debido a la liberación más o menos intensa de oxihidróxidos de hierro y contenido medio en materia orgánica y en nutrientes. Vienen caracterizados fundamentalmente por la existencia de un horizonte argílico situado a menos de un metro de profundidad, que presenta una capacidad de cambio catiónica igual o superior a  $24 \text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$ .

El horizonte argílico es un horizonte arcilloso, que se ha originado por la migración en profundidad de arcillas ligadas al hierro (proceso de iluviación) y viene definido por las siguientes propiedades (WRB, 2006):

- Textura arcillosa
- Mayor contenido en arcilla que los horizontes situados inmediatamente por encima
- Ausencia de la estructura de la roca en más de la mitad del volumen del horizonte

Frecuentemente estos horizontes son poco permeables y presentan numerosas evidencias de procesos de hidromorfía como consecuencia del encharcamiento estacional (revestimientos negros de óxido de manganeso-manganes-).

Aunque los suelos fersialíticos tienen un alto valor ecológico al constituir los suelos clímax de las zonas de medianías sobre materiales geológicos antiguos

(pliocénicos), la calidad ambiental es baja, dado el alto grado de antropización que en general presentan los mismos.

Los Luvisoles que encontramos aquí son *Luvisoles cálcicos*, es decir que presentan un horizonte cálcico u horizonte edáfico de más de 15 cm. de espesor con acumulación de carbonato cálcico (15% de CaCO<sub>3</sub> equivalente) en forma de acumulaciones pulverulentas y concreciones blandas. Cuando estos suelos se sitúan en zonas de topografía más suave y de baja pendiente, se favorece el endurecimiento y encostramiento de las acumulaciones carbonatadas hasta formar verdaderos horizontes petrocálcicos (WRB, 2006).

### 1.3. EROSIÓN Y CONSERVACIÓN.

La Isla de Lanzarote, junto a Fuerteventura, es una de las más próximas al continente africano, y se ve afectada por la influencia de éste, ya que se encuentra situada en los límites geográficos de un desierto. La aridez y recurrencia de periodos de sequía, frecuentes en estas Islas, provocan la existencia de un proceso considerable de desertización, causada en gran medida por la, ya mencionada sequía, pero también por la erosión eólica e hídrica, así como por los altos valores de temperatura y evaporación existentes en estos climas áridos y semiáridos. Pero, cabe destacar que todos estos factores que causan la desertización son naturales.

Sin embargo existe otro fenómeno diferente llamado desertificación, definido como aquel proceso que origina la disminución de la potencialidad biológica de un territorio y de su productividad como resultado de un impacto negativo de las actividades humanas y de los modelos de ocupación del espacio. Es por tanto necesario considerar que la degradación ambiental existente en Lanzarote no se debe únicamente a procesos naturales, ya que en las islas occidentales, sin darse las condiciones necesarias para provocar un proceso de desertización, o por lo menos no con tanta intensidad, se observa un grado importante de degradación.

Las causas y procesos implicados en el fenómeno de desertificación son, de mayor a menor influencia, la degradación de suelos (40%), la pérdida de la cubierta vegetal y de biodiversidad (35%), la degradación de recursos hídricos (15%) y otros procesos (10%) (Rodríguez Rodríguez, 2001).

En el caso de la pérdida de suelos, la erosión hídrica es el tipo de erosión acelerada que con mayor intensidad contribuye a este proceso, y aunque depende de factores naturales como intensidad de precipitación y pendiente del terreno, se ve afectada generalmente por la actividad humana.

En Canarias, el 43% de la superficie, es decir, 3.231,1 Km<sup>2</sup>, está afectada por procesos graves de erosión, es decir, se produce una pérdida de suelos superior a 12 t/ha año. En el caso de Lanzarote, el 30,6 % de su superficie (259,1 Km<sup>2</sup>) está afectada por este proceso de erosión (Rodríguez Rodríguez, 2001).

Por todos estos motivos se hace necesario llevar a cabo medidas de conservación y restauración de los suelos. Una operación que favorece esta restauración es el establecimiento de una cubierta vegetal sobre el suelo ya que la pérdida de la cubierta vegetal y la consiguiente pérdida de biodiversidad contribuyen en un 35% en los procesos implicados en la desertificación. La forma en que producen la recuperación y conservación del suelo es favoreciendo el paso del agua a través de los distintos horizontes del suelo por medio de las raíces.

En España, en las últimas dos décadas, se ha desarrollado un auge de la actividad repobladora, originada en gran parte por la reforma de la PAC, que incentiva el abandono del cultivo y la reforestación de tierras marginales. Entre las acciones de carácter forestal para la recuperación de estas tierras, está la aplicación de técnicas silvopascícolas dirigidas hacia la implantación de arbustos de crecimiento rápido (bancos de proteína u otros sistemas) elegidos entre especies de aptitud forrajera de rebrote vigoroso y compatibles con aprovechamiento con ganado doméstico extensivo o caza (Cañellas *et al.*, 2004)

Este tipo de plantaciones se suelen realizar en condiciones edafo-climáticas muy desfavorables, ya que se utilizan terrenos marginales de regiones áridas y semiáridas. De esta forma se consigue, por un lado la obtención de un complemento alimenticio del ganado extensivo, y por otro lado la puesta en marcha de una herramienta eficaz de protección contra la erosión.

## **1.4.AGRICULTURA.**

### **1.4.1. Introducción.**

La Isla de Lanzarote posee un potencial agrícola considerable, representando la fracción de suelo cultivable un 26,6% de la superficie insular. Un 30,3% de la superficie total de la isla se considera como no susceptible para el uso agrícola aunque podría tener este uso en el futuro, y el 43,2% restante se considera como inutilizable desde el punto de vista agronómico. Del total de superficie agrícola en la Isla de Lanzarote (42.460 ha en el año 1999), se cultivaron 4.528,1 ha en el año 2008 (Tejedor Salguero *et al.*, 2007).

Los cultivos leñosos son los que ocupan mayor superficie en la Isla con 3.094 ha, por encima de las herbáceos con 1.341 ha. En el primero de los casos destaca el cultivo de la viñedo, que es con diferencia el más extendido en la Isla con 3.080 ha. Dentro de los cultivos herbáceos podemos resaltar el cultivo de hortalizas (569,6 ha), tubérculos (487,5 ha), cultivos industriales (201 ha) y leguminosas en grano (102 ha).

Los factores que caracterizan la agricultura en la Isla de Lanzarote son fundamentalmente la climatología y el medio físico (agua-suelo). Ambos han permitido

el desarrollo de sistemas y prácticas agrícolas particulares que han modificado y caracterizado el paisaje agrícola de la Isla.

#### **1.4.2. Enarenados naturales.**

Esta práctica se desarrolla en zonas en las que el suelo fue cubierto por una capa de lapilli de espesor importante. Estas circunstancias se dieron en zonas cercanas a conos de emisión, especialmente las que tuvieron lugar entre los años 1730 y 1736. La forma de desarrollar el cultivo consiste en la apertura de un hoyo de unos 3 m de diámetro por 2-2,5 m de profundidad hasta llegar a la superficie del suelo enterrado, en el que se produce la plantación de plantas, que generalmente son leñosas y con sistemas radiculares profundos, destaca el cultivo de la vid y la higuera. Frecuentemente, el hoyo, va acompañado de una estructura de piedra que actúa de cortaviento y conjuntamente al primero componen un paisaje agrícola típico de Lanzarote, ocupando una extensión de 39,3 Km<sup>2</sup> (Tejedor Salguero *et al.*, 2007) y alcanzando su máxima expresión en La Geria.

Esta forma de cultivo no permite el uso de maquinaria, por lo que las labores se desarrollan de forma manual, además imposibilita el empleo de densidades de plantación altas, con el escaso rendimiento que esto conlleva, obteniéndose producciones bajas pero de calidad.

#### **1.4.3. Enarenados artificiales.**

Los enarenados artificiales, a diferencia de los naturales, se desarrollan en zonas más alejadas de las emisiones volcánicas, y por lo tanto no han sido cubiertas de forma natural. Su uso se basa en la extensión de una capa de lapilli de 10-20 cm de espesor sobre la capa de suelo fértil, que puede ser trasladado de otra zona (vega). Con esto se trata de reproducir las condiciones idóneas que se dan en un enarenado natural.

Esta práctica agrícola permite mayores densidades de plantación, mayor intensificación de los cultivos y una mayor diversificación de estos, ya que la capa de mulch tiene un menor espesor, que en el caso de los enarenados naturales, pero al igual que estos, no permite el uso de maquinaria, ya que conllevaría la mezcla de la capa de piroclastos con el suelo fértil. Sin embargo, si requiere una serie de operaciones más variadas y frecuentes que en el primer caso, tales como el estercolado, la plantación, fertilización, escarda y recolección (Tejedor Salguero *et al.*, 2007).

Ocupa una superficie de 136,4 Km<sup>2</sup> (Tejedor Salguero *et al.*, 2007) que se dedica al cultivo de cebollas, tomates, calabazas, batatas y granos de consumo interior como garbanzos, chícharos, lentejas, etc.

#### **1.4.4. Cultivos en jable.**

El cultivo en jable se basa, prácticamente, en el mismo fundamento agronómico que los enarenados naturales. Aprovecha las arenas eólicas, características de la zona central de la Isla y transportadas desde las playas del norte de esta por acción de los vientos alisios. Este transporte conlleva la acumulación de estas arenas sobre el suelo dando lugar a formaciones arenosas de entre 20 cm y 2 m de profundidad, aunque varios autores coinciden en que sólo tienen uso agrícola cuando el espesor es inferior a un metro.

La forma de llevar a cabo el cultivo consiste en escavar un hoyo en la arena hasta alcanzar el suelo que se encuentra bajo ésta y proceder a la plantación. A este procedimiento suele ir asociado la aplicación de fertilizante antes de tapado del hoyo, así como el uso de cortavientos.

#### **1.4.5. Cultivos en grietas y zanjas.**

En esta práctica agrícola se aprovechan las grietas y zanjas que se forman al enfriarse una colada para cultivar en el suelo que se encuentra bajo ésta. Este tipo de cultivo no representa una proporción importante de la producción económica ni de la extensión agrícola, pero es mencionado debido a su singularidad.

### **1.5. GANADERÍA.**

La Isla de Lanzarote, pese a su evidente aridez y al hecho de estar cubierta en gran parte de su superficie por coladas volcánicas, circunstancia que impide el crecimiento de vegetación en estas zonas, mantiene una importante cabaña ganadera.

La crisis en la actividad campesina ha hecho disminuir drásticamente y progresivamente en los veinte últimos años el número de cabezas de vacuno y ovino, debido a verse afectados por la situación de los subsectores de los cereales y las leguminosas. Hecho lógico este, ya que es el sector ganadero uno de los que representa mayor dependencia en las Islas. En la actualidad la cabaña ovina cuenta con 8.848 cabezas y la bovina con 159 (AEL, 2009). Sin embargo, en el caso del ganado caprino se ha producido un hecho sorprendente, de las 14.300 cabezas existentes en 1972, se disminuyó hasta a unas 3.000 en 1988, para volver a aumentar drásticamente hasta el número de 28.632 cabezas en 2008 (AEL, 2009). Este aumento en el número de cabezas se debe a varios factores. Uno de ellos es la aparición de una serie de campañas de promoción de la actividad. También ha sido importante la puesta en marcha de una serie de iniciativas de asociación empresarial.

La importancia de este subsector radica en el valor añadido que representa la transformación de leche en queso fresco de leche cruda. Del total de quesos producidos



por este subsector ganadero, el 60% son consumidos en el mercado interno, y el resto, es absorbido por el mercado del Archipiélago.

Mención aparte merece la existencia en Lanzarote de una importe cabaña camellar, cifrada en 303 cabezas en el año 2008 (AEL, 2009), que sin llegar a representar una fracción importante en cuanto al número de cabezas, es de relevancia significativa debido a la importancia económica de la actividad a la que es dedicada esta cabaña, es decir al turismo, y a la demanda de materias primas que representa, entre ellas el forraje, objeto de estudio de este trabajo.

Finalmente, cabe mencionar la existencia de unas, relativamente importantes, cabañas porcina (2.666 cabezas) y avícola (91.660 cabezas) (AEL, 2009), hecho éste que tiene mucha menor influencia y relevancia en la realización de este trabajo, ya que ambas cabañas no representan una demanda de forraje.

## 1.6. VEGETACIÓN.

La flora vascular de la Isla de Lanzarote se compone de unos 700 taxones, de los cuales 20 (3%) son endémicos de la Isla. El resto, si no se tiene en cuenta los que han sido introducidos están constituidos principalmente por taxones de origen mediterráneo (53%) y africano (17%). El hecho de que no se haya producido el desarrollo de una diversidad biológica mayor es debido a la homogeneidad climática (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

El matorral disperso de aulagas y salados, junto a la existencia de algunos tabaibales y un pobre estrato herbáceo, domina prácticamente la totalidad de la superficie insular (Tejedor Salguero *et al.*, 2007). La aulaga (*Launaea arborescens*), puede llegar a formar verdaderos aulagares, monoespecíficos o acompañados por gramillos (*Cenchrus ciliaris*), extensamente distribuidos en la zona centro y sur de la Isla, sobre suelos cubiertos por una capa arenosa, que en muchos casos son terrenos abandonados por el hombre, representando esta comunidad vegetal la primera etapa de colonización de estos terrenos. Hacia el interior, podemos encontrar, también asociado a la aulaga, al codeso o cobeso (*Ononis hesperia*) formando una comunidad propia de los jables menos alterados. Otra comunidad que presenta gran afinidad a la anterior, y asociado este caso a suelos arenosos de escaso espesor con arenas más compactas es la formada por la hierba muda (*Lotus lancerottensis*) y *Polycarpaea nívea*, pudiéndose desarrollar también en arenales organógenos (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

En el caso de los salados, cabe destacar la importancia de el ecosistema formado por éstos, dominado por el salado (*Arthrocnemum macrostachyum*), que se localiza en zonas costeras y resiste largos periodos de sequía desarrollándose sobre suelos con alta salinidad. Puede aparecer asociado a esta especie la *Sarcocornia perennis*, formando céspedes que soportan la inmersión en las pleamares (Reyes Betancort *et al.*, 2000).



Los tabaibales (*Odontospermo intermedii-Euphorbietum balsamiferae*) representan la vegetación climatófila de gran parte de la Isla, predominando las tabaibas dulces (*Euphorbia balsamifera*) y pudiendo encontrar también tabaibales amargos, dominados por la tabaiba amarga (*Euphorbia regis-jubae*).

Un gran número de comunidades vegetales se sitúan en una pequeña franja fragmentada y de alrededor de 2 metros de ancho que bordea la isla y que es conocida como cinturón costero o halófilo (*Crithmo-Staticetea*). Este cinturón está limitado por su parte interna por las comunidades de matorrales que son resistentes a la salinidad y que en muchos casos llegan incluso a la misma orilla, interrumpiendo este cinturón, como es el caso del sur de la Isla, donde el cinturón halófito es casi inexistente, o los Riscos de Famara en los que, sin llegar a desaparecer, está dominado por un matorral del mato salado (*Atriplex halimus*). En el norte de la isla, el mato moro (*Suaeda vera*) domina esta comunidad costera, mientras que en el oeste, la uva de mar (*Zygophyllum fontanesii*), es la especie predominante, tanto en roca como en playas arenosas, y aparece comúnmente acompañada por el tomillo marino (*Frankenia ericifolia* y *Frankenia capitata*) y ocasionalmente por una especie de siempreviva endémica de las islas orientales (*Limonium papillatum*). Otra especie común en esta comunidad vegetal y que, al igual que *Zygophyllum fontanesii*, podemos encontrar tanto en costas arenosas como rocosas, es el perejil de mar (*Astydamia latifolia*) (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

Las condiciones climáticas existentes en el norte la isla, en concreto en los Riscos de Famara, favorecen un mejor desarrollo de poblaciones vegetales, encontrándose en esta zona la mayor diversidad florística y la mayor concentración de endemismos de la Isla. Es en esta zona donde, además, donde podemos encontrar, de forma aislada, restos de bosquetes termoesclerófilos, que debieron cubrir gran parte de las zonas más elevadas de la Isla y que desaparecieron debido a la acción humana. Las especies más representativas de estos restos son los lentiscos (*Pistacia lentiscus*), acebuches (*Olea europea* subsp. *Cerasiformis*), olivillos (*Phyllirea angustifolia*), *Rhamnus crenulata*, *Maytenus senegalensis*, etc. (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

Existen una serie de comunidades que, debido a la presión antrópica y al sobrepastoreo, han ido sustituyendo a las potenciales, que han sido alteradas por la consiguiente transformación. La erosión, las escasas precipitaciones y los procesos de desertización-salinización de los suelos favorecen la implantación de estas especies, formando comunidades que pueden llegar a caracterizar el paisaje vegetal. El mato (*Salsola vermiculata*) y el espino (*Lycium intricatum*) son la comunidad más característica, distribuyéndose principalmente en el Sureste de la isla, pero pudiéndose encontrar a lo largo de la misma. Se desarrollan sobre suelos que ha sido cultivados y se someten a pastoreo temporal, actuando como matorral de degradación de los tabaibales (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

Finalmente, cabe mencionar la existencia de otras comunidades y poblaciones, que si bien no están presentes en grandes extensiones, son de gran importancia florística y ecológica. Entre ellas cabe destacar el berol o bejeque rosado (*Aeonium*

*lancerottense*), que se desarrolla en los malpaíses originados con la erupción de Timanfaya, y que debido a su juventud, y a la consecuente poca alteración, no han formado un suelo, actuando por lo tanto *Aeonium lancerottense* como especie primocolonizadora. La cerraja de risco (*Reichardia famarae*) y la yesquera (*Helichrysum gossypinum*), que se desarrollan en grietas y fisuras de basaltos antiguos de los acantilados expuestos al norte del Macizo de Famara, destacan dentro de este tipo de poblaciones de importancia ecológica y paisajística. Por último, los palmerales de *Phoenix canariensis*, en especial el ubicado en Haría, que se desarrollan en valles aprovechando los niveles altos de humedad representan una de las comunidades edafófilas más importantes (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

## 1.7.DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.

### 1.7.1. *Atriplex halimus* L.

Salado blanco.

Arbusto perenne, perteneciente a la familia de las Chenopodiaceae (Acebes Ginovés *et al.*, 2010), de hasta más de dos metros de altura. Sus hojas tienen un aspecto blanquecino y arrugado, presentando disposición alterna, de forma ovado-lanceolada, con el borde entero. Los frutos son pseudoespinosos. Su distribución se limita a zonas costeras. Suele formar colonias densas en zonas arenosas (Kunkel, 1982). Especie comestible, con interés forrajero y usada en jardinería costera.



Foto 2. Ejemplar adulto de *A. halimus* (izq.) y detalle de su semilla (dcha.)

### 3.1.1. *Bituminaria bituminosa* (L.) C.H. Stirton var. *albomarginata* Méndez, Fernández et Santos.

Tedera.

Es una especie subarborescente, perteneciente a la familia Leguminosae (Fabaceae) (Acebes Ginovés *et al.*, 2010) que alcanza una altura máxima de 40-60 cm. Esta especie presenta tres variedades: la var. *albomarginata*, objeto de estudio es este trabajo, la var. *bituminosa* y la var. *crassiuscula*. Los folíolos son de ovado-orbiculares a ovado-lanceolados, con el haz y, sobretudo, el envés algo pelosos. Es una especie tradicionalmente usada como planta forrajera en Canarias.



Foto 2. Ejemplar adulto de *B. bituminosa* (izq.) y detalle de su semilla (dcha.)

### 1.7.2. *Coronilla viminalis* Salisb.

Mata moruna.

Es una especie subarborescente muy ramificada, incluida en la familia Leguminosae (Fabaceae) (Acebes Ginovés *et al.*, 2010). Posee ramas de hasta 2 m de largo. Sus hojas son imparipinnadas, sésiles de hasta 10 cm. Sus inflorescencias tienen de 3 a 10 flores pedunculadas. Posee vainas de 6 a 12 cm. Se comporta como planta caducifolia, perdiendo la mayor parte de las hojas en la estación seca. En Canarias se distribuye en las islas orientales, en las formaciones de tabaibal-cardonal e incluso en ambientes más halófitos.



Foto 3. Ejemplar adulto de *C. viminalis* (izq.) y detalle de su semilla (dcha.)

### 1.7.3. *Echium decaisnei* ssp. *purpuricense* Bramwell.

Tajinaste blanco.

Es una especie leñosa, arbustiva y ramificada, perteneciente a la familia Boraginaceae (Acebes Ginovés *et al.*, 2010) de hasta 1,5 m de altura, con porte globoso o semiesférico. Sus hojas son lanceoladas, verde-oscuras, de 8 a 10 cm de largo (Kunkel, 1982). Las flores tienen un color blanco-azulado. Desarrolla varias inflorescencias de forma cónica. Fruto con cuatro nueces negras. La subespecie *purpuricense* Bramwell se distribuye en las islas orientales.



Foto 4. Ejemplar adulto de *E. decaisnei* (izq.) y detalle de su semilla (dcha.)

### 1.7.4. *Lotus lancerotensis* Weeb & Berthel.

Corazoncillo.

Perteneciente a la familia Leguminosae (Fabaceae) (Acebes Ginovés *et al.*, 2010) esta especie tiene porte rastrero con una base algo leñosa. Las ramas llegan a alcanzar hasta 1 m de largo. Hojas, tres, foliadas, con estípulos laminares y una longitud



de 3-6 mm. Las flores son de color amarillo y se agrupan en pedúnculos largos dando lugar a una legumbre de color negro (vaina). Esta especie es endémica de las islas orientales (Kunkel, 1982). Es conocido también su uso común como forraje en las islas orientales.



Foto 5. Ejemplar adulto de *L. lancerottensis* (izq.) y detalle de su semilla (dcha.)

### 1.8.FORRAJES.

Podemos definir forraje como la parte vegetativa de las plantas que se utiliza en la alimentación del ganado, una vez cortada o segada, bien directamente o bien conservada (henificada o ensilada) (Ferrer *et al.*, 2001).

El uso de cultivos forrajeros permite cubrir las necesidades alimenticias de los rumiantes, tanto de mantenimiento como de producción, siempre que se distribuyan correctamente a lo largo del año. Por otro lado, cuando se usan pastos en la alimentación animal, los forrajes pueden cubrir las necesidades alimenticias en determinados momentos del año, cuando los primeros son escasos o no se dispone de ellos. Finalmente, otra modalidad del uso de forrajes es la complementación de la dieta en determinadas fases productivas, usándolos de apoyo (Delgado-Enguita, 1993)

En las Islas Canarias, la producción forrajera es escasa y se limita a cubrir las necesidades de mantenimiento de pequeñas explotaciones en una pequeña proporción. Lo más corriente es que la alimentación se base prácticamente en alimentos importados, especialmente concentrado. La fibra, debido a su gran volumen y a su costoso transporte es evitada en la medida de lo posible, además se utiliza más la fibra corta (paja) que la larga (forraje) (Méndez, 1993)

En las zonas menos favorables para el cultivo (zona basal e islas orientales), la producción forrajera es aún menor, basándose en el cultivo de algunas hectáreas de alfalfa, sorgo o pasto de sudán, en aquellas zonas que permiten el uso de aguas de riego. Mención especial merece la utilización de subproductos agrícolas de los cultivos de

platanera (Méndez, 1993), siendo de interés el uso de residuos sólidos de estaciones empaquetadoras de plátanos para la alimentación de ganado caprino y otros rumiantes (Chinea *et al.*, 1999). Por otro lado, en residuos del cultivo del tomate se ha comprobado que puede presentar mayor contenido en proteína bruta, materia seca y algunos macro y microelementos que la paja de cereales (Chinea *et al.*, 1999).

La siembra de pastizales herbáceos en estas zonas (áridas y semiáridas) ha sido un fracaso, ya que sólo se han conseguido éxitos en zonas con pluviometrías superiores a 500 mm, con pluviometrías menores a 400 mm sólo se puede hablar de éxito con especies arbustivas (Méndez, 1993)

En Canarias, debido a la escasez de pastos y cultivos forrajeros, los arbustos forrajeros cobran una importancia relevante, especialmente en las Islas orientales, debido a su aridez. Estos arbustos se han utilizado en Canarias generalmente en zonas de medianía, siendo conocida la importancia de especies como la tедера, el tagasaste y la vinagrera. El valor nutritivo de estas especies es variable y depende mucho de la época del año y del tipo de arbusto, pero siendo superior al de la paja (Elejabeitia, 1997).

En la Isla de Lanzarote también es conocido el uso de alguno de estos matorrales como forraje, siendo usual la utilización de *Lotus lancerottensis* para el alimento de burros, cabras, camellos y vacas, especialmente se encuentra deshidratada (Gil González *et al.*, 2009).

Los arbustos, frente a las especies herbáceas presentan una serie de ventajas en estas zonas:

Una de las ventajas que presentan los arbustos frente a las especies herbáceas es el mayor aprovechamiento de los primeros de un recurso tan escaso en estas zonas como es el agua. Esta ventaja se basa fundamentalmente en dos aspectos. El primero de ellos es la mayor profundidad radicular que presentan, permitiéndole acceder a capas más profundas. La segunda, presente en algunas especies del género *Atriplex*, es que presentan un metabolismo C4, que les permite desarrollar unas características anatómico-fisiológicas especiales para el mejor aprovechamiento del agua absorbida (Méndez, 1993).

Otra ventaja atribuida al uso de arbustos forrajeros es que se mantienen verdes todo el año o, en su defecto, por lo menos no mueren en periodos secos, por lo que proporcionan una cubierta casi permanente al suelo, evitando que se produzca la indeseada erosión. Además, poseen una parte leñosa, que las protege frente al pastoreo, pudiéndose emplear en esta actividad como una alternativa a la recolección y poda.

Además, en cuanto su uso en zonas áridas se refiere, los arbustos forrajeros resisten mejor los suelos salinos y poco fértiles, en comparación con las forrajeras herbáceas (Méndez, 1993).

También es importante su uso debido a que representan una reserva de forraje para el ganado durante todo el año.

Por otro lado, también existen desventajas en el empleo de estas especies arbustivas como forraje. Una de ellas es el mayor tiempo que conlleva su poda, en caso de que no sea usada para el pastoreo, con respecto a las especies herbáceas (Elejabeitia, 1997). La segunda es la menor palatabilidad y menor valor nutritivo que presentan las primeras frente a las segundas.

**Tabla 1. Datos (sobre materia seca) de la composición química de la fracción ramoneable de 5 arbustivas con interés forrajero.**

ESPECIE	MS (%)	FRACCIÓN ORGÁNICA (% MS)										FUENTE
		FND	FAD	LAD	CAD	CC	DMD	DCC	DNDF	OMD	PB	
<i>A. halimus</i>	56,6	28,6	50,3	13,7			37,7			54,26	7,6	Álvarez <i>et al.</i> , 2005
		37,28	17,82							61,76	18,43	Salcedo <i>et al.</i> , 1998
	29,70	32,75	20,52	14,50	8,56						8,13	China <i>et al.</i> , 2009
<i>B. bituminosa</i>		43,33	31,5	31,0						62	15,6	Álvarez <i>et al.</i> , 2004
		42,0	27,0	9,0							11,5	Méndez <i>et al.</i> , 2006
	27,0	43,3	33,1	7,4							18,8	Ventura <i>et al.</i> , 1995
	27,2	29,46	21,65	6,83	12,61						12,04	China <i>et al.</i> , 2009
						23,8- 26,7	55,0- 62,6	61,2- 65,1	40,9- 48,5	16,4- 20,1		14,3- 15,5
<i>C. viminalis</i>	24,7- 40,4	38,2- 55,5	26,2- 37,8	7,8- 11,9							9,8- 14,0	Gonzalez- Andrés y Cerezuela, 1998 **
					23,8- 26,7	55,0- 62,6	61,2- 65,1	40,9- 48,5	16,4- 20,1		14,3- 15,5	Pérez-Corona, 1992*
<i>E. decaisnei</i>	22,35	30,12	18,58	6,47							9,80	Rodríguez <i>et al.</i> , 2002
	19,18	41,83	33,93	19,91	12,55						6,69	China <i>et al.</i> , 2009
<i>L. lancerottensis</i>		24,8	22,1								34,8	Chipatecua <i>et al.</i> , 2007**
		30-55	20-57	13-29								Schiller y Ayres, 1993**
		31,9	26,7	6,03	20,6		66,8				18,6	Vázquez-Aldana <i>et al.</i> , 2009**
	19,62	41,24	34,35	11,11	23,68						11,41	China <i>et al.</i> , 2009
						23,8- 26,7	55,0- 62,6	61,2- 65,1	40,9- 48,5	16,4- 20,1		14,3- 15,5
Forraje de referencia	88,22	49,12	37,25	8,06	29,14	51,01	58,35	36,82	21,38		14,80	García-Criado <i>et al.</i> , 1986
										63,97		Álvarez <i>et al.</i> , 2005
	90,20	73,70	44,60	6,90			31,30				5,80	SIA, 2010

\* Valores obtenidos para la familia Leguminosae. \*\* Valores obtenidos en otra especie del mismo género.



**Tabla 2. (Continuación).**

ESPECIE	Ceniza (%)	Macroelementos (%)						Microelementos (ppm)			FUENTE
		P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Mn	Cu	
<i>A. halimus</i>	14,4	0,03	0,18	0,11	0,13		2,52	153	114		Álvarez <i>et al.</i> , 2005
	22,41	1,61	3,59	0,20	1,44						Salcedo <i>et al.</i> , 1998
	31,76	0,07	1,54	2,02	0,37		8,68	553	40,88	3,99	China <i>et al.</i> , 2009
		0,17-0,59	0,5-1,0	0,17-1,53	0,10-0,20	0,1-0,32	0,04-0,25	30-60	20-40	6-16	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
		0,1-0,2	2,7-6,5	0,8-1,3	0,9-1,6	0,4-0,5	2,9-6,6	148-439	54-106	12-23	Wills <i>et al.</i> , 1990
<i>B. bituminosa</i>	8,0	0,42	2,26	1,28	0,20		0,16	107,34	47,79		Álvarez <i>et al.</i> , 2004
	9,1	0,14	2,4	3,43	0,99		0,20	841	34,64	4,41	China <i>et al.</i> , 2009
		0,15-0,25	0,98-1,71	0,88-18,4	1,3-2,3		0,03-0,33	67-129	62-162	7,2-13,6	Ruano-Ramos, 1997*
		0,17-0,59	0,5-1,0	0,17-1,53	0,10-0,20	0,1-0,32	0,04-0,25	30-60	20-40	4-10	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
<i>C. viminalis</i>		0,15-0,25	0,98-1,71	0,88-18,4	1,3-2,3		0,03-0,33	67-129	62-162	7,2-13,6	Ruano-Ramos, 1997*
	9,5-10,8										Gonzalez-Andrés y Cerezueta, 1998
		0,17-0,59	0,5-1,0	0,17-1,53	0,10-0,20	0,1-0,32	0,04-0,25	30-60	20-40	4-10	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
<i>E. decaisnei</i>	19,59	0,14	5,07	3,20	0,61		1,06	288	43,44	11,31	China <i>et al.</i> , 2009
	25,81										Rodríguez <i>et al.</i> , 2002
		0,17-0,59	0,5-1,0	0,17-1,53	0,10-0,20	0,1-0,32	0,04-0,25	30-60	20-40	4-10	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
<i>L. lancerottensis</i>	7,54	0,11	1,33	0,74	0,40		1,10	393	12,45	0,60	China <i>et al.</i> , 2009
		0,15-0,25	0,98-1,71	0,88-18,4	1,3-2,3		0,03-0,33	67-129	62-162	7,2-13,6	Ruano-Ramos, 1997*
		0,17-0,59	0,5-1,0	0,17-1,53	0,10-0,20	0,1-0,32	0,04-0,25	30-60	20-40	4-10	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
Forraje de referencia		0,1	1,2	2,1	0,4	0,2	0,1	1048	58	14	Wills <i>et al.</i> , 1990
	13,25										García-Criado <i>et al.</i> , 1986
										2,0-12,5	Kitagishi y Yamane, 1981
	10,70										SIA, 2010

\* Valores obtenidos para la familia Leguminosae. \*\* Valores obtenidos en otra especie del mismo género. \*\*\*Requerimientos de especies rumiantes.

**Tabla 3. (Continuación).**

ESPECIE	Microelementos (ppm)									FUENTE
	Zn	Pb	Cd	Sr	Al	B	Co	Cr	Mo	
<i>A. halimus</i>	54									Álvarez <i>et al.</i> , 2005
	21,20									China <i>et al.</i> , 2009
	20-40						0,1-0,2		2	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
	13,50				120-818	14-24				Wills <i>et al.</i> , 1990
<i>B. bituminosa</i>	18,72									Álvarez <i>et al.</i> , 2004
	36,68									China <i>et al.</i> , 2009
	26-39									Ruano-Ramos, 1997*
	20-40						0,1-0,2		2	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
<i>C. viminalis</i>	26-39									Ruano-Ramos, 1997*
							0,1-0,2		2	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
<i>E. decaisnei</i>	23,44									China <i>et al.</i> , 2009
	20-40						0,2-0,2		2	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
<i>L. lancerottensis</i>	24,87									China <i>et al.</i> , 2009
	26-39									Ruano-Ramos, 1997*
	20-40						0,1-0,2		2	McDowell <i>et al.</i> , 1993***
Forraje de referencia					1537					Wills <i>et al.</i> , 1990
						28-654				Eaton, 1944
				100-1000						Vanselow, 1945
							0,02-0,24			Bear y Wallace, 1950
							0,04-0,29			Cambi, 1949
				50-1500						Romney <i>et al.</i> , 1975
	24					30-100				Bergmann, 1975
			0,02-0,2							Shacklette, 1972
		2								Shacklette <i>et al.</i> , 1978
								0,10-0,91		Ebens y Shacklette, 1982
								0,7-6,8	Kubota, 1975	

\* Valores obtenidos para la familia Leguminosae. \*\*\*Requerimientos de especies rumiantes.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS.

### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS POBLACIONES NATURALES.

Para la determinación de la calidad químico-bromatológica de las cinco especies estudiadas (*A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*) en su entorno natural, así como la fertilidad físico-química de los suelos en los que se desarrollan se procederá al muestreo de 16 poblaciones naturales en tres estaciones distintas, en las que, además de la recogida de las muestras de material vegetal y suelo, se llevará a cabo la recopilación de información del estado fenológico de los individuos que forman las poblaciones, así como la caracterización de los suelos y las especies acompañantes.

Se describen las 16 poblaciones naturales, las especies acompañantes, el estado fenológico y la caracterización de los suelos en las que se desarrollan:

*Atriplex halimus* (Salado blanco).

Población 1: Se encuentra ubicada en la zona conocida como Pie de Famara, en el Término Municipal de Tegüise a una altitud de 250 msnm y con unas coordenadas UTM X:643.054; Y:3.223.061 (Figura 2). La población visitada está formada por más de 30 individuos, de los cuales los ejemplares a muestrear tienen aproximadamente 1 m de altura, 2 m de diámetro de la copa y 1 cm de diámetro del tallo, presentando un aspecto achaparrado.

Los muestreos se realizaron los días 8 de junio (Primavera/2008) y 20 de septiembre de 2008 (Verano/2008) y el día 11 de Febrero de 2009 (Invierno/2009), observándose en las tres, que la planta se encontraba en una etapa de crecimiento vegetativo, presentando, además, en la última toma un estado avanzado de foliación, advirtiéndose en ésta un aspecto más frondoso (Foto 6).

Se observó que los suelos presentes en esta ubicación provienen del aporte colivial, pudiéndose clasificar como Leptosoles hiperesqueléticos según WRB o como Torriortents vérticos, según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Las especies acompañantes identificadas en todas las visitas son: *Asteriscus intermedius*, *Cenchrus ciliaris*, *Echium pitardii*, *Erucastrum canariense*, *Euphorbia regis-jubae*, *Fagonia cretica*, *Kleinia neriifolia*, *Lobularia marginata*, *Mercurialis annua*, *Sonchus bourgeauii* y *Urospermum picroides*.

Población 2: Se sitúa en la localidad de Punta Mujeres, perteneciente al Término Municipal de Haría. Se sitúa a una altitud de 5 msnm y con unas coordenadas UTM X:651.442; Y:3.225.411 (Figura 2). La población la forman unos 15 ejemplares aislados, siendo las dimensiones de 75 cm de altura, 2 m de diámetro de la copa y 2 cm de diámetro del tallo.

En el primer muestreo, realizado el 9 de junio de 2008 (Primavera/2008), la planta se encontraba en el inicio de la floración, apreciándose la aparición de las yemas florales. El segundo muestreo se realizó el 18 de septiembre de 2008 (Verano/2008) y en ella se pudo observar que la planta presentaba flores y frutos. El último muestreo realizado tuvo lugar el 12 de febrero de 2009 (Invierno/2009), en este caso el ejemplar objeto de muestreo presentaba un estado de crecimiento vegetativo con foliación (Tabla 4).

Esta población se localiza en un suelo de tipo jable, con color blanquecino y originado a partir de conchas (organogénico). Podemos clasificar estos suelos como Arenosoles calcáricos según WRB o como Torripsamments líticos según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Las especies acompañantes que fueron identificadas en todas las visitas realizadas a esta población son: *Aizoon canariense*, *Chenoleoides tomentosa*, *Euphorbia balsamifera*, *Frankenia* sp., *Ifloga spicata*, *Senecio incrassatus* y *Suaeda vera*.

Población 3: Se encuentra localizada en la zona conocida como Caletón Blanco, cercano a la localidad de Órzola, en el Término Municipal de Haría. Se sitúa a 15 msnm con unas coordenadas UTM X:652.209; Y:3.232.084 (Figura 2). Los ejemplares muestreados, presentan una altura media aproximada de 2 m, diámetro de tallo de 5 cm y aspecto considerablemente frondoso.

Los muestreos realizados a esta población se llevaron a cabo los días 9 de junio (Primavera/2008) y 20 de septiembre de 2008 (Verano/2008) y el día 10 de febrero de 2009 (Invierno/2009). En el primero se observa un estado de crecimiento vegetativo. En el segundo se advierte la presencia de frutos inmaduros, lo que señala una fase temprana de fructificación. Finalmente, en el último muestreo realizado a la población de Caletón Blanco, el ejemplar objeto de estudio presenta un estado de crecimiento vegetativo, observándose la existencia de semillas de la temporada anterior.

Esta población, al igual que la anterior, se localiza en un suelo de tipo jable de con color blanquecino y originado a partir de conchas (organogénico). Puede ser clasificado como Arenosol calcárico según WRB o como Torripsamments lítico según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Las especies acompañantes identificadas durante las visitas son: *Cistanche phelipaea*, *Euphorbia balsamifera*, *Euphorbia paralias*, *Ononis tournefortii*, *Polygonum maritimum*, *Senecio leucanthemifolius* var. *falcifolium*, *Suaeda vera*, *Traganum moquinii* y *Zygophyllum fontanesii*.



Foto 6. Población de *A. halimus* en Pie de Famara.

Tabla 4. Estado fenológico de tres poblaciones de *A. halimus* en tres estaciones diferentes.

Población	Primavera/2008	Verano/2008	Invierno/2009
Pie de Famara	Crecimiento vegetativo	Crecimiento vegetativo	Crecimiento vegetativo
Punta mujeres	Floración	Floración + Fructificación	Crecimiento vegetativo
Caletón blanco	Crecimiento vegetativo	Fructificación	Crecimiento vegetativo

*Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* (Tedera).

Población 4: Situada en Pie de Famara, ubicado en el Término Municipal de Teguiise a una altitud aproximada de 100 msnm y con unas coordenadas UTM X:642.986; Y:3.223.057 (Figura 2). La población visitada contaba con unos 20 individuos que poseían una altura media aproximada de 1 m, con 1,5 m de diámetro de la copa y 1 cm de diámetro del tallo.

El primer muestreo se realizó el 8 de junio de 2008 (Primavera/2008), encontrándose la planta en estado de floración y con frutos inmaduros. El segundo se llevó a cabo el 18 de septiembre de 2008 (Verano/2008), hallándose la planta en estado

vegetativo, el tercer corte se realizó el 11 de febrero de 2009 (Invierno/2009), encontrándose la planta en estado vegetativo (Tabla 5).

Los suelos existentes en esta localización provienen del aporte coluvial, pudiéndose clasificar como Leptosoles hiperesqueléticos según WRB o como Torriortents vérticos, según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Las especies acompañantes identificadas son: *Argyranthemum maderense*, *Asteriscus intermedius*, *Cenchrus ciliaris*, *Convolvulus lope-socasi*, *Euphorbia regis-jubae* y *Kleinia neriifolia*.

Población 5: Se encuentra ubicada en la zona conocida como Cortijo Señor Eusebio, perteneciente al Término Municipal de Teguíse, a una altitud de 559 msnm y con coordenadas UTM X:644.700;Y:3.221.399 (Figura 2). En este caso se trata de varios ejemplares con unas dimensiones medias de 1 m de altura, 1 m de diámetro de copa y 0,5 cm de diámetro del tallo.

Se muestreó por primera vez la planta el 8 de junio de 2008 (Primavera/2008) y ésta se encontraba en estado de fructificación. El 18 de septiembre de 2008 (Verano/2008) se muestreó por segunda vez y pudo observarse que la planta se encontraba en estado vegetativo, y el 12 de febrero de 2009 (Invierno/2009) se procedió a muestrear por última vez este ejemplar, advirtiendo el comienzo de la fase de floración (Tabla 5).

Los suelos en los que se desarrollan esta población son vérticos y presentan un color parduzco, siendo frecuentes las grietas y los pisolitos (concreciones de manganeso y hierro). Pueden ser clasificados como Cambisoles vérticos según WRB o como Haplocambids vérticos según la ST (USDA, 2001 y WRB, 2006).

Las especies acompañantes identificadas fueron: *Aeonium lacerottense*, *Anagallis arvensis*, *Argyranthemum maderense*, *Asparagus stipularis*, *Asphodelus tenuifolius*, *Avena* sp., *Dipcadi serotinum*, *Erucastrum canariense*, *Euphorbia regis-jubae*, *Ferula lancerottense*, *Kleinia neriifolia*, *Mathiola* sp., *Opuntia maxima*, *Pelargonium zonale*, *Scilla latifolia* y *Sonchus oleraceus*.

Población 6: Ubicada en la zona conocida como Chafarí, localizada en el Término Municipal de Haría, y con una altitud de 265 msnm Las coordenadas de este punto son UTM X:645.202; Y:3.222.566 (Figura 2). La población está compuesta por unas 10 especies. Los ejemplares muestreados tenían una altura media de 1,25 m, un diámetro de la copa de 0,5 m y un diámetro del tallo de 3 cm.

El primer muestreo se llevó a cabo el 9 de junio de 2008 (Primavera/2008), hallándose el ejemplar en estado de floración y fructificación, además se pudieron observar daños por el ataque de conejos. El segundo muestreo a esta población se realizó el 18 de septiembre de 2008 (Verano/2008), encontrándose la planta en estado vegetativo, al igual que en el tercero, que se desarrolló el 12 de febrero de 2009 (Invierno/2009), observándose además en ésta una avanzada fase de foliación (Tabla 5).

En este caso, se nos presentan unos suelos de aporte coluvial, clasificados como Leptosoles hiperesqueléticos según WRB o como Torriortents vérticos, según la ST.



Las especies acompañantes que fueron identificadas durante las tres visitas son: *Asteriscus intermedius*, *Avena fatua*, *Erucastrum canariense*, *Euphorbia regis-jubae*, *Foeniculum vulgare*, *Hyparrhenia hirta*, *Kleinia neriifolia*, *Launaea arborescens*, *Lobularia marginata*, *Mercurialis annua*, *Ononis laxiflora*, *Sonchus oleraceus* y *Vicia lutea*.

Población 7: Localizada en el Barranco de Tenegüime, que se encuentra en el Término Municipal de Tegüise a una altitud de 111 msnm y con unas coordenadas UTM X:646.439; Y:3.218.690 (Figura 2). La población la componen varios ejemplares.

El primer muestreo se realizó el 9 de junio de 2008 (Primavera/2008) y en cuanto al estado fenológico del ejemplar objeto de muestreo hay que decir que se encontraba en fructificación y floración. El segundo muestreo a este punto se realizó el 19 de septiembre de 2008 (Verano/2008), encontrándose la planta, en este caso, en estado vegetativo. Finalmente, se produjo un último muestreo el 12 de febrero de 2009 (Invierno/2009) en el que se observó un estado de foliación con un inicio de la floración (Tabla 5).

Al igual que en el caso de la población anterior, los suelos presentes en esta ubicación son originados por el aporte coluvial, clasificándose como Leptosoles hiperesqueléticos según WRB o como Torriortents vérticos, según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Las especies acompañantes identificadas durante estas visitas fueron: *Asteriscus intermedius*, *Campylanthus salsoloides*, *Carrichtera annua*, *Ceballosia fruticosa*, *Dipcadi serotinum*, *Echium pitardii*, *Erucastrum canariense*, *Euphorbia regis-jubae*, *Forsskaolea angustifolia*, *Hyparrhenia hirta*, *Kleinia neriifolia*, *Lamarckia aurea*, *Lavandula pinnata*, *Lobularia marginata*, *Mathiola* sp, *Medicago polymorpha*, *Periploca laevigata*, *Stipa capensis* y *Urospermum picroides*.



Foto 7. Población de *B. bituminosa* var. *albomarginata* en Galería Chafarí.

Tabla 5. Estado fenológico de poblaciones de *B. bituminosa* var. *albomarginata* en tres estaciones diferentes.

Población	Primavera/2008	Verano/2008	Invierno/2009
Pie de Famara	Floración + Fructificación	Crecimiento vegetativo	Crecimiento vegetativo
Cortijo Sr. Eusebio	Fructificación	Crecimiento vegetativo	Floración
Galería chafarí	Floración + Fructificación	Crecimiento vegetativo	Crecimiento vegetativo
Barranco de Tenegüime	Floración + Fructificación	Crecimiento vegetativo	Floración

*Coronilla viminalis.*

Población 8: Se encuentra ubicada en la zona conocida como Pie de Famara, en el Término Municipal de Tegui se a 131 msnm y con unas coordenadas UTM X:643.024; Y:3.223.052 (Figura 2). La población está formada por más de 20 ejemplares que presentaron una altura media de 50 cm, un diámetro de la copa de 1 m y un diámetro del tallo de 1 cm. Se aprecia en varios de los ejemplares los daños causados por el ataque de conejos.

Esta población se muestreó por primera vez el 8 de junio de 2008 (Primavera/2008), observándose en la planta muestreado la presencia de flores y frutos. En el segundo muestreo, llevado a cabo el 20 de septiembre de 2008 (Verano/2008), el ejemplar estudiado se encontraba en fase de crecimiento vegetativo, al igual que en el último muestreo, que se produjo el 11 de febrero de 2009 (Invierno/2009), y en el cuál, se apreció además una elevada tasa de foliación, dando lugar a un aspecto frondoso.

Se observó que los suelos en los que se desarrollan esta población provienen del aporte colivial, pudiéndose clasificar como Leptosoles hiperesqueléticos según WRB o como Torriortents vérticos, según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Durante las tres visitas fueron identificadas una serie de especies acompañantes que son nombradas a continuación: *Asteriscus intermedius*, *Euphorbia regis-jubae*, *Helianthemum canariense*, *Kleinia neriifolia*, *Lamarckia aurea*, *Lobularia marginata*, *Piptatherum coerulescens* y *Polycarpaea nivea*.

Población 9: Esta población está localizada en el término Municipal de Tegui se, en la zona conocida como Castillo de Guanapay. Se encuentra a una altitud de 99 msnm y presenta unas coordenadas UTM X:641.670; Y:3.215.944 (Figura 2). Nos encontramos ante una población formada por varios ejemplares que presentaron una altura media aproximada de 1 m, un diámetro de la copa de 1,5 m y un diámetro del tallo de 0,5 cm.

Los muestreos se realizaron los días 8 de junio de 2008 (Primavera/2008), 18 de septiembre del mismo año (Verano/2008) y 11 de febrero de 2009 (Invierno/2009). En el primer muestreo, la fenología de la planta indicaba una etapa de floración y



fructificación. En el segundo, el ejemplar se encontraba en parada vegetativa. Finalmente, en el tercero y último, la planta presentaba un estado de floración con crecimiento vegetativo y alta tasa de foliación, circunstancia que explica su aspecto frondoso.

Los suelos presentes en esta ubicación son suelos marrones y encalichados, pudiendo ser clasificados como Calcisoles pétricos según WRB o Petroclacids árgicos según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Las especies acompañantes observadas e identificadas durante las tres visitas fueron: *Aeonium lancerottense*, *Asphodelus tenuifolius*, *Asteriscus intermedius*, *Avena fatua*, *Chrysanthemum coronarium*, *Fagonia cretica*, *Launaea arborescens*, *Lotus lancerottensis*, *Nicotiana glauca*, *Solanum nigrum* y *Sonchus bourgeauii*.

Población 10: Situada en la zona de Los Valles, más concretamente en Pozos de Los Valles, dentro del Término Municipal de Teguiise. Este punto se ubica a unos 327 msnm y presenta unas coordenadas UTM X:643.535; Y:3.217.715 (Figura 2). En este caso se trata de una población localizada en un jardín y formada por unos 25 ejemplares adultos y alrededor de 20 ejemplares en etapa juvenil. Los ejemplares adultos presentaban una altura media de 1,5 m, con un diámetro de la copa de 2 m y un diámetro del tallo de 0,5 cm.

En el primer muestreo, realizado el 8 de junio de 2008 (Primavera/2008), la fenología de la planta se encontraba en fase de floración con fructificación. El segundo se llevó a cabo el 18 de septiembre de 2008 (Verano/2008), encontrándose la planta en parada vegetativa. Finalmente, el último muestreo a la población ubicada en la zona de Los Valles se produjo el 11 de febrero de 2009 (Invierno/2009), presentando la planta en esa fecha un estado de floración avanzado con una elevada tasa de foliación.

En este caso, nos encontramos ante suelos fersialíticos, clasificados como Luvisoles cálcicos según WRB o como Paleoargids cálcicos según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

La especies acompañantes que se encontraron en el jardín público en el que se ubica esta población son: *Chrysanthemum coronarium*, *Launaea arborescens*, *Lavandula canariensis*, *Lavandula pinnata*, *Papaver somniferum*, *Phoenix canariensis*, *Reichardia tingitana*, *Salvia canariensis* y *Salvia canariensis*.



Foto 8. Población de *C. viminalis* en Pie de Famara.

Tabla 6. Estado fenológico de tres poblaciones de *C. viminalis* en tres estaciones diferentes.

Población	Primavera/2008	Verano/2008	Invierno/2009
Pie de Famara	Floración + Fructificación	Crecimiento vegetativo	Crecimiento vegetativo
Guanapay	Floración + Fructificación	Parada vegetativa	Floración + C. vegetativo
Los Valles	Floración + Fructificación	Parada vegetativa	Floración + C. vegetativo

*Echium decaisnei* (Tajinaste blanco).

Población 11: Se encuentra localizada en Pie de Famara, zona perteneciente al Término Municipal de Tegui. El punto en el que se ubica está a una altitud de 115 msnm y tiene unas coordenadas UTM X:643.034; Y:3.223.033 (Figura 2).

La población fue muestreada una primera vez el 8 de junio de 2008 (Primavera/2008), en cuyo muestreo se observó que estaba en estado de crecimiento vegetativo, al igual que en el segundo, que se produjo el 20 de septiembre de 2008 (Verano/2008). Por último, se llevó a cabo un tercer muestreo el 11 de febrero de 2009 (Invierno/2009). En esta ocasión las plantas se encontraban en plena floración, comenzando a fructificar y con una elevada foliación (Tabla 7), presentando un aspecto bastante frondoso (Foto 9).

Se observó que los suelos presentes en esta ubicación provienen del aporte colivial, pudiéndose clasificar como Leptosoles hiperesqueléticos según WRB o como Torriortents vérticos, según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Las especies acompañantes observadas fueron: *Asteriscus intermedius*, *Euphorbia regis-jubae*, *Helianthemum canariense*, *Kleinia neriifolia* y *Polycarpha nivea*.

Población 12: Está ubicada en la localidad de Femés, dentro del Término Municipal de Yaiza. En este caso, los ejemplares se encontraban aislados y en un jardín público. El punto se sitúa a 320 msnm y con unas coordenadas UTM X:619.268; Y:3.199.156 (Figura 2).

El 10 de junio (Primavera/2008) y el 18 de septiembre de 2008 (Verano/2008) se realizaron los dos primeros muestreos en esta zona, y la fenología de la planta en ambos casos mostraba un crecimiento vegetativo considerable. El tercero, se realizó el 11 de febrero de 2009 (Invierno/2009), estando la planta en un estado de fructificación, observándose la existencia de las últimas flores del ciclo.

Se observó que los suelos localizados en esta ubicación son fersialíticos, clasificados como Luvisoles cálcicos según WRB o como Paleoargids cálcicos según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

En las tres visitas fueron identificadas una serie de especies acompañantes que son citadas a continuación: *Allium subhirsutum*, *Astragalus* sp., *Carrichtera annua*, *Chrysanthemum coronarium*, *Fumaria capreolata*, *Kleinia neriifolia*, *Launaea nudicalis*, *Medicago polymorpha*, *Reichardia tingitana*, *Sonchus oleraceus*, *Stipa capensis* y *Euphorbia* sp.

Población 13: Se encuentra localizada en la localidad de Mácher, en el Término Municipal de Tías. Las coordenadas de situación de este punto son X:627.357; Y:3.202.801 (Figura 2), y la altitud es 213 msnm. Los ejemplares objeto de muestreo pertenecen a una población de más de 20 individuos y tenían unas dimensiones medias de 75 cm de altura, 2 m de diámetro de la copa y alrededor de 5 cm de diámetro del tallo.

Los muestreos a esta población se realizaron los días 10 de junio (Primavera/2008) y 18 de septiembre de 2008 (Verano/2008) y 11 de febrero de 2009 (Invierno/2009). En el primero se apreció un estado de parada vegetativa, encontrándose el ejemplar en el siguiente muestreo en crecimiento vegetativo y en el último en plena floración.

Al igual que en la población anterior, los suelos en los que se desarrollan esta comunidad vegetal son fersialíticos clasificados como Luvisoles cálcicos según WRB o como Paleoargids cálcicos según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Las especies acompañantes observadas e identificadas en todas las visitas fueron: *Aizoon canariense*, *Anacyclus radiatus*, *Bromus* sp., *Calendula arvensis*, *Cenchrus ciliaris*, *Erodium* sp., *Euphorbia segetalis*, *Fagonia cretica*, *Forsskaolea angustifolia*, *Forsskaolea angustifolia*, *Heliotropium ramossissimum*, *Launaea arborescens*, *Lotus lancerottensis*, *Malva parviflora*, *Mathiola* sp., *Medicago polymorpha*, *Nicotiana glauca*, *Patellifolia patellaris*, *Reichardia tingitana*, *Senecio vulgaris*, *Sinapis arvensis* y *Volutaria tubuliflora*.



**Foto 9. Población de *E. decaisnei* en Pie de Famara.**

**Tabla 7. Estado fenológico de tres poblaciones de *E. decaisnei* en tres estaciones diferentes.**

Población	Primavera/2008	Verano/2008	Invierno/2009
Pie de Famara	Crecimiento vegetativo	Crecimiento vegetativo	Floración + Fructificación
Femés	Crecimiento vegetativo	Crecimiento vegetativo	Floración + Fructificación
Mácher	Parada vegetativa	Crecimiento vegetativo	Floración

#### *Lotus lancerottensis.*

Población 14: Se localiza en Término Municipal de Haría, más concretamente en la zona conocida como Galería Chafarí. Se sitúa a una altitud de 376 msnm y su ubicación presenta unas coordenadas UTM X:645.102; Y:3.222.545 (Figura 2). Próxima a esta población se observa la existencia de una fuente de agua. Los ejemplares estudiados tienen una altura media de 15 cm, un diámetro de la copa de 0,5 m y un diámetro del tallo de 3 cm.

Los muestreos realizados a esta población se llevaron a cabo los días 9 de junio (Primavera/2008) y 18 de septiembre de 2008 (Verano/2008) y el día 12 de febrero de 2009 (Invierno/2009). En el primero de los muestreos la planta se encuentra en etapa de floración. En el segundo se advierte la presencia de las últimas flores, encontrándose en crecimiento vegetativo. Finalmente, en el último muestreo realizado a esta población, el ejemplar objeto de estudio presenta un estado de floración con foliación.



En este caso, y en cuanto al suelo presenta en esta población, podemos decir que provienen del aporte coluvial, pudiéndose clasificar como Leptosoles hiperesqueléticos según WRB o como Torriortents vérticos, según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Durante las visitas llevadas a cabo en Galería de Chafarí se identificaron una serie de especies acompañantes que se citan a continuación: *Agave sisalana*, *Anagallis arvensis*, *Apium nodiflorum*, *Argyranthemum maderense*, *Asteriscus intermedius*, *Echium pitardii*, *Erucastrum canariense*, *Gonphocarpus fruticosus*, *Lamarckia aurea*, *Launaea arborescens*, *Lobularia marginata*, *Medicago polymorpha*, *Misopates* sp., *Rumex lunaria* y *Sonchus bourgeaui*.

Población 15: Se sitúa en la Costa de Mala, más concretamente en la zona conocida como Charco del Palo, perteneciente al Término Municipal de Haría. Se localiza a una altitud de 13 msnm y presenta unas coordenadas UTM X:650.707; Y:3.218.094 (Figura 2). La población está formada por números ejemplares, presentando una altura de 0,5 m, un diámetro de la copa de 1 m y un diámetro del tallo de 1 cm.

El primer muestreo se realizó el 9 de junio de 2008 (Primavera/2008), el segundo el 19 de septiembre del mismo año (Verano/2008) y el tercero el 12 de febrero del año 2009 (Invierno/2009). En cuanto a la fenología observada en cada muestreo podemos decir que en el primero la planta se encontraba en floración con fructificación. En la segundo muestreo, presentaba crecimiento vegetativo, apreciándose las últimas flores y, finalmente, en la último muestreo llevado a cabo en la población de Charco del Palo el individuo estudiado presentaba una alta tasa de foliación con floración.

Los suelos encontrados en esta ubicación son jables de color amarillo, provenientes del transporte de arena de Famara. Pueden ser clasificados como Arenosoles calcáricos según WRB o como Torripsamments líticos según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Las especies acompañantes que fueron observadas e identificadas durante las tres visitas son: *Acacia cyclops*, *Atriplex glauca*, *Chenoleoides tomentosa*, *Cyperus capitatus*, *Cyperus kalli*, *Frankenia* sp., *Launaea arborescens*, *Lobularia marginata*, *Lolium* sp., *Mathiola fruticulosa*, *Plantago aschersonii*, *Polycarphae nivea*, *Reichardia tingitana* y *Sonchus oleraceus*.

Población 16: Esta población se localiza en la zona de Uga, perteneciente al Término Municipal de Yaiza. Está localizada a una altitud de 230 msnm y su ubicación presenta unas coordenadas UTM X:624.024; Y:3.203.084 (Figura 2). Se trata de una población de varios individuos presentando unas dimensiones medias de 5 cm de altura, 20 cm de diámetro de la copa y 0,5 cm de diámetro del tallo, observándose por todo esto un aspecto achaparrado.

Los muestreos a la población se efectuaron los días 10 de junio (Primavera/2008) y 18 de septiembre de 2008 (Verano/2008) y el día 11 de febrero de 2009 (Invierno/2009). En cuanto al estado fenológico de la planta en cada muestreo se puede decir que en el primero se observó una etapa de final de la floración con fructificación. En el segundo el ejemplar muestreado presentaba crecimiento vegetativo,

apreciándose aún las últimas flores. Finalmente, en el tercero y último de los muestreos efectuados a la población de Uga la planta se encontraba en fase de floración con crecimiento vegetativo, siendo evidente la alta tasa de foliación.

Se observó que los suelos existentes en esta localización son marrones y encalichados, pudiendo ser clasificados como Calcisoles pétricos según WRB o Petroclacids árgicos según la ST (USDA, 2001; WRB, 2006).

Durante la ejecución de las visitas realizadas a esta población se procedió a la identificación de las especies acompañantes de *Lotus lancerottensis* que son citadas a continuación: *Aeonium lancerottense*, *Andryala glandulosa*, *Calendula arvensis*, *Carrichtera annua*, *Echium pitardii*, *Erucastrum canariense*, *Helianthemum canariense*, *Kickxia sagittata*, *Kleinia neriifolia*, *Lamarckia aurea*, *Launaea arborescens*, *Reichardia tingitana*, *Salsola vermiculada*, *Senecio crassifolius*, *Silene vulgaris* y *Spergularia fimbriata*.



Foto 10. Población de *L. lancerottensis* en Costa de Mala.

Tabla 8. Estado fenológico de tres poblaciones de *L. lancerottensis* en tres estaciones diferentes.

Población	Primavera/2008	Verano/2008	Invierno/2009
Galería chafarí	Floración	Floración + C. vegetativo	Floración + C. vegetativo
Costa de Mala	Floración + Fructificación	Floración + C. vegetativo	Floración + C. vegetativo
Montaña de Uga	Floración + Fructificación	Floración + C. vegetativo	Floración + C. vegetativo

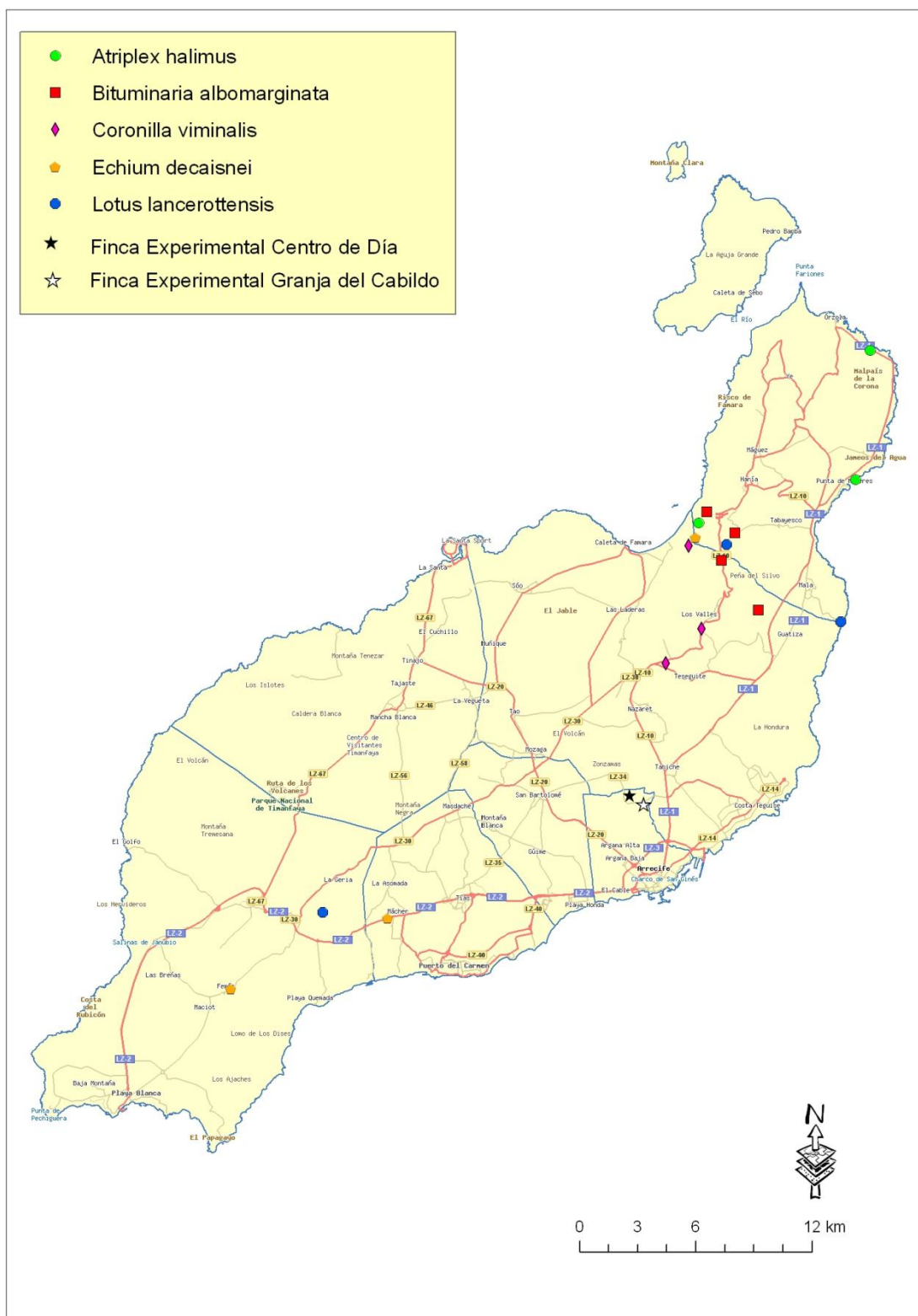


Figura 2. Localización de 16 poblaciones naturales y de las parcelas experimentales del Centro de Día “Zonzamas” y de la Granja Experimental del Excmo. Cabildo de Lanzarote.

## 2.2. ANÁLISIS QUÍMICO-BROMATOLÓGICO.

### 2.2.1. Material vegetal.

Se llevaron a cabo tres tomas de muestras en las ubicaciones de las 16 poblaciones naturales descritas. La primera de ellas se realizó en Primavera/2008, entre el 8 y el 10 de junio. La segunda se produjo en Verano/2008, entre los días 18 y 20 de septiembre de dicho año. La última toma de muestras, llevada a cabo con la intención de muestrear las 16 poblaciones naturales, se realizó en Invierno/2009, entre los días 9 y 14 de Febrero de dicho año.

La toma de las muestras de la fracción ramoneable se llevó a cabo mediante el corte y recolección de una cantidad de material fresco y ramoneable de unos 200g de entre tres y cinco plantas, entendiéndose por material ramoneable aquel que está formado por hojas, brotes verdes, flores, y tallos sin lignificar con un diámetro que no supere los 5 mm.

A efectos de poder conservar y transportar las muestras desde Lanzarote hasta la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (ULL), éstas fueron introducidas en bolsas herméticas de plástico y conservadas en frigorífico durante el tiempo que duró el periodo de muestreo y traslado.

En cuanto a la preparación de las muestras se refiere, se procedió, una vez en la ETSIA (ULL), a la limpieza y pesado en verde del material recolectado (balanza Sartorius mod. TE 412) para posteriormente llevar a cabo el secado. Dicho secado se llevó a cabo mediante el uso de una estufa de aire forzado (Selecta mod. 140 B) a 60°C durante un periodo aproximado de 24 horas, con el objetivo de eliminar toda la humedad. En último lugar, se procedió al pesado en seco de las muestras y a su molienda y tamizado, mediante el uso de un molinillo de martillo (Culatti mod. DFH 48).

Para la estimación de la calidad químico-bromatológica de las cinco especies estudiadas se procedió a determinar la materia seca comestible (MSC) y los componentes de la fracción orgánica: fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina, celulosa, contenido celular (CC), materia seca digestible (DMD), contenido celular digestible (DCC), pared celular digestible (DNDF), materia orgánica digestible (OMD) y proteína bruta (PB).

Se determinaron los niveles de ceniza (CEN) y los diferentes macroelementos (P, K, Ca, Mg, S, Na) y microelementos (Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, B, Co, Mo y Cr).



### 2.2.2. Procedimiento analítico.

#### 2.2.2.1. Materia seca comestible (% MSC).

Para el cálculo del porcentaje de materia seca es preciso haber llevado a cabo el pesado de las muestras, tanto en verde como en seco. El secado se realizó a 60°C durante 24 h, mediante una estufa de aire forzado.

—

Donde:

$P_S$  = Peso en seco

$P_V$  = Peso en verde

#### 2.2.2.2. Fracción Orgánica.

Para la determinación de los distintos componentes de la fracción orgánica se ha tomado un gramo de muestra secada y molida, y mediante el uso de reactivos Ankom y llevándolo a:

- Ankom 2000 Fiber Analyzer: fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina, celulosa y contenido celular.

- Ankom Daisy Incubator: Digestibilidad de la materia seca (DMD), digestibilidad del contenido celular (DCC), digestibilidad de la pared celular (DNDF) y digestibilidad de la materia orgánica (OMD).

Finalmente, y en cuanto a la determinación de la proteína bruta (PB) se realizó a partir del contenido en nitrógeno. Se considera que el nitrógeno representa un porcentaje constante de la mayoría de las sustancias proteicas (16%) por lo que para la determinación de la proteína bruta se multiplicó el contenido en nitrógeno por el factor 6,25

#### 2.2.2.3. Ceniza (CEN).

La ceniza se determina mediante un procedimiento de incineración a una temperatura de 550°C y se expresa en porcentaje sobre la materia seca total. Dicho procedimiento se mantiene en el tiempo hasta que el carbono haya desaparecido (en un horno mufla de la marca Carbolite Furnaces CSF 1.110 durante 5 h aproximadamente), obteniéndose una muestra con aspecto blanquecino.

Para el cálculo de este parámetro es necesario pesar el crisol vacío, el crisol con la muestra antes de incinerar y el crisol con la muestra después de incinerar.

Donde:

$P_1$  = Peso del crisol con la muestra antes de incinerar.

$P_2$  = Peso del crisol con la muestra después de incinerar.

$P_{\text{crisol}}$  = Peso del crisol vacío.

#### 2.2.2.4. Elementos minerales.

Para la determinación del contenido en elementos minerales se precisa la eliminación de la materia orgánica existente en la muestra para lo cual se requiere realizar la calcinación de la muestra.

Posteriormente al proceso indicado anteriormente se procede a atacar la ceniza obtenida con una mezcla de HCl/HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O, en una proporción 1/1/8 durante 3 horas. El contenido originado de tal mezcla se filtra a través de un papel de filtro lavado a los ácidos, sobre un matriz aforado de 25 ml y se enrasa con la misma disolución hasta que alcance ese volumen (Duque Macías, 1970).

Finalmente, la mezcla obtenida se pasa al espectrómetro VARIAN ICP OES Mod. 720, del cual se obtendrán los niveles de elementos minerales de cada una de las muestras.

### 2.3. ANÁLISIS DE SUELOS.

#### 2.3.1. Toma de muestras.

Para la realización del análisis de los suelos en los que habitan las poblaciones naturales se llevó a cabo un muestreo en cada una de las 16 localidades. Los muestreos se realizaron entre los días 9 y 14 de Febrero de 2009, tomando dos submuestras de cada suelo. Para la toma de las submuestras se eliminó con una azada los restos orgánicos que se encontraban en superficie, procediéndose posteriormente a cavar un hoyo de 30 cm de profundidad y a tomar un volumen de suelo de cada hoyo. De cada punto se tomaron dos kg de muestra, proveniente de la mezcla de las dos submuestras, y se introdujo en una bolsa de polietileno cerrada, para su posterior traslado

### 2.3.2. Técnicas físico-químicas.

Una vez en el ETSIA (ULL), las muestras se secaron al aire, para posteriormente proceder a la disgregación, mediante el uso de un molino de bolas, y al tamizado, mediante el uso de un tamiz de 2 mm de malla. Los parámetros analizados fueron: el pH, la CE (dS/m), la Materia Orgánica (%), el Fósforo Asimilable (ppm), los Cationes Asimilables (meq/100g de Na, K, Ca y Mg), la CIC (meq/100g), el Porcentaje de Saturación (PS%), la Textura (% de arcilla, limos y arena) y los Microelementos (mg/l de Fe, Cu, Mn y Zn).

- pH: Fue medido en pasta saturada y en suspensión, usando un pH-metro con electrodo de vidrio (Crison mod. 517).

- Conductividad eléctrica (CE): Se expresa en dS/m a 25°C y fue determinada a partir de un extracto saturado de suelo con un conductímetro Crison 525.

- Materia orgánica (MO): Fue determinada por el método Walkley y Black modificado por la comisión de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología “José M<sup>a</sup> Albareda” (1973).

- Fósforo asimilable (P): Extraído con NaHCO<sub>3</sub> a pH 8,5, según Olsen et al., 1954. Se valoró el extracto por espectrofotometría, usando el método de Murphy-Riley adaptado por Watanabe y Olsen (1965). La determinación se hizo con un espectrofotómetro uv/vis Perkin-Elmer 551S.

- Cationes asimilables (Na, K, Ca y Mg): Se extrajeron usando una disolución de NH<sub>4</sub>AcO 1N a pH 7. Se usó una relación suelo/extractante 1/20. Se procedió a la agitación durante 30 minutos para posteriormente centrifugar a 4500 rpm durante otros 15. El sodio y el potasio se determinaron por fometría de llama con un fotómetro EEL de la marca Evans: el calcio y el magnesio se determinaron con un espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin-Elmer 370A, utilizando SrCl<sub>2</sub> como agente liberante para evitar interferencias con el P y el Al.

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): Se procedió a sustituir completamente los cationes de cambio mediante el uso de una disolución de NaAcO 1N a pH 8,2, usando como extractante una disolución de NH<sub>4</sub>AcO 1N a pH 7 y con el empleo de fometría de emisión (EEL de la marca Evans) para determinar el sodio.

- Textura: El análisis granulométrico se realizó por un método densimétrico con el hidrómetro de Bouyoucos siguiendo las técnicas recogidas por la Comisión de Métodos Analíticos del Instituto nacional de Edafología y Agrobiología “José M<sup>a</sup> Albareda” (1973).

- Microelementos (Fe, Cu, Mn y Zn): Se utilizó DTPA a pH 7,3 como extractante (Sillanpää, 1982), determinándose sobre el mismo extracto y de forma simultánea las concentraciones de Fe, Cu, Mn y Zn, lo que supuso una gran ventaja de

este método analítico. Esta determinación se llevó a cabo con un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 370A.

## 2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Sobre los valores de concentración de los distintos componentes analizados a partir del material vegetal se llevó a cabo un análisis estadístico ANOVA, fijando como variable dependiente el nivel o concentración a analizar, como factor intra-sujetos la “Estación” en la que se llevó a cabo cada muestreo, y como factor inter-sujetos la “Especie”. Para ello se utilizó el programa SSPS 17, mediante un modelo lineal general de medidas repetidas.

Anteriormente a esta operación, y con el objetivo de poder llevarla a cabo, se realizó una prueba de homocedasticidad (homogeneidad de varianza) y normalidad, tanto del factor especie como del factor estación, usando también el programa SSPS 17. En este caso se fijó como variable independiente el nivel a analizar y como factores la estación y la especie. Con el objetivo de que la variable a analizar cumpliera las pruebas de homocedasticidad y normalidad, en alguna de ellas se llevó a cabo una transformación de variable.

Con los resultados obtenidos a partir del análisis de suelo, se obtuvieron las medias y errores típicos y se llevó a cabo el análisis estadístico mediante el test de Kruskal-Wallis, obteniéndose las significaciones para cada factor analizado. Este análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el programa SSPS 17.

Las propiedades de los suelos se analizaron también mediante un Análisis de Componentes Principales (PCA), utilizando el programa *Canoco for Windows Version 4.5* (Ter Braak y Smilauer, 2002). Por este procedimiento se obtuvieron, a partir de los análisis físico-químicos de los suelos de las localidades de estudio, un conjunto reducido de variables sintéticas (los “ejes” o “componentes principales”) que representan los principales gradientes de variación observados en los suelos de Lanzarote. En el análisis se incluyó también un segundo conjunto de datos “pasivo”, consistente en la presencia/ausencia de las especies vegetales de estudio en las distintas localidades, cuya proyección sobre los gradientes anteriores permite visualizar de manera grosera las principales preferencias edáficas de las especies de estudio.

### **3. CONSIDERACIONES PREVIAS.**

#### **3.1. CLIMATOLOGÍA.**

Los factores climáticos provocan cambios en la composición, tanto mineral como orgánica, de las plantas. Según Wilson, 1982, la temperatura es el factor más importante que influye en la calidad de la hierba. Los efectos generales de la temperatura parecen ser uniformes en todas las especies; sin embargo, los efectos cuantitativos sobre la calidad del pasto varía según la porción de la planta y la especie de que se trate (Ruano, 1997). En general, el aumento de la temperatura estimula el crecimiento y desarrollo de la planta, pero también puede provocar el agostamiento y decaimiento (Ruano, 1997). El aumento de la temperatura induce un aumento de la lignina y de la pared celular (Deinum y Dirven, 1976) así como se incrementa la lignificación y disminuyen los carbohidratos (Pearson y Ison, 1987).

El clima, y en especial los cambios de temperatura afectan a la digestibilidad de un material vegetal. Así, las altas temperaturas, que como ya se ha citado, producen un incremento de la pared celular y de la lignina, llevan asociado una disminución de la digestibilidad (Osbourn y Raymond, 1972).

En el caso del contenido de proteína, los factores climáticos que más influyen son la temperatura, la luz y la disponibilidad de agua (Norton, 1982). Así, según Deinum y Dirven, 1976, el aumento de temperatura provoca una disminución en el contenido de proteína. Por el contrario, el aporte de agua actúa de manera opuesta (Angell et al., 1990), al igual que la luz (Wilson y Ford, 1973).

La luz estimula la fotosíntesis y la producción de materia seca, por lo que induce a la disminución del nivel proteico y de la concentración de minerales (Deinum, 1984).

En el caso de los minerales, los cambios estacionales en la concentración de los mismos, dependen de factores como la humedad del suelo, temperatura, intensidad de la luz, etc. Así, se ha observado que el N, P y K alcanzan valores máximos en primavera y mínimos en verano; el Na, presenta poca variación estacional, u elementos como el Cu y el Zn presentan una gran fluctuación (García Ciudad et al., 1981; García Ciudad et al., 1984).

#### **3.2. FENOLOGÍA.**

El estado fenológico de un forraje, es uno de los factores que afectan en la calidad químico-bromatológica de éste. Además, dependiendo de la fase fenológica en la que se encuentre, se pueden provocar cambios morfológicos y anatómicos en las plantas, pudiéndose ver así afectada la relación hojas/tallos (Norton, 1982) circunstancia que altera aún más la composición de dicho forraje.

La propia evolución de las plantas con el crecimiento tiene varios efectos. Uno de ellos es la disminución del contenido proteico con la madurez (Pérez-Corona, 1992). Como se ha mencionado anteriormente, el crecimiento puede provocar una disminución de la relación hojas/tallos. Esto provoca la disminución del contenido proteico ya que, por un lado el contenido de proteínas es mayor en hojas que en tallos (Robles et al., 1981) y el descenso en tallos es más acusado (Lyttleton, 1973. Y por otro lado, el contenido de nitrógeno disminuye en todos los componentes de la planta menos en la inflorescencia (Hume, 1991).

Los cambios ocurridos durante el crecimiento primario también influyen en los componentes de la pared. Así, el contenido celular disminuye con la edad, mientras que la proporción de pared celular aumenta (Gill et al., 1989; Minson, 1982). En el caso de la lignina, sus niveles aumentan generalmente con la madurez (García-Criado, 1974).

La digestibilidad también se ve afectada por la fenología de la planta, disminuyendo con la madurez (Minson, 1982).

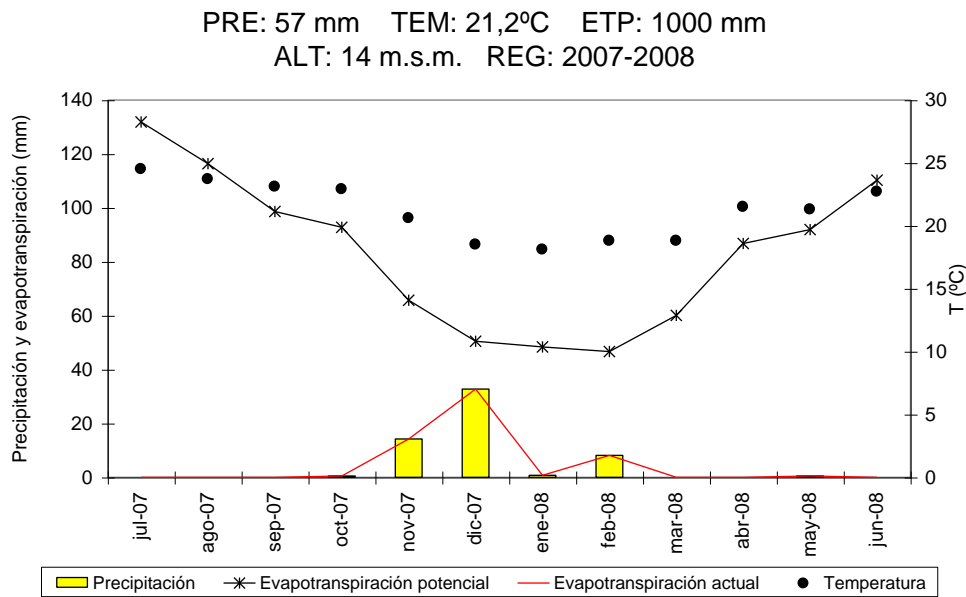
El contenido mineral de los forrajes no evoluciona igual al producirse variaciones del estado fenológico, si bien es verdad que la absorción de minerales por parte de la planta es mayor en los primeros estadios del crecimiento y a medida que aumentan las áreas fotosintéticas, la producción de materia seca supera la captación de minerales, produciéndose un proceso de dilución (Fleming, 1973).

Las hojas son más ricas que los tallos en N, P, Ca, Mg, Fe y Cu (Arfaioli et al., 1994), el Mn se concentra principalmente en tallos de gramíneas y en hojas de leguminosas, el Zn presenta mayor afinidad por las semillas, mientras que el K se distribuye de manera más uniforme (Fleming, 1973).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. CLIMATOLOGÍA.

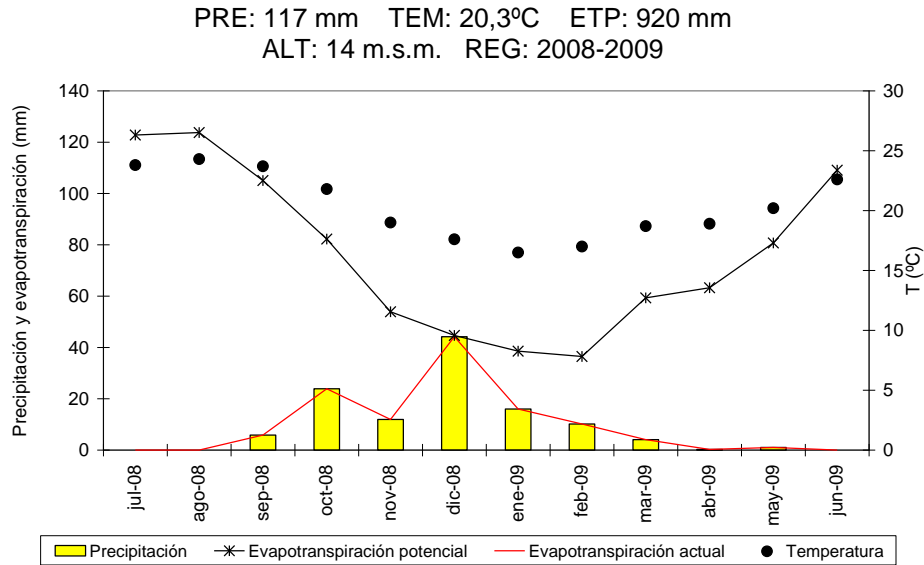
A continuación se recogen las características climáticas (temperatura, precipitación y evapotranspiración actual y potencial) de la Isla de Lanzarote (Aeropuerto de Guacimeta) durante el muestreo de las poblaciones naturales objeto de estudio así como del periodo anterior a este.



**Figura 3. Características climáticas del Aeropuerto de Guacimeta (Lanzarote). Periodo 2007-2008.**  
Fuente: Agencia Estatal de meteorología. <http://tutiempo.net>

El periodo de muestreo, que va desde junio de 2008 hasta febrero de 2009, viene precedido por un periodo seco, con temperaturas medias superiores a los 20°C y evapotranspiraciones actuales iguales a la precipitación (Figura 3). La última precipitación importante ocurrida se remonta al mes de febrero de 2008 (8,13mm) (ANEXO 2).

Durante el periodo de muestreo, se registró una temperatura media ligeramente inferior a los 21°C, produciéndose precipitaciones en los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero. En todo el periodo, la evapotranspiración potencial superó a la pluviometría, por lo que la evapotranspiración actual fue igual a la última (Figura 4).



**Figura 4. Características climáticas del Aeropuerto de Guacimeta (Lanzarote). Periodo 2008-2009.**  
Fuente: Agencia Estatal de meteorología. <http://tutiempo.net>

#### 4.2.FENOLOGÍA.

Durante los muestreos llevados a cabo en las 16 poblaciones naturales se tomó información sobre el estado fenológico observado en éstas. Así, *A. halimus* presentó, de forma generalizada, una fenología de crecimiento vegetativo, si bien es verdad que los individuos muestreados en Verano/2008 presentaban floración y fructificación (Tabla 4).

La especie *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* se encontraba durante el muestreo de Primavera/2008 en fase de floración con fructificación. En Verano/2008, las cuatro poblaciones de esta especie mostraban un crecimiento activo, mientras que en el muestreo producido en Invierno/2009, la mitad de las poblaciones presentaban crecimiento vegetativo y la otra mitad floración (Tabla 5).

Las poblaciones de la especie *C. viminalis*, presentaron en el primer muestreo (Primavera/2008) un estado fenológico en fase de floración y fructificación. Durante el segundo muestreo (Verano/2008), se observó que la mayoría de las poblaciones se encontraban en parada vegetativa, mientras que en el último muestreo (Invierno/2009) todas las poblaciones presentaban crecimiento vegetativo, encontrándose además la mayoría de ellas en floración.

Durante los muestreos llevados a cabo en Primavera/2008 en las poblaciones de *E. decaisnei* se apreciaba que éstas se encontraban en una fase de crecimiento vegetativo, si bien es verdad que una de las poblaciones presentaba una parada vegetativa. En el siguiente muestreo (Verano/2008), todas las poblaciones presentaban una fase de crecimiento vegetativo. Finalmente, en el último muestreo, realizado en



Invierno/2009, las poblaciones de *E. decaisnei* presentaron un estado fenológico en fase de floración con fructificación.

Todas las poblaciones de la especie *L. lancerottensis* presentaron floración en los tres muestreos llevados a cabo, si bien es verdad que en Primavera/2008 también presentaron fructificación y que en Verano/2008 e Invierno/2009, además de floración, las poblaciones muestreadas presentaban una fase de crecimiento vegetativo.

### 4.3.CALIDAD QUÍMICO-BROMATOLÓGICA.

En este apartado se recogen y discuten los porcentajes medios $\pm$ error típico de materia seca comestible (% MSC), cenizas (CEN), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina, celulosa, contenido celular (CC), digestibilidad de la materia seca (DMD), digestibilidad del contenido celular (DCC), digestibilidad de la pared celular (DNDF), digestibilidad de la materia orgánica (OMD) y proteína bruta (PB), así como los niveles de P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, B, Co, Mo y Cr, expresados en % de materia seca (fracción orgánica y macroelementos) o ppm (microelementos) y obtenidos en la fracción ramoneable de las especies *Atriplex halimus* (*A. halimus*), *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* (*B. bituminosa*), *Coronilla viminalis* (*C. viminalis*), *Echium decaisnei* (*E. decaisnei*) y *Lotus lancerottensis* (*L. lancerottensis*) en tres estaciones distintas: Primavera/2008, Verano/2008 e Invierno/2009.

#### 4.3.1. Materia seca comestible (% MSC).

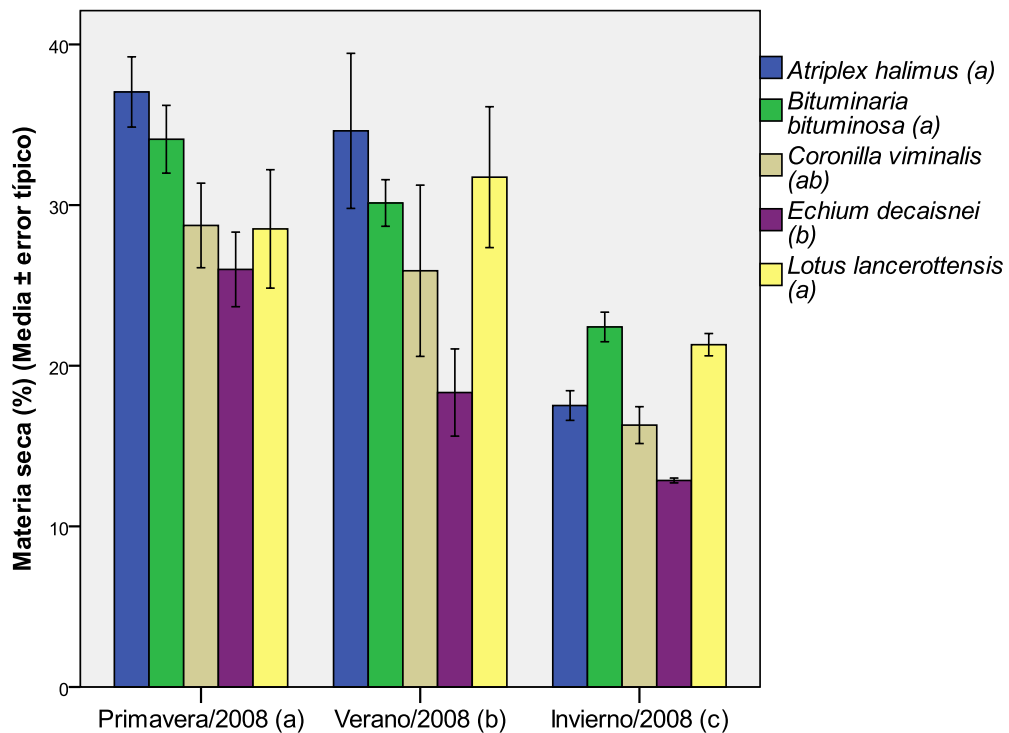
Los porcentajes de materia seca comestible presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, muestran una baja significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 9), lo que indica que aunque existan diferencias entre las estaciones y entre las especies, la variación del % MSC en función de la estación no presenta diferencias entre las distintas especies (Tabla 9).

**Tabla 9. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de materia seca comestible de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	1434.315	43.356	0.000
Estación x Especie	8	218.325	1.650	0.168
Error (Estación)	22	363.905		
Especie	4	719.950	5.014	0.015
Error	11	394.870		

El valor más alto de % MSC es  $29,73 \pm 3,44\%$  y lo presenta *A. halimus* y el más bajo es  $19,06 \pm 2,17\%$  y pertenece a *E. decaisnei* (Tabla 20). Sólo existen diferencias significativas entre los valores de % MSC de *E. decaisnei* con *A. halimus*, *B. bituminosa* y *L. lancerottensis*, siendo el valor de la primera significativamente más bajo a los de las otras tres (Figura 5).

Las estaciones presentan diferencias significativas entre las tres, siendo Primavera/2008 donde se presentan valores más altos de contenido en MSC y en Invierno/2009 donde se presentan los valores más bajos (Figura 5). Esta circunstancia puede deberse al hecho de que la climatología de la Isla presentó valores altos de pluviometría y de humedad relativa unos días antes de la recogida de muestras en Primavera/2008. En el mes de junio de 2008 no se registraron lluvias, mientras que en septiembre de 2008 se registró una pluviometría de 5,84 mm (Figura 4 y ANEXO 2).



**Figura 5. Porcentaje de materia seca comestible de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

El valor de % MSC obtenido para *A. halimus* es prácticamente igual al citado por China *et al.*, 2009 pero bastante inferior al citado por Álvarez *et al.*, 2005, que casi lo duplica. El valor obtenido para *B. bituminosa* también se aproxima a los citados por Ventura *et al.*, 1995 y China *et al.*, 2009, pero en este caso es algo superior. El nivel de MS de *C. viminalis* ( $23,65 \pm 2,57\%$ ), queda aproximadamente un punto por debajo del citado para *Coronilla juncea* (mismo género) por González-Andrés y Cerezuela, 1998.

En el caso de *E. decaisnei* ( $19,06 \pm 2,17\%$ ), es prácticamente igual al citado por China *et al.*, 2009 y se aproxima al obtenido por Rodríguez-Marcos *et al.*, 2002, aunque éste es algo superior. Finalmente cabe mencionar que se obtuvo un índice de materia seca comestible de  $27,19 \pm 2,27\%$  para *L. lancerottensis*, valor bastante mayor al obtenido por China *et al.*, 2009 que fue del 19,62%.

Los % MSC de las cinco especies son muy inferiores a los citados por García-Criado *et al.*, 1986 para alfalfa deshidratada (88,22%) y por el SIA, 2010 para paja de trigo (90,20%), si bien es verdad que esta diferencia puede ser debida al menor grado de deshidratación del material vegetal obtenido en el presente trabajo con respecto a la alfalfa deshidratada y a la paja, por lo que la diferencia observada no puede ser atribuida a propiedades de dicho material vegetal.

La especie *E. decaisnei* presenta un alto contenido en humedad, por lo que su producción de materia seca comestible se puede ver afectada por esta circunstancia.

#### 4.3.2. Fracción Orgánica.

En cuanto a los componentes orgánicos de un forraje, podemos dividirlos en contenido proteico y compuestos estructurales de la pared celular, siendo fundamental analizar en este capítulo un grupo de propiedades que está formado por las digestibilidades de las distintas fracciones orgánicas.

El contenido proteico, se estima comúnmente mediante un principio nutritivo conocido como proteína bruta, y que se obtiene aplicando un factor de multiplicación (6,25) al contenido de nitrógeno. El contenido proteico de un material vegetal depende de varios factores entre los que destacan la fenología y estado de desarrollo de una planta, la tasa de crecimiento, la especie, la fertilización y los factores ambientales a los que se encuentra sometido dicho material.

Los componentes estructurales de la pared celular pueden ser divididos en dos subgrupos. En el primero de ellos encontramos los glúcidos estructurales de la pared celular, formado fundamentalmente por la celulosa, hemicelulosa y pectina. En el segundo grupo encontramos una serie de componentes no glúcidos, que presentan propiedades similares en cuanto a su digestibilidad, que es nula. En este grupo destaca la lignina, englobándose en este término a ese conjunto de sustancias.

Cabe destacar, en cuanto a los componentes de la pared celular se refiere, que existe una serie de términos que expresan la composición de la misma. Entre ellas destacan la FND (celulosa+lignina+hemicelulosa), FAD (celulosa+lignina) y CC (100-FND, es decir, el resto de la fibra).

Finalmente, y haciendo alusión a la digestibilidad, podemos decir que este término define la diferencia existente entre la porción ingerida de un alimento o principio nutritivo determinado y la excretada. Así tenemos, entre las más relevantes, la

Digestibilidad de la Materia Seca (DMD), Contenido Celular Utilizable (DCC), Digestibilidad de la Pared Celular (DNDF) y Digestibilidad de la Materia Orgánica (OMD). El grupo botánico, la madurez del material vegetal, el clima (especialmente los cambios de temperatura) y los niveles de proteína son los factores que más afectan a las digestibilidades de las diferentes fracciones.

#### 4.3.2.1. Fibra neutro detergente (FND).

Los niveles medios de FND presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), pero no hay significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 10), lo que significa que aunque existan diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies, la variación del contenido de FND a lo largo de las distintas estaciones no presenta diferencias entre las distintas especies.

**Tabla 10. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de FND de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

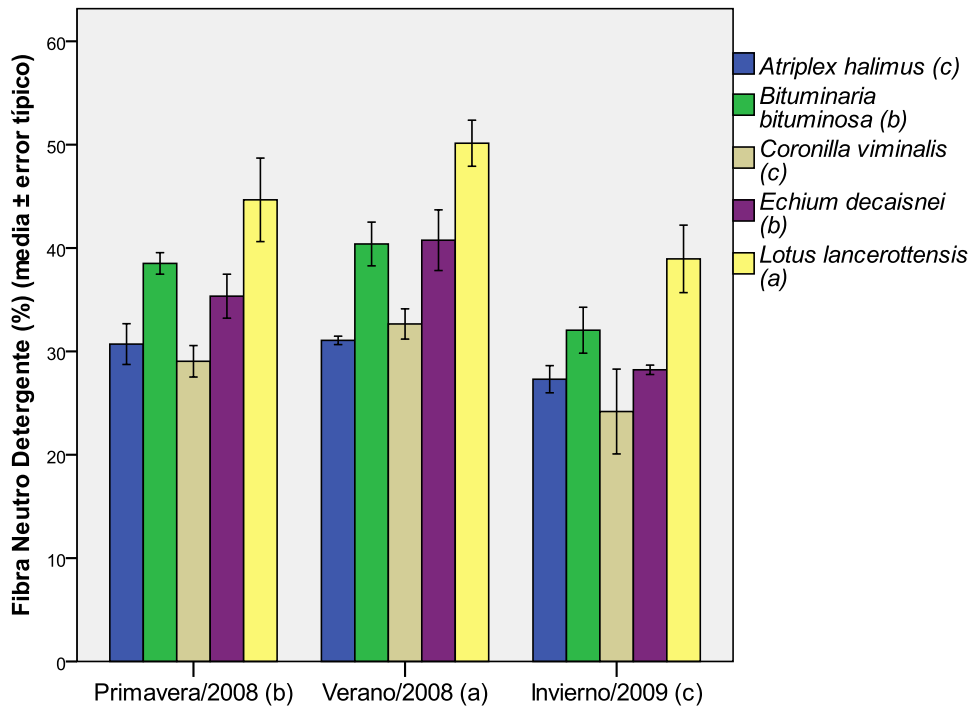
Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.562	20.484	0.000
Estación x Especie	8	0.053	0.485	0.853
Error (Estación)	22	0.302		
Especie	4	1.173	18.200	0.000
Error	11	0.177		

Los valores obtenidos por especie de FND van desde  $46,57 \pm 1,19\%$  perteneciente a la especie *L. lancerottensis*, hasta un valor mínimo de  $26,69 \pm 0,92\%$  en *A. halimus* (Tabla 20). No existen diferencias significativas entre *A. halimus* y *C. viminalis* (Figura 6), siendo esta pareja la que menores valores medios presentó, así como tampoco entre *B. bituminosa* y *E. decaisnei*, que se encuentran con valores medios entre las anteriores y *L. lancerottensis* (Figura 6).

En el caso de las estaciones, existen diferencias significativas entre las tres ( $P \leq 0,05$ ), correspondiendo los valores mayores al muestreo realizado en Verano/2008, seguido del realizado en Primavera/2008 y encontrándose los valores menores en el muestreo llevado a cabo en Invierno/2009 (Figura 6).

El contenido en FND de la especie *A. halimus* es algo inferior al citado por Álvarez *et al.*, 2005, aunque se aproxima a éste, sin embargo es bastante inferior a los citados por Salcedo *et al.*, 1998 (37,28%) y China *et al.*, 2009 (32,75%). Para el contenido de FND en *B. bituminosa* ( $36,99 \pm 1,45\%$ ), cabe destacar que se encuentra por debajo de los valores citados por Álvarez *et al.*, 2004, Méndez *et al.*, 2006 (para esta

especie en Famara) y Ventura *et al.*, 1995, que varían entre 42 y 43%. Sin embargo se encuentra considerablemente por encima del valor citado por Chinae *et al.*, 2009 (29,46%).



**Figura 6.** Contenido en FND (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Se puede observar como el contenido en FND de *C. viminalis* ( $28,63 \pm 1,81\%$ ) se encuentra muy debajo del rango citado para *Coronilla juncea* por González-Andrés y Cerezuela, 1998 (38,2-55,5%). En el caso de la especie *E. decaisnei*, ( $35,55 \pm 2,21\%$ ) el valor de FND obtenido se encuentra entre el valor citado por Rodríguez-Marcos *et al.*, 2002 (30,12%) y el citado por Chinae *et al.*, 2009 (41,83%). Finalmente, el contenido en FND ya mencionado para *L. lancerottensis*, es superior al citado por Chinae *et al.*, 2009 para esta especie (41,24%) y a los citados por Vázquez-Aldana *et al.*, 2009 para *Lotus corniculatus* (31,9%), Chipatecua *et al.*, 2007 en *Lotus uliginosus* (24,8%) y Schiller y Ayres, 1993 en *Lotus pedunculatus* (30-55%).

El contenido en FND de cada una de las especies estudiadas es inferior al citado para la alfalfa por García-Criado *et al.*, 1986 (49,12%), si bien las diferencias no son iguales. En el caso de *L. lancerottensis* podemos decir que, aunque inferior, el nivel de FND se aproxima bastante al utilizado como referencia, sin embargo en el caso de *A. halimus* y *C. viminalis* la diferencia llega a ser importante. Por otro lado, si comparamos los valores de FND determinados con el citado por el SIA, 2010 (73,70%) para paja de

trigo, se observa que todas las especies presentaron contenidos en FND muy inferiores a éste.

#### 4.3.2.2. Fibra ácido detergente (FAD).

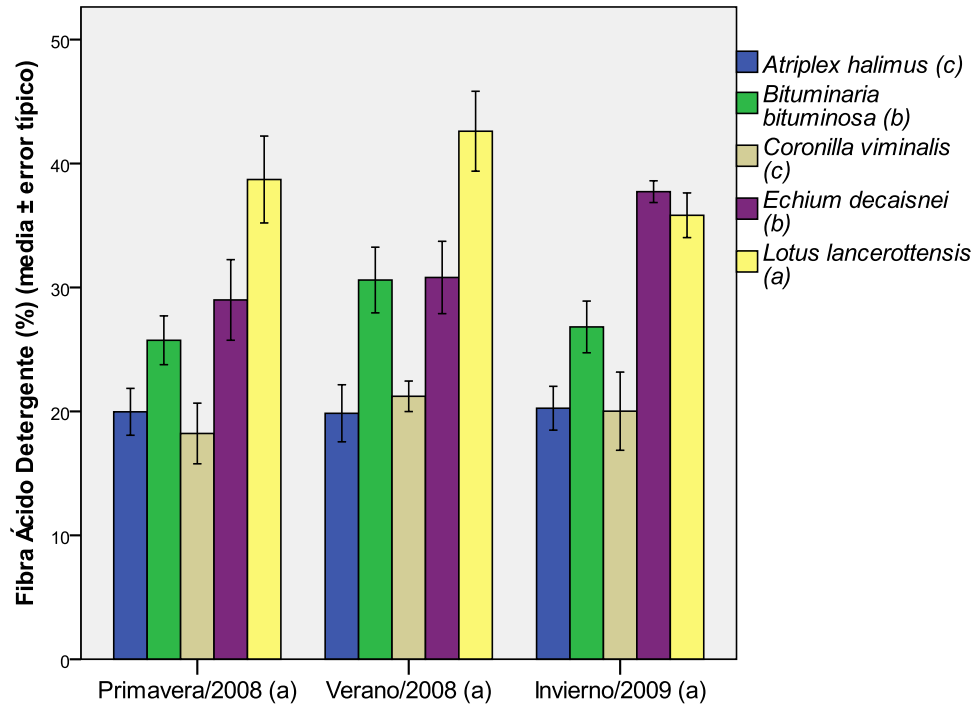
Analizando las significaciones entre los niveles medios de FAD (Tabla 11), se observa que el factor “Especie” presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, el factor “Estación” (Tabla 11 y Figura 7) y la interacción “Estación\*Especie” muestran una significación baja ( $P > 0,05$ ).

**Tabla 11. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de FAD de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	59.364	2.738	0.087
Estación x Especie	8	198.008	2.283	0.060
Error (Estación)	22	238.486		
Especie	4	2455.523	17.041	0.000
Error	11	396.258		

Los valores de Fibra Ácido Detergente obtenidos en los muestreos realizados a las cinco especies van desde un máximo de  $39,54 \pm 2,24\%$  dado en *L. lancerottensis*, hasta un mínimo de  $19,82 \pm 1,08\%$  correspondiente a la especie *C. viminalis* (Tabla 20). No existen diferencias significativas entre *A. halimus* y *C. viminalis* ( $P > 0,05$ ), siendo esta pareja la que menores valores medios presentó, así como tampoco entre *B. bituminosa* y *E. decaisnei*, que se encuentran con valores medios entre las anteriores y *L. lancerottensis* (Figura 7).

El nivel detectado de FAD de la especie *A. halimus* fue de  $20,02 \pm 1,00\%$ , estando próximo a los citados por Salcedo *et al.*, 1998 y por China *et al.*, 2009, pero sin embargo difiere mucho del mencionado por Álvarez *et al.*, 2005, que es superior al 50%. En el caso de *B. bituminosa*, se obtuvo un valor de  $27,72 \pm 1,33\%$ , que no se encuentra demasiado alejado de los citados por Álvarez *et al.*, 2004 (31,5%), Ventura *et al.*, 1995 (33,1%) y China *et al.*, 2009 (21,65%), encontrándose además muy próximo al citado por Méndez *et al.*, 2006 para *B. bituminosa* en Famara (27,0%). En cuanto a el valor de FAD obtenido para la especie *C. viminalis* ( $19,82 \pm 1,08\%$ ), se puede decir que es bastante inferior al rango citado González-Andrés y Cerezuela, 1998 para otra especie del mismo género (*Coronilla juncea*). El contenido de FAD de *E. decaisnei* obtenido a partir de los muestreos fue  $31,72 \pm 1,90\%$ . Este valor es algo inferior al citado por China *et al.*, 2009 (33,93%), pero superior al citado por Rodríguez-Marcos *et al.*, 2002 (18,58%). Finalmente, la especie *L. lancerottensis* presentó un contenido medio en FAD de  $39,54 \pm 2,24\%$ , aproximándose al contenido citado por China *et al.*, 2009 para la misma especie (34,35%), y siendo considerablemente superior a los citados por Vázquez-Aldana *et al.*, 2009 para *Lotus corniculatus* (26,7%), Chipatecua *et al.*, 2007 en *Lotus uliginosus* (22,1%) y Schiller y Ayres, 1993 en *Lotus pedunculatus* (20-57%).



**Figura 7.** Contenido en FAD (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

García-Criado *et al.*, 1986, cita como contenido medio de FAD en la alfalfa un 37,25%. La especie *L. lancerottensis* es la que más se acerca, llegando en este caso incluso a superar el de referencia. El resto de las especies poseen valores bastante inferiores al de la alfalfa, siendo *C. viminalis* y *A. halimus* las especies más alejadas. En el caso del contenido de FAD citado para la paja de trigo por el SIA, 2010 (44,60%), se aprecia que todos los valores determinados son inferiores, si bien el correspondiente a *L. lancerottensis* no se aleja en demasía.

La especie *L. lancerottensis* presenta niveles medios de FND y FAD que le permiten ser usada como un forraje de fibra.

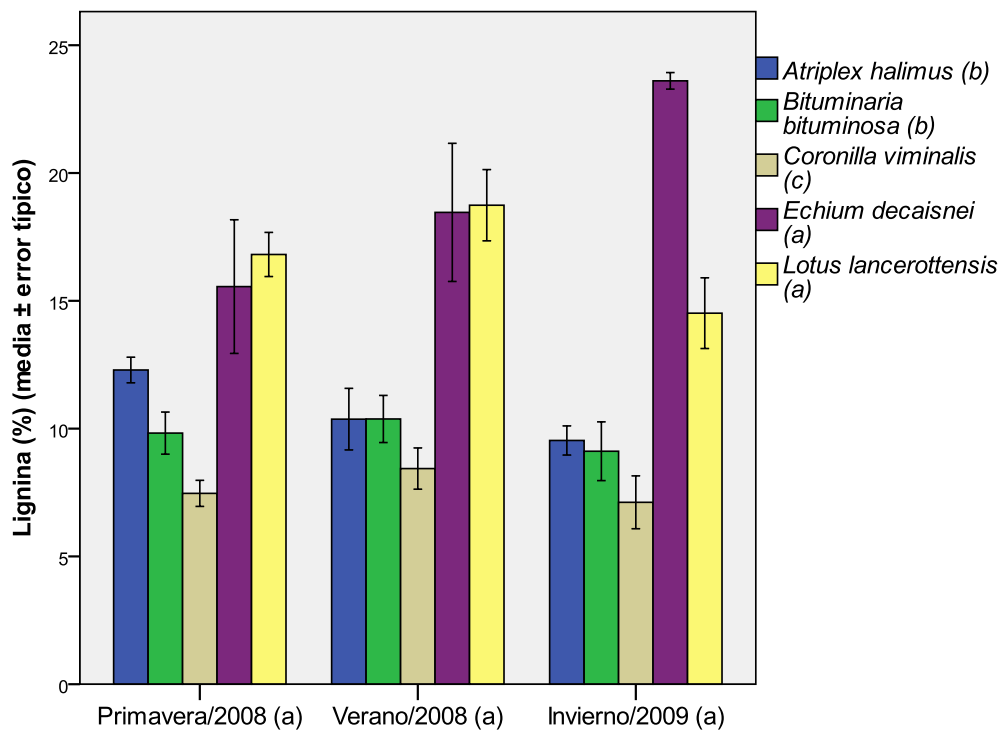
#### 4.3.2.3. Lignina.

Si analizamos las significaciones entre los porcentajes medios de lignina (Tabla 12) se observa que existen diferencias significativas entre las distintas especies ( $P \leq 0,05$ ), pero no muestra diferencia entre las estaciones (Tabla 12 y Figura 8). La interacción “Estación\*Especie” muestra un valor de “P” ligeramente superior a 0,05.

**Tabla 12.** Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de lignina de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $\ln x$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.050	0.879	0.429
Estación x Especie	8	0.545	2.383	0.051
Error (Estación)	22	0.629		
Especie	4	5.270	28.744	0.000
Error	11	0.504		

El contenido medio en lignina de las especies estudiadas tiene valores que van desde un mínimo de  $7,67 \pm 0,45\%$ , que corresponde a *C. viminalis*, hasta un valor máximo de  $18,69 \pm 1,72\%$ , correspondiente a *E. decaisnei* (Tabla 20). La primera presenta los valores significativamente más bajos (Figura 8), pero en el caso de la segunda, podemos decir que no existen diferencias significativas entre sus valores y los de *L. lancerottensis* ( $P > 0,05$ ). Finalmente *A. halimus* y *B. bituminosa*, que tampoco presentan diferencias significativas entre ellas, presentan valores intermedios (Figura 8).



**Figura 8.** Contenido en lignina (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

La especie *A. halimus* presentó un contenido en lignina de  $10,73 \pm 0,58\%$ , que es considerablemente más bajo a los citados por Álvarez *et al.*, 2005 y China *et al.*, 2009,



que se encuentran alrededor del 14%. El nivel de lignina de *B. bituminosa* ( $9,77 \pm 0,53\%$ ) se aproxima bastante al citado por Méndez *et al.*, 2006 en Famara, superándolo en menos de un punto. Los niveles de lignina citados por Ventura *et al.*, 1995 (7,4%) y China *et al.*, 2009 (6,83%), se alejan un poco más, quedando también por debajo del que hemos obtenido. Por otro lado, Álvarez *et al.*, 2004 cita un valor que triplica el que se ha obtenido en el presente trabajo. El contenido en lignina obtenido para *C. viminialis* es de  $7,67 \pm 0,45\%$ , siendo el valor más bajo de manera significativa. Además, si lo comparamos con el intervalo citado para *Coronilla juncea* por González-Andrés y Cerezuela, 1998 (7,8-11,9), podemos observar que se queda por debajo aunque muy cercano. El nivel de lignina que se obtuvo en el caso de *E. decaisnei* ( $18,69 \pm 1,72\%$ ) se aproxima bastante al citado por China *et al.*, 2009, pero casi triplica al mencionado por Rodríguez-Marcos *et al.*, 2002 (6,47%). Considerando el contenido de lignina para la especie *L. lancerottensis* ( $16,97 \pm 1,08\%$ ), podemos decir que supera con creces los valores citados por China *et al.*, 2009 para esta misma especie (11,11%) y por Vázquez-Aldana *et al.*, 2009 para *Lotus corniculatus*, coincidiendo únicamente con el rango mencionado por Schiller y Ayres, 1993 para *Lotus pedunculatus* (12,5-29,0%).

Comparando los resultados obtenidos del muestreo de estas cinco especies con los citados por García-Criado *et al.*, 1986 para la alfalfa, y en cuanto al contenido en lignina se refiere, podemos concluir que el valor de referencia (8,06%) no se aleja demasiado de los obtenidos para *B. bituminosa* y *C. viminialis*, y que no es excesivamente inferior al de *A. halimus*. Sin embargo, el caso de *L. lancerottensis* y *E. decaisnei* es diferente, ya que sus contenidos en lignina son más del doble que el correspondiente a la alfalfa. Aún mayor es la diferencia entre los valores obtenidos en el presente trabajo con el citado por el SIA, 2010 para paja de trigo (6,90%), siendo éste inferior a todos los que se han determinado en el presente trabajo.

Las especies *L. lancerottensis* y *E. decaisnei* presentaron niveles excesivamente altos de lignina.

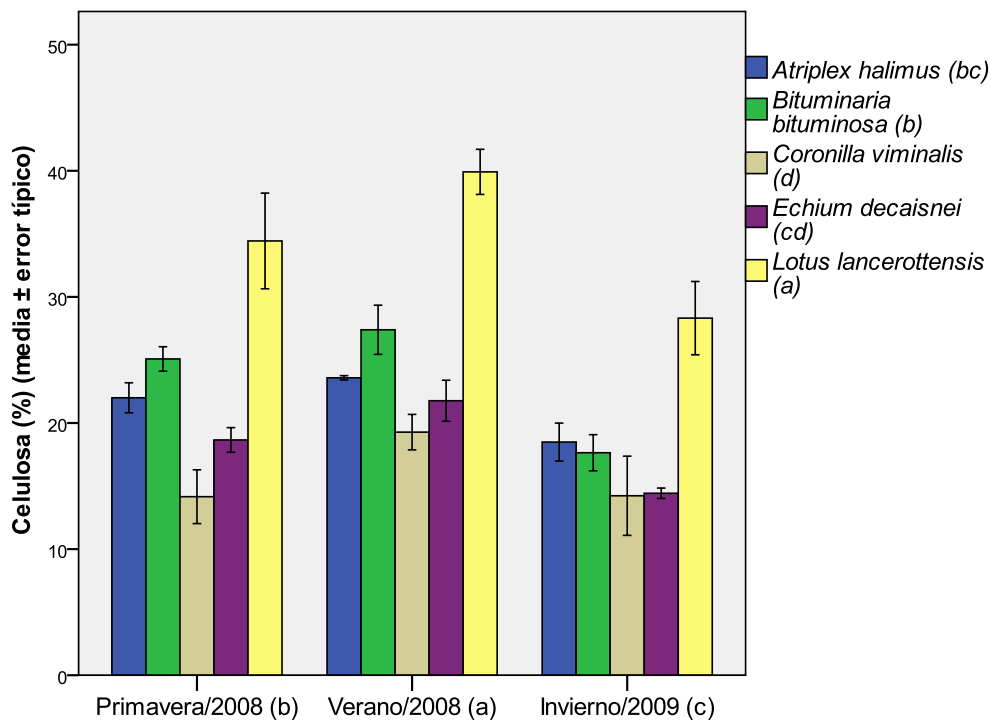
#### 4.3.2.4. Celulosa.

Los contenidos medios de celulosa presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, presenta una baja significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 13), lo que significa que aunque existan diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies, la variación del contenido de celulosa en función de la estación no presenta diferencias significativas entre las distintas especies.

**Tabla 13.** Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de celulosa. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $\sqrt{x}$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	5.386	23.651	0.000
Estación x Especie	8	0.725	0.796	0.612
Error (Estación)	22	2.505		
Especie	4	18.370	29.728	0.000
Error	11	1.699		

Los contenidos medios de celulosa de las cinco especies estudiadas muestran un valor máximo para *L. lancerottensis* de  $36,29 \pm 2,09\%$  (Tabla 20), considerándose este valor el más alto significativamente (Figura 9). Por otro lado, la celulosa presenta un contenido mínimo de  $15,89 \pm 1,44\%$  en el caso de *C. viminalis*, el cual no presenta diferencia significativa con *E. decaisnei* (Figura 9). A su vez, esta última no es significativamente distinta a *A. halimus* ( $P > 0,05$ ). Finalmente, cabe decir, que la última especie mencionada no presentó diferencias significativas con *B. bituminosa* (Figura 9).



**Figura 9.** Contenido en celulosa (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Existen diferencias significativas entre las tres estaciones, siendo Verano/2008 la que recoge valores medios mayores e Invierno/2009 la que presenta los valores más bajos, encontrándose los valores primaverales en término medio (Figura 9).

Para *Atriplex halimus* se obtuvo un valor medio de contenido en celulosa del  $21,36 \pm 0,94\%$ , encontrándose este valor muy por encima del citado por Chinae *et al.*, 2009 (8,56%). En el caso de *B. bituminosa*, este valor es algo mayor ( $23,37 \pm 1,48\%$ ), pero, como se dijo con anterioridad, no existen diferencias significativas entre estos dos valores. Por otro lado, y al igual que pasaba en el caso de *A. halimus*, este valor es muy superior al también citado por Chinae *et al.*, 2009 (12,61%), pero se encuentra prácticamente dentro del rango citado por Pérez-Corona, 1992 (23,8-26,7%) para leguminosas. *C. viminalis*, presentó un nivel de celulosa del  $15,89 \pm 1,44\%$ , muy por debajo del rango citado anteriormente por Pérez-Corona, 1992. En el caso de *E. decaisnei*, se obtuvo un contenido de celulosa del  $18,73 \pm 1,27\%$ , considerablemente superior al citado por Chinae *et al.*, 2009 (12,55%), aunque en menor proporción que las dos primeras especies. Finalmente, el nivel de celulosa presentado en *L. lancerottensis*, que ya ha sido mencionado anteriormente, es también considerablemente superior a los citados, tanto por Chinae *et al.*, 2009 (23,68%), por Pérez-Corona, 1992 (23,8-26,7%), como por Vázquez-Aldana *et al.*, 2009 (20,6%), tratándose en el segundo caso de valores obtenidos para leguminosas en general y en el tercero para la especie *Lotus corniculatus*.

El contenido en celulosa de *L. lancerottensis* es el único, de entre las cinco especies estudiadas, que supera, y de forma considerable, al citado por García-Criado *et al.*, 1986 (29,14%). El resto de las especies poseen contenidos inferiores, si bien hay que hacer distinciones. En el caso de *A. halimus* y *B. bituminosa*, si bien es verdad que las diferencias son notables, también es verdad que no llegan a serlo tanto como en el caso de *E. decaisnei* y, sobretodo, *C. viminalis*, llegando casi a duplicar el contenido de celulosa de la alfalfa al de esta última.

El nivel medio de celulosa de *L. lancerottensis* le confiere una calidad interesante para su uso como forraje rico en fibras.

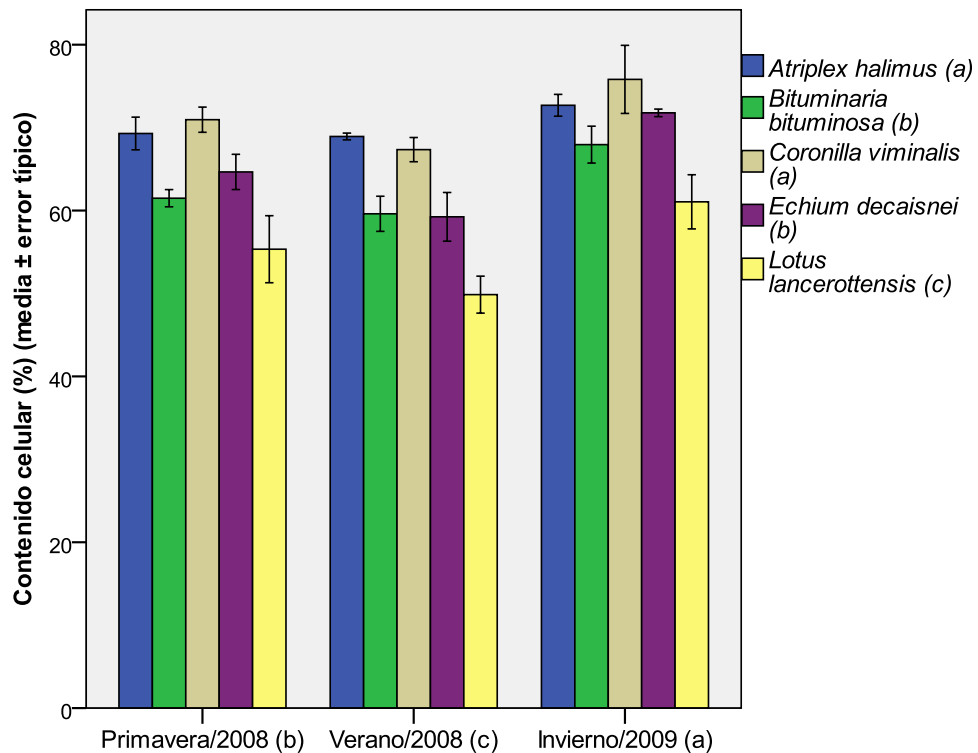
#### 4.3.2.5. Contenido celular (CC).

Analizando las significaciones de los porcentajes medios de contenido celular (Tabla 14), se observa que tanto el factor “Especie” como el factor “Estación”, presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, la interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), lo que indica que las variaciones en contenido celular a lo largo de las estaciones no muestran diferencias significativas entre especies (Tabla 14).

**Tabla 14.** Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % del contenido celular. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $x^3$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	1.033E11	24.490	0.000
Estación x Especie	8	9.940E9	0.493	0.848
Error (Estación)	22	5.547E10		
Especie	4	2.163E11	18.437	0.001
Error	11	3.211E10		

El contenido celular en las cinco especies muestreadas alcanza un valor máximo de  $71,37 \pm 1,81\%$  para *C. viminalis*, no mostrando diferencias significativas con el obtenido para *A. halimus* que fue del  $70,31 \pm 0,92\%$  (Figura 10). Así mismo, el valor mínimo obtenido para el contenido celular fue de  $53,43 \pm 2,19\%$  (Tabla 20), que se obtuvo para *L. lancerottensis*, siendo este valor significativamente menor a los demás. Finalmente cabe decir que los niveles de *B. bituminosa* y *E. decaisnei*, presentan valores medios, sin presentar diferencias significativas entre ellos ( $P > 0,05$ ).



**Figura 10.** Contenido celular (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).

En el caso de la variación estacional de contenido celular, se concluyó que existían diferencias significativas entre las tres estaciones en las que se realizaron muestreos (Figura 10), siendo Invierno/2009 la que presenta valores medios mayores, seguida de Primavera/2008 y obteniéndose en Verano/2008 los valores más pequeños (Figura 10).

Si comparamos los resultados obtenidos para las tres leguminosas estudiadas (*B. bituminosa*, *C. viminalis* y *L. lancerottensis*) con el rango citado por Pérez-Corona, 1992 para leguminosas en pastizales de Salamanca (55,0-62,6%) obtenemos resultados distintos. En el caso de *B. bituminosa* se obtuvo un valor de  $63,02 \pm 1,45\%$ , que supera el rango pero aproximándose considerablemente. Circunstancia similar, pero a la inversa ocurre con *L. lancerottensis*, cuyo contenido celular ya ha sido recogido anteriormente, y que sin llegar a ubicarse en el rango, no se aleja en demasía. Sin embargo, en el caso de *C. viminalis*, cuyo valor también se recogió en párrafos anteriores, la diferencia es mayor, superando en casi 10 puntos al máximo del rango citado por Pérez-Corona, 1992.

El contenido celular citado por García-Criado *et al.*, 1986 para la alfalfa es del 51,01%. Este valor es inferior a todos los obtenidos en este trabajo para las cinco especies muestreadas y si bien es verdad, que el correspondiente a *L. lancerottensis* no difiere demasiado, en el caso de las otras cuatro especies la diferencia no sólo es considerable, sino que en alguno de los casos, como son el de *C. viminalis* y *A. halimus*, es importante.

#### 4.3.2.6. Digestibilidad de la materia seca (DMD).

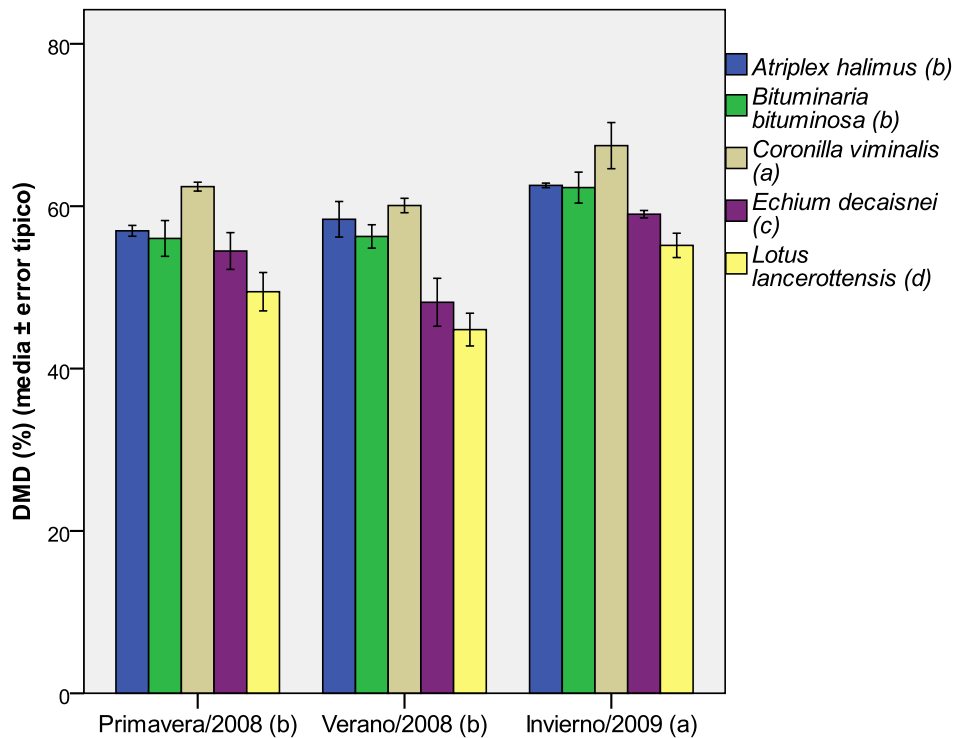
Las significaciones en el porcentaje medio de digestibilidad de la materia seca muestran diferencias significativas en el factor “Especie” y en el factor “Estación” ( $P \leq 0,05$ ), pero presentan una baja significación en la interacción “Estación\*Especie”. (Tabla 15).

**Tabla 15. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de la digestibilidad de la materia seca de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	500.490	19.672	0.000
Estación x Especie	8	79.421	0.780	0.624
Error (Estación)	22	279.866		
Especie	4	976.455	29.983	0.000
Error	11	89.560		

La DMD media presentada para cada cultivo posee un valor máximo de  $63,32 \pm 1,40\%$  que pertenece a *C. viminalis* (Tabla 20), siendo además significativamente

mayor al resto de valores medios (Figura 11). El valor mínimo corresponde a *L. lancerottensis* y es del  $48,14 \pm 1,78\%$ , siendo también significativamente el menor valor. En el caso de *A. halimus* y *B. bituminosa*, éstas no presentan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). Finalmente, cabe decir que la DMD obtenida para *E. decaisnei* presentó diferencias significativas con el resto de valores de las otras cuatro especies, situándose inmediatamente después de *L. lancerottensis* (Figura 11).



**Figura 11. Digestibilidad de la materia seca (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).**

Invierno/2009 resultó la estación en la que se obtuvo un mayor valor de DMD (Figura 11). En el caso de Primavera/2008 y Verano/2008 hay que decir que no existen diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) (Figura 11).

La DMD de *B. bituminosa* es del  $58,20 \pm 1,31\%$ . Este valor queda algo por debajo del rango obtenido para leguminosas y citado por Pérez-Corona, 1992 (61,2-65,1%). En el caso de *A. halimus* ( $59,31 \pm 1,07\%$ ) si lo comparamos con el citado por Álvarez *et al.*, 2005 (37,7%), podemos ver como lo supera con creces, si bien es verdad que éste último se corresponde con un valor de DMD *in vivo*, mientras que el obtenido en el presente trabajo se corresponde con un valor de DMD *in vitro*, por lo que no se pueden sacar demasiadas conclusiones de esta comparación. El valor de DMD obtenido para *C. viminalis*, que ya ha sido mencionado anteriormente, se encuentra en el rango citado por

Pérez-Corona, 1992 para leguminosas. Finalmente, cabe decir que el valor obtenido para *L. lancerottensis*, que es el más pequeño de las cinco especies estudiadas, queda muy por debajo de los citados por Pérez-Corona, 1992 para leguminosas y por Vázquez-Aldana *et al.*, 2009, que corresponde a *Lotus corniculatus* (66,8%).

Todos los valores medios de DMD obtenidos en este trabajo resultaron ser notablemente superiores al citado por el SIA, 2010 (31,30%) para paja de trigo. La DMD citada por García-Criado *et al.*, 1986 para alfalfa deshidratada (58,35%), se aproxima considerablemente a los correspondientes a *A. halimus* y *B. bituminosa*, siendo ligeramente inferior al determinado en la especie *C. viminalis* y superior a los obtenidos en *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.

#### 4.3.2.7. Digestibilidad del contenido celular (DCC).

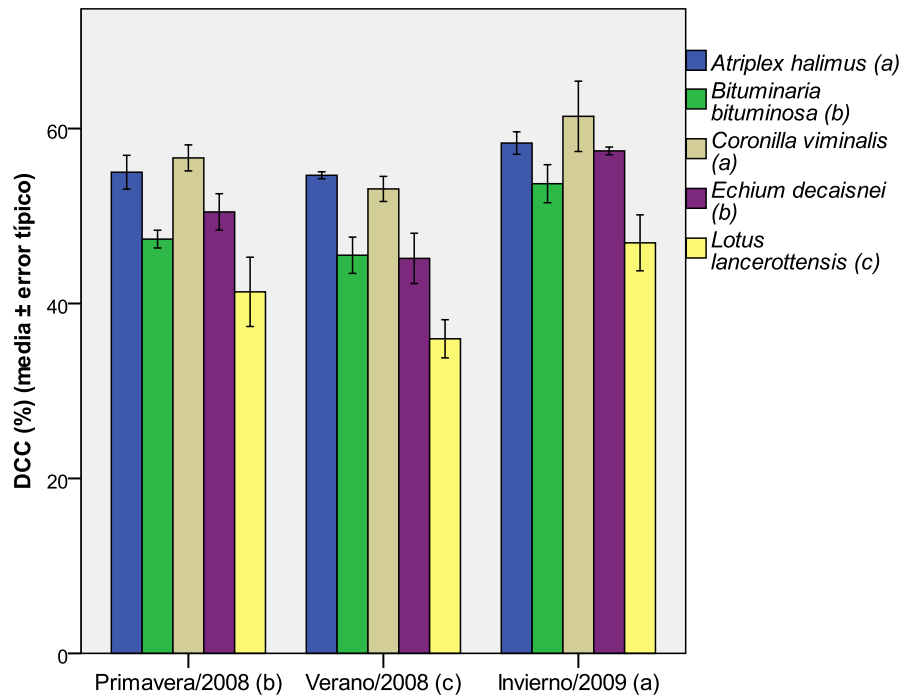
Si analizamos las significaciones entre los porcentajes medios de DCC (Tabla 16) se observa que existen altas significaciones en los factores “Estación” y “Especie” ( $P \leq 0,05$ ). La interacción “Estación\*Especie” presenta una significación baja ( $P > 0,05$ ).

**Tabla 16. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % la digestibilidad del contenido celular de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $x^3$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	3.752E+10	20.358	0.000
Estación x Especie	8	3.773E+09	0.512	0.835
Error (Estación)	22	2.027E+10		
Especie	4	7.622E+10	17.988	0.000
Error	11	1.165E+10		

La especie *C. viminalis* fue la que mayor contenido celular utilizable presentó, con un porcentaje del  $57,04 \pm 1,77\%$  (Tabla 20), si bien es verdad que no presentó diferencia representativas con *A. halimus* ( $P > 0,05$ ). En el caso opuesto se encuentra *L. lancerottensis*, con un porcentaje de DCC del  $39,47 \pm 2,15\%$ . Cabe mencionar que tampoco se detectaron diferencias significativas entre *B. bituminosa* y *E. decaisnei* (Figura 12).

En cuanto a las diferencias entre las distintas estaciones en las que se realizaron los muestreos, hay que decir que existen diferencias significativas entre las tres (Figura 12), siendo Invierno/2009 cuando se dieron los valores más altos y Verano/2008 cuando se dieron los más bajos, situándose los valores obtenidos en Primavera/2008 en una posición intermedia (Figura 12).



**Figura 12. Digestibilidad del contenido celular (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

Pérez-Corona, 1992, cita como rango de DCC para leguminosas en pastizales de Salamanca 40,9-48,5%. Las tres especies leguminosas estudiadas en el presente trabajo quedan por fuera de ese rango, si bien en distintas condiciones. En el caso de *L. lancerottensis*, especie que presentó el valor mínimo, éste queda por debajo del rango pero se aproxima bastante a él, sin embargo, para *B. bituminosa* (48,86±1,43%) pasa algo parecido, pero en este caso supera el rango. Mención aparte merece *C. viminalis*, que como ya dijimos presenta el valor más alto, ya que en este caso supera en casi 10 puntos el máximo del rango citado.

Teniendo en cuenta el porcentaje de DCC citado por García-Criado *et al.*, 1986 para alfalfa y utilizado como referencia, las diferencias son mayores, siendo superado por las cinco especies y sólo aproximándose con cierta consideración por *L. lancerottensis*.

#### 4.3.2.8. Digestibilidad de la pared celular (DNDF).

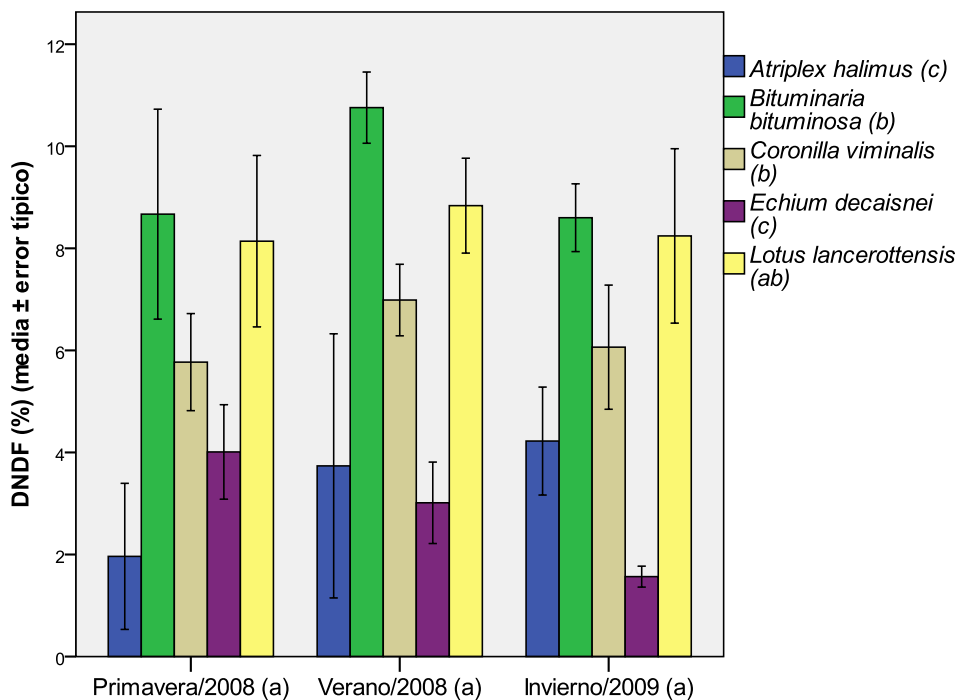
Las significaciones en el porcentaje medio de digestibilidad de la pared celular muestran diferencias significativas en el factor “Especie” ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 17) pero presentan una baja significación en el factor “Estación” (Tabla 17 y Figura 13) y en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 17).



**Tabla 17. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de la digestibilidad de la pared celular de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	9.331	1.021	0.377
Estación x Especie	8	21.842	0.597	0.770
Error (Estación)	22	100.538		
Especie	4	84.441	10.712	0.001
Error	11	86.710		

La digestibilidad de la pared celular alcanza un valor máximo de  $9,34 \pm 0,75\%$  en *B. bituminosa* (Tabla 20), si bien es verdad que no existen diferencias significativas entre los valores de esta especie y los de *L. lancerottensis* y *C. viminalis* (Figura 13). A su vez, tampoco se detectaron diferencias significativas entre esta última y *C. viminalis* ( $P > 0,05$ ). El valor mínimo obtenido es del  $2,98 \pm 0,56\%$  y corresponde a *E. decaisnei*, si bien tampoco existen diferencias significativas entre esta especie y *A. halimus* (Figura 13).



**Figura 13. Digestibilidad de la pared celular (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

En el caso de las leguminosas, si las comparamos con el rango citado por Pérez-Corona, 1992 para leguminosas (16,4-20,1%) estas diferencias no son tan grandes, si bien siguen estando muy por debajo de los valores obtenidos para otras leguminosas. En

el caso de *B. bituminosa* ( $9,34 \pm 0,75\%$ ) y *L. lancerottensis* ( $8,68 \pm 0,76\%$ ) llegan a la mitad y en el caso de *C. viminalis* ( $6,27 \pm 0,52\%$ ) es triplicada por el rango citado.

Todos los valores del porcentaje de digestibilidad de la pared celular obtenidos en el presente trabajo son menores al valor citado por García-Criado *et al.*, 1986 para alfalfa deshidratada que está siendo usado como referencia (21,38%). En el caso de *E. decaisnei* ( $2,98 \pm 0,56\%$ ) y *A. halimus* ( $3,31 \pm 0,97\%$ ), especies no leguminosas, esta diferencia es mucho mayor.

#### 4.3.2.9. Digestibilidad de la materia orgánica (OMD).

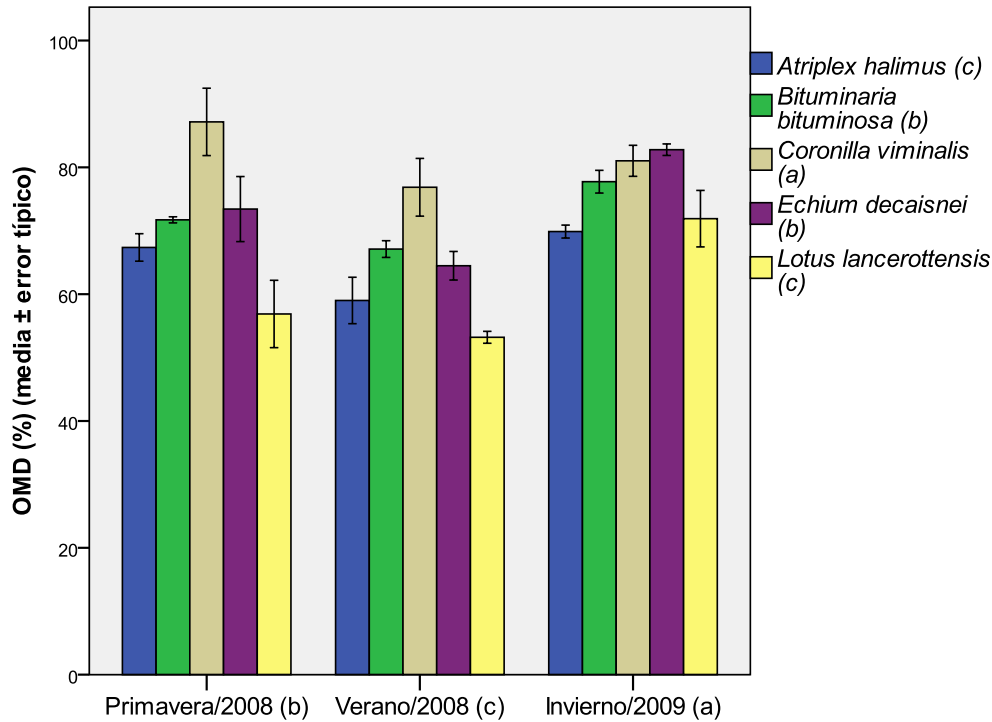
Las significaciones presentadas por los porcentajes medios de OMD para los factores “Estación” y “Especie” y por la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 18) muestran diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), es decir, además de existir diferencias entre las distintas estaciones y entre las diferentes especies, las variaciones del porcentaje de OMD a lo largo del tiempo es diferente en las especies.

**Tabla 18. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de la digestibilidad de la materia orgánica de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	1249.181	28.609	0.000
Estación x Especie	8	434.586	2.488	0.043
Error (Estación)	22	480.303		
Especie	4	2344.445	12.566	0.000
Error	11	513.078		

El máximo porcentaje que presenta esta variable corresponde a la especie *C. viminalis*, alcanzando un valor de  $81,69 \pm 2,61\%$  (Tabla 20), presentando diferencias significativas con el resto de especies muestreadas (Figura 14). En cambio, la especie *L. lancerottensis* presentó el valor más bajo, con un porcentaje del  $56,90 \pm 2,85\%$ , pero no presentó diferencias significativas con *A. halimus* ( $65,42 \pm 2,07\%$ ) ( $P > 0,05$ ). *B. bituminosa* ( $72,19 \pm 1,48\%$ ) y *E. decaisnei* ( $72,32 \pm 3,23$ ) presentaron valores medios, muy aproximados y, por lo tanto, no se detectaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

En Invierno/2009 resultó ser, excepto en el caso de la especie *C. viminalis*, la estación que presentó mayores porcentajes de OMD seguido de la Primavera/2008 y Verano/2008 (Figura 14), existiendo diferencias significativas entre estas tres estaciones (Figura 14).



**Figura 14. Digestibilidad de la materia orgánica (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

El porcentaje obtenido para la especie *A. halimus* es algo superior, aunque bastante aproximado, al citado por Salcedo *et al.*, 1998 para la misma especie (61,76%), sin embargo es mayor la diferencia con el citado por Álvarez *et al.*, 2005 (54,26%), si bien es verdad que este último pertenece a un valor de digestibilidad de la materia orgánica *in vivo*, a diferencia de los dos primeros que se trataban de valores de OMD *in vitro*. Cabe destacar, que el valor obtenido en el presente trabajo también se aproxima al citado por Álvarez *et al.*, 2005 para un forraje de referencia como puede ser la cebada (63,93 %), también en este caso para OMD *in vivo*. En el caso de *B. bituminosa*, el valor obtenido, que ya ha sido mencionado con anterioridad, es bastante superior al porcentaje de OMD *in vivo* citado para esta especie por Álvarez *et al.*, 2004 (62%) y al porcentaje citado por Álvarez *et al.*, 2005 para cebada como forraje, también *in vivo* (63,93%). En cuanto a las especies *C. viminalis* y *E. decaisnei* hay que decir que los porcentajes de OMD determinados para cada una de ellas es considerablemente superior al citado para cebada como forraje por Álvarez *et al.*, 2005, que ya ha sido recogido y que, como hemos dicho, se trata de un valor de OMD *in vivo*. Finalmente, cabe decir que el valor mínimo de los determinados en este trabajo, es decir, el correspondiente a la especie *L. lancerottensis*, es inferior al citado por Álvarez *et al.*, 2005 para cebada *in vivo*.

## 4.3.2.10. Proteína bruta (PB).

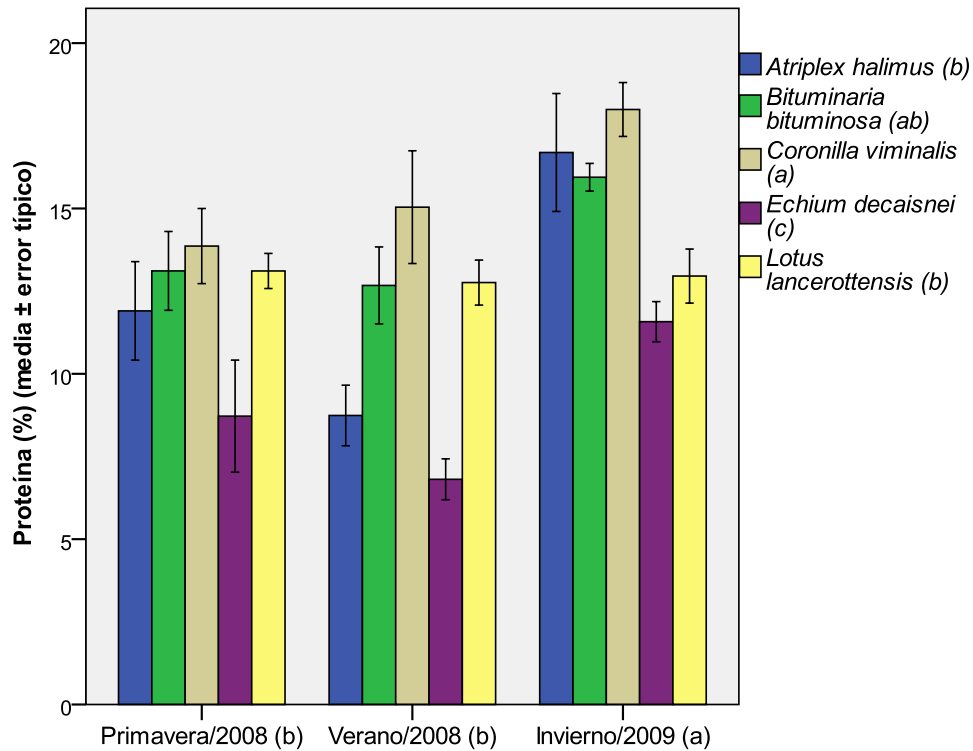
Analizando las significaciones de los contenidos medios de PB (Tabla 19), se observa que tanto el factor “Especie” como el factor “Estación”, presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, la interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que las variaciones del contenido de PB a lo largo del tiempo no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 19).

**Tabla 19. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del contenido de PB de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $x^2$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	83975.436	13.838	0.000
Estación x Especie	8	40260.310	1.659	0.165
Error (Estación)	22	66751.561		
Especie	4	126928.608	10.498	0.001
Error	11	33250.798		

El valor medio máximo de contenido en PB de las cinco especies muestreadas lo presenta a *C. viminialis* (Figura 15) y es del  $15,63 \pm 0,88\%$  (Tabla 20), si bien es verdad que no existen diferencias significativas entre este valor y el de *Bituminaria bituminosa* ( $13,91 \pm 0,68\%$ ) ( $P > 0,05$ ). Por otro lado, tampoco se detectan diferencias significativas entre la última con *A. halimus* ( $12,45 \pm 1,36\%$ ) y *L. lancerottensis* ( $13,15 \pm 0,39\%$ ), ni entre estas dos ( $P > 0,05$ ). Finalmente *E. decaisnei* resultó ser la especie con menor contenidos en proteína ( $8,76 \pm 0,95\%$ ) (Figura 15). Cabe destacar que las especies leguminosas (*B. bituminosa*, *C. viminialis* y *L. lancerottensis*), en todos los casos, presentaron mayores niveles medios de PB, si bien es verdad que en el caso de *B. bituminosa* y *L. lancerottensis*, esa diferencia con *A. halimus* no es significativa ( $P > 0,05$ ).

Teniendo en cuenta los valores medios obtenidos en las tres estaciones, podemos decir que en Invierno/2009 es cuando se registraron mayores niveles de proteína (Figura 15). En Primavera/2008 y Verano/2008 se registraron niveles menores, no siendo significativas las diferencias entre estas dos estaciones de muestreo ( $P > 0,05$ ). Los niveles de proteína están directamente relacionados con la concentración de nitrógeno, ésta a su vez es mayor en los tejidos jóvenes (Navarro-Blaya y Navarro-García, 2000). Teniendo en cuenta que durante la toma de muestras realizada en Invierno/2009, las poblaciones se encontraban en crecimiento vegetativo (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8), con lo que es lógico que, debido a la mayor proporción de material vegetal joven existan unos mayores niveles en proteína.



**Figura 15.** Contenido en proteína (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

En el caso de *A. halimus*, el valor obtenido es considerablemente superior a los citados por Chinae *et al.*, 2009 (8,13%) y Álvarez *et al.*, 2005 (7,6%). Por otro lado es bastante inferior al citado por Salcedo *et al.*, 1998 (18,43%). Para *B. bituminosa*, el valor obtenido en el presente trabajo se aproxima a los citados por Méndez *et al.*, 2006 para la zona de Famara (11,5%) y Chinae *et al.*, 2009 (12,04%), superándolos no por mucho, al igual que tampoco difiere en demasía del contenido citado por Álvarez *et al.*, 2004 (15,6%), quedándose en este caso por debajo. Sin embargo, Ventura *et al.*, 1995 cita como contenido un 18,8%, lo que supera con creces el valor obtenido en este trabajo. Para *C. viminalis*, el valor medio obtenido, que es el máximo para este ensayo, supera en algo más de un punto el rango citado por González-Andrés y Cerezuela, 1998, que va desde 9,8-14,0%, correspondiendo estos valores a *Coronilla juncea*. En el caso de *E. decaisnei*, el valor obtenido ( $8,76 \pm 0,95\%$ ) se encuentra en medio de los citados por Rodríguez-Marcos *et al.*, 2002 (9,8%) y por Chinae *et al.*, 2009 (6,69%). Finalmente, y en cuanto al contenido de proteína obtenido en el muestreo a *L. lancerottensis* ( $13,15 \pm 0,39\%$ ), cabe decir que supera en algo más de un punto al citado por Chinae *et al.*, 2009 (11,41%), pero se queda por debajo de los citados por Vázquez-Aldana *et al.*, 2009 (18,6%) y Chipateca *et al.*, 2007 (34,8%), si bien es verdad que estos dos valores pertenecen a dos especies diferentes a la estudiada, aunque del mismo género, tratándose en el primer caso de *Lotus corniculatus* y en el segundo de *Lotus uliginosus*.

Las tres especies leguminosas estudiadas se aproximan al rango citado por Pérez-Corona, 1992 para leguminosas en pastizales (14,3-15,5%), si bien con diferente resultado. En el caso de *B. bituminosa* (13,91±0,68%) y *L. lancerottensis* (13,15±0,39%), poseen valores algo inferiores al mínimo del rango, sin embargo en el caso de *C. viminalis* (15,63±0,88%) supera el máximo, aunque en los tres casos las diferencias no son considerablemente altas.

Finalmente, tratando de comparar los resultados con forrajes de referencia, se observa que el contenido en proteína citado por García-Criado *et al.*, 1986 (14,80%), se asemeja a los obtenidos en presente trabajo exceptuando el correspondiente a la especie *E. decaisnei*. Además es necesario mencionar que el contenido en proteína determinado en *C. viminalis* supera al citado.

Los niveles de proteína de las especies estudiadas, exceptuando el de *E. decaisnei* se consideran apropiados, especialmente el de *C. viminalis*, que supera al de un forraje proteico, lo que puede conferirle interés como forraje para el aporte de proteínas.

**Tabla 20. Valores medios+errores típicos de la composición química (materia seca y fracción orgánica) de *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.**

	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B. b. var. albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
MS (%)	29,73±3,44	28,88±1,68	23,65±2,57	19,06±2,17	27,19±2,27
FND (%)	26,69±0,92	36,99±1,45	28,63±1,81	35,55±2,21	46,57±1,19
FAD (%)	20,02±1,00	27,72±1,33	19,82±1,08	31,72±1,90	39,54±2,24
Lignina (%)	10,73±0,58	9,77±0,53	7,67±0,45	18,69±1,72	16,97±1,08
Celulosa (%)	21,36±0,94	23,37±1,48	15,89±1,44	18,73±1,27	36,29±2,09
CC (%)	70,31±0,92	63,02±1,45	71,37±1,81	64,45±2,21	53,43±2,19
DMD (%)	59,31±1,07	58,20±1,31	63,32±1,40	53,24±2,03	48,14±1,78
DCC (%)	56,00±0,90	48,86±1,43	57,04±1,77	50,26±2,17	39,47±2,15
DNDF (%)	3,31±0,97	9,34±0,75	6,27±0,52	2,98±0,56	8,68±0,76
OMD (%)	65,42±2,07	72,19±1,48	81,69±2,61	72,32±3,23	56,90±2,85
PB (%)	12,45±1,36	13,91±0,68	15,63±0,88	8,76±0,95	13,15±0,39

Nota: MS = Materia seca; FND = Fibra neutro detergente; FAD = Fibra ácido detergente; CC = Contenido celular; DMD = Digestibilidad de la materia seca; DCC = Digestibilidad del contenido celular; DNDF = Digestibilidad de la pared celular; OMD = Digestibilidad de la materia orgánica y PB = Proteína bruta.

### 4.3.3. Macroelementos.

El 10% de la materia seca de los forrajes está formado por elementos minerales (Ruano-Ramos, 1997). Éstos se localizan en el protoplasma celular. La concentración de los minerales en los pastos o forrajes varía en función a una serie de factores, tales como la unidad taxonómica del materia vegetal, el suelo, el clima, el estado fenológico y factores estacionales.

Un número elevado de elementos juegan un papel fundamental en procesos metabólicos llevados a cabo en la planta, formando parte de proteínas y enzimas. Sin embargo, cabe destacar que la importancia relativa de cada uno de ellos no es la misma en plantas que en animales. Mientras las primeras requieren cantidades importantes de K, Ca, P, Mg, S y Si y cantidades menores de Fe, Cu, Mn, Mo, Zn, Cl y B, los segundos, además de los ya mencionados requieren Na y Cl en grandes cantidades y niveles traza de Co, Cr, Se, Ni, Sn y I (Ruano-Ramos, 1997).

Así, podemos dividir los elementos minerales estudiados en macroelementos y microelementos, o elementos traza. Dentro de los primeros se encuentran aquellos que se encuentran en una concentración considerable, expresándose esta en % de la Materia Seca. En el presente trabajo, los macroelementos estudiados han sido el P, K, Ca, Mg, S y Na.

#### 4.3.3.1. Ceniza (CEN).

Analizando las significaciones de los porcentajes medios de ceniza (Tabla 21), se observa que tanto el factor “Especie” como el factor “Estación”, presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, la interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que las variaciones del porcentaje de ceniza a lo largo del tiempo no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 21).

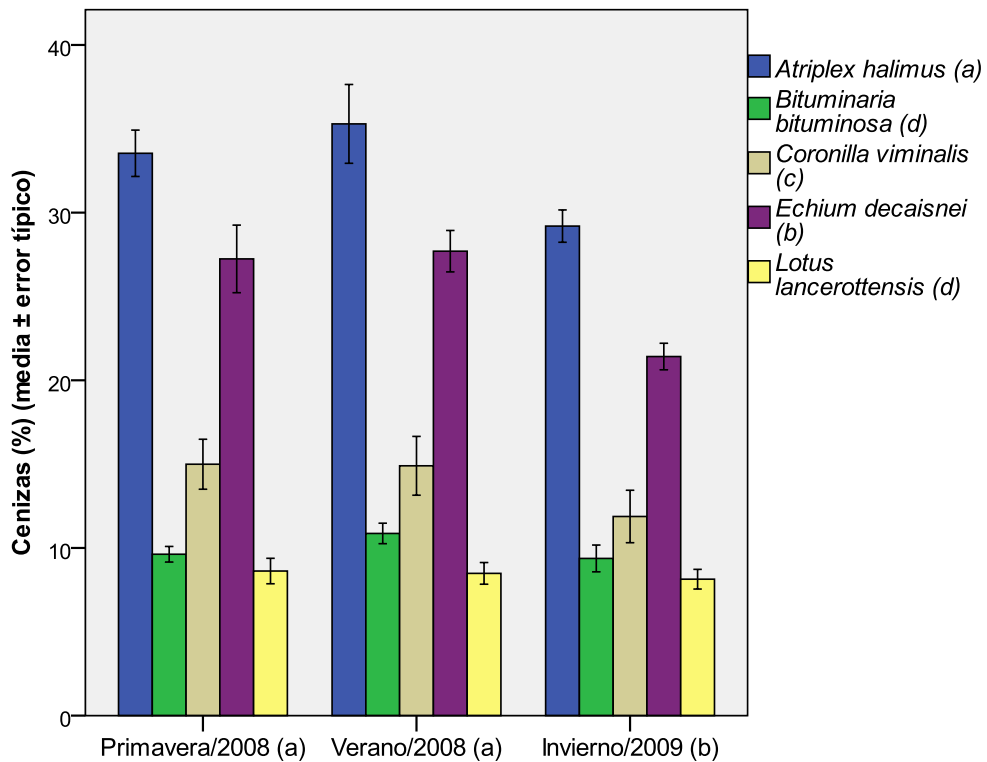
**Tabla 21. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de ceniza de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.269	13.539	0.000
Estación x Especie	8	0.084	1.060	0.424
Error (Estación)	22	0.218		
Especie	4	13.054	90.607	0.000
Error	11	0.396		

El % CEN medio en las especies estudiadas varía desde  $32,68 \pm 1,23\%$ , correspondiente a la especie *A. halimus* hasta  $8,66 \pm 0,39$ , que corresponde a *L. lancerottensis* (Tabla 28). Existen diferencias significativas entre todas las especies

( $P \leq 0,05$ ) salvo entre *B. bituminosa* y *L. lancerottensis*, siendo éstas las que menor porcentaje de cenizas presentan, seguidas de *C. viminalis* y *E. decaisnei* (Figura 16).

No existen diferencias significativas entre los valores medios obtenidos en Primavera/2008 y Verano/2008, pero los correspondientes a Invierno/2009 resultaron ser significativamente más bajos (Figura 16).



**Figura 16. Porcentaje de cenizas de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).**

En el caso de *A. halimus*, el valor obtenido se aproxima bastante al citado por China *et al.*, 2009, sin embargo es bastante superior al obtenido por Salcedo *et al.*, 1998 (22,41%) y al correspondiente a Álvarez *et al.*, 2005 (14,4%). El valor medio de cenizas para *B. bituminosa* ( $9,95 \pm 0,39\%$ ) se aproxima bastante al citado por China *et al.*, 2009 y es aproximadamente dos puntos superior al correspondiente a Álvarez *et al.*, 2004. Para *C. viminalis*, se obtuvo un valor de cenizas de  $13,92 \pm 0,95\%$ , que se encuentra por encima del rango citado por González-Andrés y Cerezuela, 1998 para *Coronilla juncea*. En el caso de *E. decaisnei*, se obtuvo un valor de cenizas de  $25,83 \pm 1,34\%$ , que es prácticamente igual al citado por Rodríguez-Marcos *et al.*, 2002 y considerablemente superior al correspondiente a China *et al.*, 2009 (19,59%). Finalmente, se obtuvo un



valor de  $8,66 \pm 0,39\%$  para *L. lancerottensis*, que es algo más de un punto superior a la citada por China *et al.*, 2009.

Si comparamos los resultados obtenidos con los citados por García-Criado *et al.*, 1986 para la alfalfa deshidratada (13,25%) y por el SIA, 2010 para paja de trigo (10,70%) como forrajes de referencia, se puede deducir que el contenido en cenizas de *C. viminalis* se acerca considerablemente. En el caso de *E. decaisnei* y *A. halimus*, el contenido en cenizas es muy superior. Por otro lado, *L. lancerotensis* y *B. bituminosa* poseen valores de ceniza bastante inferiores a los citados como referencia.

Las especies *A. halimus* y *E. decaisnei* presentaron niveles medios de cenizas considerablemente altos, siendo esta circunstancia reveladora sobre su calidad química-bromatológica.

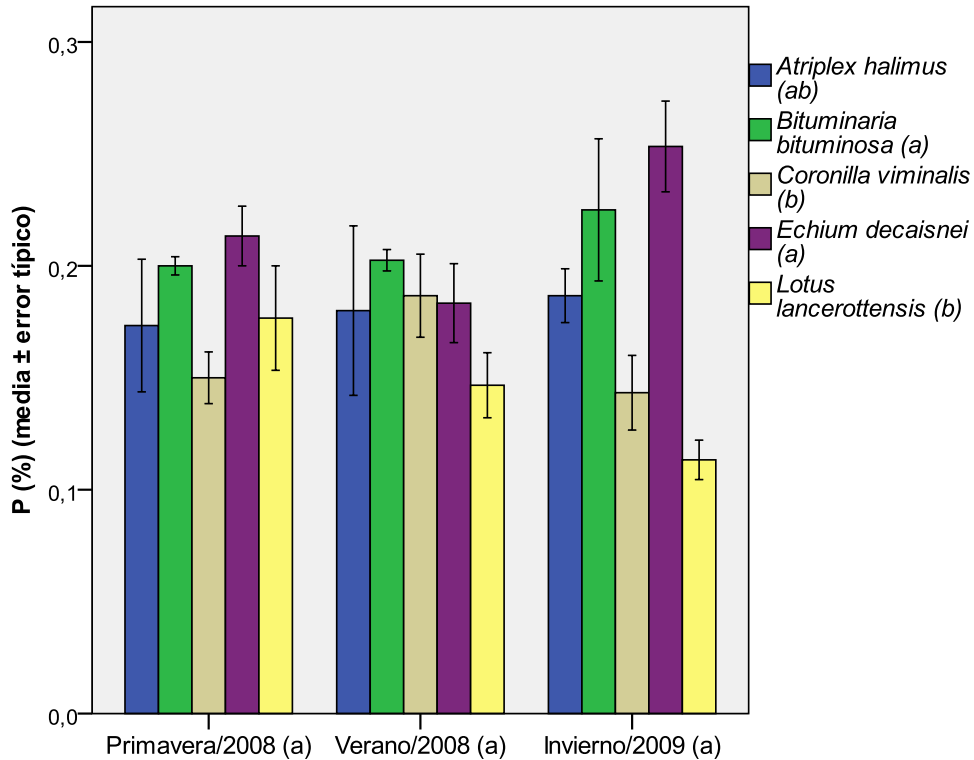
#### 4.3.3.2. Fósforo (P).

Los niveles medios de P presentan significaciones altas ( $P \leq 0,05$ ) en el factor “Especie” y en la interacción “Estación\*Especie”, pero la significación del factor “Estación” es baja (Tabla 22 y Figura 17), lo que significa que aunque no existan diferencias significativas entre las estaciones, si las hay entre las especies y que la variación del contenido de fósforo a lo largo de las distintas estaciones es diferente dependiendo de la especie (Tabla 22).

**Tabla 22. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de fósforo en las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.000	0.091	0.914
Estación x Especie	8	0.018	2.531	0.040
Error (Estación)	22	0.020		
Especie	4	0.036	4.390	0.023
Error	11	0.022		

Los mayores contenidos en P han sido detectados en *E. decaisnei* ( $0,21 \pm 0,011\%$ ) y *B. bituminosa* ( $0,21 \pm 0,010\%$ ) (Tabla 28), presentando valores similares y, por lo tanto, no existiendo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). Por otro lado, *L. lancerottensis*, presentó el valor más bajo de Fósforo ( $0,15 \pm 0,014\%$ ), si bien es verdad que no presentó diferencias significativas con *C. viminalis* ( $0,16 \pm 0,010\%$ ) ni con *A. halimus* ( $0,18 \pm 0,014\%$ ) (Figura 17). A su vez, esta última especie tampoco presentó diferencias significativas con *E. decaisnei* ni con *B. bituminosa* (Figura 17).



**Figura 17.** Contenido en fósforo (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

El valor de contenido de P obtenido para la especie *A. halimus* se encuentra entre los valores máximo y mínimo citado por Wills *et al.*, 1990 para esta especie (0,1-0,2%), es muy superior a los citados por Álvarez *et al.*, 2005 (0,03%) y Chinae *et al.*, 2009 (0,07%), sin embargo es considerablemente menor al citado por Salcedo *et al.*, 1998 (1,61%). Tanto para el caso de *B. bituminosa* como para el de *E. decaisnei*, sus niveles, que son prácticamente iguales, son algo superiores a los citados por Chinae *et al.*, 2009, que ambos casos es del 0,14%, resultando, cuando menos relevante, que los niveles de P de estas dos especies coincidan tanto en el presente trabajo como en el realizado por Chinae *et al.*, 2009. Mención aparte merece el hecho de que el valor correspondiente a *B. bituminosa* se encuentre entre el valor máximo y el mínimo citado para leguminosas por Ruano-Ramos, 1997 (0,15-0,25%), si bien, por otro lado, el nivel citado por Álvarez *et al.*, 2004 (0,42%) dobla al obtenido en el presente trabajo. En cuanto a los resultados obtenidos para la especie *C. viminalis*, hay que decir que, al igual que pasaba en el caso de *B. bituminosa*, el nivel de P concuerda con los límites superior e inferior citados por Ruano-Ramos, 1997. Finalmente, el nivel de fósforo detectado para la especie *L. lancerottensis* coincide con el mínimo del rango citado por Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas (0,15-0,25%) y es algo superior al citado por Chinae *et al.*, 2009 (0,11%).

Los cinco valores medios obtenidos superan con creces el citado por Wills *et al.*, 1990 para un forraje de referencia como es la alfalfa que alcanzó un 0,1%.

Prácticamente todas las especies obtuvieron niveles de P que se encuentran entre el rango citado por McDowell *et al.*, 1993 como requerimientos en la dieta de rumiantes (0,17-0,59%), quedando *L. lancerottensis* y *C. viminalis* algo por debajo de este valor.

Los niveles en P de las cinco especies son adecuados para su uso en la alimentación animal.

#### 4.3.3.3. Potasio (K).

Los niveles medios de K presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, presenta una baja significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 23), lo que significa que aunque existan diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies, la variación del contenido medio de potasio en función de la estación no presenta diferencias entre las distintas especies (Tabla 23).

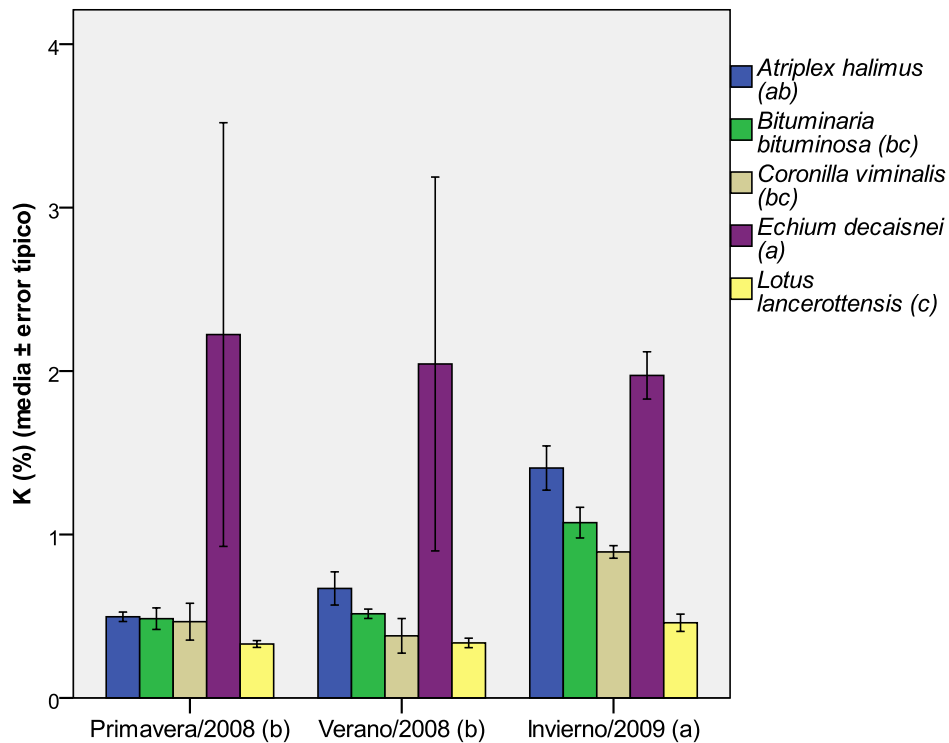
**Tabla 23. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de potasio. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	3.876	26.862	0.000
Estación x Especie	8	0.980	1.699	0.155
Error (Estación)	22	1.587		
Especie	4	11.633	8.858	0.002
Error	11	3.612		

La especie que presentó mayor nivel de K fue *E. decaisnei* (Figura 18), con una media de las tres estaciones del  $2,10 \pm 0,569\%$  (Tabla 28), siendo este valor más del doble que el segundo mayor ( $0,86 \pm 0,148\%$ ), que corresponde a la especie *A. halimus*. Sin embargo, el análisis estadístico determina que no existen diferencias significativas entre los niveles de K de estas dos especies ( $P > 0,05$ ). La especie que presentó un nivel de potasio menor es *L. lancerottensis* ( $0,37 \pm 0,035\%$ ) (Figura 18), si bien es verdad que no existen diferencias significativas entre este valor y los correspondientes a *B. bituminosa* ( $0,69 \pm 0,089\%$ ) y *C. viminalis* ( $0,58 \pm 0,092\%$ ), sin presentar diferencias significativas estas dos especies entre sí ni con *A. halimus* (Figura 18).

Invierno/2009 fue la estación en la que se registraron niveles medios mayores, si bien es verdad que en alguna de las especies, como es el caso de *E. decaisnei*, se invierte la situación (Figura 18). Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas entre los resultados obtenidos en Primavera/2008 y Verano/2008 (Figura 18). Los tejidos jóvenes son capaces de retener enérgicamente este elemento, sin embargo en los tejidos viejos se pueden producir pérdidas (Navarro-Blaya y Navarro-

García, 2000). Este hecho explica la mayor concentración de este mineral en las muestras tomadas en Invierno/2009, estación en la que las poblaciones se encontraban mayoritariamente en fase de crecimiento vegetativo (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8).



**Figura 18.** Contenido en potasio (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

En nivel de K determinado para la especie *A. halimus* presenta notables diferencias con los valores recogidos en las distintas citas, si bien estas diferencias no son iguales ni en cuantía ni en signo. Por un lado, los niveles citados por Chinae *et al.*, 2009 (1,54%) y por Salcedo *et al.*, 1998 (3,59%) son considerablemente superiores al determinado en el presente trabajo. Por otro lado, el citado por Álvarez *et al.*, 2005 (0,18%) es bastante inferior. Finalmente, los valores máximo y mínimo citados por Wils *et al.*, 1990 (2,7-6,5%) también son superiores al obtenido en el presente trabajo. En cuanto al nivel de potasio de *B. bituminosa*, también se producen diferencias considerables con respecto a los niveles citados, pero en este caso todos lo superan. Álvarez *et al.*, 2004 cita un contenido del 2,26% y Chinae *et al.*, 2009 del 2,4%, contenidos muy superiores al determinado. Ruano-Ramos, 1997 cita un rango superior también pero en menor cuantía (0,98-1,71%), correspondiente, en este caso a la familia de las leguminosas. También queda por debajo de estos límites el contenido de potasio determinado para *C. viminalis* y *L. lancerottensis*, estando el contenido de esta última también muy por debajo del citado por Chinae *et al.*, 2009 (1,33%). *E. decaisnei*, pese a presentar el valor medio más alto, también posee un contenido en potasio menor al

citado por China *et al.*, 2009 (5,07%), uniéndose a la tendencia generalizada de todas las especies, que presentan contenidos de K generalmente inferiores a los citados. Sin embargo, supera el valor citado por Wills *et al.*, 1990 para alfalfa (1,2%), siendo la única especie cuyo contenido medio en este elemento supera el citado por este autor.

Los niveles de K medio de las cinco especies estudiadas corresponden con el rango citado por McDowell *et al.*, 1993 referido a los requerimientos de la alimentación de rumiantes (0,5-1,0%), exceptuando a *L. lancerottensis* que se queda algo por debajo de ese rango y *E. decaisnei*, la cual lo supera considerablemente pero sin alcanzar al nivel tóxico citado por dicho autor (3%).

La especie *E. decaisnei* presenta unos niveles de K considerablemente altos, y superiores al resto de especies.

#### 4.3.3.4. Calcio (Ca).

Los niveles medios de Ca presentan significaciones altas ( $P \leq 0,05$ ) en los factores “Especie” y “Estación” (Tabla 24), pero la significación de la interacción “Estación\*Especie” es baja ( $P > 0,05$ ), lo que significa que existen diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies, pero la variación del nivel medio de calcio a lo largo de las estaciones es igual en las distintas especies estudiadas.

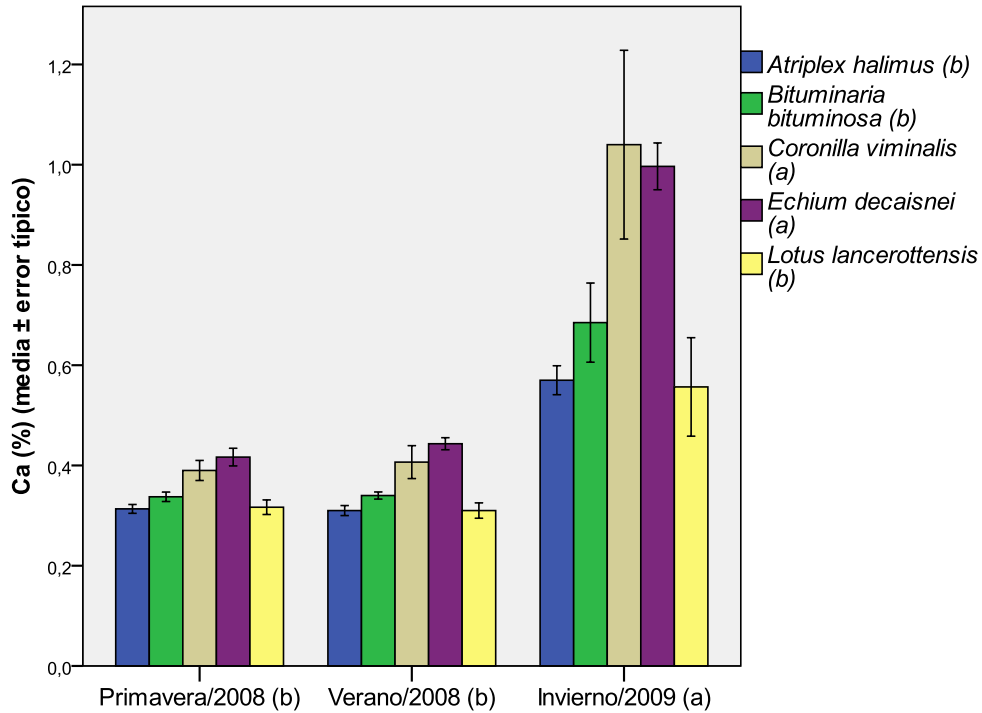
**Tabla 24. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de calcio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado 1/x).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	20.679	450.381	0.000
Estación x Especie	8	0.113	0.613	0.741
Error (Estación)	22	0.505		
Especie	4	5.861	8.905	0.002
Error	11	1.810		

El mayor contenido medio de Ca lo presenta la especie *C. viminalis* con un porcentaje sobre materia seca del  $0,61 \pm 0,120\%$ , seguida de *E. decaisnei* con un  $0,56 \pm 0,086\%$  (Tabla 28) y sin presentar diferencias significativas entre ambas ( $P > 0,05$ ). *L. lancerottensis* resultó ser la especie con un menor contenido en calcio ( $0,37 \pm 0,060\%$ ), seguida de *A. halimus* ( $0,40 \pm 0,044\%$ ) y *B. bituminosa* ( $0,45 \pm 0,055\%$ ) (Figura 19), si bien no se detectaron diferencias significativas entre estas tres especies ( $P > 0,05$ ).

La estación que presentó unos niveles medios de Ca mayores es el Invierno/2009 (Figura 19), mientras que Primavera/2008 y Verano/2008 no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). Esta circunstancia puede explicarse con el hecho de que este

elemento se acumula preferentemente en las hojas frente a los tallos (Ruano-Ramos, 1997). Por lo tanto, y conociendo que las poblaciones muestreadas en Invierno/2009 se encontraban mayoritariamente en fase de crecimiento vegetativo (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8), es lógico achacar la mayor concentración de este mineral en esa estación a que en tal fecha existe una alta proporción de hojas.



**Figura 19.** Contenido en calcio (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

El contenido en Ca de las muestras de *A. halimus* se encuentra situado en medio de los citados por Álvarez *et al.*, 2005 (0,11%) y Salcedo *et al.*, 1998 (0,20%) y el citado por China *et al.*, 2009 (2,02%), quedando por debajo del rango citado por Wills *et al.*, 1990, que va desde 0,8 hasta 1,3%. En el caso de *B. bituminosa*, el valor determinado es muy inferior a los citados por Álvarez *et al.*, 2004 (1,28%), China *et al.*, 2009 (3,43%) y por Ruano-Ramos, 1997, que detectó niveles de Ca en leguminosas con un valor mínimo del 0,88%. *C. viminalis*, a pesar de ser la especie que presentó un mayor nivel de calcio, también se encuentra por debajo de este límite inferior citado por Ruano-Ramos, 1997, al igual que *L. lancerottensis*. Esta última además se encuentra también por debajo del nivel citado por China *et al.*, 2009 (0,75%). Finalmente, El nivel de Ca de las muestras de *E. decaisnei* también es bastante inferior al citado por China *et al.*, 2009 (3,20%).

Así mismo, cabe reseñar que el contenido medio en Ca en alfalfa (forraje de referencia) citado por Wills *et al.*, 1990 (2,1%), supera considerablemente los contenidos medios de las cinco especies estudiadas en el presente trabajo.

Los niveles medios de Ca determinados en las cinco especies se corresponden con el rango citado para nutrición en rumiantes por McDowell *et al.*, 1993 (0,17-1,53%).

#### 4.3.3.5. Magnesio (Mg).

El contenido medio de Mg presenta una alta significación ( $P \leq 0,05$ ) en los factores “Estación” y “Especie” y en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 25).

**Tabla 25. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de magnesio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

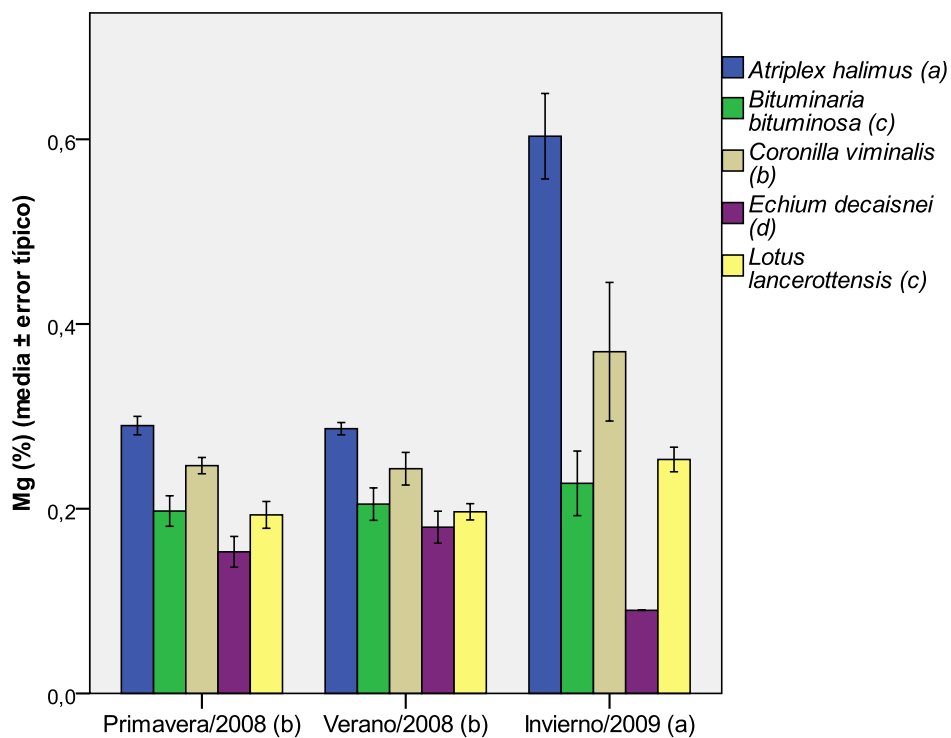
Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.327	12.750	0.000
Estación x Especie	8	1.970	19.203	0.000
Error (Estación)	22	0.282		
Especie	4	5.071	19.244	0.000
Error	11	0.725		

El nivel medio de Mg más elevado fue determinado en la especie *A. halimus* ( $0,39 \pm 0,054\%$ ) (Tabla 28), existiendo diferencias significativas con el resto de especies ( $P \leq 0,05$ ). La especie con un menor contenido de magnesio resultó ser *E. decaisnei* con un  $0,15 \pm 0,015\%$ , también con diferencias significativas respecto al resto (Figura 20). En término medio encontramos el valor de la especie *C. viminalis* ( $0,29 \pm 0,031\%$ ) y a los correspondientes a *B. bituminosa* ( $0,21 \pm 0,013$ ) y *L. lancerottensis* ( $0,20 \pm 0,009\%$ ), sin haberse detectado diferencias significativas entre las dos últimas (Figura 20).

La estación en la que se tomaron muestras con mayores contenidos en Mg fue Invierno/2009 (Figura 20), sin existir diferencias significativas entre Verano/2008 y Primavera/2008 ( $P > 0,05$ ). El magnesio se acumula mayoritariamente en las hojas (Ruano-Ramos, 1997). Este hecho puede explicar que en Invierno/2009 se hayan registrado las mayores concentraciones de este mineral, ya que durante este periodo la mayoría de las poblaciones se encontraban en fase de crecimiento vegetativo (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8), en la que es evidente el predominio de hojas frente a tallos leñosos.

El contenido medio de Mg determinado en *A. halimus* se aproxima de manera notable al citado por China *et al.*, 2009 (0,37%), quedando ubicado entre el citado por Álvarez *et al.*, 2005 (0,13%) y los citados por Salcedo *et al.*, 1998 (1,44%) y Wills *et al.*, 1990 (0,9-1,6%). En el caso del contenido de este mineral en *B. bituminosa* cabe decir que es prácticamente igual al citado por Álvarez *et al.*, 2004 (0,20%), sin embargo

queda muy por debajo del recogido en China *et al.*, 2009 (0,99%) y del rango citado por Ruano-Ramos, 1997 (1,3-2,3%). La especie *C. viminalis* también resultó poseer un contenido menor al, ya mencionado, rango citado por Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas. El nivel de Mg de las muestras de *E. decaisnei* es notablemente inferior al citado por China *et al.*, 2009 (0,61%). Al igual que pasa en la mayoría de casos anteriormente citados, el valor correspondiente a *L. lancerottensis*, también es inferior a los recogidos en otras citas, representando la mitad del mencionado por China *et al.*, 2009 y situándose muy por debajo del rango en leguminosas citado en Ruano-Ramos, 1997, al igual que las otras dos especies pertenecientes a este familia y objeto de estudio en este trabajo.



**Figura 20.** Contenido en magnesio (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Si comparamos los contenidos medios en Mg obtenidos en este trabajo con el citado por Wills *et al.*, 1990 para alfalfa (0,40%), tenemos que la única especie cuyo nivel medio se aproxima al anterior es *A. halimus*, con un 0,39%, quedando el resto valores medios bastante por debajo.

Los contenidos medios en Mg de *E. decaisnei* y de *L. lancerottensis* se corresponden con el rango citado por McDowell *et al.*, 1993 como requerimientos para rumiantes (0,10-0,20%) y los de *A. halimus*, *B. bituminosa* y *C. viminalis* lo superan, sin



generara peligro ya que la toxicosis por Mg debida a la ingestión de alimentos naturales no parece ser posible (McDowell *et al.*, 1993).

Los niveles medios de Mg, al igual que los de Ca y K, aumentan considerablemente en Invierno/2009 con respecto a las otras dos estaciones.

#### 4.3.3.6. Azufre (S).

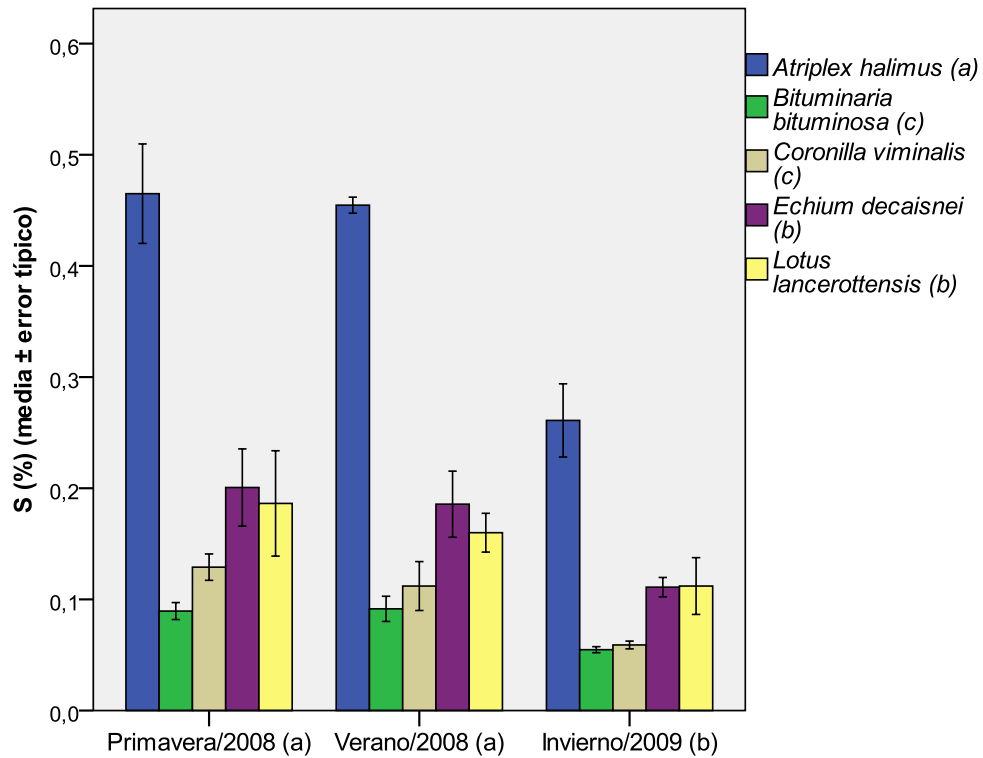
Analizando las significaciones de los contenidos medios de azufre (Tabla 26), se observa que tanto el factor “Especie” como el factor “Estación”, presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, la interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que las variaciones del contenido de azufre a lo largo del tiempo no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 26).

**Tabla 26. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de azufre de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	3.225	49.462	0.000
Estación x Especie	8	0.102	0.393	0.913
Error (Estación)	22	0.717		
Especie	4	14.985	33.660	0.000
Error	11	1.224		

El nivel más alto de azufre lo presenta *A. halimus* ( $0,39 \pm 0,037\%$ ) (Tabla 28), siendo la diferencia con el resto de las especies significativa ( $P \leq 0,05$ ). La especie *B. bituminosa* resultó ser la especie con un nivel más bajo de azufre (Figura 21), alcanzando el  $0,079 \pm 0,007\%$ , si bien es verdad que *C. viminalis*, con un  $0,10 \pm 0,013\%$  no presentó diferencias significativas con ésta ( $P > 0,05$ ). En término medio encontramos a las especies *E. decaisnei*, con un  $0,17 \pm 0,021\%$  y *L. lancerottensis*, con un  $0,17 \pm 0,020\%$ , que como es de esperar viendo los porcentajes de contenido en azufre de ambas, no presentan diferencias significativas (Figura 21).

Primavera/2008 y Verano/2008 no presentan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), sin embargo en Invierno/2009 se produce una caída del contenido en azufre de las muestras analizadas (Figura 21). Esta disminución en el contenido medio de azufre puede deberse a que la mayoría de las especies estudiadas, exceptuando *E. decaisnei* presentaban una fenología con crecimiento vegetativo (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8). Teniendo en cuenta que la forma predominante de azufre en la planta ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) presenta una limitada movilidad y está disponible en los órganos de crecimiento más tardíamente (Navarro-Blaya y Navarro-García, 2000), es lógico que disminuya su concentración en las fases de crecimiento vegetativo.



**Figura 21.** Contenido en azufre (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Wills *et al.*, 1990, cita como máximo y mínimo valor obtenido para *A. halimus* 0,4 y 0,5 % respectivamente, por lo que podemos decir que el valor obtenido en el presente trabajo se aproxima bastante al citado por este autor. Teniendo en cuenta el contenido de azufre del forraje de referencia (alfalfa) citado por Wills *et al.*, 1990 (0,2%), podemos decir que *L. lancerottensis* y *E. decaisnei* se acercan notablemente a esa concentración. En el caso de *A. halimus*, especie con mayor nivel de azufre, duplica el valor citado. Sin embargo, las concentraciones de azufre de *C. viminalis* y *B. bituminosa* no alcanzan el valor del forraje de referencia, representando la mitad de éste, o incluso menos.

Si comparamos los resultados obtenidos con los rangos de requerimientos establecidos para rumiantes y citados por McDowell *et al.*, 1993, que se fija en 0,1-0,32% podemos concluir que en el caso de *L. lancerottensis* y *E. decaisnei* se sitúan dentro del rango, el contenido de en azufre de *C. viminalis* coincide con el límite inferior del rango, *B. bituminosa*, posee un nivel de azufre algo inferior al mínimo establecido como requerimientos de rumiantes y *A. halimus*, con un  $0,39 \pm 0,037\%$  presenta la situación opuesta, superando con creces el límite superior y llegando a alcanzar el máximo nivel tolerable, fijado por el NRC (National Research Council) en el 0,40% (McDowell *et al.*, 1993).

La especie *A. halimus* presenta unos niveles excesivos de azufre, rozando la toxicidad, lo que puede originar algún problema.

#### 4.3.3.7.Sodio (Na).

Los niveles medios de Na presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), pero la significación de la interacción “Estación\*Especie” es baja ( $P > 0,05$ ), lo que significa que aunque existan diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies, la variación del contenido de Na a lo largo de las distintas estaciones no presenta diferencias entre las distintas especies (Tabla 27).

**Tabla 27. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de sodio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $\sqrt{x}$ ).**

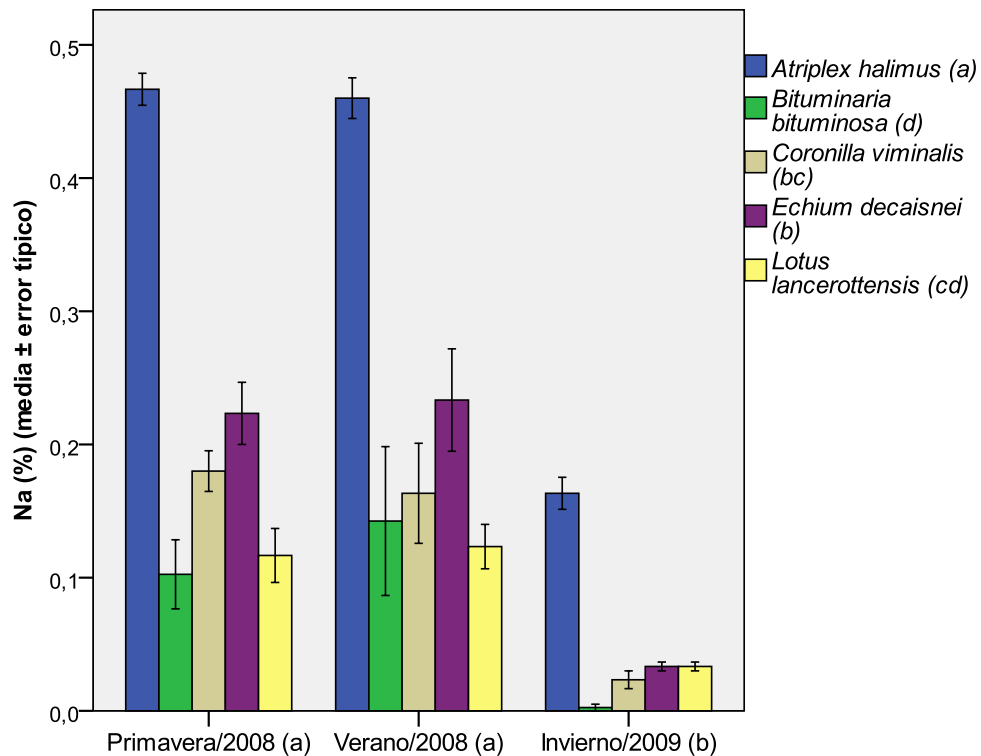
Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.713	78.316	0.000
Estación x Especie	8	0.032	0.877	0.550
Error (Estación)	22	0.100		
Especie	4	0.729	42.076	0.000
Error	11	0.048		

El contenido medio en Na alcanza un valor máximo para la especie *A. halimus* ( $0,36 \pm 0,050\%$ ) (Tabla 28), siendo éste significativamente mayor a los niveles de las otras cuatro especies ( $P \leq 0,05$ ). El valor más bajo lo presenta *B. bituminosa*, tomando un valor de  $0,08 \pm 0,025\%$  (Figura 22). La especie *L. lancerottensis*, con un contenido del  $0,11 \pm 0,016\%$  es la segunda especie con menor contenido en Na, sin presentar diferencias significativas con *B. bituminosa* (Figura 22). Tampoco se detectaron diferencias significativas entre *L. lancerottensis* y *C. viminalis*, cuyo contenido en sodio alcanzó el valor de  $0,12 \pm 0,028\%$ , ni entre ésta y *E. decaisnei*, a la cual se le determinó un nivel en Na del  $0,18 \pm 0,036\%$  (Figura 22).

La estación que presenta menores niveles de Na es Invierno/2009 (Figura 22). Por otro lado, los contenidos determinados en las muestras tomadas en Primavera/2008 y Verano/2008 no presentan diferencias significativas (Figura 22).

El contenido en Na determinado en las muestras de *A. halimus* es excesivamente menor a los citados por Álvarez *et al.*, 2005 (2,52%), Wills *et al.*, 1990 (2,9-6,6%) y por China *et al.*, 2009 (8,68%). En el caso de *B. bituminosa*, su nivel en Na también es inferior, aunque en menor medida, a los citados por Álvarez *et al.*, 2004 (0,16%) y China *et al.*, 2009 (0,20%). Sin embargo, dicho nivel de Na se encuentra comprendido entre el límite superior y el inferior establecidos por Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas (0,03-0,33%). Dicho rango también comprende el nivel de Na detectado en

la especie *C. viminalis*. El valor correspondiente a *E. decaisnei*, al igual que ha pasado con el resto de valores de concentración de Na, queda muy por debajo del citado por China *et al.*, 2009 (1,06%). Finalmente, y en cuanto al nivel de Na en la especie *L. lancerottensis* se refiere, cabe decir que sigue la tendencia generalizada de las otras dos especies leguminosas, ya que, por un lado es excesivamente inferior al contenido citado por China *et al.*, 2009 (1,10%), y por otro lado se encuentra incluida entre los límites determinados para leguminosas por Ruano-Ramos, 1997, que han sido mencionados con anterioridad en este párrafo.



**Figura 22.** Contenido en sodio (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Comparando los contenidos medios obtenidos para las diferentes especies con el correspondiente a un forraje de alfalfa citado por Wills *et al.*, 1990 (0,1%), observamos que la especie *B. bituminosa* posee un nivel medio algo inferior, siendo el resto de especies más ricas en este elemento que la citada, especialmente *A. halimus*, con casi cuatro veces el valor citado para alfalfa.

Los contenidos medios en Na de las especies estudiadas se corresponden con el rango citado por McDowell *et al.*, 1993 como requerimientos para rumiantes (0,04-0,24 %), exceptuando el contenido de *A. halimus*, el cual lo supera.

**Tabla 28. Valores medios+errores típicos de la composición química (cenizas y macroelementos) de *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.**

	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B. b. var. albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
Cenizas (%)	32,68±1,23	9,95±0,39	13,92±0,95	25,83±1,34	8,66±0,39
P (%)	0,18±0,014	0,21±0,010	0,16±0,010	0,21±0,011	0,15±0,014
K (%)	0,86±0,148	0,69±0,089	0,58±0,092	2,10±0,569	0,37±0,035
Ca (%)	0,40±0,044	0,45±0,055	0,61±0,120	0,56±0,086	0,37±0,060
Mg (%)	0,39±0,054	0,21±0,013	0,29±0,031	0,15±0,015	0,20±0,009
S (%)	0,39±0,037	0,079±0,007	0,10±0,013	0,17±0,021	0,17±0,020
Na (%)	0,36±0,050	0,08±0,025	0,12±0,028	0,18±0,036	0,11±0,016

#### 4.3.4. Microelementos.

Los microelementos, o elementos traza, son elementos indispensables para la vida de las plantas pero se encuentran presentes en proporciones muy pequeñas en los tejidos biológicos (Loué, 1988).

Los microelementos que son actualmente reconocidos como esenciales para las plantas superiores son el hierro, el manganeso, el zinc, el cobre, el boro y el molibdeno. Otros elementos pueden tener un papel útil para ciertas plantas como el cloro, el silicio y el cobalto (Loué, 1988).

Los microelementos estudiados en el presente trabajo han sido el hierro, manganeso, cobre, zinc, plomo, cadmio, estroncio, aluminio, boro, cobalto, molibdeno y cromo.

##### 4.3.4.1. Hierro (Fe).

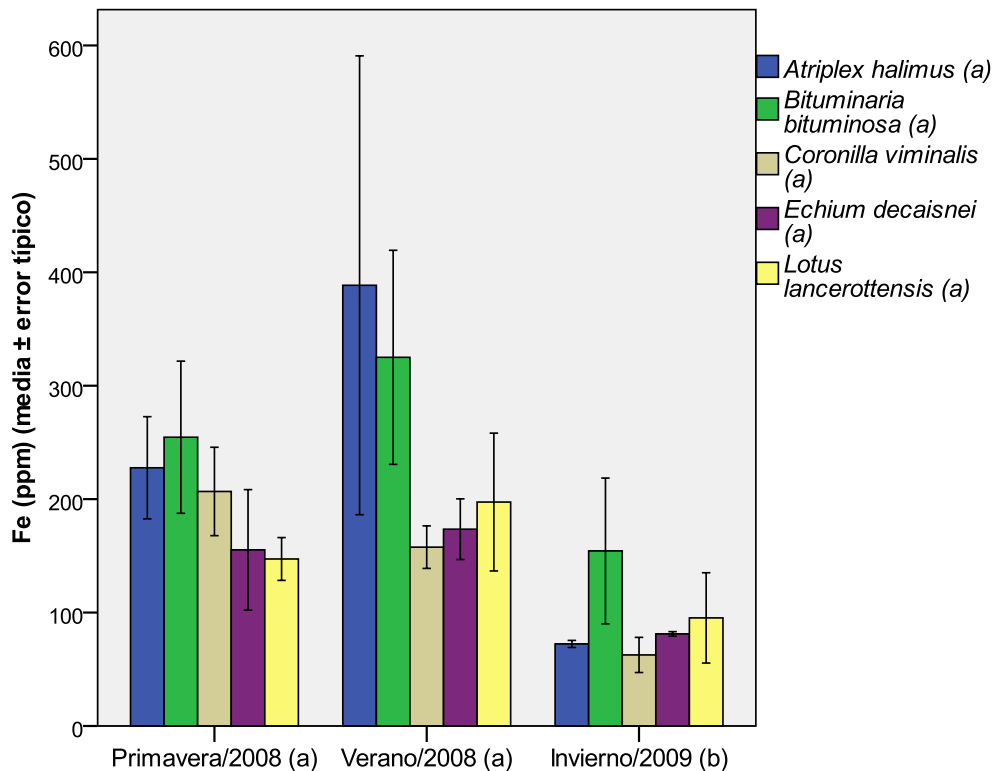
Analizando las significaciones de los niveles medios de hierro (Tabla 29), se observa que el factor “Estación”, presenta una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, el factor “Especie” y la interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que las especies no muestran diferencias significativas en cuanto al contenido en hierro (Tabla 29 y Figura 23) y las variaciones de éste a lo largo de las estaciones no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 29).

**Tabla 29. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de hierro de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	8.571	21.739	0.000
Estación x Especie	8	0.935	0.592	0.774
Error (Estación)	22	4.339		
Especie	4	2.092	1.241	0.349
Error	11	4.634		

El mayor contenido en Fe lo presentó la especie *B. bituminosa* (Tabla 41) con una concentración de  $244 \pm 45,17$  ppm y el contenido más bajo corresponde a las muestras de la especie *C. viminalis* (Tabla 41), que alcanza una concentración de  $142 \pm 24,97$  ppm.

La estación en la que se tomaron las muestras con mayor contenido en Fe es Verano/2008, aunque no existen diferencias significativas entre esta estación y Primavera/2008 (Figura 23). Sin embargo, si se detectaron diferencias significativas entre los contenidos de las muestras tomadas en Invierno/2009 con respecto a las de estas dos ( $P \leq 0,05$ ), siendo esa estación la que presenta valores más bajos (Figura 23). La migración de hierro desde los tejidos más viejos hasta los más jóvenes es dificultosa debido a la poca movilidad de este mineral (Loué, 1988), este hecho explica la menor concentración de este mineral en Invierno/2009, ya que en esta estación se encontraban las poblaciones muestreadas en crecimiento vegetativo (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8).



**Figura 23.** Contenido en hierro (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).

Los niveles de Fe determinados para la especie *A. halimus*, que alcanzan las  $229 \pm 75,25$  ppm se encuentran entre los citados por Álvarez *et al.*, 2005 (153 ppm) y China *et al.*, 2009 (553 ppm) y coinciden con el rango citado por Wills *et al.*, 1990 (148-439 ppm). En el caso de *B. bituminosa*, cuyos niveles han sido mencionados con

anterioridad, éstos se encuentran por encima de los citados por Álvarez *et al.*, 2004 (107 ppm) y de los límites para leguminosas mencionados por Ruano-Ramos, 1997 (67-129 ppm), sin embargo, es inferior al citado por Chinae *et al.*, 2009 (841 ppm). La especie *C. viminalis*, posee una concentración de Fe que alcanza las  $142 \pm 24,97$  ppm, estando este valor incluido entre los límites establecidos por Ruano-Ramos, 1997, que ya han sido recogidos con anterioridad. En cuanto al contenido en hierro determinado para las muestras de *E. decaisnei* ( $143 \pm 23,91$  ppm), cabe mencionar que, al igual que pasó en el resto de especies, es inferior al valor citado por Chinae *et al.*, 2009 para esta especie (288 ppm), llegando a ser este último aproximadamente el doble al obtenido en el presente trabajo. Finalmente, la concentración de Fe determinada para la especie *L. lancerottensis*, que en este caso alcanzó las  $172 \pm 25,86$  ppm es superior a los niveles citados por Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas (67-129 ppm), pero muy inferior al contenido mencionado por Chinae *et al.*, 2009 (393 ppm).

Todos los contenidos medios en Fe obtenidos presentan valores muy inferiores al citado por Wills *et al.*, 1990 para alfalfa que alcanza 1.048 ppm.

Comparando los resultados obtenidos en el presente trabajo con los requerimientos de Fe citados para rumiantes por McDowell *et al.*, 1993 (30-60 ppm) podemos observar que los contenidos medios de este mineral de las cinco especies estudiadas superan con creces ese rango, sin llegar al nivel máximo tolerable, que es de 1.000 ppm (McDowell *et al.*, 1993).

#### 4.3.4.2. Manganeseo (Mn).

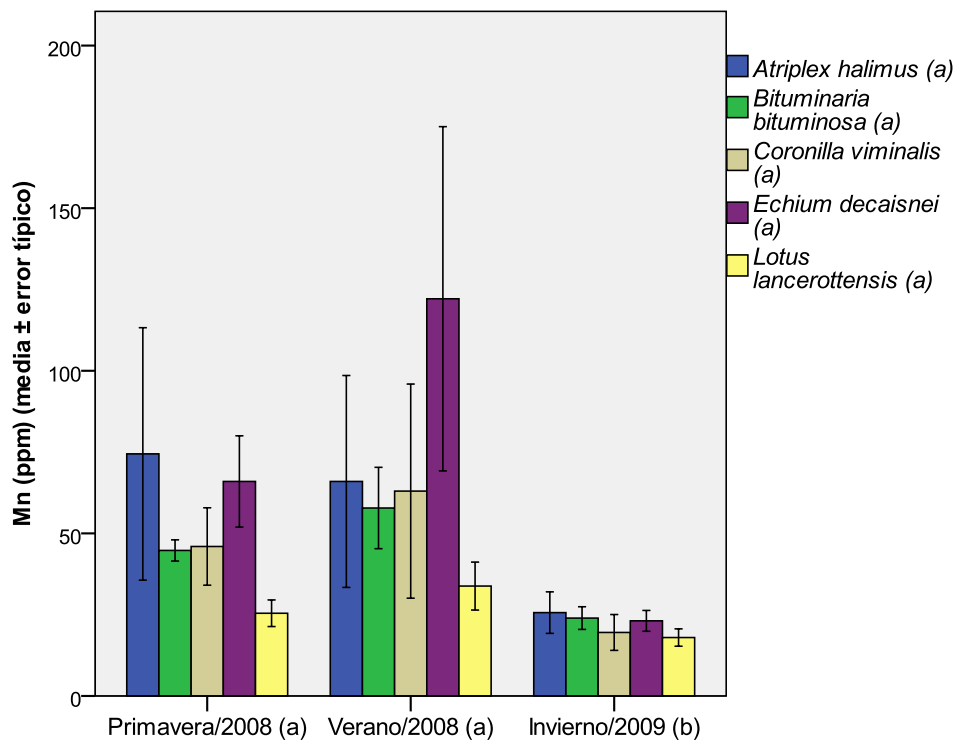
Los niveles medios de Mn presentan diferencias significativas entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 30), sin embargo, presenta una baja significación en el factor “Especie” y en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 30), lo que significa que no existen diferencias significativas entre las especies (Tabla 30 y Figura 24) y que la variación de los niveles de Mn en función de la estación no presenta diferencias entre las distintas especies ( $P > 0,05$ ).

**Tabla 30. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de manganeso de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $1/\sqrt{x}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.056	78.442	0.000
Estación x Especie	8	0.003	1.201	0.343
Error (Estación)	22	0.008		
Especie	4	0.018	1.145	0.386
Error	11	0.044		

La especie *E. decaisnei* presentó el mayor contenido en Mn de las cinco especies estudiadas, alcanzando las  $76 \pm 23,13$  ppm (Tabla 41), por el contrario, el nivel más bajo lo presentó la especie *L. lancerottensis* con un contenido medio de  $28 \pm 3,73$  ppm (Tabla 41).

No se determinaron diferencias significativas entre los contenidos de las muestras tomadas en Primavera/2008 y Verano/2008 ( $P > 0,05$ ), sin embargo, si las existen con los niveles de las muestras tomadas en Invierno/2009 ( $P \leq 0,05$ ), siendo esta estación la que presenta los valores más bajos (Figura 24). El Mn es un elemento poco móvil en la planta, apareciendo por ello las deficiencias primero en las hojas jóvenes (Navarro-Blaya y Navarro-García, 2000). Esta circunstancia explica el menor contenido en este mineral existente en los muestreos llevados a cabo en Invierno/2009, estación en la que encontrábamos las poblaciones en fase de crecimiento vegetativo.



**Figura 24.** Contenido en manganeso (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).

La especie *A. halimus* presentó unos niveles de Mn que alcanzan las  $55 \pm 16,55$  ppm, siendo este valor algo mayor al citado por China *et al.*, 2009 (40 ppm) y encontrándose dentro del rango citado por Wills *et al.*, 1990 (54-106 ppm), aunque se aproxima al mínimo de los valores de ese rango. Sin embargo es menos de la mitad de la concentración de este microelemento citada por Álvarez *et al.*, 2005 (114 ppm). En el



caso de *B. bituminosa*, el valor obtenido correspondiente a la concentración de Mn es de  $42 \pm 5,83$  ppm, encontrándose este valor por debajo del citado por Álvarez *et al.*, 2004 (47,79 ppm), aunque aproximándose a éste, y siendo algo superior al mencionado por China *et al.*, 2009 (34,64 ppm). Por otro lado, el valor obtenido en el presente trabajo se encuentra por debajo de los valores máximo y mínimo determinados por Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas (62-162 ppm). *C. viminalis* presentó un contenido en Mn muy similar al de *B. bituminosa*, alcanzando en este caso  $42,83 \pm 12,03$  ppm y quedando también este valor por debajo del, ya mencionado, rango citado por Ruano-Ramos, 1997 para especies de la familia de las leguminosas. El contenido de Mn determinado para *E. decaisnei*, que ya ha sido mencionado con anterioridad, es considerablemente superior al citado por China *et al.*, 2009 (43,44 ppm). Finalmente, y en cuanto a los niveles en Mn de las muestras de *L. lancerottensis* se refiere, podemos decir que, al igual que pasa con las otras citas de China *et al.*, 2009 para este microelemento, la que se obtuvo en el presente trabajo para esta especie también es considerablemente superior a la citada por este autor (12,45 ppm). Sin embargo, si la comparamos con los valores máximo y mínimo citados por Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas recogido anteriormente podemos determinar que el obtenido en este trabajo es excesivamente menor.

Si comparamos el contenido en Mn medio de las cinco especies estudiadas con el citado por Wills *et al.*, 1990 para alfalfa (58 ppm) observamos que el contenido en este mineral de la especie *E. decaisnei* supera considerablemente al anterior, sin embargo el nivel medio en el resto de especies es menor, especialmente en el caso de *L. lancerottensis*, si bien es verdad que en el caso de *A. halimus* se aproxima considerablemente.

La especie *L. lancerottensis* presentó un contenido medio en Mn que se corresponde con el rango citado por McDowell *et al.*, 1993 para el consumo de rumiantes (20-40 ppm). El resto de las especies presentaron valores superiores a este rango, pero sin acercarse al nivel máximo tolerado que es de 1000 ppm (McDowell *et al.*, 1993).

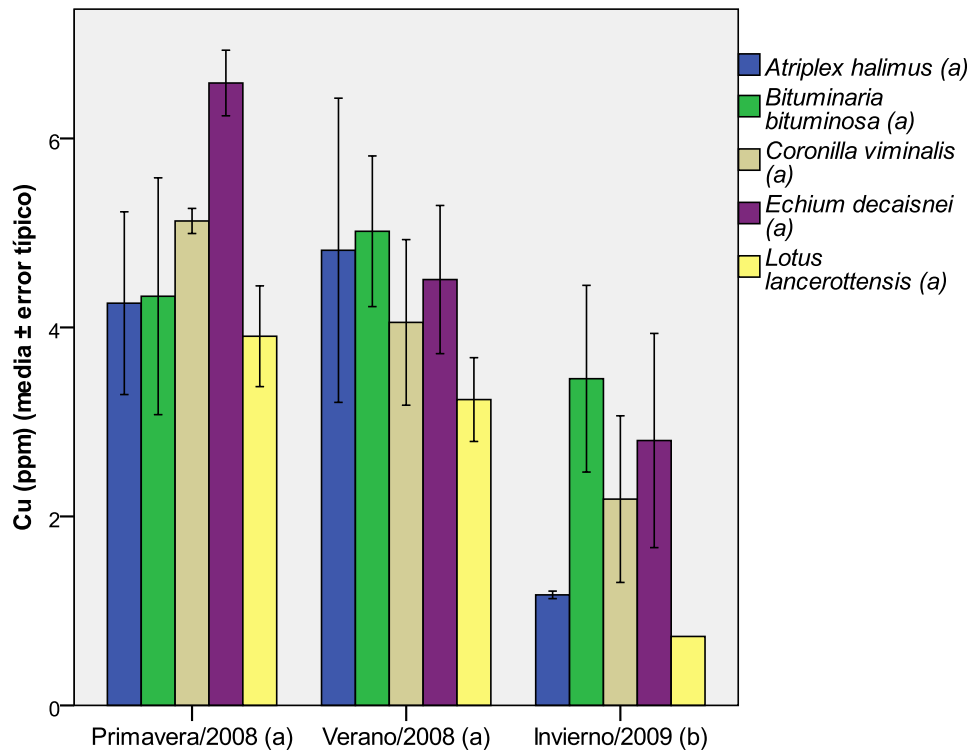
#### 4.3.4.3. Cobre (Cu).

Analizando las significaciones de los contenidos medios de Cu (Tabla 31), se observa que el factor “Estación”, presenta una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, el factor “Especie” y la interacción “Estación\*Especie” muestran una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que no existen diferencias significativas entre los contenidos de cobre en las especies (Tabla 31 y Figura 25) y las variaciones del contenido de Cu a lo largo del tiempo no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 31).

**Tabla 31. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de cobre de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	45.438	12.766	0.000
Estación x Especie	8	14.485	1.017	0.458
Error (Estación)	22	32.033		
Especie	4	15.562	0.717	0.601
Error	11	48.804		

La especie *E. decaisnei* presenta los valores más altos de concentración de Cu, alcanzando  $4,94 \pm 0,69$  ppm (Tabla 41). Por el contrario, los niveles de cobre más bajos se determinaron para la especie *L. lancerottensis* con  $3,17 \pm 0,50$  ppm (Tabla 41).



**Figura 25. Contenido en cobre (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

Las muestras recogidas en Invierno/2009 presentan menores concentraciones que las correspondientes a las estaciones de Verano/2008 y Primavera/2008 (Figura 25), no existiendo diferencias significativas entre los niveles medios de estas dos ( $P > 0,05$ ). Debido a la escasa movilidad del Cu en la planta, especialmente si es deficitaria, la deficiencia afecta a los tejidos más recientemente desarrollados (Loué, 1988). Esta

circunstancia justifica el hecho de que las muestras de Invierno/2009 presenten menores niveles de Cu, ya que las poblaciones se encontraban, de forma mayoritaria, en fase de crecimiento vegetativo (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8).

El contenido de Cu de las muestras de *A. halimus*, que alcanza el valor de  $3,41 \pm 0,68$  ppm, se acerca al citado por Chinae *et al.*, 2009 (3,99 ppm) siendo el primero algo más bajo, sin embargo es considerablemente menor al citado para la misma especie por Wills *et al.*, 1990 (12-23 ppm). En el caso de *B. bituminosa*, la cual alcanzó una concentración media de  $4,27 \pm 0,67$  ppm, se queda también algo por debajo del valor citado por Chinae *et al.*, 2009 (4,41 ppm), si bien es verdad que se acerca bastante. Por otro lado, el nivel de Cu determinado para esta especie en el presente trabajo es bastante inferior a los valores máximo y mínimo obtenidos por Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas (7,2-13,6 ppm). El nivel de Cu en las muestras de *C. viminalis*, que alcanzó el valor de  $3,79 \pm 0,56$  ppm, también queda muy por debajo del rango obtenido por Ruano-Ramos, 1997, que ya ha sido mencionado anteriormente. Los niveles de Cu determinados para *E. decaisnei*, que ya han sido recogidos con anterioridad, también son considerablemente menores a los citados, en este caso por Chinae *et al.*, 2009 (11,31 ppm). Finalmente, comparando el contenido en Cu de la especie *L. lancerottensis*, ya citado, con los mencionados por Chinae *et al.*, 2009 (0,60 ppm) y Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas (7,2-13,6 ppm), podemos decir que el valor obtenido en el presente trabajo se encuentra en medio de las dos datos citados, situándose considerablemente alejado de ambos.

Todos los valores medios obtenidos correspondientes al contenido en Cu de las cinco especies estudiadas son inferiores al citado por Wills *et al.*, 1990 para alfalfa (14 ppm). Sin embargo, todos ellos se encuentran comprendidos entre el rango citado por Kitagishi y Yamane, 1981 para *Trifolium repens* en Japón (2,0-12,5 ppm).

Los niveles medios de Cu en las cinco especies estudiadas son inferiores a los niveles normales citados por McDowell *et al.*, 1993 para alimentación en rumiantes (6-16 ppm). Si bien es necesario mencionar que la deficiencia en este mineral se produce cuando los niveles en éste son inferiores a 5 ppm y los de molibdeno superiores a 3 (McDowell *et al.*, 1993). Por lo que comparando ambos niveles se puede observar que *A. halimus*, *B. bituminosa* y *C. viminalis* pueden presentar deficiencia en este elemento.

#### 4.3.4.4. Zinc (Zn).

Los niveles medios de Zn presentan diferencias significativas entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 32) y una alta significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 32). Por otro lado, el factor “Especie” presenta una baja significación ( $P > 0,05$ ). Existen diferencias significativas entre las estaciones pero no entre las especies (Tabla 32 y Figura 26), además, las variaciones del contenido de zinc en función de la estación es diferente en las especies.

Tabla 32. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de zinc de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $1/x$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.008	5.348	0.013
Estación x Especie	8	0.023	3.642	0.008
Error (Estación)	22	0.017		
Especie	4	0.007	0.547	0.705
Error	11	0.003		

La especie *C. viminalis* presenta los niveles medios más altos de Zn, alcanzando  $15,70 \pm 2,45$  ppm y *E. decaisnei* los más bajos con  $9,63 \pm 1,12$  ppm (Tabla 41).

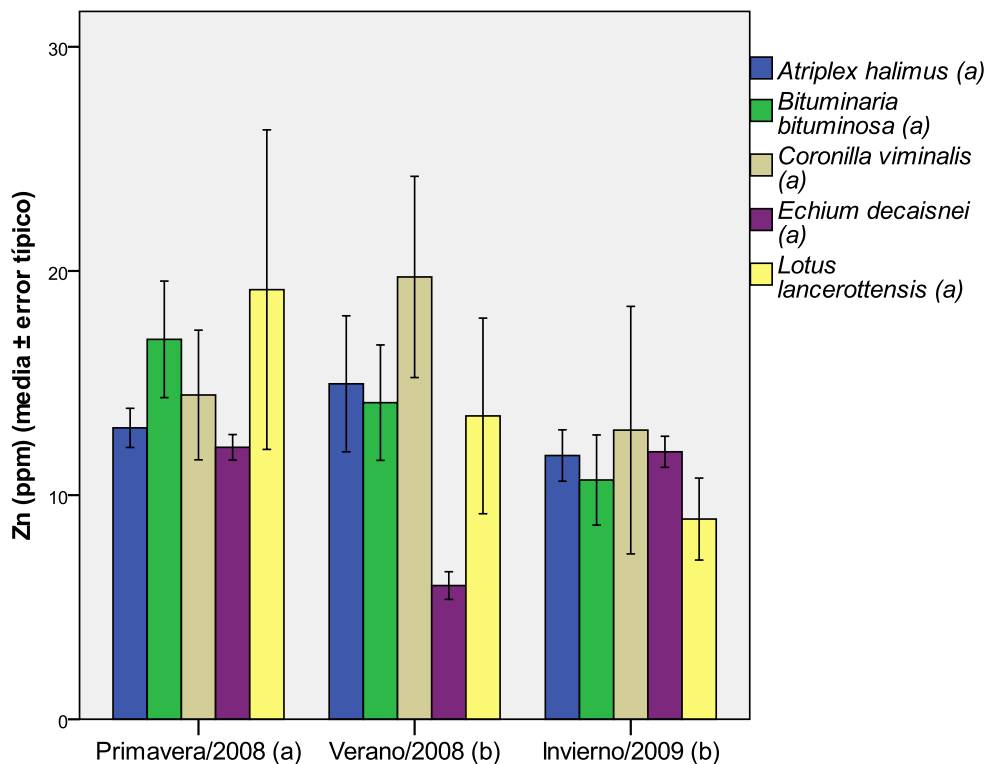


Figura 26. Contenido en zinc (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Las muestras recogidas en Primavera/2008 resultaron contener niveles de Zn significativamente mayores que las recogidas en Verano/2008 e Invierno/2009 (Figura 26), no existiendo diferencias significativas entre estas dos estaciones (Figura 26). La movilidad del Zn en las plantas no es muy alta (Loué, 1988), así, se observa que en Verano/2008 y, sobretudo, en Invierno/2009, estaciones en las que predomina la fase de

crecimiento vegetativo se den niveles más bajos que en Primavera/2008, en la que la fase predominante es de floración con fructificación (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8) y en la que los tejidos son menos jóvenes

La concentración de Zn en las muestras de *A. halimus* es de  $13,24 \pm 1,08$  ppm, siendo este valor muy reducido en comparación con los citados por Álvarez *et al.*, 2005 (54 ppm) y China *et al.*, 2009 (21,20 ppm), pero coincidiendo con el valor menor de los citados por Wills *et al.*, 1990 (13-50 ppm). En el caso de *B. bituminosa*, la concentración alcanza  $13,92 \pm 1,48$  ppm, nivel también inferior a los obtenidos por Álvarez *et al.*, 2004 (18,72 ppm) y por China *et al.*, 2009 (36,68 ppm), estando además por debajo de los valores máximo y mínimo obtenidos por Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas (26-39 ppm). *C. viminalis*, pese a ser la especie que presentó un mayor contenido en Zn, también se encuentra por debajo de este rango citado por Ruano-Ramos, 1997. Los niveles de zinc en *E. decaisnei*, que ya han sido recogidos, también son inferiores a los citados por China *et al.*, 2009 (23,44 ppm), uniéndose así a la tendencia a la baja generalizada en las concentraciones de las muestras de estas cinco especies. Finalmente, las muestras recogidas de *L. lancerottensis*, obtuvieron un nivel de Zn de  $15,50 \pm 3,44$  ppm, quedando este valor también muy por debajo del citado por China *et al.*, 2009 (24,87 ppm) y del rango obtenido por Ruano-Ramos, 1997 para leguminosas, que ya ha sido mencionado anteriormente. Las medias obtenidas para las cinco especies son inferiores al valor citado por Bergmann, 1975 para alfalfa, que alcanza las 24 ppm.

Todas las especies estudiadas presentan niveles medios en Zn menores a los requerimientos en rumiantes citados por McDowell *et al.*, 1993 (20-40 ppm), por lo que pueden presentar problemas de deficiencia.

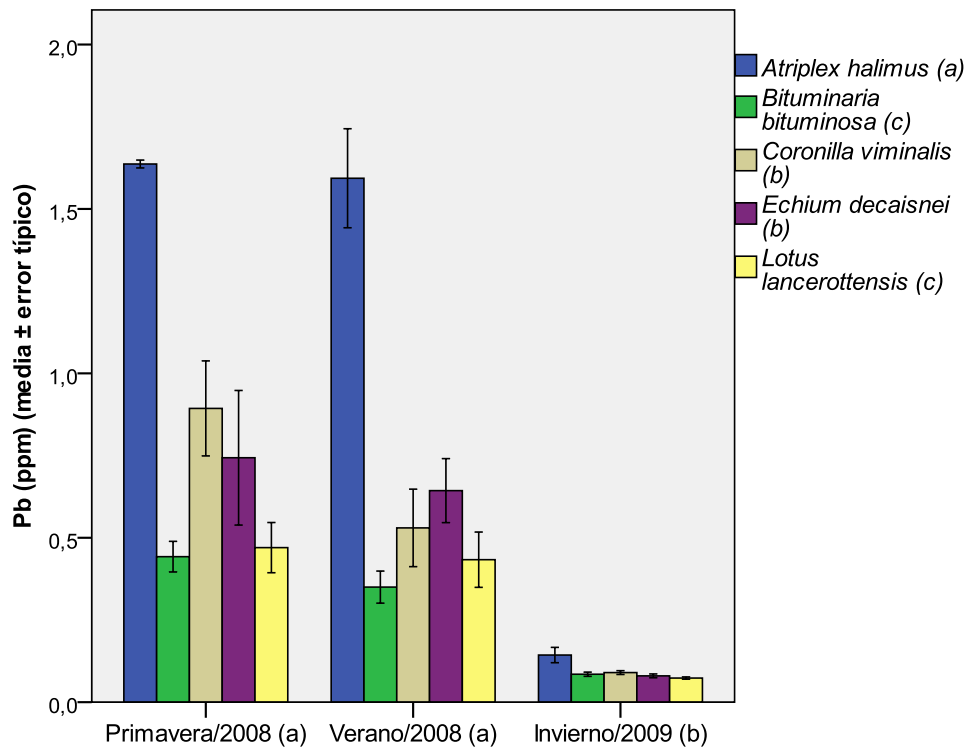
#### 4.3.4.5. Plomo (Pb).

Los niveles medios de Pb determinados en las especies estudiadas presentan diferencias significativas entre estaciones y especies (Tabla 33), sin embargo, presenta una baja significación en la interacción "Estación\*Especie" (Tabla 33), lo que significa que la variación de los niveles de este elemento en función de la estación no presenta diferencias entre las distintas especies ( $P > 0,05$ ).

**Tabla 33. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de plomo de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $1/\sqrt{x}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	44.844	368.591	0.000
Estación x Especie	8	0.452	0.929	0.512
Error (Estación)	22	1.338		
Especie	4	4.220	31.364	0.000
Error	11	0.370		

El mayor contenido medio en Pb lo presenta la especie *A. halimus* con  $1,12 \pm 0,25$  ppm (Tabla 41), y el más bajo corresponde a la especie *B. bituminosa*, con  $0,29 \pm 0,05$  ppm (Tabla 41), si bien es verdad que entre esta última y *L. lancerottensis* ( $0,40 \pm 0,07$  ppm) no existen diferencias significativas (Figura 27). En término medio encontramos los valores correspondientes a las especies *E. decaisnei* ( $0,54 \pm 0,13$  ppm) y *C. viminalis* ( $0,50 \pm 0,13$  ppm), sin existir diferencias significativas entre ellas (Figura 27).



**Figura 27. Contenido en plomo (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

En cuanto a la variación del contenido en Pb dependiendo de la estación en la que se realizó el muestreo, podemos decir que Invierno/2009 presentó valores significativamente mucho más bajos que las otras dos estaciones, en las que no se detectó diferencias significativas (Figura 27).

Los contenidos medios en Pb de las cinco especies estudiadas presentan valores medios muy inferiores al citado por Shackette *et al.*, 1978 para alfalfa en EEUU (2 ppm).

## 4.3.4.6. Cadmio (Cd).

Los niveles medios de Cd presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre estaciones y entre especies (Tabla 34) y una baja significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 34).

**Tabla 34. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de cadmio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado 1/x).**

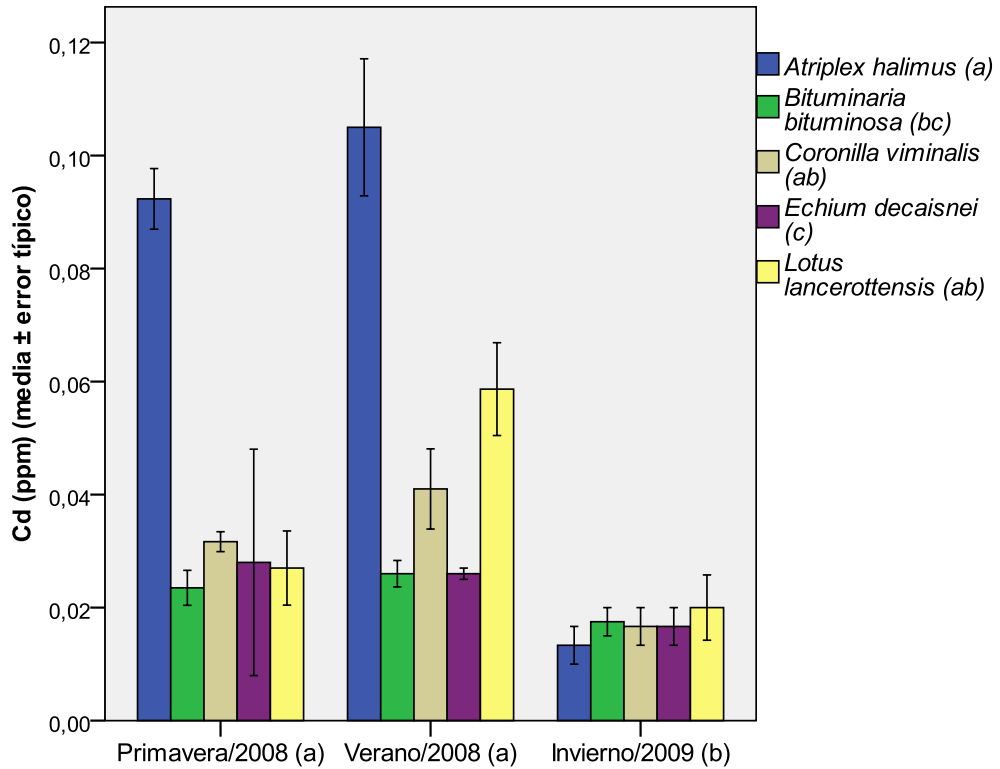
Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	79.440	14.321	0.000
Estación x Especie	8	41.923	1.889	0.113
Error (Estación)	22	61.016		
Especie	4	34.351	3.959	0.031
Error	11	23.864		

El contenido medio en Cd alcanza un valor máximo en *A. halimus* ( $0,070 \pm 0,015$  ppm) (Tabla 41) y un mínimo en *B. bituminosa* ( $0,022 \pm 0,002$  ppm) (Tabla 41). No se detectaron diferencias significativas entre la primera y *C. viminalis* ( $0,030 \pm 0,004$  ppm) y *L. lancerottensis* ( $0,038 \pm 0,009$  ppm) (Figura 28), así como tampoco entre estas dos y *B. bituminosa*, ni entre ellas ( $P > 0,05$ ). Finalmente, *E. decaisnei* ( $0,030 \pm 0,004$  ppm) no presentó diferencias significativas con *B. bituminosa* (Figura 28).

En el muestreo llevado a cabo en Invierno/2009 se obtuvieron menores concentraciones de Cd (Figura 28). Existiendo diferencia significativa entre esta estación y las otra dos, entre las cuales no existe diferencia significativa ( $P > 0,05$ ).

Las cinco especies estudiadas presentan contenidos medios en Cd que se encuentran en el rango citado por Shackette, 1972 para alfalfa en EEUU ( $0,02-0,2$  ppm).

Los niveles en Cd de la especie *A. halimus*, al igual que los de Pb, son considerablemente altos, especialmente en Primavera/2008 y Verano/2008.



**Figura 28.** Contenido en cadmio (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

#### 4.3.4.7. Estroncio (Sr).

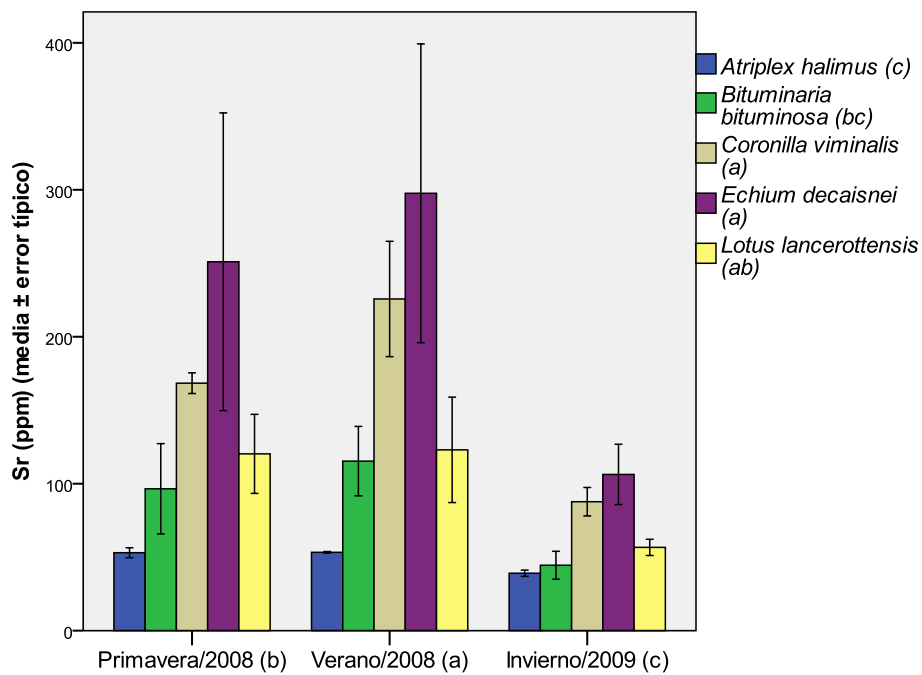
Analizando las significaciones de los contenidos medios de Sr (Tabla 35), se observa que los factores “Estación” y “Especie” presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, la interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que las variaciones del contenido de estroncio a lo largo del tiempo no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 35).

**Tabla 35.** Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de estroncio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $1/\sqrt{x}$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.015	67.060	0.000
Estación x Especie	8	0.002	1.886	0.114
Error (Estación)	22	0.002		
Especie	4	0.029	5.593	0.000
Error	11	0.014		



La especie *E. decaisnei* presenta el contenido medio más alto de entre las cinco especies muestreadas, alcanzando  $227 \pm 56,63$  ppm (Tabla 41). Por el contrario, *A. halimus*, con  $48 \pm 2,62$  ppm, presenta el contenido más bajo. En el primero de los casos no se detectaron diferencias significativas entre el contenido en Sr de esa especie con respecto al contenido del mismo microelemento en *C. viminalis* ( $160 \pm 23,25$  ppm) y *L. lancerottensis* ( $110 \pm 20,06$  ppm) (Figura 29), no habiéndose encontrado tampoco diferencias significativas entre esta última y *B. bituminosa* ( $85 \pm 15,05$  ppm), ni entre esta y *A. halimus* (Figura 29).



**Figura 29.** Contenido en estroncio (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Existen diferencias significativas entre las tres estaciones, siendo en Verano/2008 cuando se registraron mayores niveles de este microelemento (Figura 29) y en Invierno/2009 cuando se determinaron los menores niveles (Figura 29).

Si comparamos los niveles medios de las cinco especies estudiadas con el rango citado por Vanselow, 1945 para alfalfa (100-1.000 ppm) podemos observar que *E. decaisnei*, *C. viminalis* y *L. lancerottensis* presentan valores que se encuentran dentro de los límites fijados, sin embargo *B. bituminosa* y, especialmente, *A. halimus*, quedan por debajo del límite inferior citado por este autor. Sin embargo, comparando los resultados con el rango citado por Romney *et al.*, 1975 (50-1.500 ppm) observamos que las especies estudiadas presentan niveles que se encuentran en ese rango, exceptuando *A. halimus*, que se encuentra algo por debajo del límite inferior.

## 4.3.4.8. Aluminio (Al).

Los niveles medios de Al presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) para el factor “Estación” (Tabla 36), y una baja significación ( $P > 0,05$ ) para el factor “Especie” y la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 36).

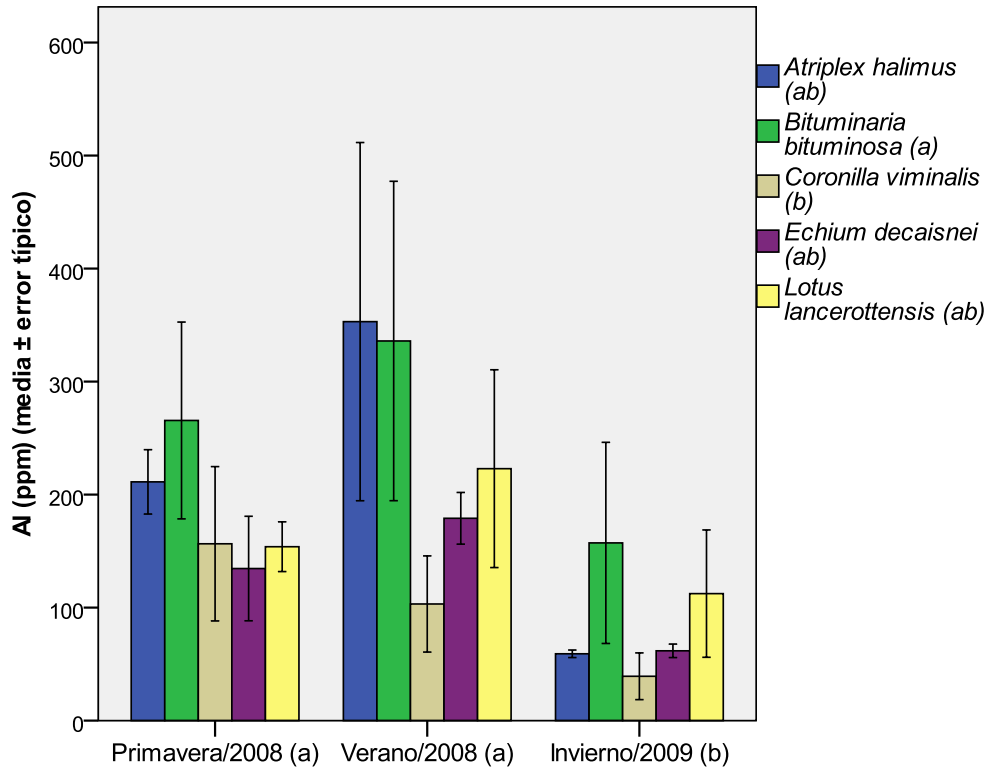
**Tabla 36. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de aluminio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	11.569	17.721	0.000
Estación x Especie	8	1.259	0.482	0.856
Error (Estación)	22	7.181		
Especie	4	5.379	1.428	0.289
Error	11	0.942		

El contenido medio más alto en Al lo presenta la especie *B. bituminosa* con  $252 \pm 60,96$  ppm (Tabla 41), si bien es verdad que los resultados del muestreo de esta especie no presentaron diferencias ( $P > 0,05$ ) con los correspondientes a *A. halimus* ( $207 \pm 62,95$  ppm), *L. lancerottensis* ( $192 \pm 36,79$  ppm) y *E. decaisnei* ( $132 \pm 24,24$  ppm) (Figura 30). En *C. viminalis* ( $99 \pm 29,36$  ppm) se determinó el nivel medio más bajo de las cinco especies, presentando diferencias significativas únicamente con *B. bituminosa* (Figura 30).

Las muestras recogidas en Invierno/2009 presentan los niveles más bajos de Al, mostrando diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) con las recogidas en Verano/2008 y Primavera/2008, las cuales no presentaron diferencias significativas entre sí (Figura 30).

El contenido medio en Al de las muestras de *A. halimus* se encuentra dentro del rango citado para esta especie por Wills *et al.*, 1990 (120-818 ppm), sin embargo, y al igual que el resto de las especies estudiadas, se encuentra muy por debajo del contenido medio para alfalfa citado por el mismo autor (1.537 ppm).



**Figura 30. Contenido en aluminio (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

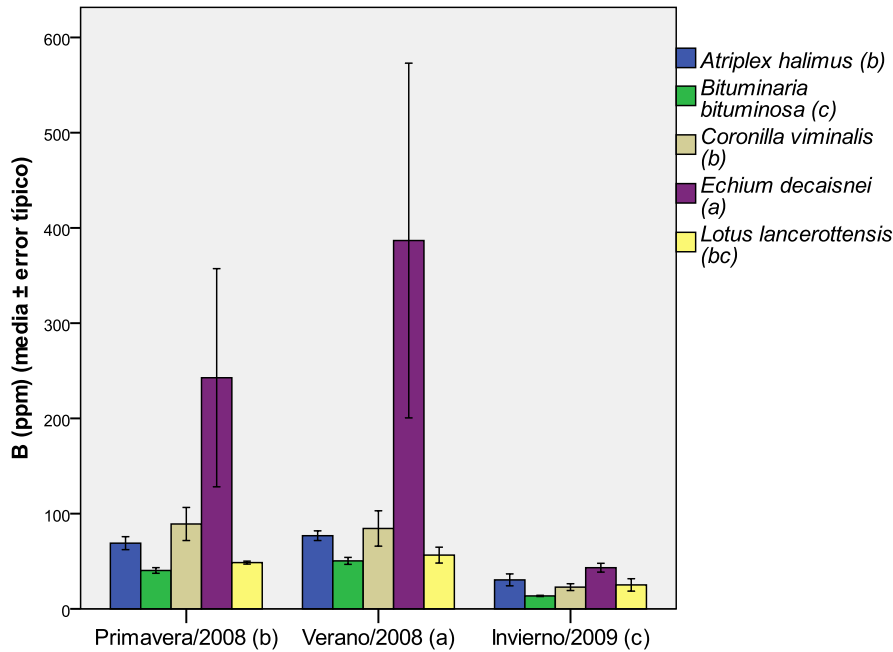
#### 4.3.4.9. Boro (B).

Analizando las significaciones de los contenidos medios de B (Tabla 37), se observa que los factores “Estación” y “Especie” presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, la interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que las variaciones del contenido de B a lo largo de las tres estaciones no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 37).

**Tabla 37. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de boro de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $1/\sqrt{x}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	0.128	176.249	0.000
Estación x Especie	8	0.006	2.156	0.074
Error (Estación)	22	0.008		
Especie	4	0.078	10.177	0.001
Error	11	0.021		

El contenido medio de B en las cinco especies muestreadas presenta un valor máximo y significativamente diferente al resto en la especie *E. decaisnei* ( $245 \pm 87,84$  ppm) y un valor mínimo en la especie *B. bituminosa* ( $34 \pm 4,90$  ppm) (Tabla 41), si bien es verdad que no se detectaron diferencias significativas entre ésta y *L. lancerottensis* ( $48 \pm 5,62$  ppm) (Figura 31). Con valores intermedios encontramos a las especies *A. halimus* ( $58 \pm 7,79$  ppm) y *C. viminalis* ( $65 \pm 13,00$  ppm), que no presentaron diferencias significativas entre ellas ni con *L. lancerottensis* (Figura 31).



**Figura 31.** Contenido en boro (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

En cuanto a la variación del nivel de B respecto de la estación en la que se realizaron las muestras, podemos decir que existen diferencias significativas entre las tres estaciones ( $P \leq 0,05$ ), siendo Invierno/2009 la estación que presenta niveles menores y Verano/2008 en la que se determinaron niveles más altos (Figura 31). El B es relativamente inmóvil en las plantas y tiende a acumularse en las hojas viejas (Kabata-Pendias y Pendias, 2001), por lo que es normal que en el muestreo llevado a cabo en Invierno/2009 se presenten valores más bajos, teniendo en cuenta que en esta estación la fase fenológica predominante era crecimiento vegetativo (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8).

El contenido medio de las muestras de *A. halimus*, es considerablemente superior al citado para esta especie por Wills *et al.*, 1990 (14-24 ppm). Los contenidos medios de las cinco especies muestreadas se encuentran dentro del rango citado para

alfalfa por Eaton, 1944 (28-654 ppm), sin embargo, en el caso del rango citado por Bergmann, 1975 para alfalfa en Alemania (30-100 ppm), *E. decaisnei* supera con creces el límite superior del rango, presentando un contenido que es más del doble que dicho límite.

Se observa una importante concentración de B en la especie *E. decaisnei*, siendo esta concentración contundentemente superior a la del resto de especies, especialmente en Primavera/2008 y Verano/2008.

#### 4.3.4.10. Cobalto (Co).

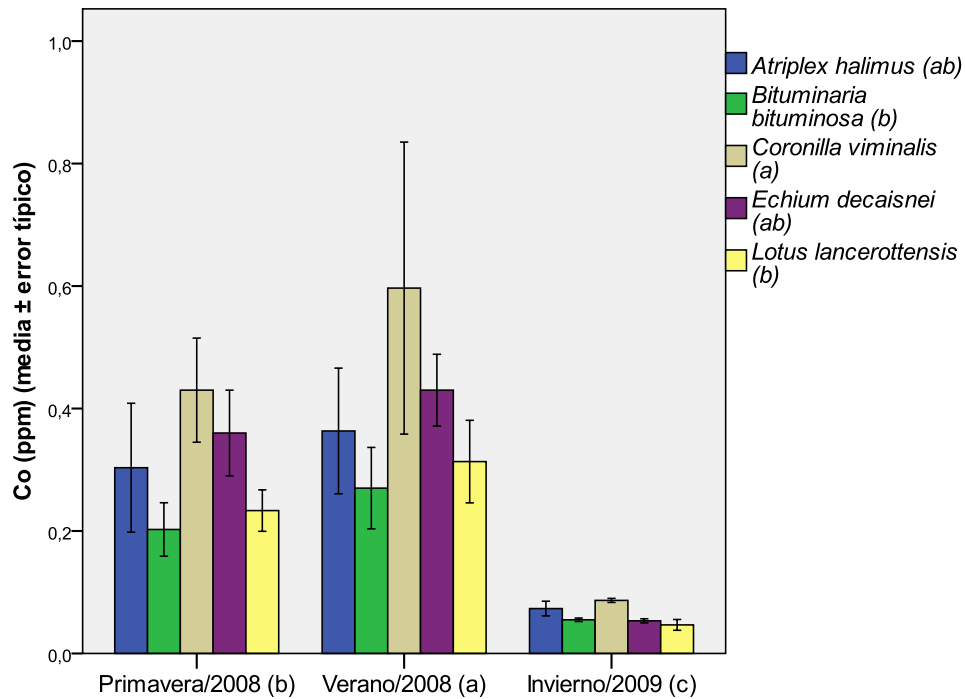
Las significaciones obtenidas del análisis estadístico de los niveles medios de Co muestran diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en los factores “Especie” y “Estación” (Tabla 38). Sin embargo, en el caso de la interacción “Estación\*Especie” no presenta diferencias significativas (Tabla 38).

**Tabla 38. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de cobalto de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $1/\sqrt{x}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	54.606	136.063	0.000
Estación x Especie	8	1.692	1.054	0.428
Error (Estación)	22	4.415		
Especie	4	3.902	4.427	0.022
Error	11	2.424		

La especie *C. viminialis* presentó el contenido medio de Co más alto de las cinco especies estudiadas ( $0,37 \pm 0,105$  ppm) (Tabla 41), si bien es verdad que no se detectaron diferencias significativas con *E. decaisnei* ( $0,31 \pm 0,064$  ppm) y *A. halimus* ( $0,25 \pm 0,061$  ppm) (Figura 32). Por otro lado, *B. bituminosa* ( $0,18 \pm 0,036$  ppm) presentó el contenido medio más bajo, aunque sólo presentó diferencias significativas con *C. viminialis* (Figura 32). La especie *L. lancerottensis* ( $0,24 \pm 0,047$  ppm) presentó un contenido medio, y al igual que en el caso anterior, sólo presentó diferencias significativas con *C. viminialis* (Figura 32).

Invierno/2009 es la estación en la que se detectaron niveles más bajos de Co, existiendo además diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) con las otras dos estaciones. Por el contrario, en Verano/2008 se obtuvieron los niveles significativamente más altos de las tres estaciones, correspondiendo a Primavera/2008 niveles intermedios (Figura 32). El Co no es muy móvil en la planta (Loué, 1988), hecho que explica las bajas concentraciones de este mineral en Invierno/2009, en la que las poblaciones estudiadas se encontraban en fase de crecimiento vegetativo (Tabla 4, 5, 6, 7 y 8).



**Figura 32.** Contenido en cobalto (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Bear y Wallace, 1950 citan un contenido de Co en alfalfa de 0,02-0,24 ppm. *B. bituminosa* y *L. lancerottensis* se encuentran dentro del rango citado, sin embargo, *E. decaisnei*, *C. viminalis* y *A. halimus* superan el límite superior del rango, si bien es verdad que en último de los casos mencionados el nivel se aproxima a la cita. Finalmente, y teniendo en cuenta el rango de contenido de cobalto en alfalfa citado por Cambi, 1949 (0,04-0,29 ppm), se observa que las únicas especies que presentan contenidos en Co mayores al rango citado son *C. viminalis* y *E. decaisnei*, encontrándose los niveles del resto de especies entre el rango citado.

Si comparamos los resultados obtenidos con los requerimientos de Co en rumiantes citados por McDowell *et al.*, 1993 (0,1-0,2 ppm), se puede observar que ninguna de las especies presenta valores menores, estando además los niveles medios de todas ellas, exceptuando *B. bituminosa*, algo por encima del rango.

#### 4.3.4.11. Molibdeno (Mo).

Las significaciones obtenidas del análisis estadístico de los niveles medios de Mo muestran diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) tanto en los factores “Especie” y “Estación”, como en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 39).

**Tabla 39. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de molibdeno de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado ln<sub>x</sub>).**

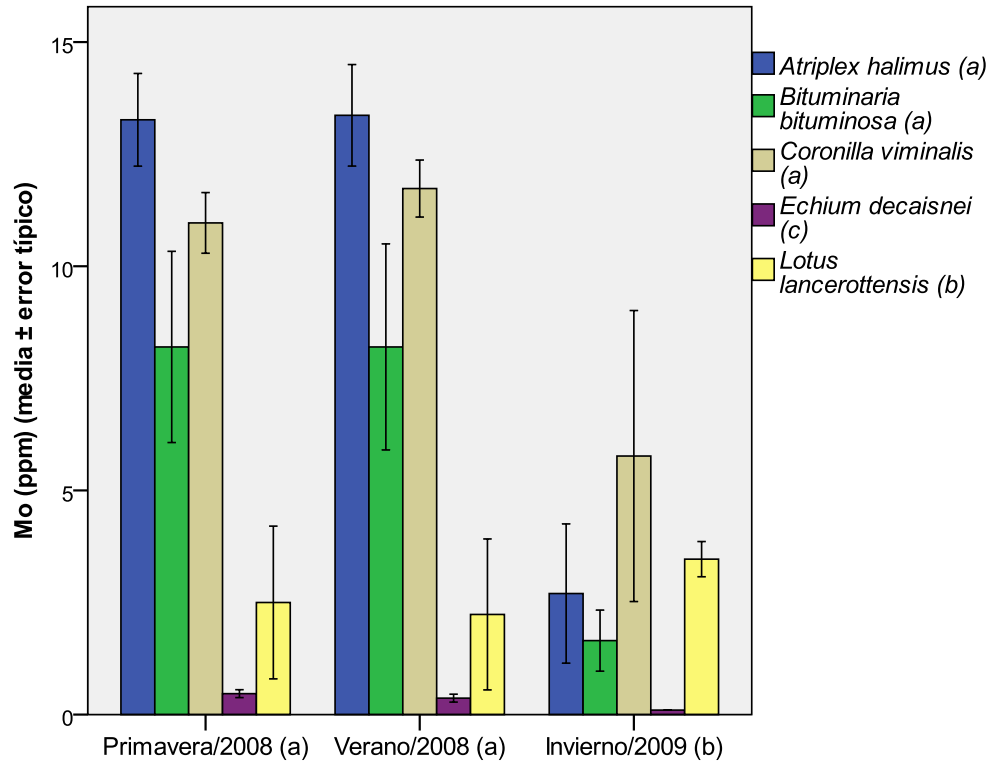
Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	9.435	18.538	0.000
Estación x Especie	8	10.791	5.301	0.001
Error (Estación)	22	5.089		
Especie	4	57.733	10.146	0.002
Error	11	14.225		

La especie *A. halimus* presenta el contenido medio en Mo más alto de las cinco especies estudiadas, alcanzando una concentración de  $9,78 \pm 1,88$  ppm (Tabla 41). Si bien es verdad que este valor no presentó diferencias significativas con los correspondientes a *C. viminalis* ( $9,49 \pm 1,35$  ppm) y *B. bituminosa* ( $6,02 \pm 1,34$  ppm) (Figura 33). Por otro lado, *E. decaisnei* presenta el nivel medio más bajo, con una concentración de  $0,338 \pm 0,068$  ppm (Tabla 41) y presentando diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) con el resto de las especies. En esa misma situación se encuentra el valor correspondiente al nivel medio de Mo en *L. lancerottensis*, presentando en este caso un contenido intermedio ( $2,41 \pm 0,91$  ppm).

En el caso del Mo, y en cuanto a su variabilidad en función de la estación en la que se llevó a cabo su recogida se refiere, podemos observar que en Invierno/2009 se obtuvieron los menores niveles en este microelemento, presentándose diferencias significativas esta estación y las otras (Figura 33). No se detectaron diferencias significativas entre las muestras recogidas en Verano/2008 y Primavera/2008 (Figura 33), presentando ambos valores considerablemente superiores a los obtenidos en Invierno/2009. Una temperatura elevada mejora la solubilidad del Mo en el suelo (Follet y Barber, 1967), hecho que explica la menor concentración en planta de este mineral en Invierno/2009, ya que la temperatura media del mes en el que se llevó a cabo este muestreo (febrero de 2009) fue  $17^\circ\text{C}$  frente a los  $22,7$  y  $23,7^\circ\text{C}$  correspondientes a Primavera/2008 y Verano/2008 respectivamente (ANEXO 2).

Teniendo en cuenta el nivel de Mo citado para un pasto medio de Estados Unidos por Kubota, 1975 (0,7-6,8), el nivel de Mo de *E. decaisnei* queda por debajo del rango citado, los correspondientes a *B. bituminosa* y *L. lancerottensis* se encuentran dentro del rango y los contenidos en Mo de *A. halimus* y *C. viminalis* lo superan considerablemente.

Comparando los resultados obtenidos con los requerimientos de este mineral por rumiantes que cita McDowell *et al.*, 1993 (2 ppm), podemos observar que *E. decaisnei* es la única especie que no alcanza esos requerimientos, encontrándose el resto muy por encima del valor citado o cercano a éste pero superándolo, como es el caso del contenido medio de *L. lancerottensis*.



**Figura 33.** Contenido en molibdeno (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Los niveles medios de Mo, al igual que los de Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, Bo y Co sufren descensos importantes en la estación invernal, con respecto a las otras dos estaciones.

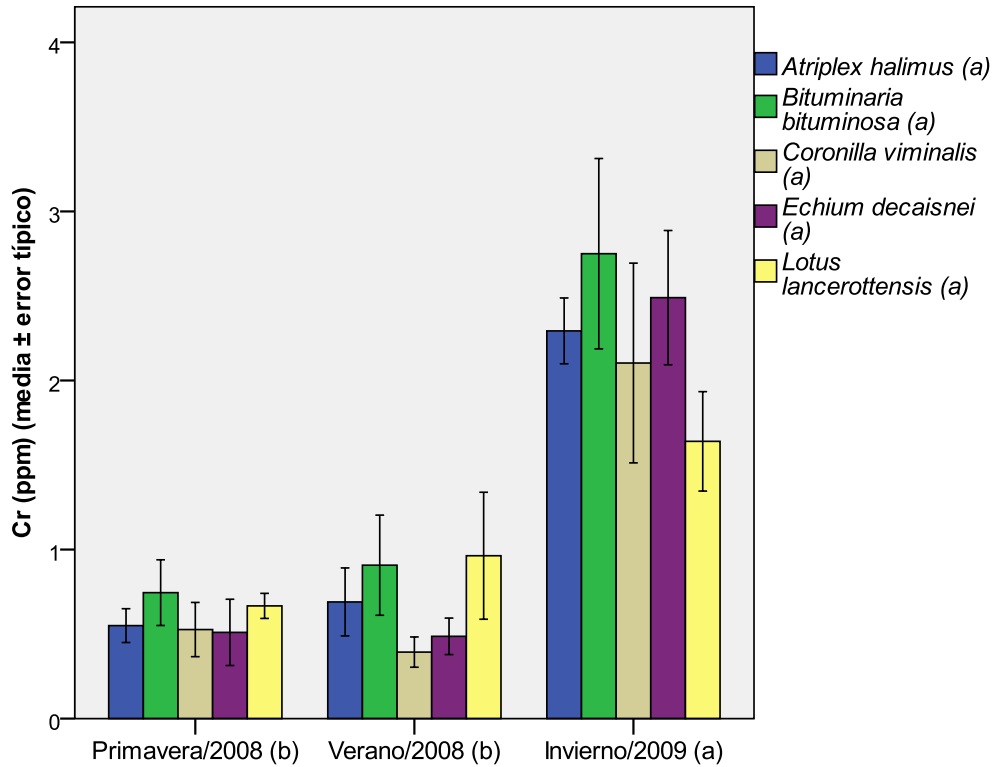
#### 4.3.4.12. Cromo (Cr).

Los niveles medios de Cr presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) para el factor “Estación” (Tabla 40), y una baja significación ( $P > 0,05$ ) para el factor “Especie” (Tabla 40 y Figura 34) y la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 40).

**Tabla 40.** Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de cromo de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $\ln x$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	18.387	79.544	0.000
Estación x Especie	8	1.183	1.280	0.304
Error (Estación)	22	2.543		
Especie	4	1.242	0.791	0.555
Error	11	4.318		





**Figura 34.** Contenido en cromo (ppm) de cinco especies forrajeras en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

El contenido medio en Cr de las especies muestreadas presenta un valor máximo de  $1,47 \pm 0,34$  ppm correspondiente a las muestras de *B. bituminosa* (Tabla 41). Por el contrario, el contenido medio más bajo pertenece a *E. decaisnei* ( $1,01 \pm 0,37$  ppm), *C. viminalis* ( $1,01 \pm 0,33$  ppm) y *L. lancerottensis* ( $1,01 \pm 0,25$  ppm) (Tabla 41). La especie *A. halimus* presenta un valor medio ( $1,18 \pm 0,29$  ppm). Cabe destacar que no se detectaron diferencias significativas entre los contenidos medios de ninguna de las especies muestreadas (Figura 34).

Los mayores niveles determinados corresponden a las muestras recogidas en Invierno/2009 (Figura 34). Presentando las muestras correspondientes a las otras dos estaciones diferencias significativas con la primera pero no entre sí ( $P > 0,05$ ).

Todas las especies muestreadas presentan niveles medios en Cr superiores al rango citado para la alfalfa por Ebens y Shacklette, 1982 (0,10-0,91 ppm).

El Cr, a diferencia del resto de microelementos, presenta valores considerablemente superiores en Invierno/2009 que en las otras dos estaciones.

**Tabla 41. Valores medios+errores típicos de la composición química (microelementos) de *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.**

	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B. b. var. albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
Fe (ppm)	229±75,25	244±45,17	142±24,97	143±23,91	172±25,86
Mn (ppm)	55±16,55	42±5,83	42±12,03	76±23,13	28±3,73
Cu (ppm)	3,41±0,68	4,27±0,67	3,79±0,56	4,94±0,69	3,17±0,50
Zn (ppm)	13,24±1,08	13,92±1,48	15,70±2,45	9,63±1,12	15,50±3,44
Pb (ppm)	1,12±0,25	0,29±0,05	0,50±0,13	0,54±0,13	0,40±0,07
Cd (ppm)	0,070±0,015	0,022±0,002	0,030±0,004	0,024±0,007	0,038±0,009
Sr (ppm)	48±2,62	85±15,05	160±23,25	227±56,63	110±20,06
Al (ppm)	207±62,95	252±60,96	99±29,36	132±24,24	192±36,79
B (ppm)	58±7,79	34±4,90	65±13,00	245±87,84	48±5,62
Co (ppm)	0,25±0,061	0,18±0,036	0,37±0,105	0,31±0,064	0,24±0,047
Mo (ppm)	9,78±1,88	6,02±1,34	9,49±1,35	0,338±0,068	2,41±0,91
Cr (ppm)	1,18±0,29	1,47±0,34	1,01±0,33	1,01±0,37	1,01±0,25

#### 4.4. ANÁLISIS DE SUELOS.

##### 4.4.1. Fertilidad de los suelos.

En la Tabla 42 se recogen los resultados del análisis de la fertilidad físico-química de los suelos de las poblaciones naturales. Los valores son expresados por la media  $\pm$  error típico y han sido obtenidos del análisis estadístico.

Ninguno de los parámetros estudiados presenta diferencias significativas entre los valores correspondientes a cada especie ( $P \geq 0,05$ ), por lo que podemos decir que son similares.

**Tabla 42. Análisis de la fertilidad físico-química de suelos de las poblaciones naturales de *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*. Valores medios  $\pm$  errores típicos, significaciones y suma de cuadrados de las variables estudiadas en el análisis. n=3, excepto: *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* (n=4).**

	$X^2_4$	Sig.	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B.b.</i> var. <i>albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
pH	6,50	0,165	8,5 $\pm$ 0,1	8,2 $\pm$ 0,1	8,2 $\pm$ 0,1	8,4 $\pm$ 0,0	8,3 $\pm$ 0,1
CE (dS m <sup>-1</sup> )	7,89	0,096	0,65 $\pm$ 0,09	0,47 $\pm$ 0,08	0,48 $\pm$ 0,08	0,95 $\pm$ 0,35	1,90 $\pm$ 0,88
Materia Orgánica (%)	3,69	0,450	0,40 $\pm$ 0,15	0,78 $\pm$ 0,24	0,53 $\pm$ 0,09	0,27 $\pm$ 0,09	1,47 $\pm$ 1,12
P Olsen (ppm)	0,75	0,945	19,7 $\pm$ 3,8	18,0 $\pm$ 3,8	14,7 $\pm$ 4,8	20,7 $\pm$ 6,6	20,0 $\pm$ 6,9
Cationes cambiables							
Na (meq/100g)	3,86	0,425	1,80 $\pm$ 1,00	2,03 $\pm$ 0,71	2,23 $\pm$ 0,75	0,42 $\pm$ 1,10	6,63 $\pm$ 4,49
K (meq/100g)	3,72	0,446	1,77 $\pm$ 1,24	2,98 $\pm$ 0,52	3,70 $\pm$ 0,31	4,17 $\pm$ 0,81	4,97 $\pm$ 2,29
Ca (meq/100g)	5,39	0,249	16,8 $\pm$ 1,4	22,6 $\pm$ 2,3	20,8 $\pm$ 0,9	16,5 $\pm$ 1,9	20,4 $\pm$ 3,1
Mg (meq/100g)	5,39	0,250	3,27 $\pm$ 1,55	6,73 $\pm$ 0,26	7,57 $\pm$ 0,76	6,67 $\pm$ 0,35	7,13 $\pm$ 3,23
CIC (meq/100g)	5,32	0,256	23,7 $\pm$ 5,0	34,4 $\pm$ 2,1	34,3 $\pm$ 0,8	31,5 $\pm$ 1,5	39,1 $\pm$ 12,3
PS (%)	4,94	0,293	37,6 $\pm$ 2,0	36,5 $\pm$ 2,8	37,2 $\pm$ 3,0	33,9 $\pm$ 1,0	42,1 $\pm$ 2,1
Arcilla (%)	4,36	0,359	24,0 $\pm$ 6,4	33,3 $\pm$ 4,4	41,0 $\pm$ 5,9	33,7 $\pm$ 5,8	30,3 $\pm$ 4,1
Limo (%)	3,77	0,438	14,0 $\pm$ 2,0	17,5 $\pm$ 2,3	18,3 $\pm$ 2,2	24,0 $\pm$ 6,7	12,3 $\pm$ 4,7
Arena (%)	3,97	0,411	62,0 $\pm$ 8,3	49,3 $\pm$ 6,5	42,0 $\pm$ 9,0	42,3 $\pm$ 8,3	57,3 $\pm$ 8,5
Fe asimilable (mg L <sup>-1</sup> )	4,84	0,305	3,37 $\pm$ 1,04	6,25 $\pm$ 0,82	6,00 $\pm$ 0,90	5,80 $\pm$ 0,35	4,83 $\pm$ 2,03
Cu asimilable (mg L <sup>-1</sup> )	3,99	0,407	0,33 $\pm$ 0,15	1,01 $\pm$ 0,47	1,30 $\pm$ 0,55	1,10 $\pm$ 0,57	0,63 $\pm$ 0,38
Mn asimilable (mg L <sup>-1</sup> )	6,82	0,146	1,57 $\pm$ 1,07	4,58 $\pm$ 0,56	5,87 $\pm$ 1,05	6,40 $\pm$ 2,05	3,20 $\pm$ 1,18
Zn asimilable (mg L <sup>-1</sup> )	2,58	0,631	1,00 $\pm$ 0,56	0,68 $\pm$ 0,18	0,73 $\pm$ 0,19	0,70 $\pm$ 0,00	0,47 $\pm$ 0,09

**Nota:** CE= Conductividad Eléctrica; CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico; PS= Porcentaje de Saturación

pH:

El pH, presenta valores muy homogéneos entre las distintas especies, alcanza un máximo de 8,5 $\pm$ 0,1 en las poblaciones de *A. halimus* y un mínimo de 8,2 $\pm$ 0,1 en las poblaciones de *B. bituminosa* y *C. viminalis* (Tabla 42). Todos los valores medios se consideran superiores al rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 que va desde 6

hasta 7, y se considera el ideal. Podemos decir por lo tanto, de manera general, que los suelos estudiados tienen carácter alcalino.

#### Conductividad eléctrica:

Los suelos en los que se encontraban las poblaciones de *L. lancerottensis* presentan el valor medio más alto de CE ( $1,90 \pm 0,88$  dS/m) (Tabla 42), acercándose al límite establecido como máximo y citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980, que es de 2 dS/m, pero sin alcanzarlo. Por otro lado, el valor más bajo corresponde a *B. bituminosa*, con  $0,47 \pm 0,08$  dS/m. Ninguno de los valores medios obtenidos alcanzó los 2 dS/m, si bien, como ya se dijo, los suelos muestreados para las poblaciones de *L. lancerottensis* se acercan a este valor.

#### Materia orgánica:

El valor más alto de materia orgánica corresponde al valor medio de las poblaciones de *L. lancerottensis* con un  $1,47 \pm 1,12\%$  y el más bajo es el correspondiente a las poblaciones de *E. decaisnei* con un  $0,27 \pm 0,09\%$  (Tabla 42). En todos los casos, los valores medios son inferiores al contenido mínimo aconsejable en materia orgánica que está en torno al 3%.

#### Fósforo asimilable :

El mayor contenido en fósforo asimilable lo presentan las poblaciones de *E. decaisnei* con  $20,7 \pm 6,6$  ppm, y el menor corresponde a las poblaciones de *C. viminalis*, con  $14,7 \pm 4,8$  ppm (Tabla 42). Estos valores están muy por debajo del rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 (80-120 ppm).

#### Cationes asimilables (Na, K, Ca y Mg):

Las poblaciones de *L. lancerottensis* presentan el valor medio más alto de Na, alcanzando  $6,63 \pm 4,49$  meq/100 g de suelo (Tabla 42). En el otro extremo se encuentran las poblaciones de *E. decaisnei*, que presentan un valor medio de Na asimilable de  $0,42 \pm 1,10$  meq/100g. Los valores absolutos del contenido de Na representan un porcentaje medio de la CIC del 6,6% en el caso de *A. halimus*, 6,1% para *B. bituminosa*, 6,5% para *C. viminalis*, 13,2% para *E. decaisnei* y 13,7% para *L. lancerottensis*. Todos estos valores son mayores al límite mínimo citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 (5%).

El potasio alcanza un valor medio máximo para los suelos de las poblaciones de *L. lancerottensis* ( $4,97 \pm 2,29$  meq/100g) y un valor mínimo para los correspondientes a *A. halimus* ( $1,77 \pm 1,24$  meq/100g) (Tabla 42). Los porcentajes con respecto a la CIC son 6,4% para *A. halimus*, 8,7% para *B. bituminosa*, 10,7% para *C. viminalis*, 13,5 % para *E. decaisnei* y 16,7% para *L. lancerottensis*, encontrándose los valores medios de los suelos de las dos últimas especies por encima del rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 (3-12%).

El máximo valor de contenido en calcio cambiabile de los suelos analizados corresponde a la media de los suelos correspondientes a las poblaciones de *B. bituminosa* ( $22,6 \pm 2,3$  meq/100g). Por otro lado, y en cuanto al mínimo valor determinado se refiere, cabe decir que corresponde a las poblaciones de *E. decaisnei* ( $16,5 \pm 1,9$  meq/100g) (Tabla 42). Los porcentajes medios con respecto a la CIC son 74,7 % para *A. halimus*, 65,7 % para *B. bituminosa*, 60,7 % para *C. viminalis*, 52,0 % para *E. decaisnei* y 58,7 % para *L. lancerottensis*. Los suelos en los que se encontraban las poblaciones de *C. viminalis* y *L. lancerottensis* poseen porcentajes de calcio menores al rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 (60-80%), si bien es verdad que en el segundo de los casos, dicha concentración se aproxima bastante al límite inferior.

Finalmente, en el caso de las concentraciones de magnesio determinadas en los suelos analizados, cabe destacar que las poblaciones de *C. viminalis*, presentaron los suelos más ricos en este microelemento ( $7,57 \pm 0,76$  meq/100g), siendo las poblaciones de *A. halimus* las que presentaron una media menor ( $3,27 \pm 1,55$  meq/100g) (Tabla 42). Las poblaciones de *A. halimus* se desarrollan sobre suelos con una media de Magnesio cambiabile del 12,3 % de la CIC, a las poblaciones de *B. bituminosa* les corresponde un 19,6 %, a las de *C. viminalis* un 22,0 %, a las de *E. decaisnei* un 21,0 % y a las de *L. lancerottensis* un 16,4 % de la CIC. El rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 es de 10-20 %, por lo que podemos decir que ninguna especie muestra valores demasiado alejados del rango, si bien es verdad que las poblaciones de *C. viminalis* y *E. decaisnei* presentan una media algo superior, estando el valor correspondiente a las poblaciones de *B. bituminosa* muy cercano al límite superior del rango citado, pero sin rebasarlo.

#### Capacidad de intercambio catiónico (CIC):

Las poblaciones estudiadas de la especie *L. lancerottensis* presentan el valor medio más elevado de CIC, alcanzando los  $39,1 \pm 12,3$  meq/100g de suelo, mientras que las poblaciones de *A. halimus* fueron las que presentaron un valor medio más bajo con  $23,7 \pm 5,0$  meq/100g (Tabla 42).

#### Textura:

Los suelos muestreados en las poblaciones de *A. halimus* presentan unos contenidos aproximados en arcillas, limos y arena de 24, 14 y 62 % respectivamente (Tabla 42 y Figura 36), lo que indica que presentan, de forma general, una textura franco-arcillo-arenosa, presentando los mayores contenidos en arena y los menores en arcilla de las cinco especies.

Los suelos de las poblaciones de *B. bituminosa*, presentando una textura menos arenosa que la anterior (33% de arcillas, 18 % de limos y 49% arena) (Tabla 42 y Figura 36), también presentan textura franco-arcillo-arenosa de forma general.

Las poblaciones de *C. viminalis* poseen unos suelos que presentaron valores medios de arcillas, limos y arena de 40, 18 y 42% respectivamente (Tabla 42 y Figura

36), presentando los mayores contenidos en arcilla y los menores en arena de las cinco especies estudiadas. Se puede considerar de textura arcillosa, si bien se encuentra en los límites de esta textura dentro del triángulo de texturas (Figura 35).

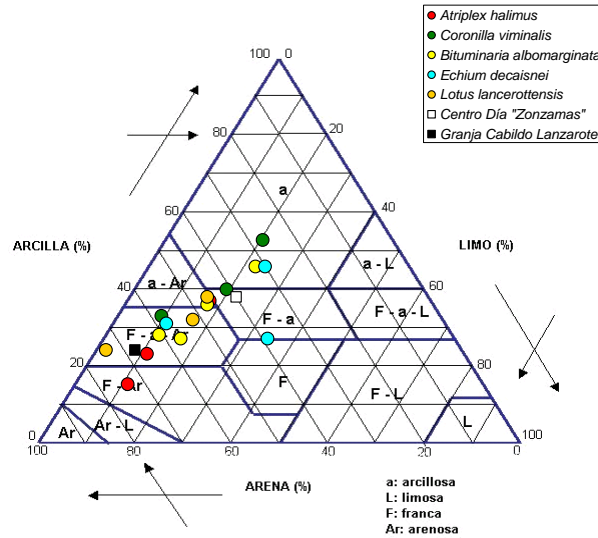


Figura 35. Triángulo de texturas de 16 poblaciones naturales y dos fincas.

El análisis de los suelos muestreados en las poblaciones de *E. decaisnei* determinaron unos contenidos medios en arcillas, limos y arena de 34, 24 y 42% respectivamente (Tabla 42 y Figura 36), pudiéndose considerar de textura franco-arcillosa.

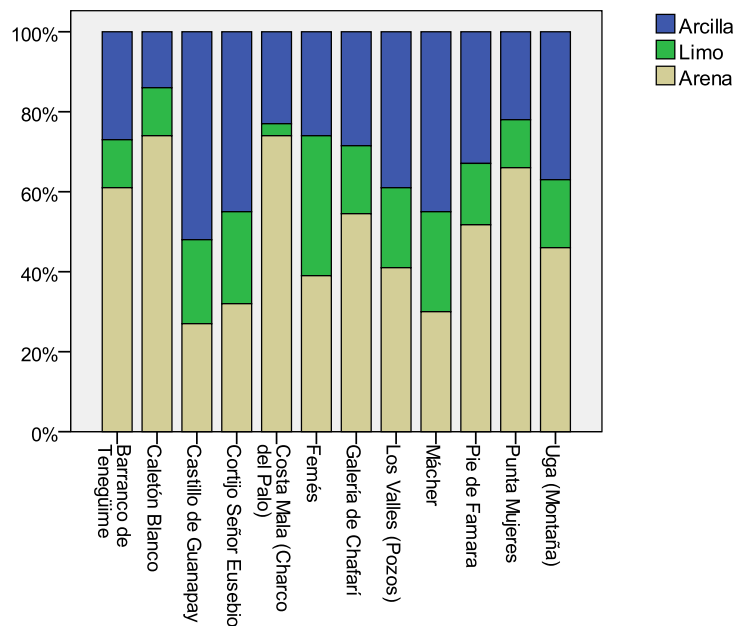


Figura 36. Análisis de las texturas de 12 suelos de poblaciones de forrajeras arbustivas.

Finalmente, los suelos en los que se desarrollan las poblaciones de *L. lancerottensis* presentaron una textura franco-arcillo-arenosa, con contenido en arcillas, limos y arena de 30, 13 y 57% respectivamente (Tabla 42 y Figura 36).

#### Microelementos:

El Hierro asimilable presenta un valor medio máximo de  $6,25 \pm 0,82$  mg/l y un valor mínimo de  $3,37 \pm 1,04$  mg/l (Tabla 42), el primero de ellos en las poblaciones de *B. bituminosa* y el segundo en las poblaciones de *A. halimus*. Todos los valores medios, exceptuando el de los suelos de esta última especie, están por encima del límite mínimo citado por Sillanpää, 1982 (4,5 mg/l). En el caso de las poblaciones de *A. halimus* se ubican en suelos con un contenido en hierro más bajo a este límite, por lo que se consideran deficitarias en este microelemento.

En cuanto al contenido medio en cobre de las poblaciones de cada una de las especies objeto de estudio en el presente trabajo, podemos decir que todos los valores medios superan el nivel mínimo citado por Sillanpää, 1982 (0,2 mg/l), siendo en algunos casos superado de forma considerable y presentando un valor máximo de  $1,30 \pm 0,55$  mg/l en las poblaciones de *C. viminialis* y un valor mínimo de  $0,33 \pm 0,15$  mg/l en las correspondientes a *A. halimus* (Tabla 42).

Ninguno de los valores medios obtenido del análisis de los suelos en los que se ubican las poblaciones muestreadas presentan déficit en manganeso, puesto que todos estos valores medios son superiores al citado por Sillanpää, 1982 (1,0 mg/l). El contenido medio en manganeso alcanza un valor máximo en las poblaciones de la especie *E. decaisnei* ( $6,40 \pm 2,05$  mg/l) y un valor mínimo en la especie *A. halimus* ( $1,57 \pm 1,07$  mg/l), como aparece recogido en la Tabla 42.

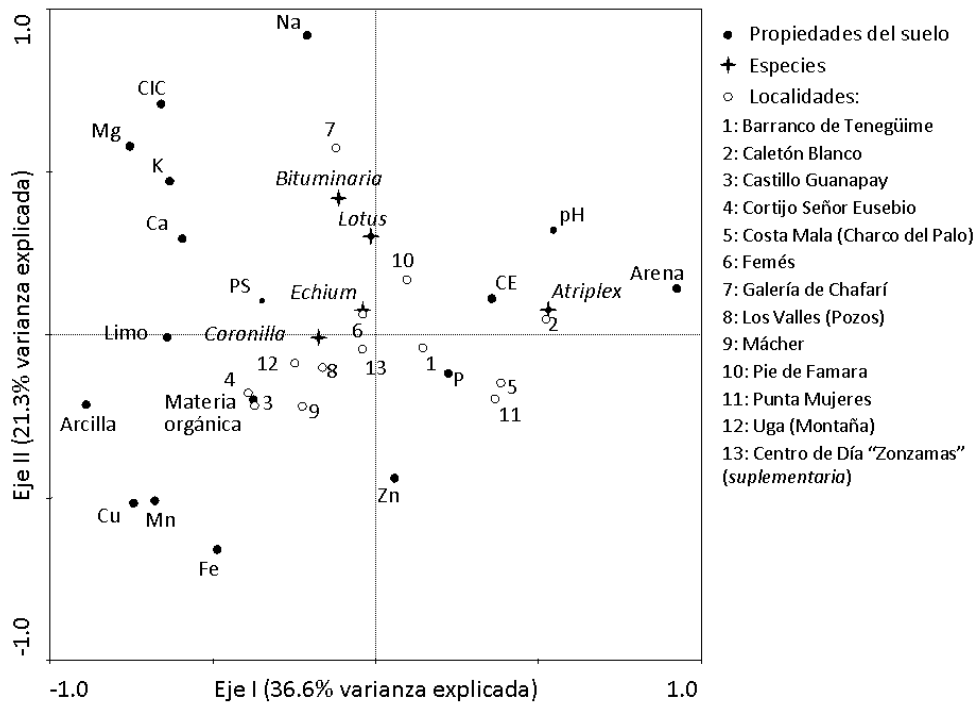
Finalmente hay que decir que todos los valores medios de contenido en zinc de las poblaciones de las cinco especies son inferiores al citado por Sillanpää, 1982 ( $>1,0$  mg/l), exceptuando al máximo valor medio determinado que corresponde a las poblaciones de la especie *A. halimus* y que alcanza ese valor ( $1,00 \pm 0,56$  mg/l). En el extremo opuesto se encuentran los suelos de las poblaciones de *L. lancerottensis*, cuyo contenido medio en zinc asimilable es  $0,47 \pm 0,09$  mg/l, representando el mínimo valor medio de entre los calculados para estas cinco especies (Tabla 42).

#### 4.4.2. Análisis de Componentes Principales (PCA).

Los dos primeros ejes del PCA (Figura 37) representan un 57,9% de la variación total observada en las propiedades de los suelos. El primer eje separa en su tramo positivo localidades con suelos arenosos, salinos, de una cierta alcalinidad aunque relativamente ricos en fósforo, donde prospera *A. halimus*; mientras que en el semieje negativo se localizan los suelos más ricos en arcilla, limo y materia orgánica y por ello dotados de una mayor capacidad de retención de agua, condiciones más favorables que aprovechan *C. viminialis* y, en menor medida, *E. decaisnei*.

Por su parte, el segundo eje del PCA (Figura 37) segrega aquellos suelos de mayor sodicidad y más ricos en bases asimilables, donde son típicos *B. bituminosa* y *L. lancerottensis*, de aquellos otros de menor pH y más ricos en micronutrientes.

El suelo del Centro de Día “Zonzamas” ocupa por sus características una posición central en el diagrama, próxima al origen de coordenadas, lo que indica unas propiedades intermedias dentro de los gradientes edáficos en Lanzarote, lo que la hace idónea para la realización del ensayo experimental.



**Figura 37. Diagrama del Análisis de Componentes Principales (PCA) de las propiedades edáficas del suelo.**

De forma general, y analizando todos los resultados obtenidos, podemos decir que las poblaciones muestreadas presentan suelos alcalinos, con CE bastante baja, exceptuando los suelos en los que se desarrolla la especie *L. lancerottensis* y materia orgánica y fósforo asimilable bastante bajos. De forma general, los valores medios de cationes cambiabiles de los suelos de las cinco especies se encuentran dentro de los rangos citados. La mayoría de los suelos muestreados presentaron una textura franco-arcillo-arenosa, existiendo varios suelos con textura arcillosa. Los niveles medios de cobre y manganeso se encuentran dentro de los límites citados (Sillanpää, 1982). Los niveles medios de hierro se corresponden con los idóneos, exceptuando los correspondientes a los suelos en los que se desarrolla la especie *A. halimus* que presentan deficiencia en este mineral. Esta circunstancia se invierte en el caso del zinc, siendo las poblaciones de esa especie las únicas que presentan suelos con niveles de zinc adecuados.



**CAPÍTULO II:  
ENSAYO DE GERMINACIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN.

La presente memoria tiene por objeto exponer los resultados obtenidos tras el Ensayo de Germinación, realizado en las instalaciones del Centro de Día “Zonzamas” (Cabildo de Lanzarote), consistente en la aplicación de seis tratamientos pregerminativos a las semillas de las cinco especies que a continuación se señalan: *Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* ssp. *purpuricense* y *Lotus lancerottensis*.

Dicho ensayo se enmarca dentro del proyecto desarrollado por la Reserva de Biosfera de Lanzarote en colaboración con la Universidad de La Laguna y con el auspicio de la Fundación Biodiversidad y que lleva por título “Estudio del potencial forrajero de especies autóctonas de la Reserva de Biosfera de Lanzarote” (Foto 11).



Foto 11. Cártel identificativo del proyecto en el que se enmarca el presente ensayo de germinación.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS.

Las semillas utilizadas en esta experiencia proceden, a excepción de las correspondientes a cuatro de las localizaciones que a continuación se muestran, de poblaciones naturales existentes en Lanzarote. La recolección de las mismas fue realizada entre los meses de mayo y junio de 2009 (Tabla 43), exceptuando la correspondiente a la especie *Atriplex halimus* que se llevó a cabo durante el mes de octubre (Tabla 43).

Tabla 43. Localización de las poblaciones naturales a partir de las cuales se obtuvieron las semillas.

	Localizaciones	Fecha de recolección
<i>Atriplex halimus</i>	Punta Mujeres	16/10/2009
	Órzola	16/10/2009
	Pie de Famara	14/10/2009
<i>Bituminaria bituminosa</i> <i>var. albomarginata</i>	Pie de Famara	24/05/2009
	Chafari	24/05/2009
	Bco. Teneguime	30/05/2009
	Cortijo Señor Eusebio (La Montaña)	27/06/2009
<i>Coronilla viminalis</i>	Los Valles (+)	30/05/2009
	Pie de Famara	20/06/2009
	Castillo Guanapay (cruce Teseguite) (+)	25/06/2009
<i>Echium decaisnei</i> ssp. <i>purpuricense</i>	Femés (+)	09/05/2009
	Mácher (+)	09/05/2009
	Pie de Famara	24/05/2009
<i>Lotus lancerottense</i>	Uga	16/05/2009
	Charco del Palo	24/05/2009
	Chafari	No localizado

(+) Poblaciones no naturales.



Foto 12. Localizaciones en las que se realizó la recolección del material utilizado en el ensayo.

Las muestras recolectadas fueron cuidadosamente manipuladas, seleccionando para cada una de las especies a ensayar aproximadamente 1.900 frutos-semillas o semillas que se agruparon en lotes de 270 (en todos los casos, a excepción de *L. lancerottensis* y *B. bituminosa* var. *albomarginata*, el material que se somete a los diversos tratamientos pregerminativos consiste en un fruto o un fragmento del mismo).

A continuación se muestran los tratamientos pregerminativos aplicados a cada una de las especies ensayadas:

**Tabla 44. Tratamientos pregerminativos aplicados a cada una de las especies ensayadas.**

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS	PROCEDIMIENTO
Escarificación con ácido sulfúrico 15 minutos	Sumergir las semillas en el ácido durante el tiempo de ensayo, a continuación enjuagar con agua.
Escarificación con ácido sulfúrico 30 minutos	
Escarificación con ácido sulfúrico 40 minutos	
Tratamiento por inmersión en agua a 80° C	Sumergir las semillas en el agua caliente y dejar enfriar durante 12 horas
Tratamiento por inmersión en agua a 100° C	
Escarificación mecánica	Raspar la superficie de las semillas con una superficie abrasiva, en este caso una lija fina.

Cada uno de estos tratamientos (Tabla 44), además de un testigo, fue aplicado para cada especie ensayada en 252 alveolos, ascendiendo a 8.820 el número total de alveolos sembrados en el marco del presente ensayo de germinación. Tras la aplicación de los mismos las siembras se realizaron transcurridas 12 horas.

Previamente a la aplicación de los diversos tratamientos a ensayar las semillas fueron lavadas con agua y detergente. En aquellos casos en que fue posible, se eliminaron las semillas que se mantenían a flote con el objeto de reducir el riesgo de sembrar semillas vanas.



**Foto 13. Muestra de *Coronilla viminalis* tras la escarificación con ácido sulfúrico.**

El ensayo de germinación fue establecido en contenedores tipo Super-Leach M-21 de forma cónica (35 mm de diámetro superior, 20 mm de diámetro inferior, 22 mm de profundidad), agrupados en bandejas de 63 contenedores (Foto 14), que se instalaron en un pequeño invernadero de malla tipo túnel dotado de termómetro e higrómetro para el registro de las condiciones ambientales del ensayo.

El sustrato utilizado consistió en una mezcla de turba (se utilizó turba de la marca Gramoflor de la casa Sondermischung con las siguientes características: materia orgánica 68%, N orgánico 0,2%, C biológico 34%), picón (material de origen volcánico) y suelo arcilloso en una proporción 4:3:2. Previamente a su preparación la turba y el suelo fueron tamizados a través de una malla de 10 mm, mientras que para el picón se empleó una malla de 3 mm.

Una vez llenos y antes de la siembra los contenedores se regaron diariamente con el objeto de asentar el sustrato y conseguir que éste se encontrara en condiciones óptimas para acoger la siembra.





Foto 14. Proceso de siembra de la especie *Atriplex halimus*.

Periódicamente se realizó el conteo de las plántulas emergidas, cuyo destino final será el trasplante a dos parcelas de ensayo.

### 3. RESULTADOS.

#### 3.1. *Atriplex halimus*.

Las curvas de germinación muestran claramente como la aplicación de tratamientos pregerminativos en *A. halimus* no resulta una práctica apropiada para mejorar el proceso de germinación de las semillas (Figura 38).

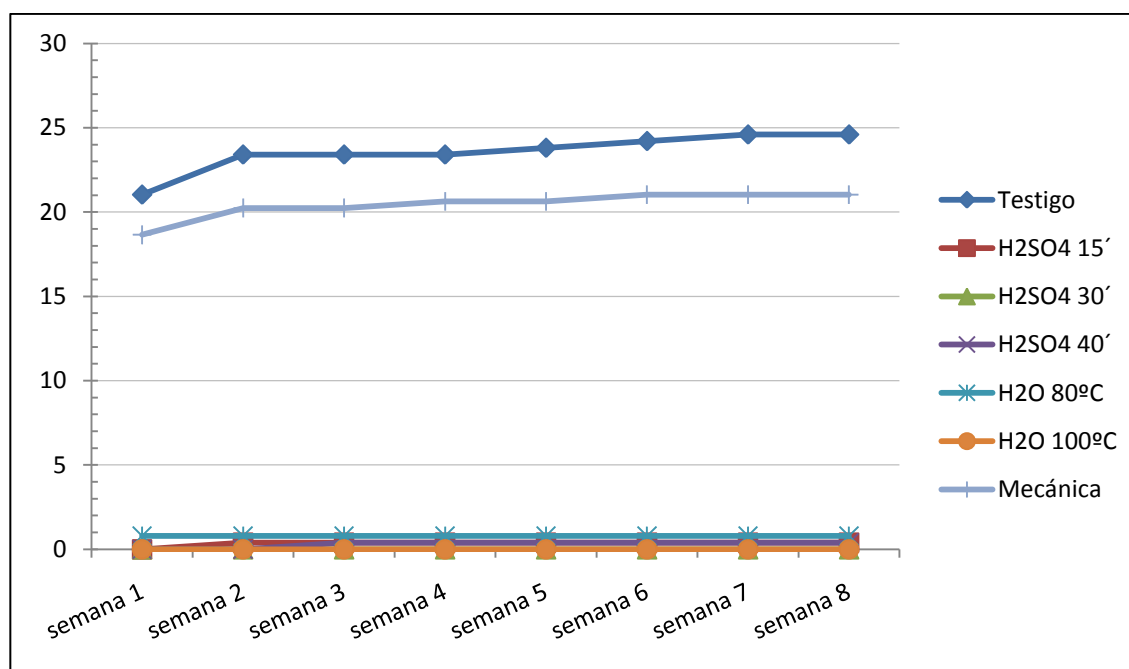


Figura 38. Curvas de germinación en *Atriplex halimus* (Fecha de siembra: 20/12/2009).

El valor máximo de germinación obtenido durante este ensayo (24,60%) (Tabla 45) ha resultado muy bajo, circunstancia que quizás pueda deberse a la escasa calidad de la semilla utilizada. Tal y como se comentará en el apartado “Observaciones”, durante la fase de limpieza y selección de las semillas de *A. halimus* se observó como mucho de los frutos recolectados no presentaban semilla en su interior, ésta estaba poco desarrollada o atacada por insectos. A pesar de realizar con esmero la etapa de selección del material, llegando incluso a revisar cada uno de los frutos a emplear en el ensayo, el porcentaje de germinación obtenido ha resultado escaso. Esta circunstancia requeriría un estudio con mayor detenimiento de aquellos factores que han podido influir en la calidad de la semillas recolectadas (ataque de patógenos, condiciones ambientales, época de recolección...).

**Tabla 45. Datos correspondientes a la evolución de la germinación para cada uno de los tratamientos aplicados a la especie *Atriplex halimus*. NOTA: El valor que se encuentra entre paréntesis corresponde al porcentaje de germinación.**

<i>Atriplex halimus</i> / Fecha de siembra: 20/12/2009							
Fecha conteo	Testigo	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15´	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30´	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 40´	Agua 80°C	Agua 100°C	Mecánico
06/01/2010	53 (21,03%)	-	-	-	2 (0,79%)	-	47 (18,65%)
15/01/2010	59 (23,41%)	1 (0,39%)	-	-	2 (0,79%)	-	51 (20,24%)
30/01/2010	59 (23,41%)	1 (0,39%)	-	1(0,39%)	2 (0,79%)	-	51 (20,24%)
07/02/2010	59 (23,41%)	1 (0,39%)	-	1(0,39%)	2 (0,79%)	-	52 (20,63%)
12/02/2010	60 (23,81%)	1 (0,39%)	-	1(0,39%)	2 (0,79%)	-	52 (20,63%)
19/02/2010	61 (24,21%)	1 (0,39%)	-	1(0,39%)	2 (0,79%)	-	53 (21,03%)
27/02/2010	62 (24,60%)	1 (0,39%)	-	1(0,39%)	2 (0,79%)	-	53 (21,03%)
05/03/2010	62 (24,60%)	1 (0,39%)	-	1(0,39%)	2 (0,79%)	-	53 (21,03%)



Foto15. Distintos estados de desarrollo de la especie *Atriplex halimus*.

### 3.2. *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*.

La aplicación de los distintos tratamientos favorece la germinación en esta especie, alcanzándose los niveles máximos con la aplicación de tratamientos consistentes en la inmersión de la semilla en agua caliente (inmersión en agua a 100 °C, 51,59%; inmersión en agua a 80°C, 46,82%) (Tabla 46).

Entre los tratamientos aplicados se muestran como menos eficaces los correspondientes a la escarificación con ácido, decreciendo los porcentajes de germinación máximos a medida que se aumenta el tiempo de exposición de las semillas a los mismos (Figura 39).



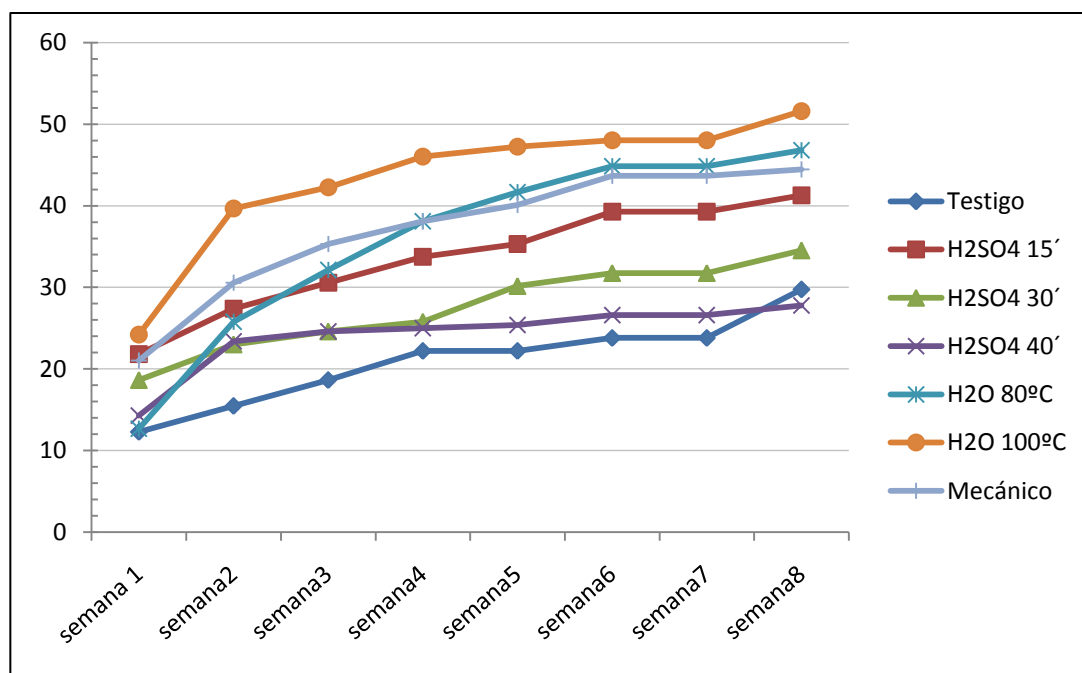


Figura 39. Curvas de germinación en *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* (Fecha de siembra: 29//10/ 2009).

Tabla 46. Datos correspondientes a la evolución de la germinación para cada uno de los tratamientos aplicados a la especie *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*. El valor que se encuentra entre paréntesis corresponde al porcentaje de germinación.

<i>Bituminaria bituminosa</i> var. <i>albomarginata</i> / Fecha de siembra: 29/10/2009							
Fecha conteo	Testigo	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 40'	Agua 80°C	Agua 100°C	Mecánico
05 /11/2009	31 (12,30%)	55 (21,82%)	47 (18,65%)	36 (14,28%)	32 (12,70%)	61 (24,21%)	53 (21,03%)
15/11/2009	39 (15,48%)	69 (27,38%)	58 (23,01%)	59 (23,41%)	65 (25,79%)	100 (39,68%)	77 (30,55%)
20/11/2009	47 (18,65%)	77 (30,55%)	62 (24,60%)	62 (24,60%)	81 (32,14%)	114 (42,24%)	89 (35,32%)
27/11/2009	56 (22,22%)	85 (33,73%)	65 (25,79%)	63 (25,00%)	96 (38,09%)	116 (46,03%)	96 (38,09%)
05/12/2009	56 (22,22%)	89 (35,32%)	76 (30,16%)	64 (25,39%)	105 (41,67%)	119 (47,22%)	101 (40,08%)
12/12/2009	60 (23,81%)	99 (39,28%)	80 (31,75%)	67 (26,59%)	113 (44,84%)	121 (48,01%)	110 (43,65%)
26/12/2009	75 (29,76%)	104(41,27%)	87 (34,52%)	70 (27,78%)	118 (46,82%)	130 (51,59%)	112 (44,45%)



Foto 16. Distintos estados de desarrollo de la especie *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*.

### 3.3. *Coronilla viminalis*.

Tal y como se observa en la Tabla 47 y Figura 40, esta especie no requiere la aplicación de tratamientos para promover la germinación, alcanzándose en la muestra testigo los mayores porcentajes de germinación (63,07%).

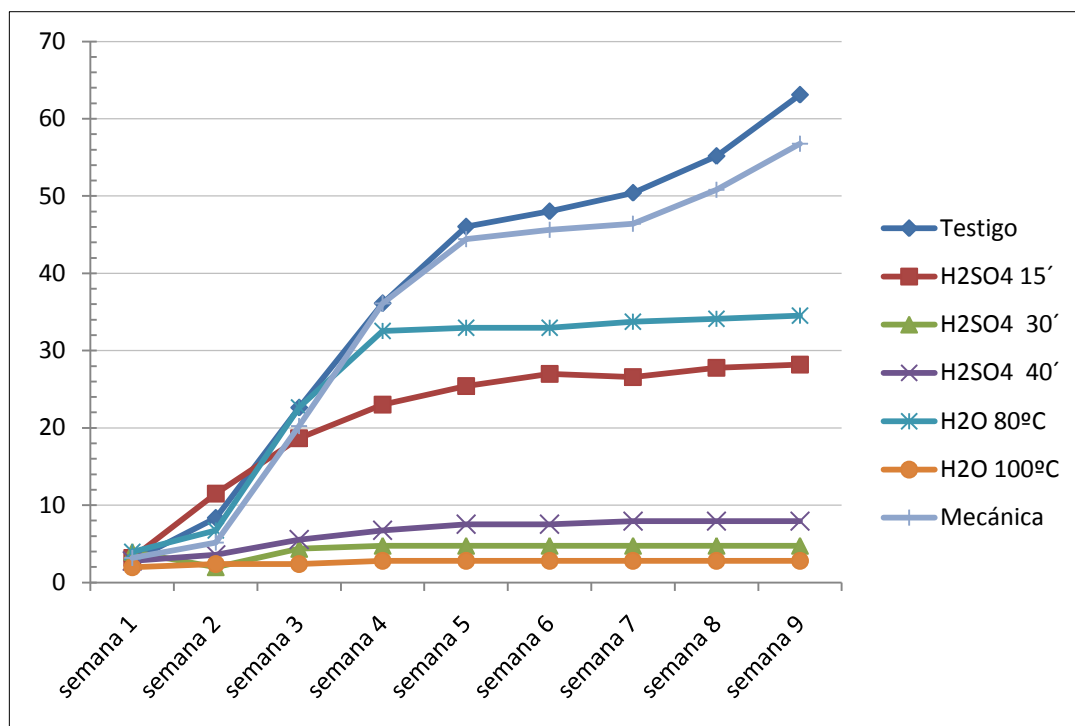


Figura 40. Curvas de germinación en *Coronilla viminalis* (Fecha de siembra: 24/10/2009).

Entre los tratamientos aplicados es la escarificación mecánica el que mejores resultados muestra, con valores de germinación ligeramente inferiores a los alcanzados en la muestra testigo (56,75%) (Tabla 47).

Los tratamientos restantes pueden ser divididos en dos grupos en función de la eficacia obtenida: el primero (inmersión en agua a 80°C; escarificación con ácido 15 minutos), presenta porcentajes máximos de germinación de 34,52% y mínimos de 28,71%, el segundo grupo (inmersión en agua a 100°C; escarificación con ácido 30 y 40 minutos) ha presentado resultados poco satisfactorios con porcentajes máximos de germinación de 7,94% (Tabla 47).

En relación a la evolución de la germinación, podemos observar como en aquellos tratamientos donde se logró la mayor eficacia (testigo; escarificación mecánica) presentan curvas claramente ascendentes, siendo durante las cinco primeras semanas de ensayo cuando el ritmo de germinación fue mayor.

**Tabla 47. Datos correspondientes a la evolución de la germinación para cada uno de los tratamientos aplicados a la especie *Coronilla viminalis*. NOTA: El valor que se encuentra entre paréntesis corresponde al porcentaje de germinación.**

<i>Coronilla viminalis</i> / Fecha de siembra: 24/10/2009							
Fecha conteo	Testigo	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 40'	Agua 80°C	Agua 100°C	Mecánico
29/10/2009	7 (2,78%)	8 (3,17%)	10 (3,97%)	7 (2,78%)	10 (3,97%)	5 (1,98%)	8 (3,17%)
05/11/2009	21 (8,34%)	29 (11,51%)	5 (1,98%)	9 (3,57%)	17 (6,75%)	6 (2,38%)	13 (5,16%)
13/11/2009	57 (22,61%)	47 (18,65%)	11 (4,36%)	14 (5,55%)	57 (22,62%)	6 (2,38%)	51 (20,24%)
20/11/2009	91 (36,11%)	58 (23,01%)	12 (4,76%)	17 (6,75%)	82 (32,54%)	7 (2,78%)	91 (36,11%)
27/11/2009	116 (46,03%)	64 (25,40%)	12 (4,76%)	19 (7,54%)	83 (32,94%)	7(2,78%)	112 (44,44%)
02/12/2009	121(48,01%)	68 (26,98%)	12 (4,76%)	19 (7,54%)	83 (32,94%)	7(2,78%)	115 (45,63%)
05/12/2009	127 (50,40%)	67 (26,59%)	12 (4,76%)	20 (7,94%)	85 (33,73%)	7(2,78%)	117 (46,43%)
12/12/2009	139 (55,16%)	70 (27,78%)	12 (4,76%)	20 (7,94%)	86 (34,12%)	7(2,78%)	128 (50,79%)
20 /12/2009	159 (63,09%)	71 (28,17%)	12 (4,76%)	20 (7,94%)	87 (34,52%)	7(2,78%)	143 (56,75%)



**Foto 17. Distintos estados de desarrollo de la especie *Coronilla viminalis*.**

### 3.4. *Echium decaisnei* ssp. *purpurianse*.

La aplicación de tratamientos para promover la germinación de las semillas de esta especie no resulta una práctica eficaz. Tal y como muestran las curvas de germinación, las semillas no tratadas lograron un valor máximo de germinación del 73,41%, mientras que el porcentaje de germinación alcanzado para aquellas que fueron escarificadas mecánicamente, tratamiento éste con el que se lograron los mejores resultados entre los seis aplicados, fue del 41,27% (Tabla 48).



Foto 18. Distintos estados de desarrollo de la especie *Echium decaisnei* ssp. *purpuricense*.

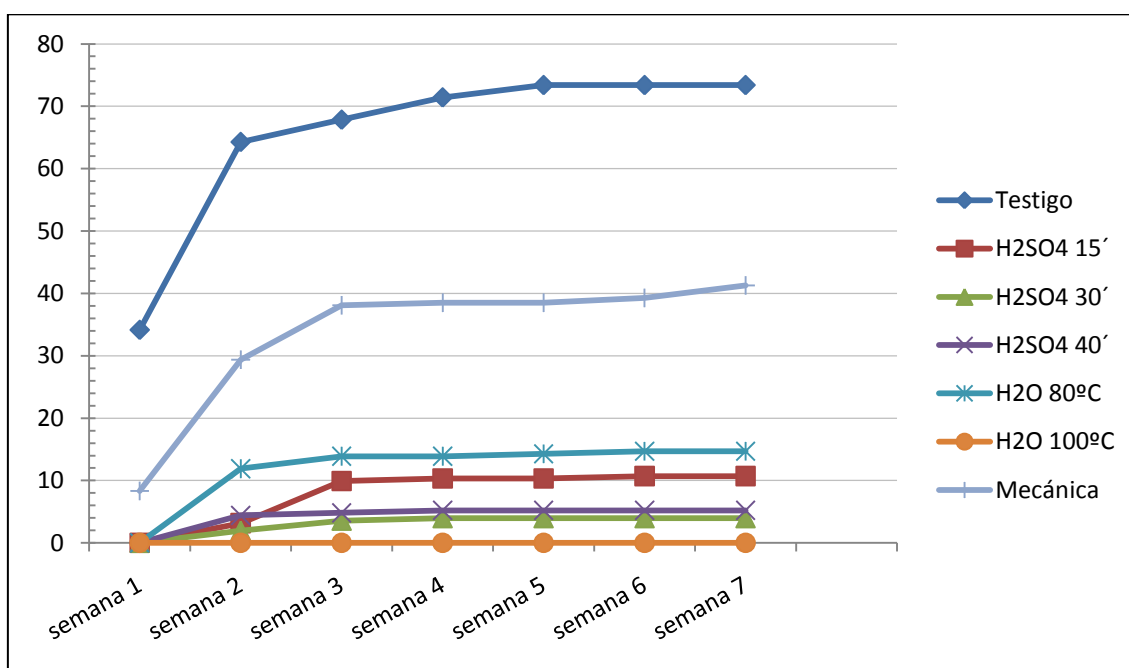


Figura 41. Curvas de germinación en *Echium decaisnei* ssp. *purpuricense* (Fecha de siembra: 6/01/2010).

La evolución de las curvas de germinación nos muestra como el mayor incremento en la germinación se produce durante las dos primeras semanas tras la siembra, circunstancia que se repite prácticamente en todos los tratamientos aplicados (Figura 41).



**Tabla 48. Datos correspondientes a la evolución de la germinación para cada uno de los tratamientos aplicados a la especie *Echium decaisnei* spp. *purpuricense*. NOTA: El valor que se encuentra entre paréntesis corresponde al porcentaje de germinación.**

<i>Echium decaisnei</i> spp. <i>purpuricense</i> / Fecha de siembra: 6 de enero de 2010							
Fecha conteo	Testigo	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 40'	Agua 80°C	Agua 100°C	Mecánico
15/01/2010	86 (34,13%)	-	-	-	-	-	21 (8,34%)
30/01/2010	162(64,28%)	8 (3,17%)	5 (1,98%)	11 (4,41%)	30 (11,90%)	-	74 (29,36%)
07/02/2010	171(67,85%)	25 (9,92%)	9 (3,57%)	12 (4,82%)	35 (13,89%)	-	96 (38,09%)
12/02/2010	180(71,43%)	26 (10,32%)	10 (3,97%)	13 (5,22%)	35 (13,89%)	-	97 (38,49%)
19/02/2010	185(73,41%)	26 (10,32%)	10 (3,97%)	13 (5,22%)	36 (14,28%)	-	97 (38,49%)
27/02/2010	185(73,41%)	27 (10,71%)	10 (3,97%)	13 (5,22%)	37 (14,68%)	-	99 (39,28%)
05/03/2010	185(73,41%)	27 (10,71%)	10 (3,97%)	13 (5,22%)	37 (14,68%)	-	104 (41,27%)

### 3.5. *Lotus lancerottensis*.

Como puede observarse en la Figura 42, la escarificación de la cubierta de las semillas de *L. lancerottensis* resulta altamente eficaz en la promoción de la germinación, lográndose con este tratamiento un porcentaje de germinación de 71,43%, valor que incrementa en un 28% el valor máximo de germinación correspondiente a las semillas no tratadas.

Aunque en menor medida, la inmersión de las semillas en agua a 80°C antes de la siembra resulta, igualmente, un tratamiento apropiado para promover la germinación en esta especie, alcanzándose valores máximos de germinación de 53,57%.

Los tratamientos de las semillas consistentes en la inmersión en agua a 100°C y la escarificación con ácido resultan ineficaces para mejorar la fase de germinación en esta especie, siendo en el caso de la escarificación con ácido donde este hecho se muestra más patente.

En relación a la evolución de la germinación puede observarse como el mayor incremento de la misma se produce durante los primeros catorce días tras la siembra, germinando en este periodo más de la mitad de las semillas que lo harán tras los sesenta días de duración del ensayo.

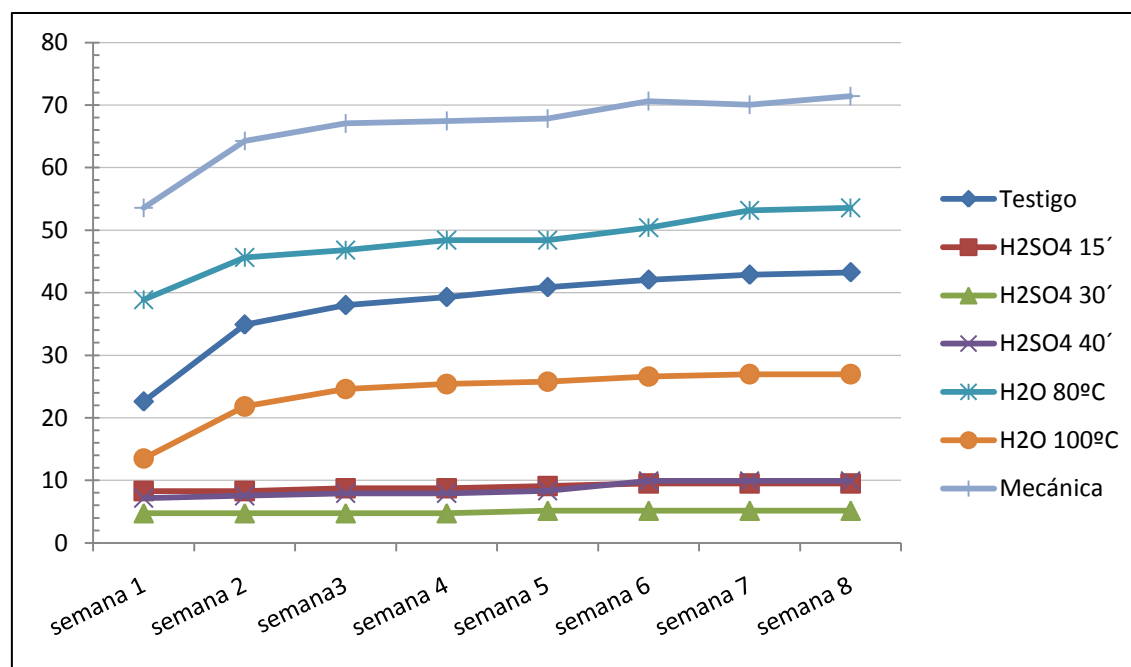


Figura 42. Curvas de germinación en *Lotus lancerottensis* (Fecha de siembra: 7/11/2009).

Tabla 49. Datos correspondientes a la evolución de la germinación para cada uno de los tratamientos aplicados a la especie *Lotus lancerottensis*. NOTA: El valor que se encuentra entre paréntesis corresponde al porcentaje de germinación.

<i>Lotus lancerottensis</i> / Fecha de siembra: 7/11/2009							
Fecha conteo	Testigo	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 40'	Agua 80°C	Agua 100°C	Mecánico
15/11/2009	57 (22,6%)	21 (8,30%)	12(4,76%)	18(7,14%)	98 (38,89%)	34 (13,49%)	135 (53,57%)
20/11/2009	88 (34,9%)	21 (8,30%)	12 (4,76%)	19 (7,54%)	115 (45,64%)	55 (21,82%)	162 (64,28%)
27 /11/2009	96 (38,0%)	22 (8,73%)	12 (4,76%)	20 (7,93%)	118 (46,82%)	62 (24,60%)	169 (67,06%)
05 /12/2009	99 (39,28%)	22 (8,73%)	12 (4,76%)	20 (7,93%)	122 (48,41%)	64 (25,40%)	170 (67,46%)
12 /12/2009	103 (40,87%)	23 (9,10%)	13 (5,16%)	21(8,33%)	122 (48,41%)	65 (25,79%)	171 (67,86%)
20/12/2009	106 (42,06%)	24 (9,52%)	13 (5,16%)	25 (9,92%)	127 (50,40%)	67 (26,59%)	178 (70,63%)
02/01/2010	108 (42,86%)	24 (9,52%)	13 (5,16%)	25(9,92%)	134 (53,17%)	68 (26,98%)	179 (70,03%)
06 /01/2010	109 (43,25%)	24 (9,52%)	13 (5,16%)	25(9,92%)	135 (53,57%)	68 (26,98%)	180 (71,43%)



Foto 19. Distintos estados de desarrollo de la especie *Lotus lancerottensis*.

### 3.6. VALORACIÓN MORFOLÓGICA.

Tras treinta días las plantas obtenidas en el ámbito del ensayo de germinación presentaron las siguientes características morfológicas:

Tabla 50. Características morfológicas de las plantas obtenidas en el ámbito del ensayo tras 30 días.

Características de las plantas (1)	<i>Atriplex halimus</i>	<i>Bituminaria bituminosa</i> var. <i>albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i> ssp. <i>purpurium</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
Altura (2)	5,10 cm	11,65 cm	2,28 cm	3,77 cm	(3)
Nº de ramas	-	0,45 (4)	2,6	-	6,05
Long. ramas	-	2,61	7,43	-	20,85

(1) Valores medios obtenidos a partir de las mediciones realizadas en 20 plantas.  
 (2) Altura correspondiente al tallo principal de la planta.  
 (3) El tallo principal de la planta es de escasa longitud. En la mayoría de las plantas estudiadas los tallos secundarios emergen directamente del cuello de la planta.  
 (4) Aunque escasamente tres de las plantas valoradas presentaban ramificación lateral en el momento de realizar la medición, la mayoría de ellas presentaban ramas laterales incipientes.

### 4. OBSERVACIONES.

En relación a la recolección y selección de las semillas.



Foto 20. *Coronilla viminalis* mostrando una abundante fructificación (izq.) y *Lotus lancerottensis* en floración (dcha.).

La recolección de las semillas se realizó adecuadamente en las especies *Lotus lancerottensis*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* y *Coronilla viminalis*, sin

embargo, en el caso de *Echium decaisnei* spp. *purpuricense* la época de recolección no resultó la apropiada ya que, a finales de mayo las espigas florales de la planta se encontraban completamente secas, permaneciendo únicamente en las mismas aquellos frutos-semillas que de forma natural no se habían dispersado. Esta circunstancia dificultó grandemente la fase de limpieza y selección del material de siembra pues, estos frutos-semillas residuales no se desprendieron con facilidad, teniendo que ser separados de uno en uno de los cálices secos a los que se encontraban adheridos. Aunque se desconoce, no sería de extrañar que la viabilidad de estos frutos-semillas fuera menor que la de aquellos que se dispersaron de forma natural.

Por el contrario, durante los meses de mayo y junio, meses en los que se preveía realizar la recolección de todas las especies a ensayar, las plantas de *Atriplex halimus* de las poblaciones visitadas se encontraban emitiendo sus primeras espigas florales, circunstancia por la que la recolección de esta especie se retrasó.



**Foto 21.** En la imagen de la izquierda puede verse una planta de *E. decaisnei* spp. *purpuricense* mostrando las espigas florales secas en el mes de mayo. A la derecha, ejemplar de *A. halimus* fotografiado en el mes de junio con las espigas florales poco desarrolladas.

En relación a la especie *A. halimus*, en el momento de la selección del material de siembra se comprobó como un alto porcentaje de los frutos recogidos se encontraban vacíos en unos casos y atacados por insectos en otros. Igualmente se observó la existencia de un alto porcentaje de frutos que presentaban exteriormente unas abultadas agallas correspondiendo en su mayoría con frutos con la semilla en mal estado. Esta circunstancia dificultó grandemente la labor de selección de los frutos-semilla a utilizar en el ensayo, siendo necesario revisar individualmente cada uno de ellos.



En relación a la fase de limpieza y aplicación de tratamientos.

Aunque en el protocolo del ensayo uno de los pasos a seguir era la eliminación durante la fase de lavado de las semillas que flotaran, por corresponder en un alto porcentaje a semillas vanas, en el caso de *C. viminalis* no fue posible ajustarse al mismo, pues al realizar el lavado la totalidad de los segmentos de frutos-semilla se mantuvieron en la superficie del agua. Por lo tanto, no parece este un criterio apropiado, en este caso, para descartar el uso de semillas vanas.

En el desarrollo de las plántulas.

Las plantas de *B. bituminosa* var. *albomarginata* obtenidas en el transcurso del ensayo, a pesar de su óptimo crecimiento inicial, se vieron afectadas tras las primeras semanas por diversos síntomas como clorosis, retardo del crecimiento y caída de las hojas que fueron achacados a un déficit hídrico. Aunque al aumentar la dosis de riego la situación mejoró, únicamente la aplicación vía riego de un abono líquido (Fertiormont) eliminó por completo la coloración amarillenta de las plantas y mejoró notablemente su desarrollo.



**Foto 22.** Planta de *B. bituminosa* var. *albomarginata* que presenta un adecuado desarrollo (izq.) y planta de *B. bituminosa* var. *albomarginata* que presenta síntomas de clorosis y crecimiento retardado (dcha.).

En el ensayo correspondiente a *L. lancerottensis* se produce un problema de estrés hídrico en el transcurso de los días 26 y 27 de noviembre. A pesar de la atención constante que se les dedica, las circunstancias ambientales hacen que una gran cantidad de pequeñas plántulas de esta especie se vean dañadas. Esta circunstancia no alteró el transcurso del ensayo, pues las plántulas afectadas se encontraban ya contabilizadas, aunque sí determinó que el número final de plantas de esta especie obtenidas al final del ensayo fuera menor que el esperado.

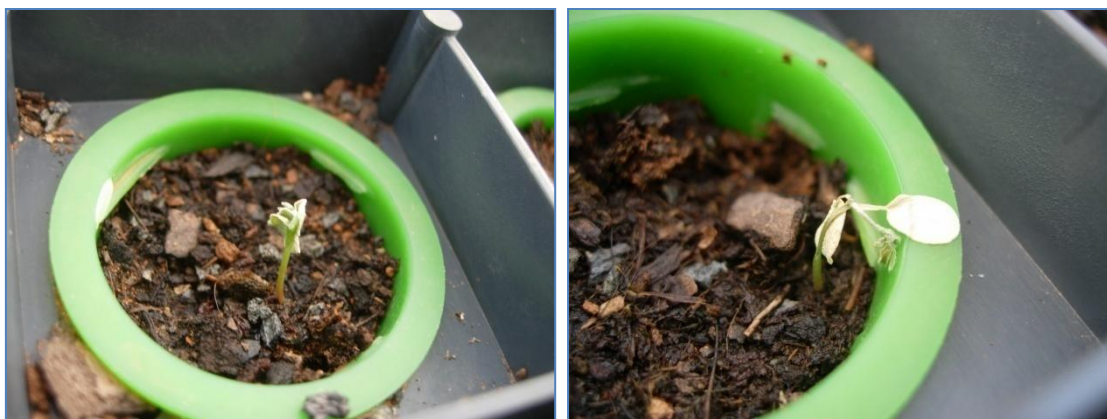


Foto 23. Pequeñas plántulas de *Lotus lancerottensis* afectadas por el estrés hídrico.

En el ensayo correspondiente a *A. halimus* se observa como el crecimiento de las plántulas obtenidas se produce muy lentamente y de forma irregular.

## 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En este apartado se analizan estadísticamente los resultados del ensayo de germinación. Para ello se llevó a cabo un análisis de varianza univariante con el programa SPSS18, para posteriormente proceder a analizar individualmente cada una de las cuatro especies mediante un ANOVA de un factor, en el que se obtuvieron las significaciones de cada tratamiento para cada una de las cuatro especies (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Echium decaisnei* y *Lotus lancerottensis*).

Durante el periodo de duración del ensayo, se registró una temperatura media de 26,4°C (ANEXO 3), con una media de las máximas de 38,4°C y una media de las mínimas de 13,1°C, no encontrándose ninguna de estas dos medias por fuera de los límites de la parada germinativa. La Humedad Relativa media registrada alcanza el 41% (ANEXO 3), encontrándonos con valores medios para periodos de aproximadamente 15 días que alcanzan un máximo del 70% y un mínimo del 26%.

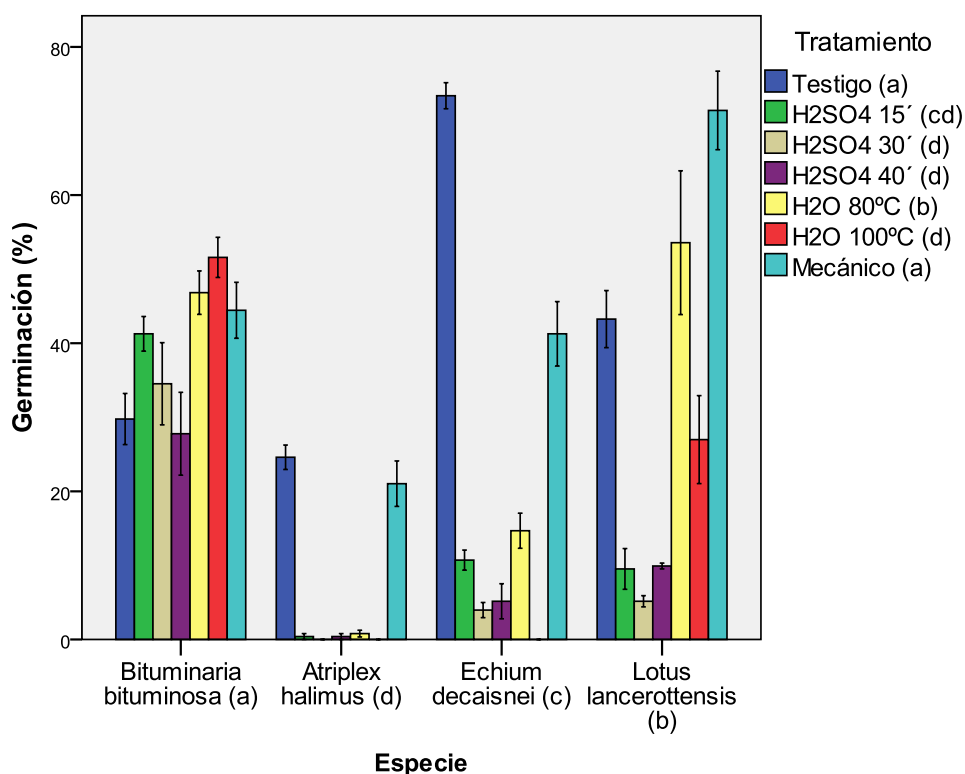
### 5.1.DISCUSIÓN.

El factor “Especie” presenta un nivel de significación elevado ( $P=0,000$ ) al igual que el factor “Tratamiento” (Tabla 51). Por otro lado, también es significativa la interacción “Tratamiento\*Especie” ( $P\leq 0,05$ ), lo que revela que, aunque el tipo de tratamiento afecta significativamente al porcentaje de germinación, esta influencia no es igual en cada especie, por lo que se analizará individualmente cada especie.

No se detectaron diferencias significativas ( $P>0,05$ ) de forma general entre los tratamientos con ácido con diferentes periodos de aplicación (Figura 43). Tampoco se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento testigo y el mecánico. Finalmente, el tratamiento con agua a 100°C no presentó diferencias significativas con el basado en la aplicación de ácido durante 15´.

**Tabla 51. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos. Variable dependiente germinación.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Tratamiento	6	1,971	67,771	0,000
Especie	3	1,670	114,887	0,000
Tratamiento*Especie	18	1,782	20,429	0,000
Error	84	0,407		



**Figura 43. Porcentaje de germinación y error típico de las cuatro especies estudiadas. Nota: Valores medios de cuatro repeticiones. Las especies o tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p<0,05$ ).**

Se presentan diferencias significativas entre todas las especies muestreadas, presentando *B. bituminosa*, de forma general, mejores resultados. Por otro lado, el mayor índice de germinación se obtuvo con el tratamiento testigo en *E. decaisnei* y los más bajos en *A. halimus* (Figura 43).

La significación inter-grupos, es decir, entre tratamientos, de cada una de las especies estudiadas es  $P \leq 0,05$ , por lo que podemos decir que las diferencias entre los distintos tratamientos dentro de cada especie son significativas (Tabla 52).

**Tabla 52. Análisis ANOVA Inter-grupos del porcentaje de germinación en *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.**

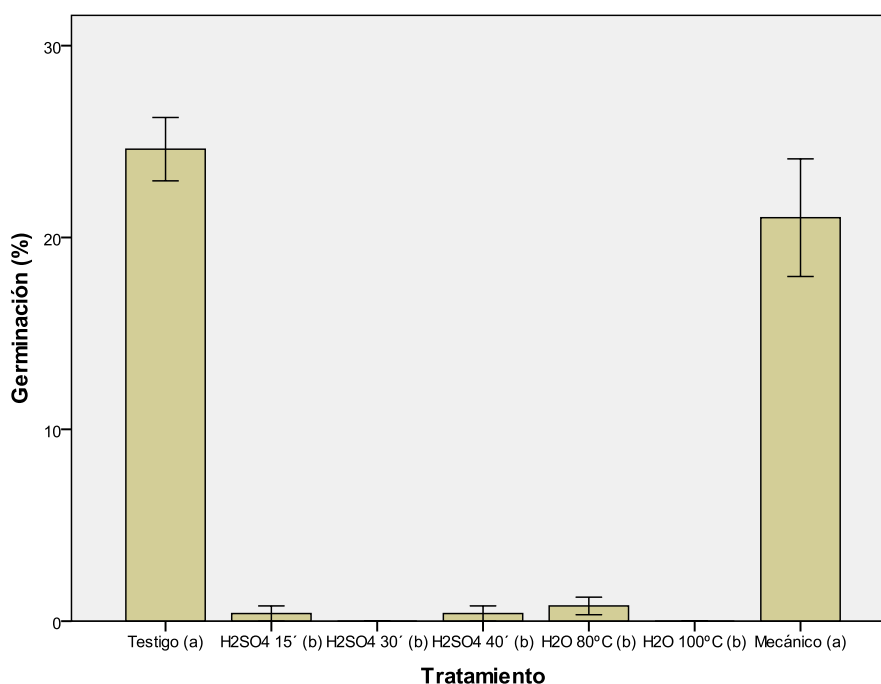
Especie	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
<i>A. halimus</i>	6	0,292	67,328	0,000
<i>B. b. var. albomarginata</i>	6	0,194	5,151	0,002
<i>E. decaisnei</i>	6	1,714	138,430	0,000
<i>L. lancerottensis</i>	6	1,553	25,056	0,000

### 5.1.1. *Atriplex halimus*.

El mayor porcentaje de germinación en *A. halimus* se ha obtenido en el testigo (24,60%), seguido del tratamiento mecánico (21,03%). Estos dos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos ( $P > 0,05$ ). El resto de tratamientos obtuvieron porcentajes de germinación por debajo del 1%, sin presentar diferencias significativas entre ellos (Figura 44).

Todos los valores de germinación son menores a los citados para esta especie por Correal *et al.*, 2008 (80,1%) y por Domínguez-Lerana *et al.*, 2001 (100%).

De forma general se han obtenido porcentajes de germinación bajos en esta especie, siendo únicamente interesantes los resultados obtenidos con el testigo y con el tratamiento mecánico.

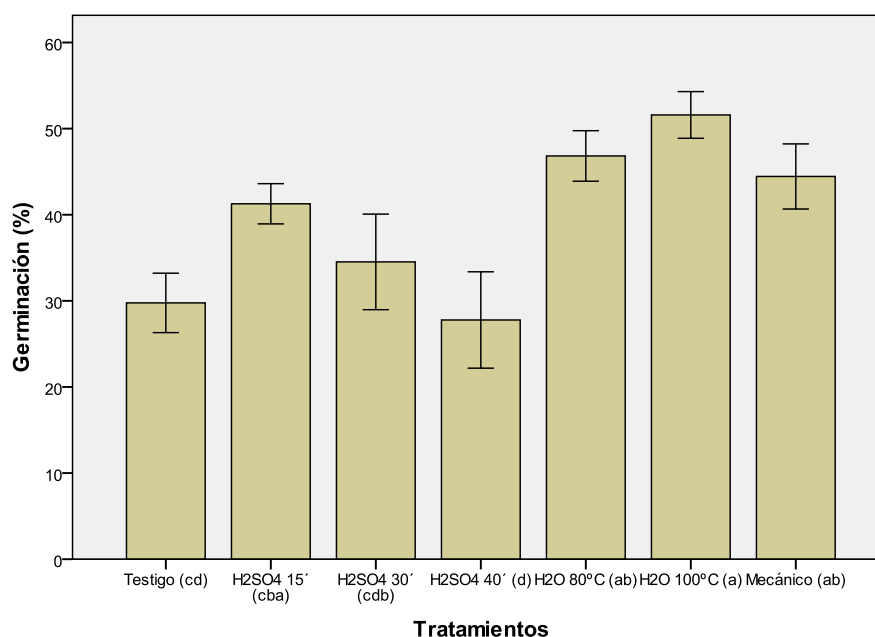


**Figura 44.** Porcentaje de germinación y error típico de *A. halimus*. Nota: Valores medios de cuatro repeticiones. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p < 0,05$ ).

### 5.1.2. *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*.

El máximo porcentaje de germinación en *B. bituminosa* fue un 51,59 % y se obtuvo con agua caliente a 100°C, no existiendo diferencias significativas entre los resultados obtenidos para este tratamiento y con agua caliente a 80°C (46,82%) y el mecánico (44,45%) (Figura 45). Estos valores son muy superiores a los citados por Cruz Acosta, 2010 para *B. bituminosa* tras 15 días de germinación y sin tratamiento, que alcanzaron valores máximos del 34%. Este valor coincide con el obtenido para el tratamiento con ácido durante 30 minutos, y algo superior a los obtenidos sin tratamiento (29,76%) y con ácido durante 40 minutos (27,78%). Este último el valor es el más bajo de germinación obtenido, y es evidente que el porcentaje de germinación disminuye a medida que se ha aumentado el tiempo de exposición al ácido.

Los porcentajes de germinación obtenidos en tratamientos con agua caliente y mecánico se semejan al valor medio citado por Correal *et al.*, 2008a para esta variedad en Famara (48%).



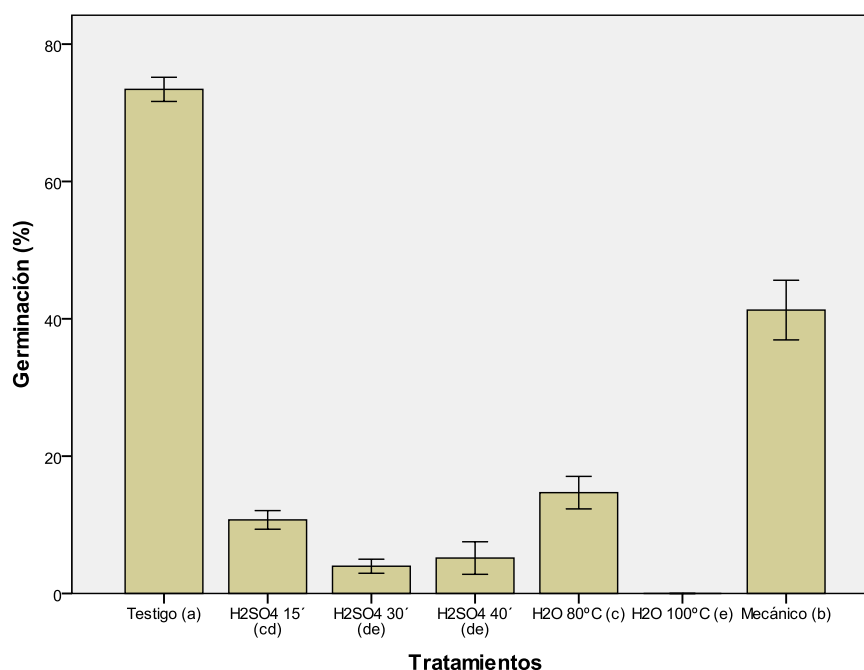
**Figura 45. Porcentaje de germinación y error típico de *B. bituminosa* var. *albomarginata*. Nota: Valores medios de cuatro repeticiones. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p < 0,05$ ).**

En la especie *B. bituminosa* se han obtenido los resultados más homogéneos de las cuatro especies, observándose buenos resultados con tratamientos a base de agua caliente y con el tratamiento mecánico.

### 5.1.3. *Echium decaisnei*.

El máximo porcentaje de germinación en *E. decaisnei* fue del 73,41%, y corresponde al tratamiento testigo, siendo los resultados obtenidos para este tratamiento, significativamente distintos al resto (Figura 46). El tratamiento mecánico está en segundo lugar con un 41,27%, presentando diferencias significativas con el resto. El resto de tratamientos obtuvieron valores por debajo del 20%.

Si comparamos los resultados obtenidos con los valores citados por Ayerbe y Cerezuela, 1982 para esta especie, podemos observar que el tratamiento testigo obtuvo mayor porcentaje de germinación que los citados para germinación a diferentes temperaturas, que fueron desde 12 hasta 56 %. También es considerablemente superior a los citados por Cruz Acosta, 2010 para *B. bituminosa*.



**Figura 46. Porcentaje de germinación y error típico de *E. decaisnei*. Nota: Valores medios de cuatro repeticiones. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p < 0,05$ ).**

En la especie *E. decaisnei* solamente presentan porcentajes de germinación interesante el tratamiento testigo y el mecánico, al igual que ocurre en la especie *A. halimus*, sin embargo, y a diferencia con ese caso, el porcentaje de germinación con el tratamiento testigo se puede considerar alto.

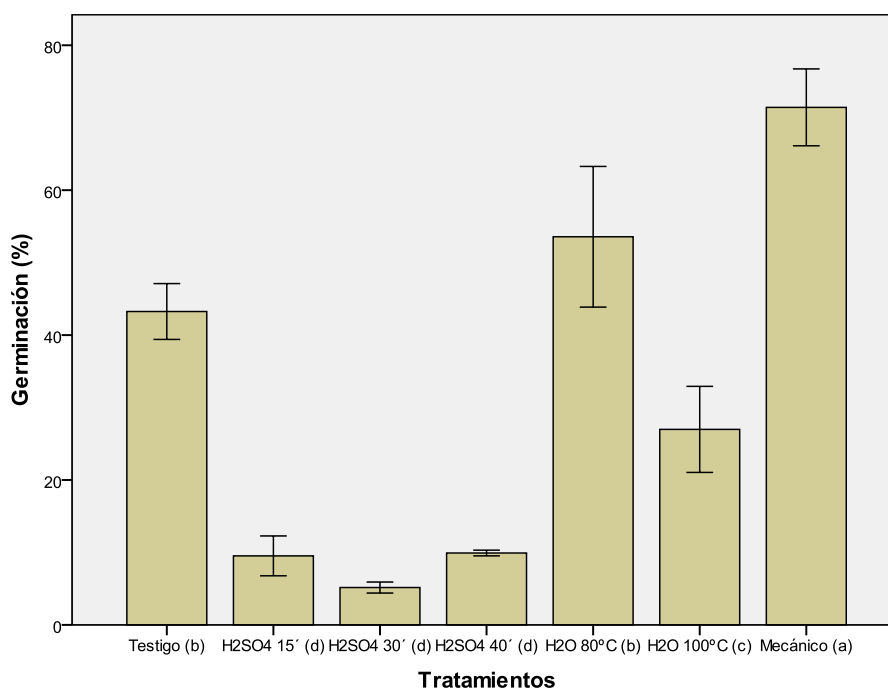
#### 5.1.4. *Lotus lancerottensis*.

El tratamiento mecánico obtuvo el mayor porcentaje de germinación de entre los siete tratamientos aplicados a las semillas de *L. lancerottensis*, con un 71,43%, existiendo diferencias significativas entre éste y el resto (Figura 47). Le siguen el tratamiento con agua a 80°C (53,57%) y el tratamiento testigo (43,25%), no existiendo diferencias significativas entre ambos. El tratamiento consistente en agua a 100°C obtuvo resultados medios (26,98%), significativamente menores al del otro tratamiento con agua caliente. Finalmente, los tres tratamientos con ácido obtuvieron porcentajes muy bajos, significativamente menores al resto de tratamientos, obteniendo resultados sin diferencias significativas entre ellos ( $P > 0,05$ ), que van desde un máximo de 9,92% para una duración de 40 minutos, un 9,52% para 15 minutos y un mínimo de 5,16% para una duración de 30 minutos.

Comparando los resultados obtenidos con los citados por Méndez-Alonso, 1996 para otra especie del mismo género (*Lotus pyranthus*), podemos observar que en el caso de los tratamientos con ácido, este autor cita índices de germinación mucho mayores, que

van desde el 40 hasta el 60%. En el caso de tratamientos con agua caliente, cita índices de germinación que van desde un 20 hasta un 100%, encontrándose entre estos valores los obtenidos en este ensayo para agua caliente.

El máximo porcentaje obtenido, coincide con el citado por Marley *et al.*, 2006 para *Lotus uliginosus* (70%), y se encuentra entre el rango citado por dicho autor para *Lotus corniculatus* (24-92%).



**Figura 47.** Porcentaje de germinación y error típico de *L. lancerottensis*. Nota: Valores medios de cuatro repeticiones. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p < 0,05$ ).

El tratamiento mecánico presentó en la especie *L. lancerottensis* porcentajes de germinación considerablemente altos, en comparación con los correspondientes a otros tratamientos y otras especies de este ensayo.



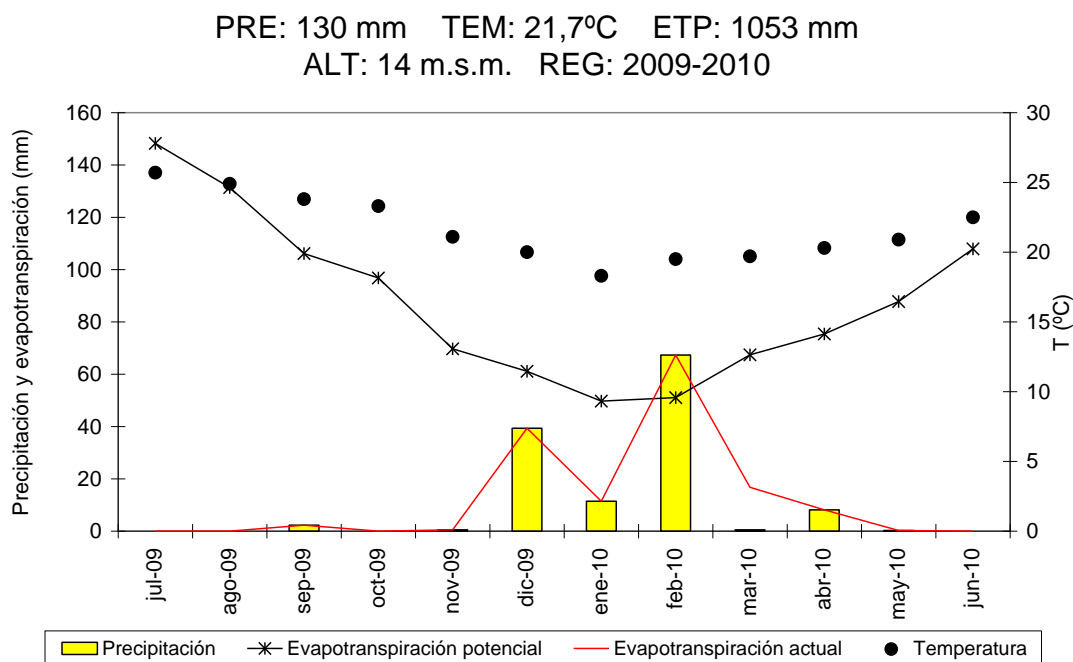
**CAPÍTULO III:**  
**PARCELAS EXPERIMENTALES, CALIDAD QUÍMICO**  
**BROMATOLÓGICA Y ANÁLISIS DE SUELO**

## 1. MATERIAL Y MÉTODOS.

### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES.

El presente ensayo se realizó en dos parcelas situadas en el Término Municipal de Arrecife: una parcela de 1387 m<sup>2</sup> ubicada en el Centro de Día “Zonzamas” a unos 105 msnm y con unas coordenadas UTM X: 640.202; Y: 3.208.902. Y otra de 1184 m<sup>2</sup> ubicada en la Granja Experimental del Excmo. Cabildo de Lanzarote a unos 96 msnm y con unas coordenadas UTM X: 640.361; Y: 3.208.801. Ambas parcelas presentaban un sistema de enarenado, consistente en una capa de material basáltico de unos 20 cm y fue necesaria la instalación de una valla de un metro de altura, para evitar el ataque de los conejos, y de una red de riegos localizado.

El régimen térmico de la zona presenta una media de temperaturas entre las máximas de 26°C y media de las mínimas de 21 °C; una humedad relativa media de 68% y precipitación anual de 74 mm (ANEXO 4 y Figura 48).



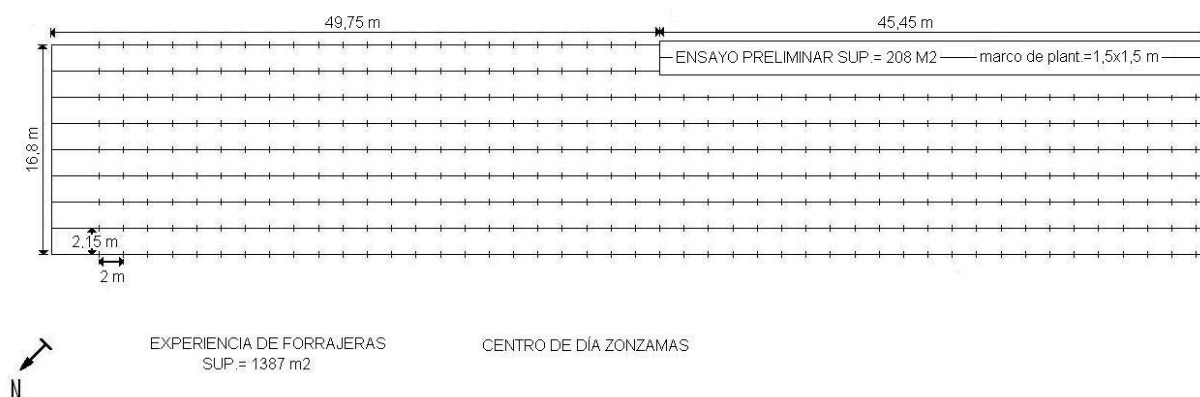
**Figura 48. Características climáticas del Aeropuerto de Lanzarote periodo 2009-2010. Fuente: Agencia Estatal de meteorología. <http://tutiempo.net>**

Los suelos presentes en ambas parcelas proceden del transporte de suelos de vega, habiéndose clasificados como Fluvisoles eútricos, según WRB y Torrifluvents típicos según la S.T. (USDA, 2001 y WRB, 2006).

## 1.2.DISEÑO AGRONÓMICO.

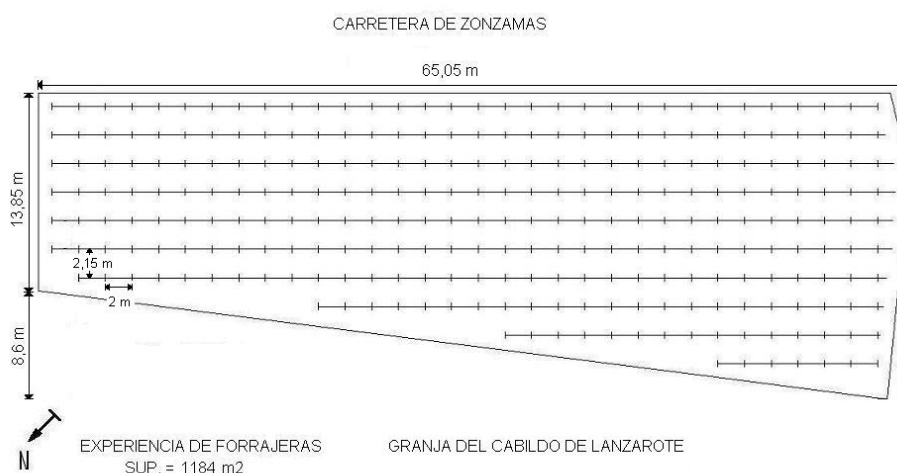
Se establecieron dos cultivos diferentes:

*Experimento 1:* Se llevó a cabo para el estudio de la biometría, producción, fenología y calidad químico-bromatológica de las especies cultivadas, localizado en la parcela experimental del Centro de Día “Zonzamas” que ocupó una superficie de 208 m<sup>2</sup>, con un marco de plantación de 1,5x1,5 m (Figura 49) con una densidad de plantación de 4.444 plantas/ha y un diseño estadístico de “bloques al azar” con cuatro repeticiones para cada especie estudiada.



**Figura 49.** Diseño agronómico de la parcela experimental del Centro de Día “Zonzamas” (Experimento 1 y 2).

*Experimento 2:* El cultivo se efectuó en la parcela de la Granja Experimental del Cabildo (Figura 50) y en el área desocupada de la parcela del Centro de Día “Zonzamas” (Figura 49). El marco de plantación empleado fue de 2,15 m de separación entre filas y 2 m de separación entre plantas de la misma fila (2.325 plantas/ha).



**Figura 50.** Diseño agronómico de la parcela de la Granja Experimental del Excmo. Cabildo de Lanzarote (Experimento 2).

### 1.3. TRASPLANTE Y CULTIVO.

*Experimento 1:* Para la obtención de las plantas se procedió a la propagación de las cinco especies por semillas el día 11.02.09. Las semillas de las especies *A. halimus* (150), *B. bituminosa* var. *albomarginata* (225) y *C. viminalis* (150) fueron recolectadas de poblaciones naturales el 08.06.08 por R. Mesa, E. China y A. Perdomo. Las semillas de las especies *E. decaisnei* (120) y *L. lancerottensis* (115) fueron cedidas por el Jardín Botánico Canario Viera y Clavijo. Una vez finalizada la germinación (03.06.09) las plántulas se expusieron a condiciones de endurecimiento hasta el momento del trasplante a finca. En el trasplante se utilizó un barreno para la apertura de los hoyos y se llevó a cabo en la parcela del Centro de Día “Zonzamas” el 14.07.09.



**Foto 24.** Imagen del cultivo de *A. halimus*, *B. bituminosa*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* en el Experimento 1.

*Experimento 2:* Para el trasplante se utilizaron los ejemplares obtenidos en el ensayo de germinación. Las semillas de la especie *C. viminalis* se pusieron a germinar el 24.10.09, las de *B. bituminosa* var. *albomarginata* el 29.10.09, las de *L. lancerottensis* el 07.11.09, las de *A. halimus* el 20.12.09 y las de *E. decaisnei* el 06.01.10. Estuvieron aproximadamente dos meses en un pequeño invernadero de malla tipo túnel (Foto 25). Posteriormente, y hasta el momento del trasplante, permanecieron en condiciones de endurecimiento.



Foto 25. Invernadero de malla tipo túnel utilizado en la germinación.

Tabla 53. Características morfológicas de plantas empleadas en el trasplante del Experimento 2.

Características de las plantas (1)	<i>Atriplex halimus</i>	<i>Bituminaria bituminosa</i> var. <i>albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i> ssp. <i>purpuricense</i>	<i>Lotus lancerotensis</i>
Altura (2)	5,10 cm	11,65 cm	2,28 cm	3,77 cm	(3)
Nº de ramas	-	0,45 (4)	2,6	-	6,05
Long. ramas	-	2,61	7,43	-	20,85

Nota: 1= Valores medios obtenidos a partir de las mediciones realizadas en 20 plantas; 2= Altura correspondiente al tallo principal de la planta; 3= El tallo principal de la planta es de escasa longitud. En la mayoría de las plantas estudiadas los tallos secundarios emergen directamente del cuello de la planta; 4= Aunque escasamente tres de las plantas valoradas presentaban ramificación lateral en el momento de realizar la medición, la mayoría de ellas presentaban ramas laterales incipientes.

El trasplante del *Experimento 2* se llevó a cabo el 21 de marzo de 2010, exceptuando la especie *A. halimus*, que debido a su reducido tamaño (5 cm de media) se transplantó el 9 de abril del mismo año. La apertura de los hoyos se llevó a cabo mediante el uso de un taladro en la parcela de la Granja Experimental del Cabildo (Foto 26) y con una barrena en la parcela experimental del Centro de Día “Zonzamas”.

Las plántulas de la especie *A. halimus* tenían 4 meses en el momento de la plantación, las de las especies *B. bituminosa*, *C. viminalis* y *L. lancerottensis* 5 meses y las de de la especie *E. decaisnei* 3 meses.





**Foto 26.** Planta de *B. bituminosa* var. *albomarginata* en el momento del trasplante (izqda.). Apertura y trasplante en la parcela de la Granja Experimental del Excmo. Cabildo de Lanzarote.

La eliminación de las malas hierbas en ambos experimentos se realizó manualmente y no fue necesaria la aplicación de ningún tratamiento fitosanitario, ya que durante el periodo de cultivo no se observó el ataque de ninguna plaga.

El riego se realizó por medio de un sistema de riego localizado, con emisores autocompensantes de 4 l/h, aplicándose 5 min. de riego semanal, por lo que la dosis de riego 1,33 l/mes y planta. Esta dosis se redujo a la mitad (5 min. de riego cada 15 días, es decir, 0,66 l/mes y planta) a partir del mes de agosto de 2010.

#### 1.4.MATERIAL VEGETAL.

Para la determinación de los parámetros a evaluar se llevaron a cabo tres muestreos de los ejemplares cultivados en el *Experimento 1* ubicado en la parcela del Centro de Día “Zonzamas”. El primer muestreo se realizó el 1 de octubre de 2009 (Otoño/2009). La segunda el 25 de enero de 2010 (Invierno/2010). Finalmente, el último muestreo realizado se efectuó el 21 de junio de 2010 (Primavera/2010).

En cada visita se observó y tomó nota del estado fenológico de cada ejemplar y se tomaron datos biométricos de cada uno de ellos. En primer lugar se midió la altura de la planta y tomando la medición desde la superficie del suelo hasta la copa del arbusto. Posteriormente se midió el diámetro de la planta. Es importante mencionar que ambos casos se evitó tomar datos extremos, alejándose de los máximos y mínimos, y tratando de cogerse valores medios. Se tomó el diámetro del tronco mediante un calibrador, midiéndose a una altura que permitiera obtener un valor representativo de la muestra y, al igual que en los dos casos anteriores, tratando de que se correspondiera con un valor medio. Finalmente se determinaron los porcentajes de supervivencia de cada especie en cada muestreo.

En los muestreos llevados a cabo en Invierno/2010 y Primavera/2010, se realizó el muestreo del material vegetal con el objetivo de obtener muestras para la

determinación de la FR/FNR, MSC (%) y la PMSC (t/ha). Para ello se realizó un corte a 30 cm de altura. Cabe destacar que en la especie *L. lancerottensis*, debido a su porte rastrero, se realizó un corte circular en la base, con un diámetro de 30 cm.

Una vez cortado se procedió al pesado en verde de todo el material vegetal, seleccionándose de cada repetición 1 kg, que posteriormente sería seleccionado manualmente, separándose la fracción ramoneable (está formada por hojas, brotes verdes, flores, y tallos sin lignificar con un diámetro que no supere los 5 mm) de la no ramoneable (Foto 27). Una vez seleccionado el material vegetal, se expuso a un secado previo a temperatura ambiente durante unos siete días, para posteriormente ser almacenado en bolsas herméticas de plástico y transportado desde Lanzarote hasta la ETSIA (ULL).



**Foto 27. Selección manual de la fracción ramoneable (enero de 2010).**

En el Laboratorio de Análisis Agrícola se procedió al secado que se llevó a cabo mediante el uso de una estufa de aire forzado a 60°C durante un periodo aproximado de 24 horas, con el objetivo de eliminar toda la humedad.

### **1.5. ANÁLISIS DE SUELOS.**

La metodología analítica y de toma de muestras empleada en los suelos de las dos parcelas es igual a la descrita anteriormente en las poblaciones naturales.



## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 2.1.FENOLOGÍA.

A continuación se recogen los resultados de la fenología de las cinco especies estudiadas. Los muestreos se efectuaron en Otoño/2009, Invierno/2010 y Primavera/2010, anotándose en cada ejemplar la presencia o ausencia de crecimiento vegetativo, floración, fructificación, semilla y hojarasca.

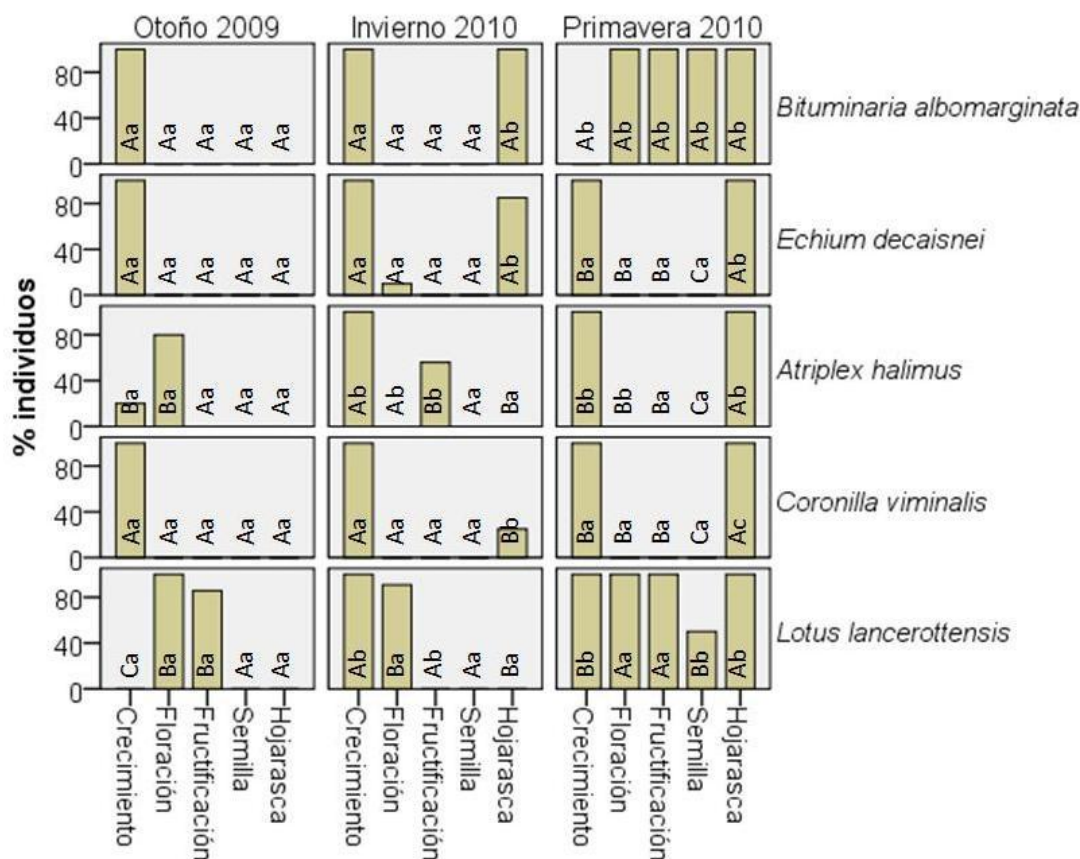


Figura 51. Fenología de cinco forrajeras arbustivas en tres épocas de muestreo. Nota: Las letras diferentes indican diferencias significativas para un determinado rasgo fenológico: crecimiento, floración, fructificación, semilla u hojarasca. Las letras mayúsculas indican diferencias entre especies (en filas) dentro de un mismo muestreo; las letras minúsculas indican diferencias entre muestreos (en columnas) dentro de la misma especie (test de Chi-cuadrado con corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples,  $p \leq 0.05$ ).

La especie *E. decaisnei* y *C. viminalis* presentaron el mayor porcentaje de individuos (100%) en crecimiento vegetativo en las tres estaciones sin presentar diferencias para este rasgo fenológico (Figura 51). La especie *B. bituminosa* presentó un porcentaje del 100% en los dos primeros muestreos, sin mostrar diferencias significativas con las dos especies anteriores (Figura 51), pero un porcentaje del 0% en Primavera/2010, siendo la especie con un menor porcentaje significativo en esta

estación, ya que el resto de especies presentaron un 100% de individuos con crecimiento vegetativo en este muestreo. Los muestreos llevados a cabo en la especie *A. halimus* presentan porcentajes del 100% en Invierno/2010 y Primavera/2010, presentando diferencias significativas para este rasgo fenológico únicamente con *B. bituminosa* (Figura 51). La especie *L. lancerottensis* se comportó de similar forma a la anterior para el rasgo fenológico “crecimiento vegetativo”, mostrando diferencias significativas solamente en Otoño/2009 (Figura 51).

Analizando los porcentajes de individuos que presentaban floración, se observa que las especies *E. decaisnei* y *C. viminalis*, se no mostraron individuos en floración, exceptuando un pequeño porcentaje de *E. decaisnei* en Invierno/2010. No hay diferencias significativas entre estas especies para este rasgo en los tres muestreos (Figura 51). La especie *L. lancerottensis* presentó los mayores porcentajes de individuos en floración en las tres estaciones, no mostrando diferencias significativas con *A. halimus* en Otoño/2009 ni con *B. bituminosa* en Primavera/2010. La especie *B. bituminosa* sólo presentó individuos con floración en Primavera/2010 (100%) y *A. halimus* en Otoño/2009 (80%).

El porcentaje mínimo de individuos que muestran fructificación se presenta en las especies *C. viminalis* y *E. decaisnei*, sin ningún individuo con este rasgo en ninguno de los muestreos efectuados (Figura 51). Los individuos de la especie *B. bituminosa* presentaron fructificación en un porcentaje considerable en Invierno/2010, siendo significativamente la especie con mayor porcentaje para este rasgo en esta estación (Figura 51). Los muestreos efectuados en la especie *B. bituminosa* presentan un porcentaje de individuos con fructificación del 100% en Primavera/2010, siendo en esta estación la especie con un mayor porcentaje junto a *L. lancerottensis* (Figura 51), que también resultó ser la que presenta un porcentaje mayor en Otoño/2009 (Figura 51).

Atendiendo al porcentaje de individuos que presentaron semillas en los distintos muestreos, se observa que las especie *E. decaisnei*, *A. halimus* y *C. viminalis* no mostraron individuos con semillas en ninguno de los tres muestreos efectuados. Las especies *B. bituminosa* y *L. lancerottensis* presentaron individuos con semillas únicamente en Primavera/2010, siendo el porcentaje correspondiente a *B. bituminosa* significativamente mayor que el de *L. lancerottensis* (Figura 51).

Analizando los porcentajes de individuos que presentaron hojarasca (Figura 51) se observa que ninguna especie presentó individuos con hojarasca en Otoño/2009 y que todas las especies mostraron un 100% de individuos con hojarasca en Primavera/2010. El Invierno/2010, la especie *B. bituminosa* fue la que presentó un mayor porcentaje de individuos con hojarasca, no existiendo diferencias significativas con la especie *E. decaisnei* (Figura 51). Las especies *A. halimus* y *L. lancerottensis* no presentaron individuos con hojarasca. Finalmente, la especie *C. viminalis* presentó un porcentaje menor al 40%, no existiendo diferencias significativas con *A. halimus* y *L. lancerottensis* para este rasgo en este muestreo (Figura 51).

De forma general podemos decir que las cinco especies presentaron altos porcentaje de individuos en crecimiento vegetativo en los tres muestreos. Todos los individuos presentaron hojarasca en Primavera/2010. La especie *L. lancerottensis* presentó altos porcentajes de individuos en floración en los tres muestreos. El resto de rasgos fenológicos estudiados presentaron porcentajes considerablemente bajos en las cinco especies, exceptuando *A. halimus* y *L. lancerottensis*, que en Primavera/2010 presentaron porcentajes altos de individuos en floración, fructificación y con semillas.

Finalmente, cabe destacar que las especies *A. halimus*, *B. bituminosa*, *C. viminialis* y *E. decaisnei* presentaron un 100% de supervivencia en los tres muestreos. La especie *L. lancerottensis* presentó un 70% de supervivencia en Otoño/2009, un 55% en Invierno/2010 y un 50% en Primavera/2010.

## 2.2. BIOMETRÍA Y PRODUCCIÓN.

A continuación se recogen los valores biométricos y productivos analizados en el *Experimento 1*. Las variables analizadas son : altura de la planta, diámetro de la planta, diámetro del tronco, relación entre fracción ramoneable y no ramoneable, porcentaje de materia seca comestible y producción de materia seca comestible de las especies *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminialis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*. Y se expresan en valores medios  $\pm$  error típico.

**Tabla 54. Biometría (en tres cortes) y producción (en dos cortes) media presentadas en *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminialis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.**

Variable	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B.b. var. albomarginata</i>	<i>Coronilla viminialis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
Alt. Plan. (cm)	39,01 $\pm$ 1,45	40,85 $\pm$ 1,49	24,55 $\pm$ 0,67	45,43 $\pm$ 1,61	13,80 $\pm$ 2,37
Diam. Plan. (cm)	66,64 $\pm$ 3,41	78,98 $\pm$ 3,77	47,73 $\pm$ 3,22	63,22 $\pm$ 2,92	95,94 $\pm$ 8,27
Diam. Tron. (cm)	2,89 $\pm$ 0,13	3,45 $\pm$ 0,18	1,94 $\pm$ 0,11	4,12 $\pm$ 0,21	2,45 $\pm$ 0,15
FR/FNR	2,51 $\pm$ 0,30	2,15 $\pm$ 0,23	3,70 $\pm$ 1,11	2,00 $\pm$ 0,16	6,53 $\pm$ 3,12
MSC (%)	20,50 $\pm$ 1,81	27,1 $\pm$ 1,26	21,08 $\pm$ 2,90	14,12 $\pm$ 0,64	30,19 $\pm$ 5,05
PMS C (t/ha)	1,49 $\pm$ 0,19	2,77 $\pm$ 0,47	0,81 $\pm$ 0,24	1,98 $\pm$ 0,33	1,79 $\pm$ 0,26

**Nota:** Alt. Plan. = Altura de la planta; Diam. Plan. = Diámetro de la copa de la planta; Diam. Tron. = Diámetro del tronco; FR/FNR= Relación entre fracción ramoneable y no ramoneable; MSC= Porcentaje de materia seca comestible; PMS C= Producción de materia seca comestible.

### 2.2.1. Altura de la planta.

Las significaciones presentadas por la variable “Altura de la planta” (Tabla 55) muestran diferencias significativas en los factores “Estación” y “Especie”, así como en la interacción “Estación\*Especie”. Esto último indica que, además de existir diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies ( $P \leq 0,05$ ), las variaciones en la altura de la planta a lo largo de las estaciones es diferente para cada especie (Tabla 55).

**Tabla 55. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	5.183	74.078	0.000
Estación x Especie	8	2.455	8.772	0.000
Error (Estación)	180	6.297		
Especie	4	42.189	69.248	0.000
Error	90	13.708		

Analizando los distintos valores medios de altura de cada especie, observamos que la especie *E. decaisnei* presentó el valor más alto ( $45,43 \pm 1,61$ cm), si bien es verdad que no presentó diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) con *B. bituminosa* ( $40,85 \pm 1,49$  cm). Esta última tampoco presentó diferencias significativas con *A. halimus* ( $39,01 \pm 1,45$ cm) (Figura 52). Finalmente, *C. viminalis* ( $24,55 \pm 0,67$ cm) y especialmente *L. lancerottensis* ( $13,80 \pm 2,37$ cm) presentaron los valores de altura más bajos, existiendo una significación alta ( $P \leq 0,05$ ) entre estos dos valores y entre ellos y el resto (Figura 52).

Se observan diferencias significativas entre las distintas estaciones siendo las muestras tomadas en Primavera/2010 las que presentan valores más altos, seguidas de las correspondientes al Invierno/2010 y obteniéndose en Otoño/2009 los valores de altura más bajos (Figura 52). Esta circunstancia puede deberse a la mayor edad de la planta, sin embargo, se observa que el aumento de altura es menor en el paso de Invierno/2010 a Primavera/2010 que en el de Otoño/2009 a Invierno/2010. Esto se puede explicar con la fenología ya que el porcentaje global de plantas que presentaban crecimiento vegetativo en Invierno/2010 y Primavera/2010 fue mayor que el de Otoño/2010 (Figura 51).

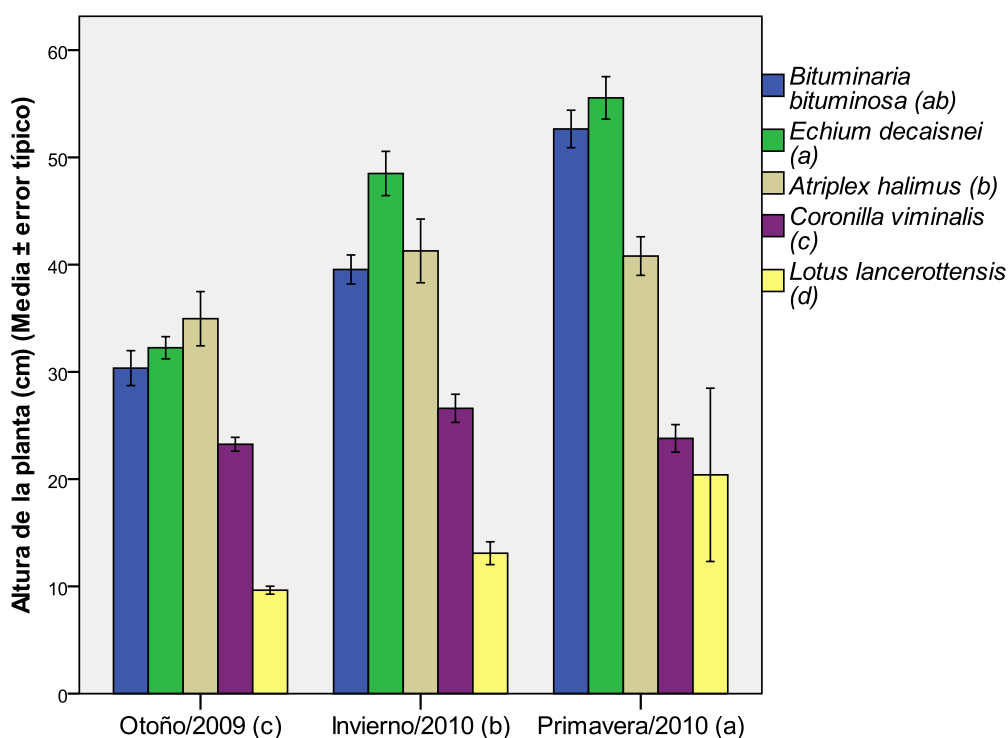


Figura 52. Altura de cinco especies en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

### 2.2.2. Diámetro de la copa de la planta.

Los valores de diámetro de planta tomados muestran altas significaciones ( $P \leq 0,05$ ) en los factores “Estación” y “Especie”, así como en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 56).

Tabla 56. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $x^{0.5}$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	427.060	307.160	0.000
Estación x Especie	8	58.496	10.518	0.000
Error (Estación)	180	125.131		
Especie	4	212.241	15.640	0.000
Error	90	305.325		

Teniendo en cuenta el diámetro medio de la planta, se observa que el mayor valor presentado, además de forma significativa ( $P \leq 0,05$ ) corresponde a la especie *L.*

*lancerottensis* ( $95,94 \pm 8,27$  cm), seguida por *B. bituminosa* ( $78,98 \pm 3,77$ cm). Por el contrario, *C. viminalis* presentó el valor más bajo ( $47,73 \pm 3,22$ cm), presentando diferencias significativas con el resto de especies (Figura 53). *E. decaisnei* ( $63,22 \pm 2,92$ cm) y *A. halimus* ( $66,64 \pm 3,41$ cm) presentan valores medios, no habiéndose observado diferencias significativas entre ellos ( $P > 0,05$ ).

Se detectaron diferencias significativas de valores medios de diámetros de la planta entre las tres estaciones (Figura 53). Los mayores diámetros se midieron en Invierno/2010, seguido de la Primavera/2010 y siendo los diámetros medidos en Otoño/2009 los más bajos. Este hecho puede deberse; en primer lugar a que en Otoño/2009, las plantas eran aún jóvenes, justificando esta circunstancia el que este muestreo presentara los valores más bajos. En segundo lugar, las precipitaciones producidas en los meses de diciembre de 2009 y enero de 2010 (Figura 48 y ANEXO 4) pueden explicar que los mayores diámetros se registraran en Invierno/2010. En Primavera/2010, el 100% de individuos muestreados presentaban hojarasca (Figura 51), justificando también esta circunstancia que en este muestreo se registraran menores diámetros que en Invierno/2010, ya que la hojarasca indica la caída de hojas.

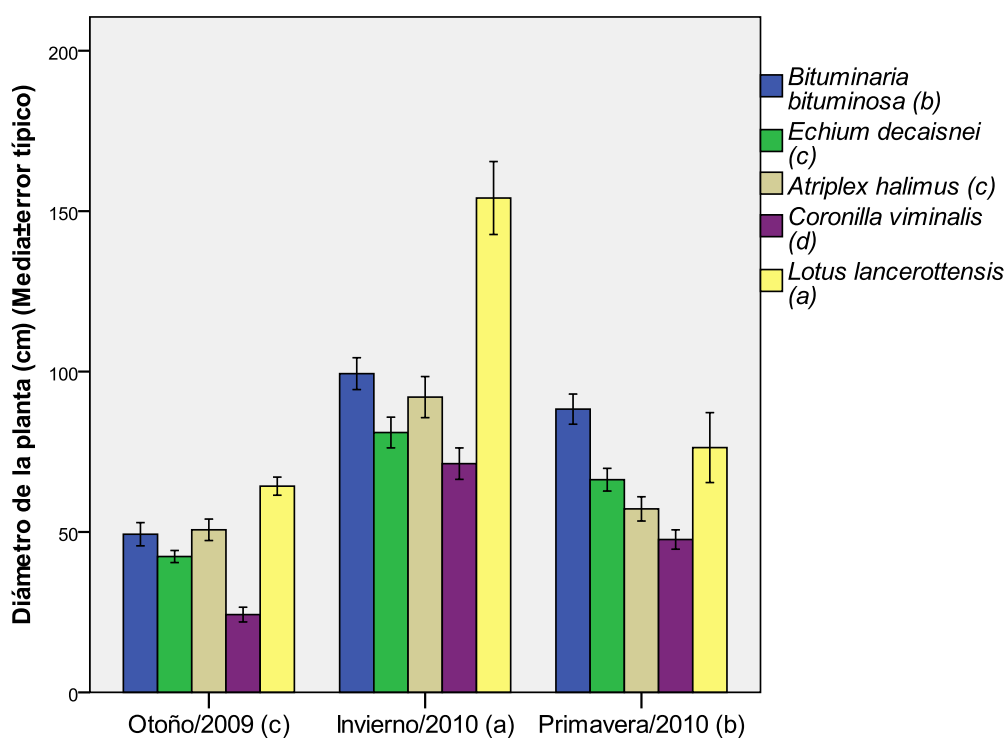


Figura 53. Diámetro de planta de cinco especies en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

### 2.2.3. Diámetro del tronco.

Las significaciones presentadas por la variable “Diámetro del tronco” (Tabla 57) muestran diferencias significativas en los factores “Estación” y “Especie”, así como en la interacción “Estación\*Especie”.

**Tabla 57. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $x^{0,2}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	2	1.428	222.118	0.000
Estación x Especie	8	0.175	6.796	0.000
Error (Estación)	180	0.578		
Especie	4	1.223	35.022	0.000
Error	90	0.786		

Observando los valores medios de diámetro del tronco de cada una de las especies recogidos en la Tabla 54, podemos observar que *E. decaisnei* presenta el mayor valor medio ( $4,12 \pm 0,21$ cm), presentando diferencias significativas con el resto de especies ( $P \leq 0,05$ ). Así mismo, *B. bituminosa* también presenta un diámetro elevado ( $3,45 \pm 0,18$ cm), y al igual que en el caso anterior, presenta diferencias significativas con el resto de especies (Figura 54). Por el contrario, *C. viminalis*, presentó, de forma significativa, el menor diámetro medio de las cinco especies estudiadas ( $1,94 \pm 0,11$ cm). Finalmente, *A. halimus* ( $2,89 \pm 0,13$ cm) y *L. lancerottensis* ( $2,45 \pm 0,15$ cm), presentaron valores medios, determinándose que no existían diferencias significativas entre estos.

Las tres estaciones en las que se realizaron muestreos presentaron diferencias significativas entre ellas ( $P \leq 0,05$ ), siendo Primavera/2010 la que presentó mayores valores seguida de Invierno/2010 y de Otoño/2009 (Figura 54). Como era de esperar, los valores medios de diámetros aumentaron a medida que aumentó la edad de la planta.



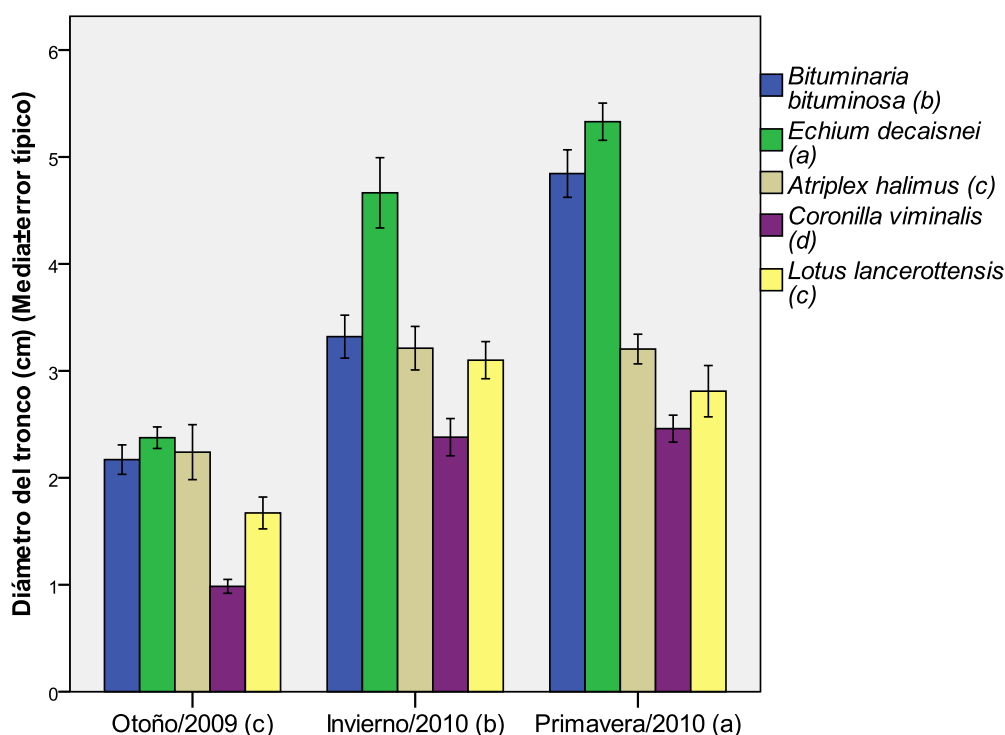


Figura 54. Diámetro de planta de cinco especies en tres estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

#### 2.2.4. Fracción ramoneable/Fracción no ramoneable.

Los valores medios de la relación “Fracción ramoneable/Fracción no ramoneable” muestran una alta significación para el factor “Estación”, así como para la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 58), sin embargo, no mostró diferencias significativas entre los valores medios para el factor “Especie” ( $P > 0.05$ ).

Tabla 58. Prueba de efectos intra-sujetos e intersujetos. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $x^{-0.5}$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	1.134	125.214	0.000
Estación x Especie	4	0.987	27.245	0.000
Error (Estación)	15	0.136		
Especie	4	0.029	1.240	0.336
Error	15	0.086		

Observando los valores medios de la relación entre Fracción ramoneable y Fracción no ramoneable (FR/FNR) obtenidos para las cinco especies estudiadas,

podemos concluir que la especie *L. lancerottensis* presenta, el mayor valor medio ( $6,53 \pm 3,12$ ), seguida por *C. viminalis* ( $3,70 \pm 1,11$ ), *A. halimus* ( $2,51 \pm 0,30$ ), *B. bituminosa* ( $2,51 \pm 0,30$ ) y *E. decaisnei* ( $2,00 \pm 0,16$ ). No se determinaron diferencias significativas entre ninguna de ellas ( $P > 0,05$ ) (Figura 55).

En el caso de las estaciones, cabe destacar que en Invierno/2010 se obtuvieron mayores valores que en Primavera/2010, presentándose una diferencia significativa entre ambas estaciones (Figura 55). La mayor proporción de la fracción ramoneable en Invierno/2010 puede tener dos causas. Por un lado, las precipitaciones fueron considerablemente mayores en el primer periodo que en el segundo (Figura 48). Por otro lado, las especies que mayor disminución presentaron (*A. halimus*, *C. viminalis* y *L. lancerottensis*) (Figura 55) presentaron porcentajes muy bajos de individuos con hojarasca en Invierno/2010 pero del 100% en Primavera/2010 (Figura 51). La caída de hojas reduce la relación entre la fracción ramoneable y la no ramoneable. Por otro lado, los ejemplares de *B. bituminosa* y *E. decaisnei*, que prácticamente no variaron su relación FR/FNR presentaron similar porcentaje de individuos con hojarasca en ambos muestreos (Figura 51), hecho que hace pensar que la relación FR/FNR se haya visto influida en mayor medida por la fenología que por la climatología.

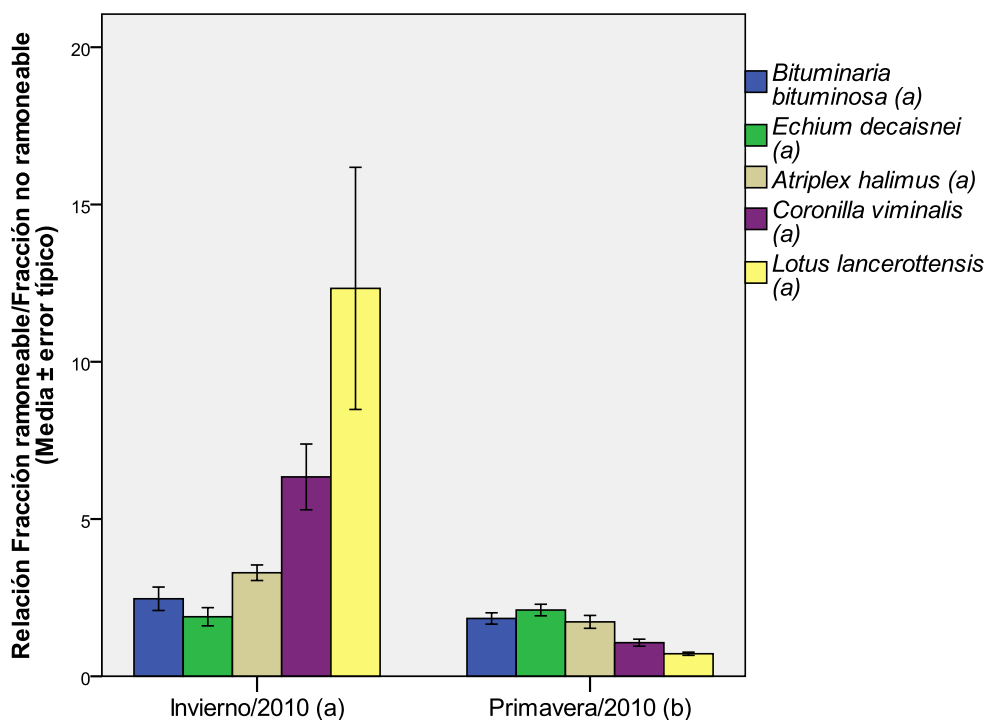


Figura 55. Relación entre la fracción ramoneable y la no ramoneable de cinco especies en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

### 2.2.5. Materia seca comestible (%).

Las significaciones presentadas por la variable “Materia seca comestible” (Tabla 59) muestran diferencias significativas en los factores “Estación” y “Especie”, así como en la interacción “Estación\*Especie” ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabla 59. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $x^{-0,5}$ ).**

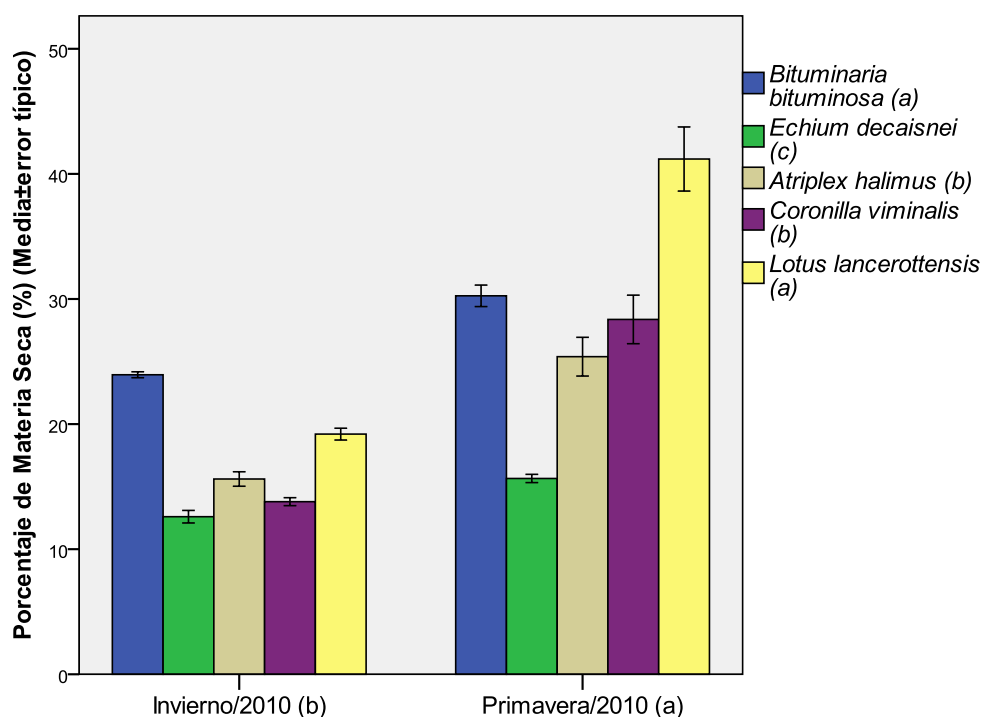
Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0.026	257.498	0.000
Estación x Especie	4	0.005	12.401	0.000
Error (Estación)	15	0.002		
Especie	4	0.029	125.613	0.000
Error	15	0.001		

Si analizamos el porcentaje medio de materia seca comestible (% MSC) de cada una de las especies estudiadas, podemos apreciar un máximo del  $30,19 \pm 5,05\%$ , en la especie *L. lancerottensis*, que no presentó diferencias significativas con el de *B. bituminosa*, que presentó un  $27,1 \pm 1,26\%$  (Figura 56). En el extremo opuesto encontramos a la especie *E. decaisnei*, que presentó el mínimo porcentaje de materia seca, con un  $14,12 \pm 0,64\%$ , presentando una alta significación con el resto de las especies ( $P \leq 0,05$ ). *A. halimus* y *C. viminalis* presentaron valores intermedios, con un  $20,50 \pm 1,81\%$  y un  $21,08 \pm 2,90\%$  respectivamente, y sin presentar diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

Existe diferencia significativa entre ambas estaciones, presentándose en Primavera/2010 los mayores porcentajes en materia seca comestible (Figura 56). Este hecho puede achacarse a la mayor precipitación existente en el primer muestreo (Figura 48), lo que origina un mayor contenido en humedad y por lo tanto menor porcentaje en materia seca. Esta hipótesis puede reforzarse con la fenología, ya que la mayor presencia de individuos con hojarasca en el segundo muestreo (Figura 51) indica el menor contenido en humedad de las hojas.

El % MSC obtenido para la especie *A. halimus* es considerablemente inferior a los citados para esta especie por China *et al.*, 2009 (29,7%) y especialmente por Álvarez *et al.*, 2005 (56,6%). En el caso de *B. bituminosa*, el resultado coincide con citados por China *et al.*, 2009 (27,2%) y Ventura *et al.*, 1995 (27,0%). Si comparamos el porcentaje de materia seca presentado por *C. viminalis* con el rango citado para *Coronilla juncea* por González-Andrés y Cerezuela, 1998 (24,7-40,4%), observamos que se queda por debajo de dicho rango. En el caso de *E. decaisnei*, su porcentaje de materia seca es bastante inferior a los citados por China *et al.*, 2009 (19,18%) y por Rodríguez *et al.*, 2002 (22,35%). Finalmente, y en cuanto al porcentaje medio de

materia seca comestible determinado en *L. lancerottensis* se refiere, podemos decir que es muy superior al citado por China *et al.*, 2009 (19,62%).



**Figura 56.** Porcentaje de materia seca comestible de cinco especies en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

### 2.2.6. Producción de materia seca comestible

Los valores medios de PMSC obtenidos en el presente trabajo muestran una alta significación para los factores “Estación” y “Especie” ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, no presentó diferencias significativas para la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 60), lo que indica que, a pesar de existir diferencias significativas entre especies y entre estaciones, la variación de la producción de materia seca a lo largo de las estaciones, no presenta diferencias de unas especies a otras.

**Tabla 60. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $x^{0,5}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0.725	29.005	0.000
Estación x Especie	4	0.247	2.467	0.090
Error (Estación)	15	0.375		
Especie	4	2.697	5.034	0.009
Error	15	2.009		

En cuanto a la PMSC media en t/ha y corte, la especie *B. bituminosa*, presentó el mayor valor ( $2,77 \pm 0,47$  t/ha y corte), seguida de *E. decaisnei* ( $1,98 \pm 0,33$  t/ha y corte) y de *L. lancerottensis* ( $1,79 \pm 0,26$  t/ha y corte) y existiendo una significación baja entre estas tres especies ( $P > 0,05$ ). La especie *A. halimus* ( $1,49 \pm 0,19$  t/ha y corte) no presentó diferencias significativas con las dos últimas ni con *C. viminalis* ( $0,81 \pm 0,24$  t/ha y corte), que resultó ser la que menor producción media presentó (Figura 57).

En Primavera/2010 se obtuvo una mayor producción que en Invierno/2010 (Figura 57), existiendo una alta significación entre ambas ( $P \leq 0,05$ ). Si bien la fenología, con mayor porcentaje de individuos con hojarasca y menor con crecimiento vegetativo (Figura 51) de Primavera/2010, así como su climatología, con menores precipitaciones (Figura 48), sean menos propicias para obtener mayores valores de producción de materia seca comestible, la mayor edad de las plantas, que se refleja en un mayor tamaño, puede haber provocado mayores producciones en Primavera/2010 que en Invierno/2010.

El valor medio de PMSC determinado para la especie *B. bituminosa* son muy inferiores a los citados por Méndez, 2000 para esta especie (19,2 y 12,9 t/ha), si bien corresponden a una densidad de plantación alta (90.000 plantas/m<sup>2</sup>) comparada con la nuestra (4.444 plantas/m<sup>2</sup>), a un cultivo con una dosis total de riegos de 219 l/m<sup>2</sup> en un año y a una producción de materia seca total (en nuestro caso se ha separado la fracción no ramoneable). Comparando las producciones medias determinadas en este trabajo con los valores citados por China *et al.*, 2007, obtenemos que todos los citados son inferiores a los obtenidos, exceptuando el correspondiente a la especie *Teline canariensis* (0,82 t/ha) cuyo valor es similar al mínimo obtenido en el presente trabajo y corresponde a la especie *C. viminalis*.

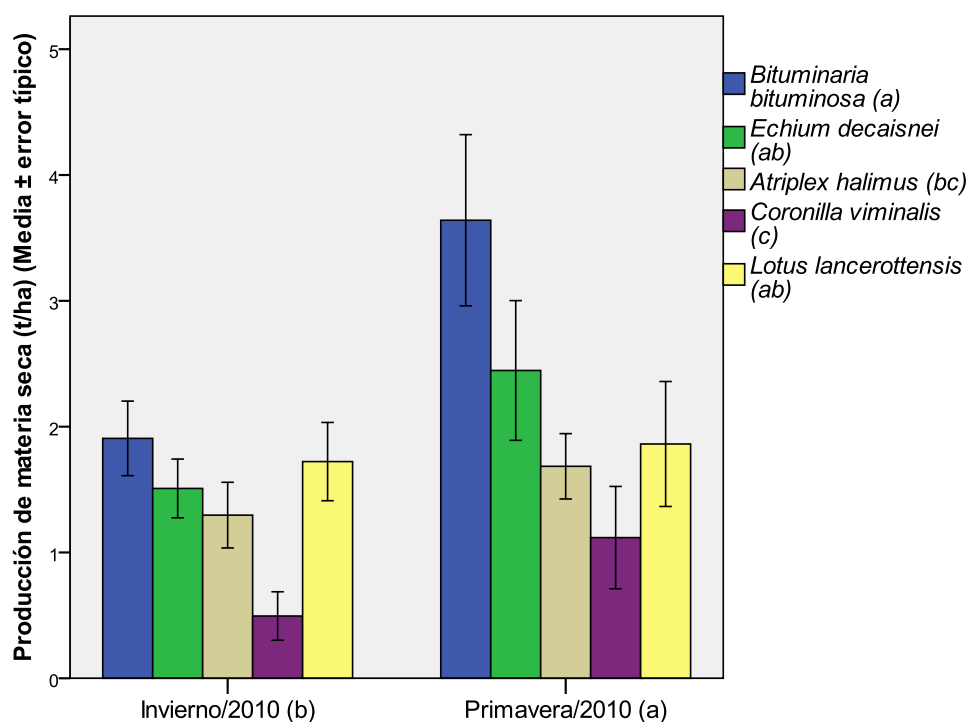


Figura 57. Producción de materia seca comestible de cinco especies en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

### 2.3. ANÁLISIS DE SUELOS.

En la Tabla 61 se recogen los resultados de análisis de la fertilidad de los suelos de dos parcelas en las que se han cultivado cinco especies arbustivas de interés forrajero.

Tabla 61. Valores del análisis de suelos de la finca del Centro de Día “Zonzamas” y de la finca de la Granja Experimental del Excmo. Cabildo de Lanzarote.

	pH	CE (dS/m)	MO (%)	P (ppm)	Cationes asimilables (meq/100g)				CIC (meq/100g)
					Na	K	Ca	Mg	
Finca “Zonzamas”	8,4	0,35	0,1	160	3,9 12,5%	3,8 12,2%	17,2 55,3%	6,2 20,0%	31,1
Finca del Cabildo	8,1	0,49	0,9	24	3,9 10,0%	3,5 9,1%	23,2 59,2%	8,1 20,7%	39,2

Nota: CE = Conductividad Eléctrica; MO = Materia Orgánica; CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico.

## pH:

El pH del suelo de la finca del Centro de Día “Zonzamas” presenta un valor de 8,4 mientras que el correspondiente a la finca del Cabildo presenta un valor de 8,1 (Tabla 61). Ambos suelos presentan valores superiores al rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 que va desde 6 hasta 7, y se considera el ideal. Podemos decir por lo tanto, de manera general, que los dos suelos estudiados tienen carácter alcalino.

## Conductividad eléctrica:

La conductividad eléctrica del suelo de la finca del centro de día es de 0,35 dS/m y la de la finca del Cabildo de 0,49 dS/m (Tabla 61). Ambas conductividades son muy inferiores al límite máximo citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980, que es de 2 dS/m. Por lo tanto podemos decir que ambos suelos presentan una conductividad eléctrica adecuada.

## Materia orgánica:

El contenido en materia orgánica, tanto del suelo del Centro de Día “Zonzamas” (0,1%), como del suelo de la Granja Experimental del Cabildo (0,9%) (Tabla 61) se encuentra muy por debajo del contenido mínimo aconsejable que está en torno al 3%.

## Fósforo asimilable (P):

El contenido en fósforo asimilable del suelo del Centro de Día “Zonzamas” (160 ppm) (Tabla 61) es superior al rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 (80-120 ppm). Por otro lado, el contenido en fósforo del suelo de la Granja Experimental del Cabildo (24 ppm) se encuentra muy por debajo de dicho rango.

## Cationes cambiabiles (Na, K, Ca y Mg):

El contenido de Na cambiabie en ambos suelos fue de 3,9 meq/100g, representando un 12,5 % de la CIC en el suelo de la finca del Centro de Día “Zonzamas” y un 10% en el caso de la Granja Experimental del Cabildo. Ambos valores son mayores al límite mínimo citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 (5%).

El potasio alcanza un valor de 3,8 meq/100g en el suelo del Centro de Día y 3,5 meq/100g (Tabla 61) para la finca de la Granja del Cabildo, representando un 12,2 y 9,1% de la CIC, respectivamente. El contenido en potasio del segundo de los suelos mencionados se corresponde con el rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 (3-



12%). En el primero de los suelos, el porcentaje de potasio con respecto a la CIC supera ligeramente el rango.

Los contenidos en calcio del suelo del Centro de Día (17,2 meq/100g) y del suelo de la Granja del Cabildo (23,2 meq/100g) representan un porcentaje de la CIC de 55,3 y 59,2% respectivamente (Tabla 61), valores ligeramente al rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 (60-80%), si bien es verdad que en el segundo de los casos, dicha concentración se aproxima bastante al límite inferior.

Finalmente, en el caso de las concentraciones de magnesio determinadas en ambos suelos analizados, cabe destacar que el suelo del Centro de Día, presentó 6,2 meq/100g (20% de la CIC) y el suelo de la Granja del Cabildo 8,1 meq/100g (20,7% de la CIC) (Tabla 61). El rango citado por Hernández-Abreu *et al.*, 1980 es de 10-20 %, por lo que podemos decir que ambos suelos se sitúan en el máximo aconsejado.

#### Capacidad de intercambio catiónico (CIC):

Ambos suelos presentaron CIC similares, encontrándose el valor correspondiente al suelo del Centro de Día “Zonzamas” (31,1 meq/100g) algo por debajo del correspondiente al suelo de la Granja del Cabildo (39,2 meq/100g) (Tabla 61).

En la Tabla 62 se recogen valores de fertilidad de los suelos del Centro de Día “Zonzamas” y de la Granja del Cabildo, apareciendo el porcentaje de saturación (PS), la textura y el análisis de microelementos.

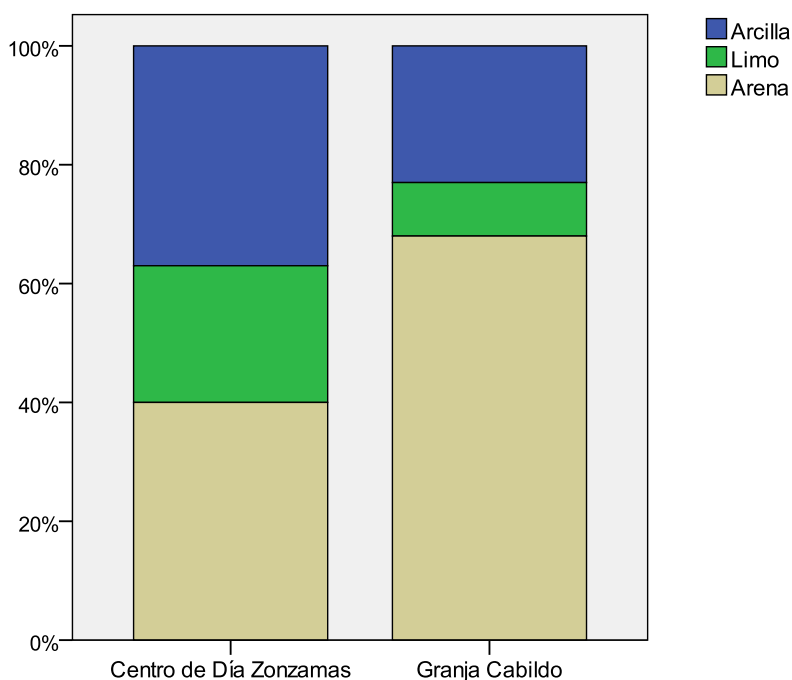
**Tabla 62. Valores del análisis de suelos de la finca del centro de día “Zonzamas” y de la finca de la granja del Cabildo.**

	PS (%)	Textura (%)			Microelementos (mg/l)			
		Arcilla	Limos	Arena	Fe	Cu	Mn	Zn
Finca “Zonzamas”	33,2	37	23	40	6,2	0,8	4,4	0,7
Finca del Cabildo	34,0	23	9	68	5,8	0,6	1,3	0,3

**Nota: PS = Porcentaje de Saturación.**

#### Textura:

El suelo del Centro de Día muestra una textura franco-arcillosa (Figura 35) con un 37% de arcilla, 23% de limos y 40% de arena (Tabla 62 y Figura 58). El suelo de la Granja del Cabildo presenta una textura franco-arcillo-arenosa (Figura 35), con porcentajes de arcilla, limos y arena del 23, 9 y 68% respectivamente (Tabla 62 y Figura 58).



**Figura 58. Análisis de las texturas de los suelos del Centro de Día “Zonzamas” y de la Granja del Cabildo.**

#### Microelementos:

El contenido en hierro asimilable del suelo del Centro de Día (6,2 mg/l) y del suelo de la Granja del Cabildo (5,8 mg/l) (Tabla 62) se encuentran por encima del límite mínimo citado por Sillanpää, 1982 (4,5 mg/l).

En cuanto al contenido en cobre de los dos suelos, 0,8 mg/l en el caso del Centro de Día y 0,6 mg/l para la Granja del Cabildo (Tabla 62), podemos decir que ambos valores superan el nivel mínimo citado por Sillanpää, 1982 (0,2 mg/l).

Ninguno de los valores obtenidos del análisis de los suelos (4,4 mg/l en el Centro de Día y 1,3 mg/l para la Granja del Cabildo) presentan déficit en manganeso, puesto que ambos son superiores al citado por Sillanpää, 1982 (1,0 mg/l).

Finalmente hay que decir que el suelo del Centro de Día “Zonzamas” presentó una concentración de zinc de 0,7 mg/l y el de la Granja del Cabildo de 0,3 mg/l (Tabla 62). Estos dos valores son inferiores al citado por Sillanpää, 1982 (>1,0 mg/l).

De forma general podemos decir que los dos analizados presentan carácter alcalino, con baja CE y materia orgánica. Ambos presentan niveles adecuados de cationes cambiables, exceptuando el calcio, para el cual los dos suelos presentan deficiencia. El suelo de la parcela del Centro de Día “Zonzamas” presenta una alta concentración de fósforo asimilable, sin embargo el suelo de la parcela de la Granja Experimental del Excmo. Cabildo de Lanzarote presentó una concentración baja. Los dos suelos presentan texturas apropiadas para su cultivo. Finalmente, los niveles de

microelementos son correctos, exceptuando el manganeso, para el cual presentan deficiencia.

## 2.4. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE AGUAS DE RIEGO.

Agua de la toma de riegos.

Se trata de un agua con pH adecuado, conductividad eléctrica baja y sin riesgo. El SAR se encuentra por debajo de 10, por lo que se considera que no ocasiona riesgo por acumulación de sodio.

Se ha obtenido un índice de carbonato sódico residual (CSR) menor a 1,25 por lo que se considera un agua recomendable según este parámetro.

La dureza obtenida, expresada en grados hidrotimétricos franceses, es de 4,01, que es menor a 7 y por lo tanto, según la clasificación de aguas de riego según grados hidrotimétricos franceses se considera muy blanda.

El coeficiente alcalimétrico (Índice de Scott), se determina según el 1<sup>er</sup> caso, ya que  $Cl^- \geq Na^+$ , obteniéndose un  $K_1 = 13,7$ , que se encuentra entre 6 y 18, por lo que consideramos que es un agua tolerable.

Según las Normas Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego, nos encontramos ante un agua C2-S1. Es decir, es un agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad. Con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio (Blasco y de la Rubia, 1973).

**Tabla 63. Resultados del análisis efectuado en el agua de riego de: Agua de toma de riegos (1) y agua del aljibe (2)**

Muestra			dS/m	meq/l.									
	pH	pH <sub>c</sub>	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> H	SAR <sub>aj</sub>	SAR	
1	6,8	8,9	0,54	0,3	0,5	4,0	0,2	4,2	0,0	0,5	3,2	4,96	
2	7,4	8,9	0,46	1,2	0,3	3,3	0,1	4,0	0,0	0,3	1,9	3,48	

**Nota: CE = Conductividad Eléctrica; SAR = Relación de Absorción de Sodio.**

Agua del aljibe.

En este caso se trata de un agua con un pH adecuado y conductividad eléctrica baja y sin riesgo. El SAR es menor a 10, por tanto, nos encontramos ante un agua de riego que no ocasiona riesgo por acumulación de sodio.

El índice de carbonato sódico residual (CSR) es también menor a 1,25, considerándose un agua recomendable.

En cuanto a la dureza, se ha obtenido un índice de 7,52, que se localiza entre 7 y 14, por lo que consideramos esta agua como blanda según la clasificación de aguas de riego según grados hidrotimétricos.

El coeficiente alcalimétrico (Índice de Scott), se determina según el 1<sup>er</sup> caso, ya que  $Cl^- \geq Na^+$ , obteniéndose un  $K_1 = 14,4$ , que se encuentra entre 6 y 18, por lo que consideramos que es un agua tolerable.

En este caso, y según las Normas Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego, nos encontramos ante un agua ante un agua C2-S1. Es decir, es un agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad. Con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio (Blasco y de la Rubia, 1973).

El uso de estas aguas disminuirá el pH del suelo.

**CAPÍTULO IV:**  
**RECUPERACIÓN DE FINCAS ABANDONADAS**

## 1. LEVANTAMIENTO DE MAPAS DE CULTIVO.

Debido al potencial forrajero presentado por las cinco especies estudiadas y la posibilidad de llevar a cabo su cultivo para su aprovechamiento ganadero y como instrumento que favorezca la estabilización de los suelos, impidiendo su erosión y recuperando su fertilidad, potenciando por otro lado la recuperación de poblaciones de especies autóctonas amenazadas y embelleciendo el paisaje rural, es interesante conocer aquellas áreas de la Isla en que sería viable su desarrollo. Para ello se ha procedido al levantamiento de un mapa de cultivos para cada una de las especies, localizando las zonas de desarrollo potenciales mediante la búsqueda, identificación y localización de poblaciones o ejemplares de esta especie. Teniendo en cuenta estas áreas potenciales, así como el mapa de cultivos de la Isla de Lanzarote del año 2004 (escala 1:5.000), el mapa topográfico de la Isla del año 2009 (escala 1:5.000), la ortofotografía de la Isla de Lanzarote del año 2009 (resolución 40.50 cm/pixel) y las características ecológicas de dichas especies, se ha procedido al levantamiento de estos mapas, considerándose únicamente las parcelas dedicadas al cultivo.

Atendiendo a las características ecológicas de las especies objeto de estudio, se procedió de distinta forma en cada una de ellas:

En el caso de *Atriplex halimus* (Mapa 1), debido a su conocida resistencia a la salinidad, se procedió a la selección de un área de cultivo que presenta condiciones de salinidad que dificultarían el cultivo de las otras especies pero que permitirían el desarrollo de ésta.

Los mapas de cultivo de las especies *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* y *Coronilla viminalis* (Mapas 2 y 3), debido a su distribución más reducida, a sus mayores exigencias edafo-climáticas y al mayor potencial forrajero presentado, se limitaron a áreas más reducidas, enclavadas en las zonas de la isla con condiciones de cultivo más benignas.

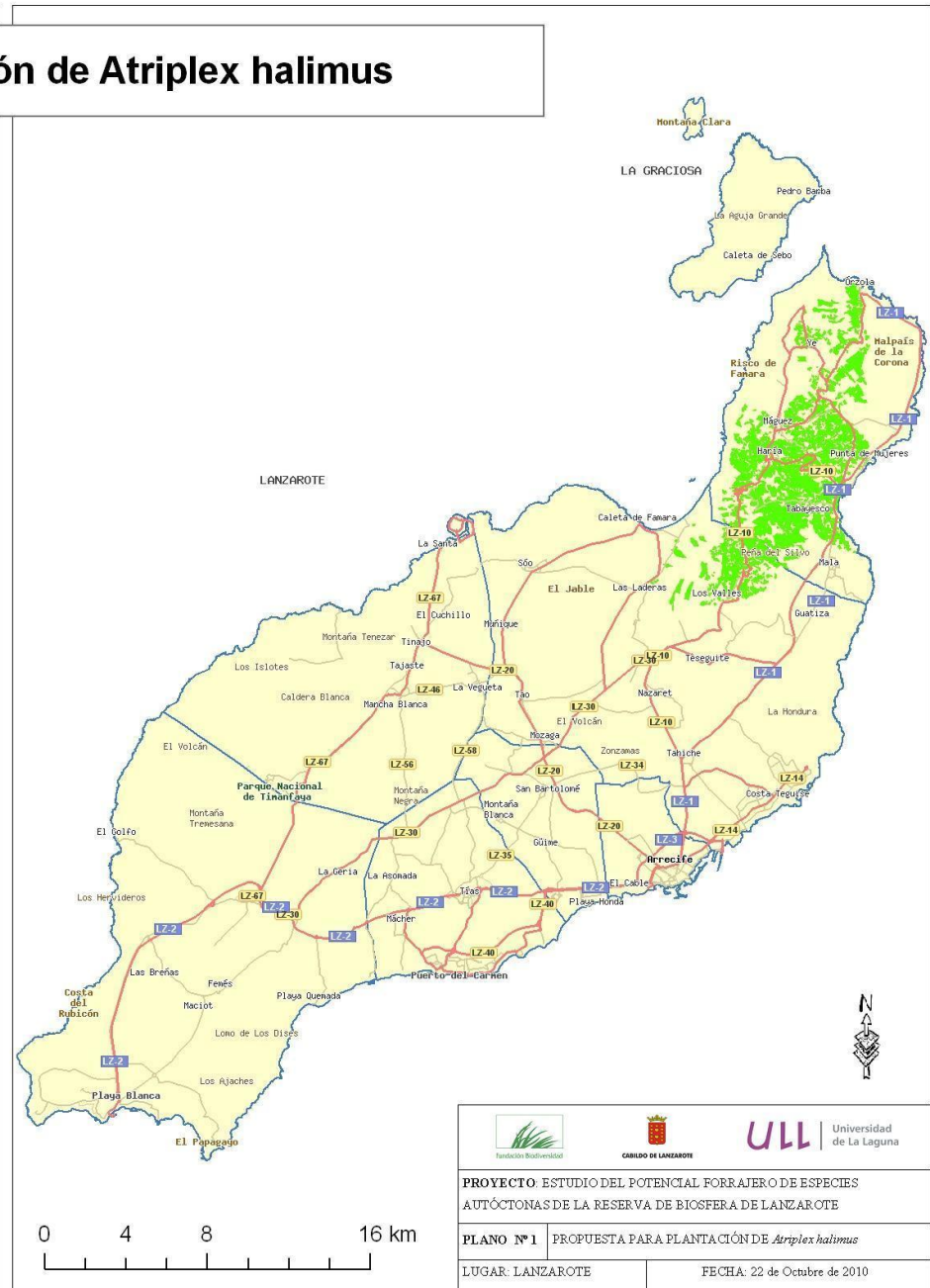
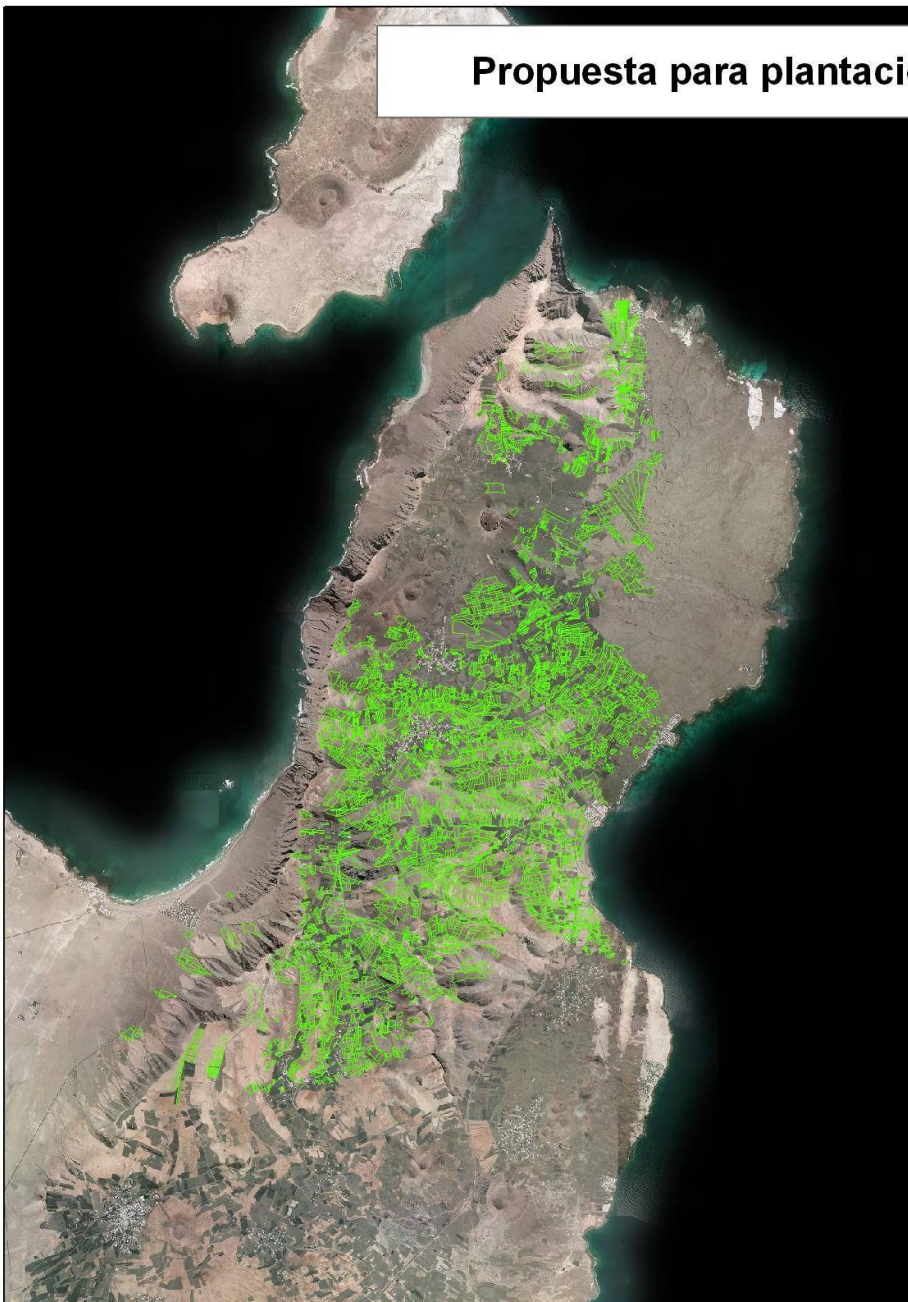
Finalmente, en el caso de las especies *Echium decaisnei* y *Lotus lancerottensis* (Mapas 4 y 5), debido a su amplia distribución a lo largo de toda la orografía insular, y a su adaptación a los ecosistemas más desfavorables, se actuó elaborando mapas de cultivo amplios, que abarcan prácticamente la totalidad de la isla, exceptuando aquellas zonas en las que debido a factores climáticos, edáficos, legales, etc. es poco aconsejable su cultivo.

La información utilizada en la elaboración de los mapas ha sido tomada de la Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (IDE Canarias) que el Gobierno de Canarias pone a disposición de todos los usuarios, así como de la propia observación y trabajo de campo.

El software utilizado para la elaboración de los planos de este capítulo han sido el ArcGIS 9.2 y el AutoCAD 2008.

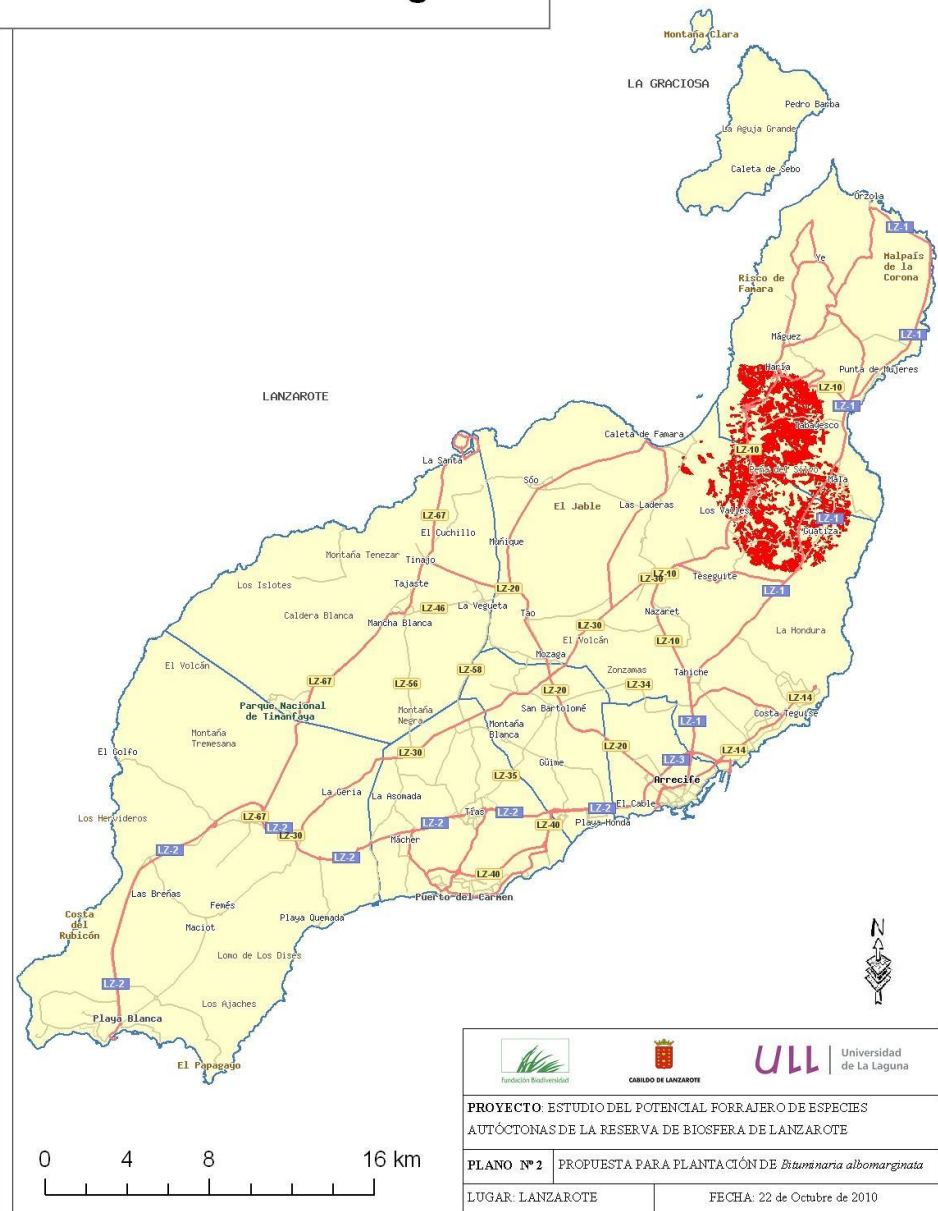
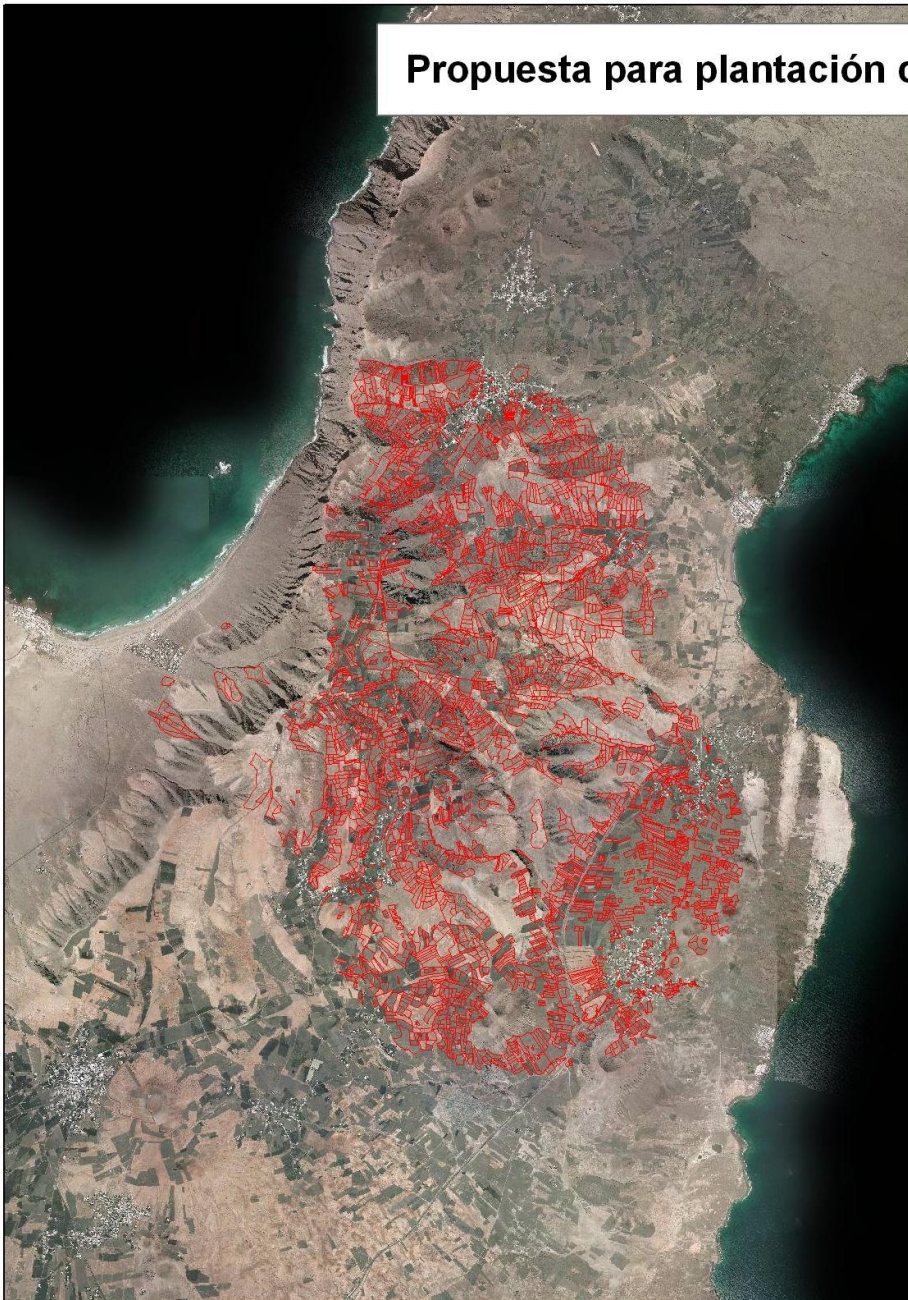


# Propuesta para plantación de *Atriplex halimus*



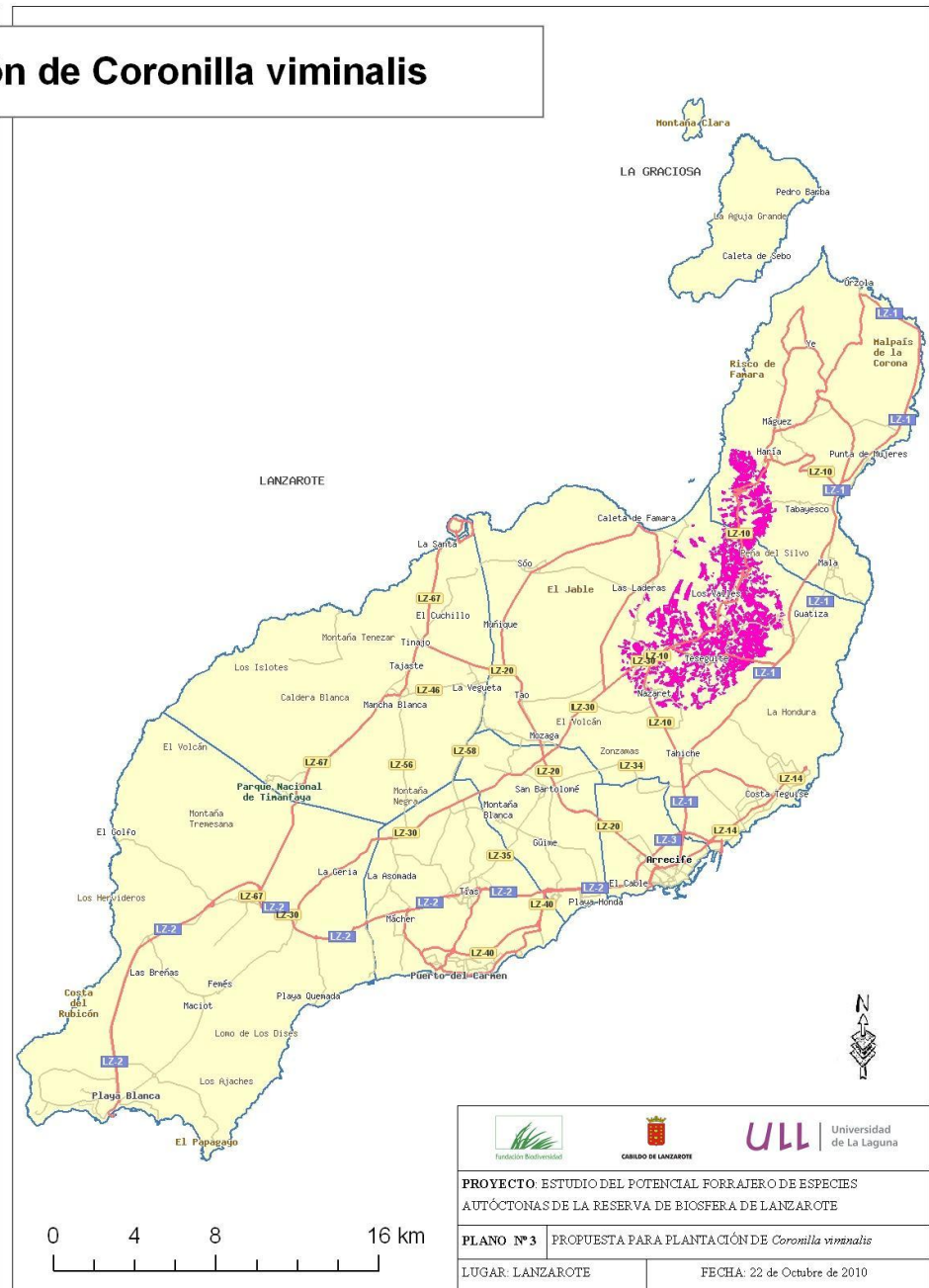
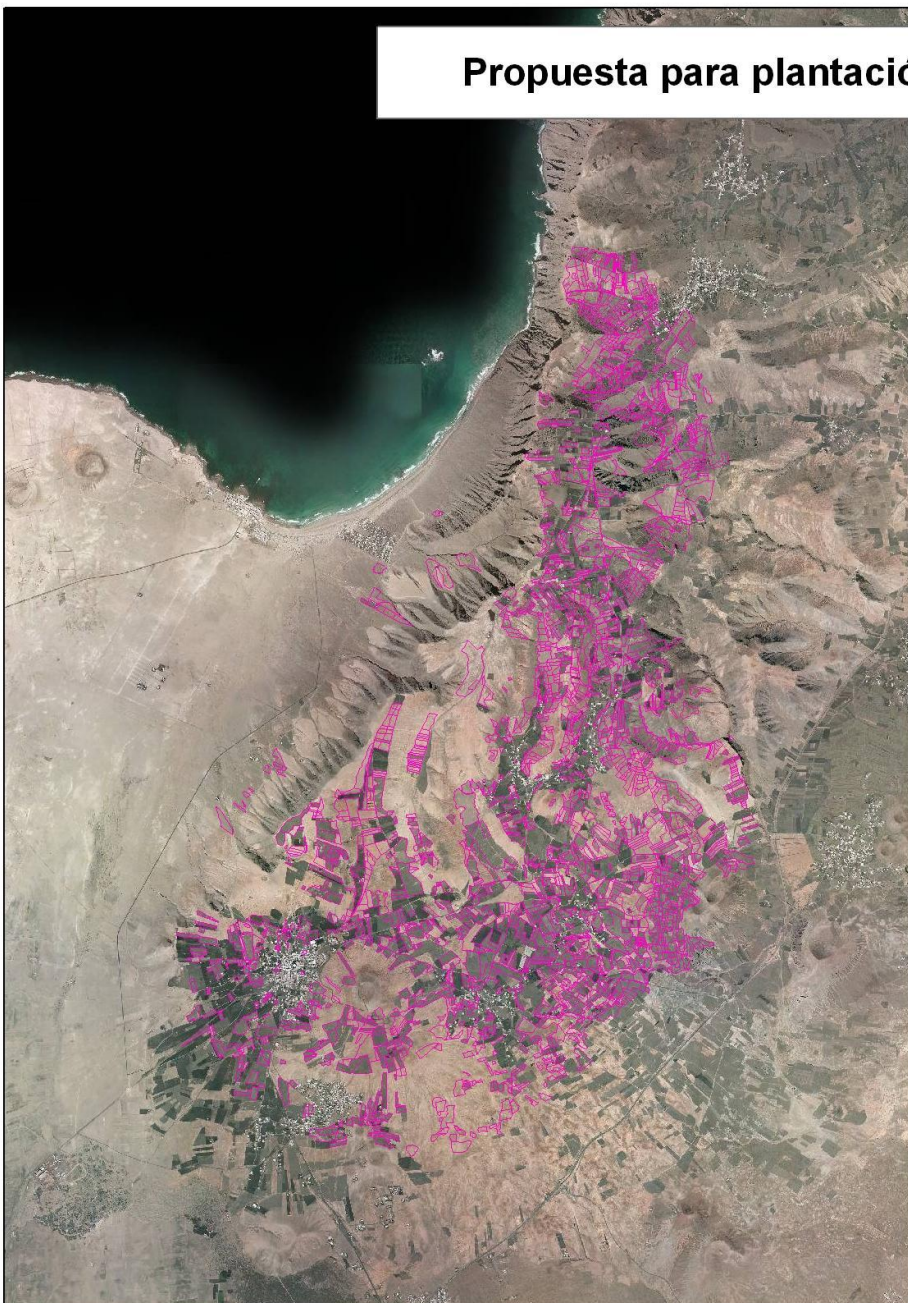


## Propuesta para plantación de *Bituminaria albomarginata*



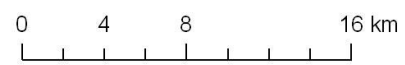
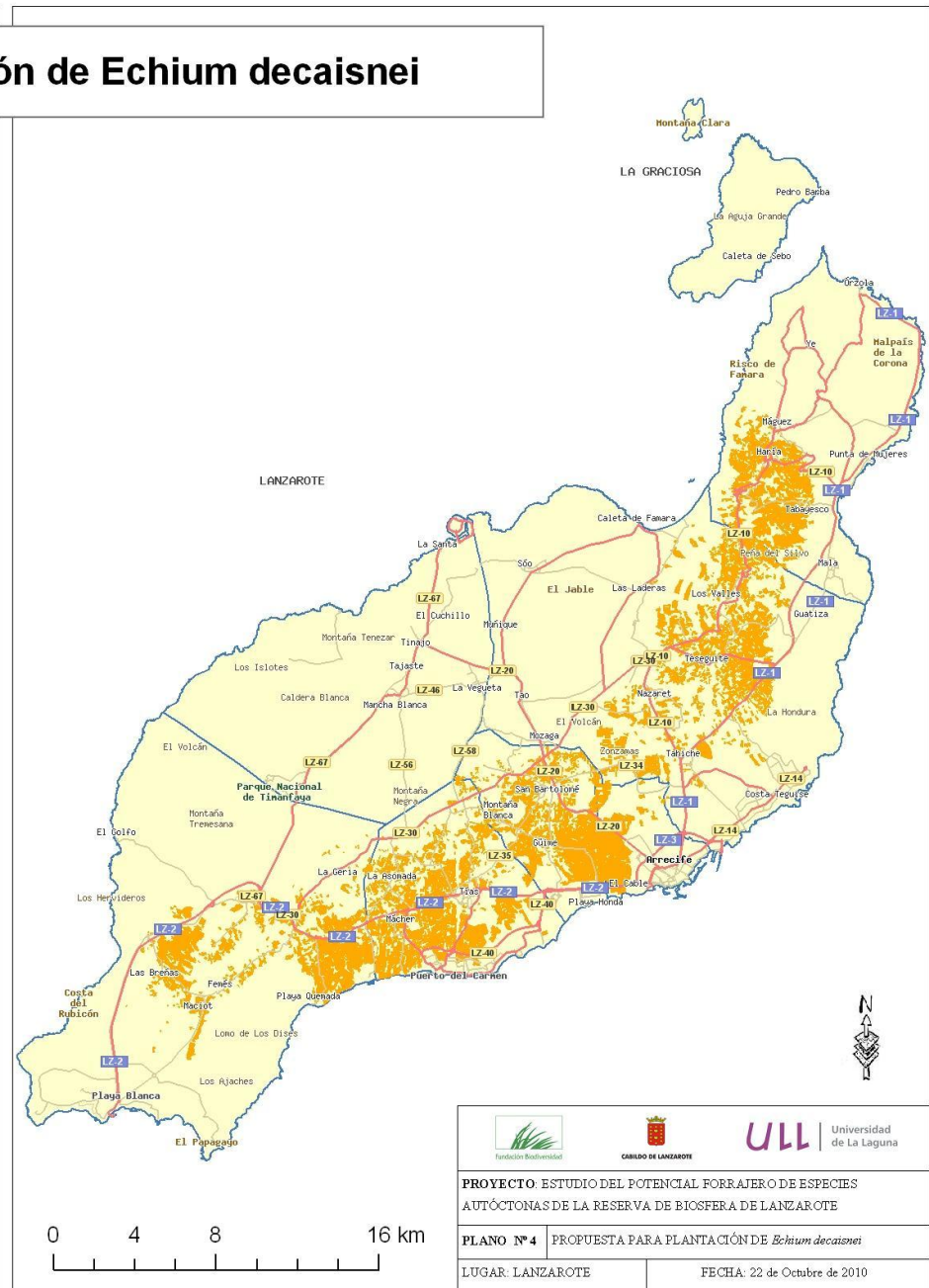


# Propuesta para plantación de *Coronilla viminalis*



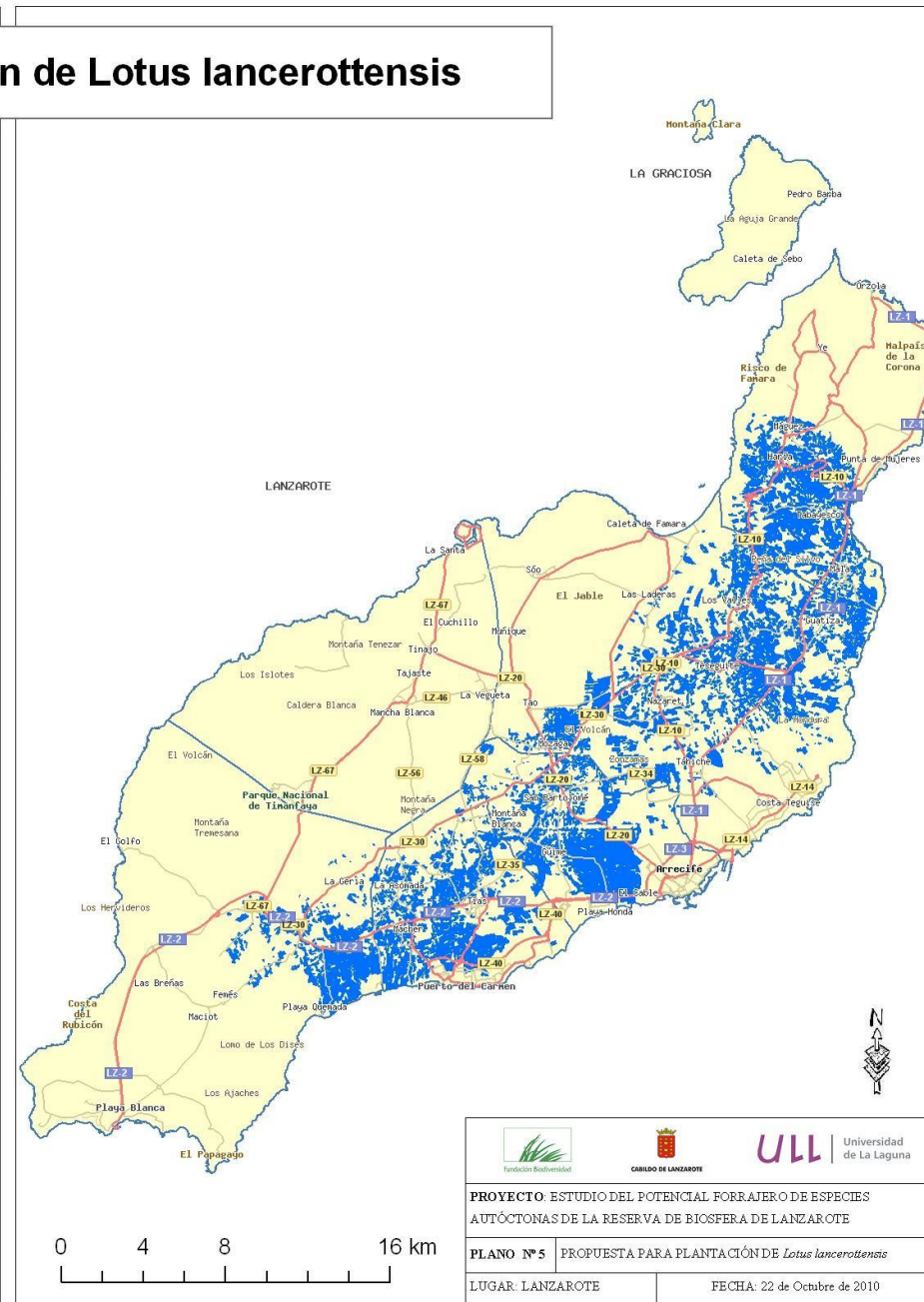
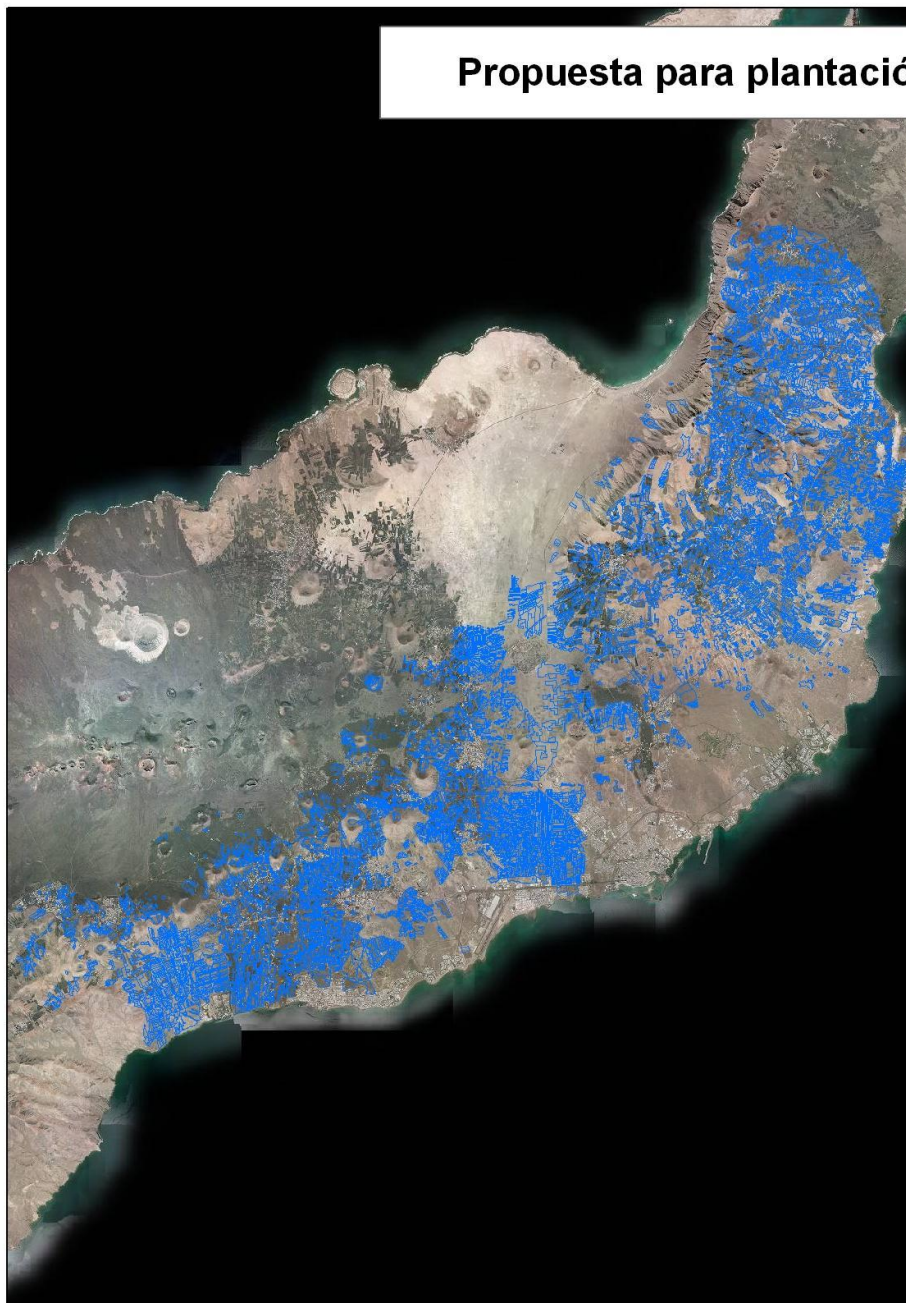


# Propuesta para plantación de *Echium decaisnei*



			Universidad de La Laguna
<p>PROYECTO: ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE</p>			
<p>PLANO Nº 4</p>		<p>PROPUESTA PARA PLANTACIÓN DE <i>Echium decaisnei</i></p>	
<p>LUGAR: LANZAROTE</p>		<p>FECHA: 22 de Octubre de 2010</p>	

# Propuesta para plantación de *Lotus lancerottensis*



		
<p>PROYECTO: ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE</p>		
PLANO Nº 5	PROPUESTA PARA PLANTACIÓN DE <i>Lotus lancerottensis</i>	
LUGAR: LANZAROTE	FECHA: 22 de Octubre de 2010	



## 2. PROPUESTA DE PARCELAS.

Con el objetivo de facilitar la búsqueda de parcelas abandonadas con las condiciones necesarias para el cultivo de las cinco especies estudiadas en el presente trabajo, se van a proponer una serie de parcelas ubicadas a lo largo de la Isla de Lanzarote que poseen una serie de características adecuadas para ser usadas.

Para ello se procedió a la búsqueda y detección de unas 13 parcelas distribuidas por toda la isla y su localización mediante el uso de GPS. Así mismo se llevó a cabo la observación y descripción de las mismas, tratando de detectar cualquier tipo de ventaja o inconveniente para su uso. Los requisitos buscados en todas las parcelas fueron:

- Presentar signos que indicaran un estado de abandono notable.
- Estar ubicadas en la cercanía a una carretera o camino de fácil acceso.
- Poseer una extensión suficiente como para llevar a cabo una plantación de magnitud importante y que permitiera la mecanización de su cultivo.
- Estar dotadas preferiblemente de algún tipo de sistema de mulching tal como enarenado o jable.
- Ser representativa de cada una de las zonas agrícolas más importantes de la Isla.
- Obtener una red de parcelas en la que se encontraran representados la mayoría de los municipios de Lanzarote.

Posteriormente, y con la información recogida se procedió a la elaboración de unos planos que contuvieran un plano de localización de la parcela, una vista satélite de la parcela y su foto, complementado con una ficha descriptiva en la que se recoge los datos más importantes de la misma tales como su nombre, el municipio en el que se encuentra, las coordenadas UTM, la superficie total mediante el SIGPAC (Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas) y la cultivable, el perímetro, el número aproximado de plantas que podrían ser cultivadas, su pendiente y una breve descripción realizada con los datos tomados a pie de campo.



<b>Nombre</b>	Carretera Maciot-Las Breñas
<b>Localización</b>	Yaiza
<b>Coordenadas UTM</b>	617.411 ; 3.199.006
<b>Superficie SIGPAC</b>	15.368 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	14.092 m <sup>2</sup>
<b>Perimetro</b>	540 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	3.280
<b>Pendiente media</b>	5,5%
<b>Descripción</b>	Situado al lado de la carretera. Buen estado de conservación, amurallado y enarenado. Presencia de aulagas.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE  
**PLANO Nº 6:** PARCELA “CARRETERA MACIOT-LAS BREÑAS”  
**LUGAR:** LANZAROTE **FECHA:** 22 de Octubre de 2010





<b>Nombre</b>	Carretera a Femés
<b>Localización</b>	Yaiza
<b>Coordenadas UTM</b>	620.545; 3.200.403
<b>Superficie SIGPAC</b>	9.333 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	8.809 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	491 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	2.050
<b>Pendiente media</b>	9,3%
<b>Descripción</b>	Situado al lado de la carretera. Sin enarenado, amurallado en mal estado. Presencia de tuneras y tabaibas en toda la finca.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE  
**PLANO Nº 7:** PARCELA “CARRETERA A FEMÉS”  
**LUGAR:** LANZAROTE  
**FECHA:** 22 de Octubre de 2010





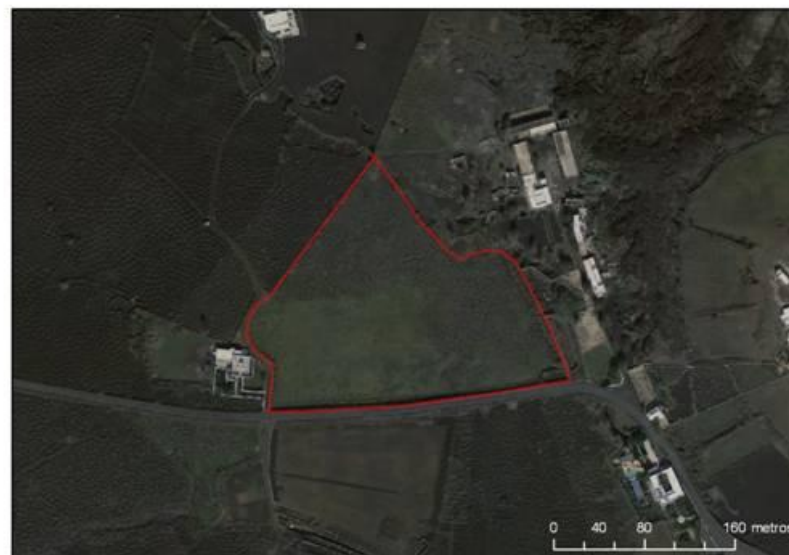


<b>Nombre</b>	Tegoyo 1
<b>Localización</b>	Tías
<b>Coordenadas UTM</b>	628.767 ; 3.205.430
<b>Superficie SIGPAC</b>	48.642 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	37.480 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	967 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	8.720
<b>Pendiente media</b>	14,8 %
<b>Descripción</b>	Enarenada y amurallada. Una parte está abancalada y otra en pendiente. Una parte está inutilizada por acumulación de material de desmorte.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE  
**PLANO Nº 8:** PARCELA “TEGOYO 1”  
**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010





<b>Nombre</b>	Tegoyo 2
<b>Localización</b>	Tías
<b>Coordenadas UTM</b>	628.313 ; 3.205.654
<b>Superficie SIGPAC</b>	37.287 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	32.944 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	790 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	7.665
<b>Pendiente media</b>	4,3%
<b>Descripción</b>	Situada al lado de la carretera y delimitada por dos caminos. Amurallada y enarenada. Alberga en uno de sus lados el cultivo de la vid.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE

**PLANO Nº 9:** PARCELA "TEGOYO 2"

**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010







<b>Nombre</b>	Rofero de Tao
<b>Localización</b>	Teguise
<b>Coordenadas UTM</b>	633.193 ; 3.211.657
<b>Superficie SIGPAC</b>	43.405 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	34.470 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	788 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	8.020
<b>Pendiente media</b>	1,8 %
<b>Descripción</b>	Situado al lado de la carretera. Enarenado y delimitado por muros. Evidente presencia de aulagas.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE

**PLANO Nº 10:** PARCELA "ROFERO DE TAO"

**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010



Fundación Biodiversidad



CABILDO DE LANZAROTE

ULL

Universidad  
de La Laguna



<b>Nombre</b>	El Monte
<b>Localización</b>	San Bartolomé-Tegüise
<b>Coordenadas UTM</b>	637.319 ; 3.209.878
<b>Superficie SIGPAC</b>	66.849 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	60.697 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	1.500 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	14.120
<b>Pendiente media</b>	3,2%
<b>Descripción</b>	Situado en el límite de Tegüise y San Bartolomé al lado de la carretera y delimitado por uno de sus lados por un camino. Terreno arenoso. Propiedad comunal.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE

**PLANO Nº 11:** PARCELA “EL MONTE”

**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010







<b>Nombre</b>	Carretera a Famara
<b>Localización</b>	Tegüise
<b>Coordenadas UTM</b>	637.771; 3.214.985
<b>Superficie SIGPAC</b>	234.071 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	213.765 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	2.183 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	49.715
<b>Pendiente media</b>	6,1%
<b>Descripción</b>	Está delimitada por la carretera a Famara, por dos caminos y por una colada basáltica al fondo. No está enarenada pero gran presencia de jable.

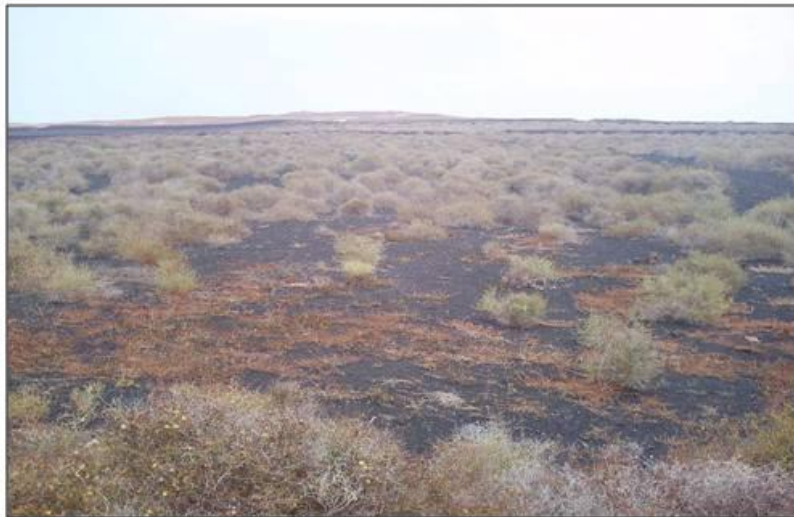
**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE

**PLANO Nº 12:** PARCELA “CARRETERA A FAMARA”

**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010





<b>Nombre</b>	Los Cuchillos
<b>Localización</b>	Tinajo
<b>Coordenadas UTM</b>	631.155; 3.219.348
<b>Superficie SIGPAC</b>	55.797 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	50.714 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	1.258 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	11.795
<b>Pendiente media</b>	0,6 %
<b>Descripción</b>	Parcelas amuralladas y enarenadas situadas al lado de la carretera. Se advierte el paso de una red de riego y la posibilidad de ubicar un hidrante en la finca.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE

**PLANO Nº 13:** PARCELA "LOS CUCHILLOS"

**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010



Fundación Biodiversidad



CABILDO DE LANZAROTE

ULL

Universidad  
de La Laguna





<b>Nombre</b>	Soo
<b>Localización</b>	Tegüise
<b>Coordenadas UTM</b>	635.604 ; 3.220.280
<b>Superficie SIGPAC</b>	91.733 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	90.474 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	1.664 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	21.045
<b>Pendiente media</b>	2,1%
<b>Descripción</b>	Situado al lado de la carretera. Sin enarenado, con jable. Se advierte la abundancia de aulagas.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE  
**PLANO Nº 14:** PARCELA "SOO"  
**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010







<b>Nombre</b>	Carretera Soo-Famara
<b>Localización</b>	Teguise
<b>Coordenadas UTM</b>	636.100 ; 3.221.076
<b>Superficie SIGPAC</b>	44.037 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	44.037 m <sup>2</sup>
<b>Perimetro</b>	1.180 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	10.245
<b>Pendiente media</b>	5,2%
<b>Descripción</b>	Situada al lado de un camino de tierra, presencia de jable, sin enarenado. Abundancia de aulagas.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE

**PLANO Nº 15:** PARCELA "SOO-FAMARA"

**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010



Fundación Biodiversidad



CABILDO DE LANZAROTE

ULL

Universidad de La Laguna



<b>Nombre</b>	Capellanía y Peña Matamoros
<b>Localización</b>	Haría
<b>Coordenadas UTM</b>	645.762; 3.221.118
<b>Superficie SIGPAC</b>	12.146 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	11.688 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	436 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	2.720
<b>Pendiente media</b>	4,6 %
<b>Descripción</b>	Situado por debajo de la Hacienda de Don Eusebio y delimitado por dos caminos de tierra. Se encuentra enarenado y abancalado.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE

**PLANO Nº 16:** PARCELA “CAPELLANÍA Y PEÑA MATAMOROS”

**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010



Fundación Biodiversidad



CABILDO DE LANZAROTE

ULL

Universidad de La Laguna





<b>Nombre</b>	Carretera a Haría 1
<b>Localización</b>	Haría
<b>Coordenadas UTM</b>	644.315; 3.223.636
<b>Superficie SIGPAC</b>	10.426 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	7.038 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	521 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	1.640
<b>Pendiente media</b>	20,5%
<b>Descripción</b>	Situado al lado de la carretera con dirección a Haría. Abancalado abandonado con enarenado y existencia de ejemplares aislados de Palmera Canaria.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE

**PLANO Nº 17:** PARCELA "CARRETERA A HARÍA 1"

**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010





<b>Nombre</b>	Carretera a Haría 2
<b>Localización</b>	Haría
<b>Coordenadas UTM</b>	644.524 ; 3.223.675
<b>Superficie SIGPAC</b>	8.358 m <sup>2</sup>
<b>Superficie cultivable</b>	6.656 m <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	351 m
<b>Marco de plantación</b>	2,15 x 2
<b>Nº de plantas aprox.</b>	1.550
<b>Pendiente media</b>	26,1%
<b>Descripción</b>	Situado al lado de la carretera con dirección a Haría. Abancalado abandonado con enarenado y existencia de ejemplares aislados de Palmera Canaria.

**PROYECTO:** ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE

**PLANO Nº 18:** PARCELA "CARRETERA A HARÍA 2"

**LUGAR:** LANZAROTE

**FECHA:** 22 de Octubre de 2010



Fundación Biodiversidad



CABILDO DE LANZAROTE

ULL

Universidad de La Laguna

## **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES.

### CAPÍTULO I.

- Las especies *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata* y *L. lancerottensis* presentan los niveles más altos de materia seca, seguidos de la especie *C. viminalis* y observándose los niveles más bajos en la especie *E. decaisnei*.
- Las especies *A. halimus* y *E. decaisnei* presentan los niveles de cenizas más altos, *C. viminalis* presenta niveles medios y *B. bituminosa* var. *albomarginata* y *L. lancerottensis* los más bajos.
- Los niveles medios de FND, FAD, Lignina y Celulosa más altos se presentan en las especies *L. lancerottensis*, *E. decaisnei* y *B. bituminosa*.
- La especie *C. viminalis* presenta los niveles de proteína más altos, superiores a los de la alfalfa. El resto de especies estudiadas, exceptuando *E. decaisnei*, presentan niveles de proteína aceptables.
- Los niveles medios de K, Ca y Mg aumentan considerablemente en invierno con respecto a las otras dos estaciones.
- De forma general, podemos decir que las especies estudiadas presentan concentraciones de P, K, Ca, Mg, Na, S, Fe, Mn y Mo óptimas para la alimentación de rumiantes.
- Los niveles medios de Mo en la especie *E. decaisnei*, así como los de Cu en las especies *A. halimus*, *B. bituminosa* y *C. viminalis* y los de Zn en todas las especies, pueden dar lugar a deficiencias en la dieta de rumiantes. En el caso del Cu, debido a las altas concentraciones de Mo que puede generar antagonismo.
- La especie *A. halimus* presenta unos niveles excesivos de S, Na, Cd y Pb, muy superiores a los del resto de especies estudiadas.
- Se observa una importante concentración de B y K en la especie *E. decaisnei*, siendo esta concentración superior a la del resto de especies.
- Los niveles medios de Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, Bo, Co y Mo sufren descensos importantes en la estación invernal, con respecto a las otras dos estaciones.
- El Cr, a diferencia del resto de microelementos, presenta valores considerablemente superiores en invierno.
- Los suelos en los que se desarrollan las poblaciones naturales presentan de forma general carácter alcalino, salinidad baja y bajo contenido en materia orgánica.
- Las poblaciones naturales de la especie *L. lancerottensis* se desarrollan en suelos considerablemente salinos indicando la resistencia de esta especie a la salinidad.



## CAPÍTULO II.

- Las especies *A. halimus*, *C. viminalis* y *E. decaisnei* no responden a los tratamientos pregerminativos, presentando mayor índice de germinación con el testigo.
- La especie *L. lancerottensis* presenta el mayor porcentaje de germinación en el tratamiento mecánico.
- La especie *B. bituminosa* var. *albomarginata* presenta altos índices de germinación para la mayoría de tratamientos, siendo los basados en el uso de agua caliente con los que se obtienen los mejores resultados.
- De forma general, el tratamiento testigo y el mecánico son los que presentan mejores resultados.

## CAPÍTULO III.

- La relación de fracción ramoneable sufre un descenso en la estación primaveral asociada al estado fenológico de las plantas en esta estación que presentaban hojarasca abundante y generalizada.
- La relación de fracción ramoneable en la especie *L. lancerottensis* se ve fuertemente afectada por la fenología, obteniéndose valores elevados en invierno y muy reducidos en primavera.
- Las especies *B. bituminosa* var. *albomarginata* y *L. lancerottensis* presentan valores altos de producción, contenido en materia seca y relación de la fracción ramoneable al ser cultivadas.
- Los suelos de las dos parcelas experimentales presentan, de forma general buenas condiciones edáficas para el cultivo de las cinco especies.

## **BIBLIOGRAFÍA CITADA**

**BIBLIOGRAFÍA CITADA.**

Acebes Ginovés, J.R., León Arencibia, M.C., Rodríguez Navarro, M.L., Arco Aguilar, M. del, García Gallo, A., Pérez de Paz, P.L., Rodríguez Delgado, O., Martín Osorio, V.E., Wildpret de la Torre, W. 2010. **Pteridophyta, Spermatophyta**. En: **Lista de especies silvestres de Canarias. Hongos, plantas y animales terrestres. 2009**. Arachavaleta, M., Rodríguez, S., Zurita, N. y García, A. (coord.). Gobierno de Canarias. p 119-172.

AEL, 2009. **Anuario Estadístico de Lanzarote**. Cabildo de Lanzarote, Centro de Datos. <http://www.datosdelanzarote.com> (accedido el 14 de Agosto de 2010).

AEMET. 2010. **Agencia Estatal de Meteorología**. Clima en Lanzarote. <http://www.tutiempo.net> (accedido el 20 de Septiembre de 2010).

Álvarez, S., Méndez, P. Díaz, C. y Fresno, M. 2004. **Ingestión, composición química y digestibilidad in vivo de tедера (*Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton)**. En: García Criado, B., García Ciudad, A., Vázquez de Aldana, B. R. y Zabalgogeoazcoa, I. 2004. **Pastos y ganadería extensiva**. Salamanca (España). IRNASA (CSIC). p 337-340.

Álvarez, S., Méndez, P. Díaz, C. y Fresno, M. 2005. **Valoración nutritiva de forrajes adaptados a zonas áridas y su utilización en la alimentación del ganado caprino**. En: Osoro, K., Argamentería, A. y Larraceleta, A. **Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural**. Gijón (España). p 229-235.

Angell, R. F., Miller, R. F. y Haferkams, M. R. 1990. **Variability of crude protein increased wheatgrass at defined stages of phenology**. J. Range. Manage. En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos**. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 184.

Arfaoli, P., Bosetto, M. y Landi, L. 1994. **Evoluzione e distribuzione di alcuni elementi nutritive nelle foglie, nello stelo e nella pannocchia di tre varietà italiane di sorgo durante la crescita della piñata**. Agrochimica. En: Ruano Ramos, A. 1997. **Análisis de la composición mineral en muestras herbáceas por espectroscopia de la reflectancia en el infrarrojo cercano. Diagnóstico de deficiencias y toxicidades**. Tesis. Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca. p 55.

Ayerbe, L. y Ceresuela, J.L. 1982. **Pruebas de germinación de endemismos macaronésicos**. INIA/ Ser. Forestal. 6: p 32-41.

Bear, F.E. and Wallace, A. 1950. **Alfalfa: Its mineral requirements and chemical composition**. New Jersey Agr. Expt. Sta. Bull. En: Chapman, H.D. 1966. **Diagnostic criteria for plants and soils**. Riverside Div. Agric. Sci., University of California. California (Estados Unidos). p 144.

Bergmann, W. 1975. **Mikronährstoff-Grenzwertbereiche in pflanzen zur diagnose des ernährungs-zustandes der pflanzen**. En: Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 2001. **Trace elements in soils and plants**. 3ªEd. CRC Press. Washington, D.C. (Estados Unidos). p 142 y 177.

Blasco, F. y de la Rubia, J. 1973. **Guía para clasificar las aguas en relación con su calidad para el riego**. En: Cadahía, C. 2000. **Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales**. 2ªEd. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México. 475 p.

Cambi, G. 1949. **Preliminary report on the cobalt content of Italian forages**. Ann. Sper. Agrar. En: Chapman, H.D. 1966. **Diagnostic criteria for plants and soils**. Riverside Div. Agric. Sci., University of California. California (Estados Unidos). p 144.

Cañellas, I. Roig, S. Bachiller y Montoto, J.L. 2004. **Repoblación con especies del género *Atriplex* en terrenos agrícolas abandonados de clima mediterráneo**. En: García Criado, B., García Ciudad, A., Vázquez de Aldana, B. R. y Zabalgogezcoa, I. 2004. **Pastos y ganadería extensiva**. Salamanca (España). IRNASA. p 659-663.

Chapman, H.D. 1966. **Diagnostic criteria for plants and soils**. Riverside Div. Agric. Sci., University of California. California (Estados Unidos). 787 p.

China, E. 2001. **Leguminosas arbustivas endémicas de Canarias. Interés como recurso forrajero y para la conservación del suelo**. Tesis. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. 183 p.

China, E., García-Ciudad, A., Barquín, E. y García-Criado, B. 2007. **Evaluation of endemic leguminous forage shrubs from the Canary Islands. 1 Germplasm characterisation and forage production**. New Zealand Journal of Agricultural Research. 50: 417-427.

China, E., Martín, P., Afonso, C., Hita, P. y Hernández, E. 1999. **Estudio del ensilado de banana (*Musa acuminata* Colla, subgrupo Cavendish) para la alimentación del ganado caprino en las Islas Canarias (España)**. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo (Venezuela). 16: p 291-305.

China, E., Martín, P., Afonso, C y Vera, A. 1999. **Estudio preliminar de la utilización de los residuos de la tomatera en la alimentación del ganado caprino en Tenerife**. En: **Producción ovina y caprina. XXIV Jornadas científicas y 3ª internacionales de la sociedad española de ovinotecnia y caprinotecnia**. SEOC. 23-25 de Septiembre de 1999, Soria (España). p 223-226.

China, E., Mesa, R., Mora, J.L. y Rodríguez, H.A. 2009. **Especies forrajeras autóctonas de la Isla de Lanzarote**. En: Reiné, R., Barrantes, O., Broca, A. y Ferrer, C. 2009. **La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas**. Huesca (España). p 359-365.

Chipatecua, M.R., Pabón, M.L., Cárdenas, E.A. y Carulla, J.E. 2007. **Efecto de la combinación de una leguminosa tanígera (*Lotus uliginosus* cv *Maku*) con *Pennisetum clandestinum*, sobre la degradación in vitro de proteína y materia seca**. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 20: p 40-48.

Comisión de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología "José M<sup>a</sup> Albareda". 1973. **Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos**. An. Edafol. Agrobiol., 32: p 1153-1172.

Correal, E., Hoyos, A., Ríos, S., Méndez, P., Real, D., Snowball, R. y Costa, J. 2008. **Seed production of *Bituminaria bituminosa*: size, production, retention and germination capacity of the legumes**. En: **Options Mediterraneennes, serie A**. 79: p 379-383

Correal, E., Walker, D.J. y de Hoyos, A. 2008. **Seed production in *Atriplex halimus*: efecto of ploidy on seed size, germination capacity and initial plant vigour**. En: **Options Mediterraneennes, serie A**. 79: p 427-430

Cruz Acosta, A. 2010. **Efecto de los hongos micorrícicos bajo condiciones de estrés hídrico**. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna. 106 p.

Deinum, B. 1984. **Chemical composition and nutritive values of herbage in relation to climate**. En: Ruano Ramos, A. 1997. **Análisis de la composición mineral en muestras herbáceas por espectroscopia de la reflectancia en el infrarrojo cercano. Diagnóstico de deficiencias y toxicidades**. Tesis. Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca. p 57.

Deinum, B. and Dirven, J. G. P. 1976. **Climate, nitrogen and grass. Comparisons of production and chemical composition of *Brachiaria ruziensis* and *Setaria sphacelata* growth at different temperatures**. Neth. J. Agric. Sci. En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos**. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 184 y 185.

Delgado Enguita, I. 1993. **Cultivos forrajeros herbáceos**. En: CITA. **Textos del primer curso de ganado caprino. Primer curso de ganado caprino**, 29 Noviembre- 2 Diciembre, Tacoronte (Tenerife). Gobierno de Canarias. p 51-61.

Domínguez-Lerana, S., Murrias, G., Herrero, N. y Peñuelas, J.L. 2001. **Cultivo de once especies mediterráneas en vivero**. Revista Ecológica. 32: p 213-223.

Duque Macías, F. 1970. **Estudio químico de suelos y especies pratenses y pascícolas de comunidades seminaturales de la provincia de Salamanca.** En: China, E. 2001. **Leguminosas arbustivas endémicas de Canarias. Interés como recurso forrajero y para la conservación del suelo.** Tesis. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. p 35.

Eaton, F.M. 1944. **Deficiency, toxicity, and accumulation of boron in plants.** Jour. Agr. Res. En: Chapman, H.D. 1966. **Diagnostic criteria for plants and soils.** Riverside Div. Agric. Sci., University of California. California (Estados Unidos). p 46.

Ebens, R. y Shacklette, H.T. 1982. **Geochemistry of some rocks, mine spoils, stream sediments, soils, plants, and water in the Western Energy Region of the conterminous United States.** En: Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 2001. **Trace elements in soils and plants.** 3ªEd. CRC Press. Washington, D.C. (Estados Unidos). p 259.

Elejabeitia Velú, N. 1997. **Hojas divulgativas: La alimentación de las cabras.** Servicio de Agricultura, Cabildo Insular de Tenerife. Tenerife (España). 26 p.

Ferrer, C., San Miguel, A. y Olea, L. 2001. **Nomenclator básico de pastos en España.** Pastos, XXIX. 2: P 7-44.

Fleming, G. A. 1973. **Mineral composition of herbage.** En: Ruano Ramos, A. 1997. **Análisis de la composición mineral en muestras herbáceas por espectroscopia de la reflectancia en el infrarrojo cercano. Diagnóstico de deficiencias y toxicidades.** Tesis. Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca. p 55 y 56.

Follet, R. F. y Barber, S.A. 1967. **Molybdate phase equilibria in soil.** Proc. Soil. Sci. Soc. Am. En: Loué, A. 1988. **Los microelementos en la agricultura.** Ediciones Mundi-Prensa, Madrid (España). p 190.

García Ciudad, A., García Criado, B. y Montalvo Hernández, M. I. 1984. **Seasonal variations in mineral composition of pastures in a semiarid zone of Spain.** En: Ruano Ramos, A. 1997. **Análisis de la composición mineral en muestras herbáceas por espectroscopia de la reflectancia en el infrarrojo cercano. Diagnóstico de deficiencias y toxicidades.** Tesis. Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca. p 57.

García Ciudad, A., Moreno Domínguez, A. y García Criado, B. 1981. **Variación estacional de la composición mineral en pastizales de dehesa.** Pastos, 11. En: Ruano Ramos, A. 1997. **Análisis de la composición mineral en muestras herbáceas por espectroscopia de la reflectancia en el infrarrojo cercano. Diagnóstico de deficiencias y toxicidades.** Tesis. Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca. p 57.

García Criado, B. 1974. **Fraccionamiento químico de alimentos forrajeros y su evaluación por métodos de laboratorio.** En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción**



**de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 185.

García-Criado, B., García, A., Rico, M. y García, C. 1986. **Composición químico-bromatológica de alfalfa deshidratada destinada al comercio exterior.** En: **XXVI Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. (SEEP).** 2-6 de Junio de 1986, Oviedo (España). Principado de Asturias. p 71-87.

Gil-González, J., Peña-Hernández, M. y Niz-Torres, R. 2009. **Usos culturales de las yerbas en los campos de Lanzarote. Bases orales para la reconstrucción del conocimiento etnobotánico tradicional.** 1ª Ed. Vol 1. Editorial ADERLAN. Lanzarote (España). 558 p.

Gill, M., Beeuer, D. E. and Osbourn, D. F. 1989. **The feeding value of grass products.** En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 185.

González-Andrés, F. y Cerezuela, J.L. 1998. **Chemical composition of some Iberian Mediterranean leguminous shrubs potentially useful for forage in seasonally dry areas.** New Zealand Journal of Agricultural Research. 41: p 139-147.

Hernández-Abreu, J.M., Mascarel, J., Duarte, S., Pérez-Regalado, A., Santana, J.L. y Socorro, A.R. (1980). **Seminario sobre interpretación de análisis químicos de suelos, aguas y plantas.** Personal de Suelos y Riegos del Centro Regional de Investigaciones y Desarrollo Agrario de Canarias. CRIDA 11. Centro Regional de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura. p 143.

Hume, D. E. 1991. **Primary growth and quality characteristics of *Bromus willdenowii* and *Lolium multiflorum*.** Grass Forage Sci. En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 183.

Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 2001. **Trace elements in soils and plants.** 3ªEd. CRC Press. Washington, D.C. (Estados Unidos). 413 p.

Kitagishi, K y Yamane, I. 1981. **Heavy metal pollution in soils of Japan.** En: Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 2001. **Trace elements in soils and plants.** 3ªEd. CRC Press. Washington, D.C. (Estados Unidos). p 118.

Kubota, J. 1975. **Areas of molybdenum toxicity to grazing animals in the Western States.** En: Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 2001. **Trace elements in soils and plants.** 3ªEd. CRC Press. Washington, D.C. (Estados Unidos). p 266.

Kunkel, G. 1982. **Los riscos de Famara (Lanzarote, Islas Canarias). Breve descripción y guía florística.** Naturalia Hispánica. N°22. EGRAF, S.A., Madrid. España. 118 p.

Littleton, J. M. 1973. **Proteins and nucleis acids.** En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 183.

López Arozarena, J.L. 2009. **Cartografía de la salinidad/sodicidad de la capa arable de los suelos de la isla de Lanzarote.** Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna. 44 p.

Loué, A. 1988. **Los microelementos en agricultura.** Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España). 354 p.

Marley, C.L., Fychan, R. y Jones, R. 2006. **Yield, persistency and chemical composition of Lotus species and varieties (birdsfoot trefoil and greater birdsfoot trefoil) when harvested for silage in the UK.** Grass and Forage Science. 61: p 134-145.

McDowell, L.R., Conrad, J.H., Hembry, F.G., Rojas, L.X., Valle, G. y Velázquez, J. 1993. **Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales.** 2ª Edición. Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida. Gainesville. 76 p.

Méndez-Alonso, L.E. 1996. **Contribución al estudio de la germinación de algunas especies amenazadas de la flora canaria.** Trabajo Fin de Carrera. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna. 199 p.

Méndez, P. 1993. **Recursos forrajeros arbustivos.** En: CITA. **Textos del primer curso de ganado caprino.** 29 Noviembre- 2 Diciembre, Tacoronte (Tenerife). Gobierno de Canarias. p 63-70.

Méndez, P. 2000. **El heno de Tedera (*Bituminaria bituminosa*): un forraje apetecible para el caprino.** En: **Reunión ibérica de pastos y forrajes.** XL Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). 7-13 de Mayo de 2000, Braganza-La Coruña-Lugo (España-Portugal). Xunta de Galicia. p 411-414.

Méndez, P., Santos, A., Correal, E. y Ríos, S. 2006. **Agronomic traits as forage crops of ninetten population of *Bituminaria bituminosa*.** En: LLloveras, J., González-Rodríguez, A., Vázquez-Yañez, O., Piñero, J., Santamaría, O., Olea, L. y Poblaciones, M.J. **Sustainable Grassland Productivity.** 21<sup>st</sup> General Meeting of the European Graasland Federation. Badajoz (España). p 300-302.

Minson, D. J. 1982. **Effect of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake.** En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la**

**tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 185 y 186.

Navarro Blaya, S. y Navarro García, G. 2000. **Química agrícola.** Ediciones Mundi-Prensa, Madrid (España). 488 p.

Norton, B. W. 1982. **Differences between species in forage quality.** En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 184.

Osbourn, D. F. y Raymond, W. F. 1972. **Comparative nutritive value of herbage species.** Chpt.41. En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 187.

Pearson, C.J. y Ison, R. L. 1987. **Agronomy of Grassland Systems.** Cambridge University Press. En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 185 y 187.

Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. 394 p.

Reyes Betancort, J.A., León Arencibia, M.C., Wildpret de la Torre, W. y Medina Pérez, M.M. 2000. **Estado de conservación de la flora amenazada de Lanzarote (Islas Canarias).** Gobierno de Canarias. España. 177 p.

Robles, A. Y., Belyea, R. L. y Martz, F. A. 1981. **Intake, digestibility, ruminal characteristics and rate of passage of alfalfa diets fed to sheep.** J. Anim. Sci. En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos.** Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 183.

Rodríguez Marcos, R., Hernández Cordero, A., Mújica Padilla, F., Viera Viera, M., Rodríguez Ventura, M. y Flores Mengual, M.P. 2002. **Resultados preliminares sobre la evaluación de los recursos pastables de una explotación caprina semiextensiva en el Parque Rural del Nublo, Gran Canaria.** En: Chocarro, C., Santiveri, F., Fanlo, R., Bovet, I. y Lloveras, J. 2002. **Producción de pastos, forrajes y céspedes.** Lleida (España). Universitat de Lleida, IRTA, SEEP y DARP. p 609-613.

Rodríguez Rodríguez, A. 2001. **Erosión y desertificación**. En: Fernández Palacios, J.M. y Martín Esquivel, J.L. 2001. **Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y conservación**. Mundi-Prensa, Madrid (España): p 317-321.

Romney, E.M., Wallace.A. y Alexander, G.V. 1975. **Responses of bush bean and barley to tin applied to soil and to solution culture**. En: Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 2001. **Trace elements in soils and plants**. 3ªEd. CRC Press. Washington, D.C. (Estados Unidos). P 128.

Ruano Ramos, A. 1997. **Análisis de la composición mineral en muestras herbáceas por espectroscopia de la reflectancia en el infrarrojo cercano. Diagnóstico de deficiencias y toxicidades**. Tesis. Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca. 313 p.

Salcedo, G., Samiento, M., Alcolado, V. y Otal, J. 1998. **Composición química y degradabilidad ruminal de arbustos forrajeros**. En: **Actas de la XXXVIII Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP)**. Soria (España). SEEP y EUIT Agrícola-Soria. Dpto. de Ciencias Agroforestales. Universidad de Valladolid. p 245-248.

Schiller, K.N. y Ayres, J.F. 1993. **The effects of winter conditions on the nutritive value of *Lotus pedunculatus* cv. Grasslands Maku and *Trifolium repens* cv. Haifa**. *Tropical Grasslands*. 27: p 43-47.

Shackette, H.T., Erdman, J.A. y Harms, T.F. 1978. **Trace elements in plant foodstuffs, in toxicity of heavy metals in the environments**. En: Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 2001. **Trace elements in soils and plants**. 3ªEd. CRC Press. Washington, D.C. (Estados Unidos). p 219.

Shackette, H.T. 1972. **Cadmium in plants**. En: Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 2001. **Trace elements in soils and plants**. 3ªEd. CRC Press. Washington, D.C. (Estados Unidos). p 157.

SIA. 2010. **Servicio de Información sobre Alimentos. Base de datos. Pastos españoles**. [http://www.uco.es/sia/banco\\_de\\_datos](http://www.uco.es/sia/banco_de_datos) (accedido el 28 de Septiembre de 2010).

Sillanpää, M. 1982. **Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study**. FAO Soils Bulletin 48. Roma (Italia). 444 p.

SPSS. 2008. **SPSS for Windows V. 17.0**. Chicago, Illinois (Estados Unidos), SPSS Inc.

Ter Braak, C.F.J. y Smilauer, P. 2002. **Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination (versión 5.5)**. Centre for biometry. Wageningen (Holanda).

USDA. 2001. **Keys to soil taxonomy**. <http://www.statlab.edu/soils/keytax> (accedido el 1 de Octubre de 2010).

Vanselow, A.P. 1945. **The minor-element content of normal, manganese-deficient, and manganese-treated English walnut trees**. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. En: Chapman, H.D. 1966. **Diagnostic criteria for plants and soils**. Riverside Div. Agric. Sci., University of California. California (Estados Unidos). p 436.

Vázquez-Aldana, B.R., García-Ciudad, A. y García-Criado, B. 2009. **Relación entre compuestos fenólicos y calidad nutritiva en especies pratenses**. En: Reiné, R., Barrantes, O., Broca, A. y Ferrer, C. 2009. **La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas**. Huesca (España). p 273-278.

Ventura, M.R., Pieltain, M.C., Méndez, P., Flores, M.P. y Castañón, J.I.R. 1995. **Aproximación al valor nutritivo de arbustos forrajeros canarios: vinagrera (*Rumex lunaria* L.) y tедера común (*Bituminaria bituminosa* ssp. *bituminosa*)**. En: **Actas de la XXXIV Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP)**. Tenerife (España). p 301-303.

Wills, B.J., Begg, J.S.C. y Brosnan, M. 1990. **Forage shrubs for the South Island dry hill country: 1. *Atriplex halimus* L. (Mediterranean saltbush)**. New Zealand Grassland Association. 52: 161-165.

Wilson, J. R. 1982. **Environmental and nutritional factors affecting herbage quality**. En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos**. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 185.

Wilson, J. R. y Ford, C. W. 1973. **Temperature influences on the “in vitro” digestibility and soluble carbohydrates accumulation of tropical and temperate grasses**. Aust. J. Agric. Res. En: Pérez Corona, M.E. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicaciones de la tecnología NIRS en estudios ecológicos**. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. p 184.

WRB. 2006, **World Reference Base for soil resources**. FAO-ISRIC-ISSS, Roma (Italia). 88 p.

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**



**BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.**

Borba, A.E.S., Vouzela, C.F., Rego, O.A. y Madruga, J.S. 2007. **El papel de las plantas arbustivas y otras forrajeras no convencionales en la conservación del suelo.** En: Rodríguez Rodríguez, A. y Arbelo, C.D. **Control de la degradación de suelos y la desertificación.** Fuerteventura (España). Excmo. Cabildo Insular de Fuerteventura y Sociedad Española de Ciencias del Suelo. p 377-378.

Buol, S.W. et al. 1975. **Soil fertility capability classification: a technical soil classification system for fertility management.** En: **Soil Management in Tropical America.** N.C. State University, Raleigh, NC, p 126-145.

Cadahía, C., Eymar, E., Lucena, J.J., Montalvo, T., Segura, M.L., Abad, M., Castilla, N., López, D. y Noguera, P. 2000. **Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales.** 2ªEd. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México. 475 p.

China, E., Barquín, E., Afonso, C. y García-Criado, B. 2000. **Cambios químico-bromatológicos de seis leguminosas arbustivas, endémicas de Canaria, en dos épocas de poda.** En: **XL Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).** 7-13 de Mayo de 2000, Braganza-La Coruña-Lugo (España-Portugal). Xunta de Galicia. p 405-410.

China, E., Barquín, E., Martín, P., Afonso, C., Hita, P. y Hernández, E. 1998. **Apetencia por caprinos de varias leguminosas arbustivas de Canarias y su análisis químico-bromatológico. Estudio preliminar.** En: **Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.** Soria (España). SEEP y E.U.I.T. Agrícola-Soria. Dpto. de Ciencias Agroforestales. Universidad de Valladolid. p 325-328.

China, E., Barquín, E. y García-Ciudad, A. 2006. **Methods of seed germination in four leguminous forage shrubs.** En: LLloveras, J., González-Rodríguez, A., Vázquez-Yañez, O., Piñero, J., Santamaría, O., Olea, L. y Poblaciones, M.J. **Sustainable Grassland Productivity.** 21<sup>st</sup> General Meeting of the European Grassland Federation. Badajoz (España). p 221-231.

China, E., García-Criado, B. y García-Ciudad, A. 2008. **Evaluation of endemic leguminous forage shrubs from the Canary Islands. 2 Mineral composition.** New Zealand Journal of Agricultural Research. 51: 1-11.

China, E., García-Criado, B. y García-Ciudad, A. 2008. **Evaluation of endemic leguminous forage shrubs from the Canary Islands. 3 Organic constituents and forage digestibility.** New Zealand Journal of Agricultural Research. 51: 13-23.

China, E., Mesa, R., Arévalo, J.R. y Barquín, E. 2004. **Cambios en la composición florística de un pastizal de Tenerife debido al aumento de la carga caprina.** En: García Criado, B., García Ciudad, A., Vázquez de Aldana, B. R. y Zabalgogezcoa, I. 2004. **Pastos y ganadería Extensiva.** Salamanca (España). IRNASA. p 59-65.

Clavero Cepeda, T. 1996. **Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical.** Ars Gráfica S.A., Maracaibo (Venezuela). 153 p.

Coca, B., Juan, A., Ríos, S., Crespo, M.B. y Méndez, P. 2003. **Caracterización micromorfológica de la leguminosa *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirt. en diversas poblaciones mediterráneas y atlánticas.** En: Robles, A.B., Ramos, M.E., Morales, M.C., de Simón, E., González, J.L. y Boza, J. 2003. **Pastos, desarrollo y conservación.** Junta de Andalucía. Andalucía (España). p 601-607.

Correal, E., Moñino, I., Méndez, P. y Ríos, S. 2003. **Valoración agronómica de siete poblaciones de *Bituminaria bituminosa*: efecto de la sequía estival y siega sobre su persistencia y producción de hoja.** En: Robles, A.B., Ramos, M.E., Morales, M.C., de Simón, E., González, J.L. y Boza, J. 2003. **Pastos, desarrollo y conservación.** Junta de Andalucía. Andalucía (España). p 35-40.

Cortes Benavides, F. 1990. **Cuadernos de histología vegetal.** 3ª Edición. Editorial Marban, S.A., Madrid (España). 183 p.

Crampton, E.W. y Harris, L.E. 1979. *Nutrición Animal Aplicada.* 2ª Ed. Editorial ACRIBIA. Zaragoza (España). 756 p.

De Andrés, E.F., Zambrana, E., Martín Lammerding, D., Walter, I. y Tenorio, J.L. 2007. **Selección de leguminosas arbustivas silvestres para la revegetación de suelos yesosos.** En: Rodríguez Rodríguez, A. y Arbelo, C.D. **Control de la degradación de suelos y la desertificación. III Simposio sobre control de la degradación de suelos y la desertificación,** 16-20 Septiembre, Fuerteventura (España). Excmo. Cabildo Insular de Fuerteventura y Sociedad Española de Ciencias del Suelo. p 383-384.

De Francisco González, L.M. 2008. **Métodos de Escarificación de leguminosas Arbustivas Endémicas de Canarias.** Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna. 78 p.

Fernández Caldas, E. et al. 1987. **Soils types in the arid zones of the Canary Islands.** Catena, 14, p 317-324.

Fernández Caldas, E., Tejedor Salguero, M.L. y Quantin, P. 1982. **Suelos de regiones volcánicas. Tenerife. Islas Canarias.** Colección Viera y Clavijo IV. ALGOL, S.A., Santa Cruz de Tenerife (España). 250 p.

Hernández Hernández, L.A. et al. 1991. **Suelos de la Isla de Lanzarote. Características generales.** XVIII Reunión Nacional de Suelos, Comunicaciones, Dpto. Edafología, Universidad de La Laguna, Tenerife, p 311-330.

Juan, A., Moñino, I., Correal, E., Crespo, M.B. y Coca, B. 2003. **Producción de frutos en poblaciones canarias e ibéricas de *Bituminaria bituminosa* (leguminosae).** En: Robles, A.B., Ramos, M.E., Morales, M.C., de Simón, E., González, J.L. y Boza, J. 2003. **Pastos, desarrollo y conservación.** Junta de Andalucía. Andalucía (España). p 41-45.

Lazreg, O., Luna, L. y Delgado, I. 1994. **Estudio de las poblaciones de *Atriplex halimus* L. en Aragón. I. Ritmo de crecimiento.** En: SEEP. **Recursos Pastables hacia una gestión de calidad. Actas de la XXXIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).** 30 Mayo- 3 Junio, Santander (España). Caja Cantabria. p 85-89.

Lucía Sauquillo, V., del Arco Aguilar, M., Acebes Ginoves, J.R., Pérez de Paz, P.L. y Wildpret de la Torre, W. 1990. **Contribución al estudio de plantas con interés ornamental. I. *Vieraea*.** 19: p 113- 137.

Lucía Sauquillo, V., del Arco Aguilar, M., Acebes Ginoves, J.R., Pérez de Paz, P.L. y Wildpret de la Torre, W. 1994. **Contribución al estudio de plantas con interés ornamental. II. *Vieraea*.** 23: p 73- 107.

Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plants.** 2ª Ed. Academic Press. California. (Estados Unidos). 889 p.

McDonald, P., Edwards, R.A. y Greenhalgh, J.F.D. 1988. **Nutrición Animal.** 3ª Edición. Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza. España. 518 p.

Méndez, P. 1992. **Evaluación agronómica de forrajeras endémicas de Canarias: I.** En: **XXXII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.** 1-5 de Junio de 1992, Pamplona (España). p 71-75

Méndez, P., Díaz, E. y Rivero, R. 2001. **Contenido en cumarinas del forraje verde de tедера (*Bituminaria bituminosa*).** En: **Biodiversidad en pastos.** XLI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Alicante (España). p 335-338.

Méndez, P. y Almeida, J.T. 1997. **Palatabilidad para caprino de cuatro taxa infraespecíficos de *Chamaecytisus proliferus* (L.fil)Link (tagasaste y escobones).** En: **Los pastos extensivos: Producir conservando.** XXXVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. SEEP y Junta de Andalucía. 5-9 de Mayo de 1997, Sevilla-Huelva (España). p 301-307.

Méndez, P. y Fernández, M. 1990. **Interés forrajero de las variedades de *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton (“tedera”) de Canarias.** En: **Estudio de la**

**producción y aprovechamiento de los pastos en zonas húmedas.** XXX Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. 4-8 de Junio de 1990, San Sebastián (España). p 264-271.

Morales García, E. 2010. **Estudio de la tolerancia al pastoreo de caprino de una pradera artificial con tederá (*Bituminaria bituminosa*) como componente principal. Efecto del pastoreo sobre la cantidad y calidad de la leche.** Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna. 175 p.

Mortvedt, J.J., Giordano, P.M. y Lindsay, W.L. 1983. **Micronutrientes en agricultura.** AGT Editor, S.A., México D.F (Méjico). 741 p.

Muñoz, A. y Correal, E. 1998. ***Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton, leguminosa de interés forrajero en la cuenca mediterránea: I. Situación taxonómica, distribución y autoecología.** En: **Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.** Soria (España). SEEP y E.U.I.T. Agrícola-Soria. Dpto. de Ciencias Agroforestales. Universidad de Valladolid. p 87-91.

Muñoz, A. y Correal, E. 1999. ***Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton, leguminosa de interés forrajero en la cuenca mediterránea: II. Comportamiento frente a frío y selección de material tolerante.** En: **Actas de la XXXIX Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).** Almería (España). p 257-262.

Muñoz, F. Pardo, J. y Andueza, J.D. 1994. **Composición química y valor nutritivo de *Atriplex halimus* autóctono en Aragón.** En: **Recursos Pastables hacia una gestión de calidad. Actas de la XXXIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).** 30 mayo- 3 junio, Santander (España). p 319-323.

Ortega, J. 1979. **Citogenética del género *Lotus* en Macaronesia III: Variación en el contenido de glúcidos cianogénicos en *Lotus* de las Islas Canarias y Madeira.** En: Jardín Botánico "Viera y Clavijo (edt). 1978. **Botánica Macaronésica 5.** Exmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. España. p 9-19.

Otal, J., Alcolado, V., Romero, M.J., Burgos, A., Climent, P., Pérez, J.I. y Selva, M. 1995. **Adaptación y Producción de arbustos forrajeros en el sur de la provincia de Ciudad Real.** En: **Actas de la XXXIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).** Tenerife (España). p 193-196.

Olea, L., Paredes, J. y verdasco, M.P. 1993. **Caracterización y posibilidades de introducción en el S.O. de la Península Ibérica del material vegetal de tagasaste (*Chamaecytisus palmensis*, Kunkel) de las Islas Canarias.** En: **XXXIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.** 29 de marzo-2 de abril de 1993. Ciudad Real (España). p 211-218.

Porqueddu, C. y González, F. 2006. **Role and potential of anual pasture legumes in Mediterranean farming systems**. En: LLloveras, J., González-Rodríguez, A., Vázquez-Yañez, O., Piñero, J., Santamaría, O., Olea, L. y Poblaciones, M.J. **Sustainable Grassland Productivity**. 21<sup>st</sup> General Meeting of the European Graasland Federation. Badajoz (España). p 221-231.

Porta et al. 1999. **Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid (España). 2ª Edicioón, 849 p.

Recatalá, L. y J. Sánchez. 1993. **Propuesta metodológica de valoración de la calidad ambiental de los suelos para evaluación de impacto ambiental en el ámbito mediterráneo valenciano**. En: **Problemática Geoambiental y Desarrollo**, Universidad de Murcia, p 727-737.

Robledo, A., Aouissat, M., Correal, E. y Ríos, S. 1995. **Utilización de Atriplex nummularia como complemento forrajero de la albaida (Anthyllis cytisoides)**. En: **Actas de la XXXIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos**. Tenerife (España). p 189-192.

Rodríguez García, H.A. 2008. **Especies forrajeras de la reserva de la biosfera de Lanzarote**. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna. 69 p.

Rodríguez Rodríguez, A. et al. 1991. **Agricultura de conservación en zonas áridas: erosión-salinización en suelos de Lanzarote**. Universidad de Verano de Yaiza, Universidad de La Laguna, 42 p + 5 mapas.

Rodríguez Rodríguez, A. y C.D. Arbelo Rodríguez. 1999. **Normas de descripción de perfiles**. Dpto. Edafología, Universidad de La Laguna, 32 p.

Rodríguez Rodríguez y J.L. Mora. 2001. **Los suelos. Gran atlas temático de Canarias**, Editorial Interinsular Canaria, S/C de Tenerife (España). p 107-120.

Rodríguez Ventura, M. 1997. **Valor nutritivo de arbustos forrajeros canarios**. Tesis. Departamento de Patología animal, Producción animal, y Bromatología y Tecnología de los alimentos. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 105 p.

Rognon, P. 1986. **Oscillations climatiques au Sahara depuis 40.000 ans**. Rev. De Geographie Physique et Geol. Dynamique n° 5, XVIII, 2-3.

Ruano Ramos, A., García Ciudad, A., Vázquez de Aldana, B.R. y García Criado, B. 1998. **Contenido de micronutrientes en pastos semiáridos**. En: **Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP)**. Soria (España). SEEP y E.U.I.T. Agrícola-Soria. Dpto. de Ciencias Agroforestales. Universidad de Valladolid. P 37-40.

Ruiz-Mirazo, J., Robles, A.B., Ramos, M.E., Cardoso, J.A., Varela-Redondo, E. y González-Rebollar, J.L. 2007. **Efecto del pastoreo sobre una plantación de Atriplex**

**halimus L.** En: **Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje.** Reunión Científica XLVI. España. p 215-221.

Sánchez, P.A. et al. 1982. **The fertility capability classification system: interpretations, applicability and modification.** *Geoderma*, 27: p 283-309.

Sumner, M.E. 2000. **Handbook of Soil Science.** CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Wills, B.J. y Begg, J.S.C. 1992. **Forage shrubs for the South Island dry hill country: 2 salt/lime amendments have potencial to improve the versatility of saltbush (*Atriplex halimus L.*).** *New Zealand Grassland Association*. 54: 121-125.



## **ANEXOS**

## ANEXO 1: ANÁLISIS DE LOS SUELOS

**Tabla 64.** Análisis de la fertilidad físico-química de suelos de las poblaciones naturales y de las dos parcelas experimentales de *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.

Especie	Parcela	pH	CE (ds/m)	MO (%)	P <sub>asimilable</sub> (ppm)	Cationes cambiabiles (meq/100g)				CIC (meq/100g)
						Na	K	Ca	Mg	
<i>A. halimus</i>	Pie de Famara	8,3	0,63	0,6	23	3,8	4,2	19,2	6,3	33,5
						11%	13%	57%	19%	
<i>A. halimus</i>	Punta Mujeres	8,6	0,82	0,5	24	0,8	0,1	16,9	2,3	20,1
						4%	5%	84%	11%	
<i>A. halimus</i>	Caletón Blanco	8,7	0,5	0,1	12	0,8	1	14,4	1,2	17,4
						5%	6%	83%	7%	
<i>B. bituminosa</i>	Pies de Famara	8,2	0,69	0,8	24	4,1	4,4	18,8	6,9	34,2
						12%	13%	55%	20%	
<i>B. bituminosa</i>	Cortijo Sr. Eusebio	7,9	0,46	1,2	16	0,9	2,5	28,9	7,2	39,5
						2%	6%	73%	18%	
<i>B. bituminosa</i>	Galería Chafarí	8,2	0,42	1	8	1,4	3	23,4	6,8	34,6
						4%	9%	68%	20%	
<i>B. bituminosa</i>	Barranco Tenegüimes	8,4	0,31	0,1	24	1,7	2	19,3	6	29,1
						6%	7%	67%	20%	
<i>C. viminalis</i>	Pie de Famara	8,4	0,65	0,5	24	3,6	4,3	19,1	6,4	33,4
						11%	13%	59%	18%	
<i>C. viminalis</i>	Castillode Güanapai	8,2	0,42	0,7	12	2,1	3,3	21,5	9	35,9
						6%	9%	60%	25%	
<i>C. viminalis</i>	Los Valles	8,1	0,38	0,4	8	1	3,5	21,9	7,3	33,7

		(Pozos)									
<i>E. decaisnei</i>	Pie de Famara	8,4	0,58	0,3	30	3,1	4,3	19,5	6	32,9	
<i>E. decaisnei</i>	Femés	8,4	1,64	0,4	24	6,4	2,7	16,9	7,2	33,2	
<i>E. decaisnei</i>	Mácher	8,5	0,62	0,1	8	3,1	5,5	13,1	6,8	28,5	
<i>L. lancerottensis</i>	Galería Chafarí	8,5	1,38	0,2	8	15,6	7,1	25,9	13,2	61,8	
<i>L. lancerottensis</i>	Costa Mala	8,1	3,61	0,5	20	1,7	0,4	15,1	2,2	19,4	
<i>L. lancerottensis</i>	Montaña de Uga	8,2	0,71	3,7	32	2,6	7,4	20,2	6	36,2	
<b>Finca del Centro de Día "Zonzamas"</b>		8,4	0,35	0,1	160	3,9	3,8	17,2	6,2	31,1	
<b>Granja Experimental del Cabildo</b>		8,1	0,49	0,9	24	3,9	3,5	23,2	8,1	39,2	

Tabla 2. Continuación.

Especie	Parcela	PS (%)	Textura			Microelementos mg/l			
			Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Fe	Cu	Mn	Zn
<i>A. halimus</i>	Pie de Famara	34	36	18	46	4,6	0,3	3,7	0,6
<i>A. halimus</i>	Punta Mujeres	40	22	12	66	4,2	0,6	0,7	2,1
<i>A. halimus</i>	Caletón	38	14	12	74	1,3	0,1	0,3	0,3

<b>B.</b> <b>bituminosa</b>	Blanco Pies de Famara	35,2	35	18	47	4,2	0,3	4	0,5
<b>B.</b> <b>bituminosa</b>	Cortijo Sr. Eusebio	44,8	45	23	32	6,2	2,4	6,2	0,8
<b>B.</b> <b>bituminosa</b>	Galería Chafarí	34	26	17	57	8,2	0,62	4,4	1,1
<b>B.</b> <b>bituminosa</b>	Barranco Tenegüimes	32	27	12	61	6,4	0,7	3,7	0,3
<b>C. viminalis</b>	Pie de Famara	33,6	32	13	55	5,1	0,3	3,8	0,6
<b>C. viminalis</b>	Castillode Güanapai	43,2	52	21	27	7,8	2,2	7,2	1,1
<b>C. viminalis</b>	Los Valles (Pozos)	34,8	39	20	41	5,1	1,4	6,6	0,5
<b>E. decaisnei</b>	Pie de Famara	32	30	12	58	5,8	0,3	3,6	0,7
<b>E. decaisnei</b>	Femés	35,6	26	35	39	5,2	0,8	5,2	0,7
<b>E. decaisnei</b>	Mácher	34	45	25	30	6,4	2,2	10,4	0,7
<b>L.</b> <b>lancerottensis</b>	Galería Chafarí	43,6	31	17	52	1,2	0,2	0,9	0,3
<b>L.</b> <b>lancerottensis</b>	Costa Mala	38	23	3	74	5,1	0,3	3,9	0,5
<b>L.</b> <b>lancerottensis</b>	Montaña de Uga	44,8	37	17	46	8,2	1,4	4,8	0,6
<b>Finca del Centro de Día "Zonzamas"</b>		33,2	37	23	40	6,2	0,8	4,4	0,7
<b>Granja Experimental del Cabildo</b>		34	23	9	68	5,8	0,6	1,3	0,3

## ANEXO 2: CLIMATOLOGÍA (Poblaciones naturales)

Tabla 65. Climatología durante el periodo de muestreo de las poblaciones naturales. Valores medios mensuales de Temperatura media, Temperatura media de las máximas, Temperatura media de las mínimas, Pluviometría y Humedad Relativa. Fuente: Agencia Estatal de meteorología. <http://tutiempo.net>

	2008					2009				
	Temperatura (°C)			P (mm)	H.R. (%)	Temperatura (°C)			P (mm)	H.R. (%)
	Med	Máx	Mín			Med	Máx	Mín		
Enero	18,1	21,9	15,4	0,76	66,0	16,5	20,3	13,8	16,01	69,1
Febrero	18,8	22,7	16,0	8,13	70,6	17,0	21,0	14,1	10,17	70,0
Marzo	18,8	23,0	16,0	0,00	64,5	18,7	23,3	25,9	4,07	65,9
Abril	21,5	26,9	18,3	0,00	55,7	18,9	23,7	16,1	0,25	63,2
Mayo	21,3	25,4	18,1	0,51	62,0	20,2	24,8	17,4	1,02	63,4
Junio	22,7	27,7	19,9	0,00	62,7	22,6	27,4	19,7	0,00	68,4
Julio	23,8	28,3	21,2	0,00	65,0	25,7	31,3	22,6	0,00	62,3
Agosto	24,3	29,3	21,5	0,00	67,2	24,9	29,7	22,0	0,00	64,9
Septiembre	23,7	28,2	21,1	5,84	70,8	23,8	28,1	21,4	2,28	68,7
Octubre	21,8	25,9	19,1	23,88	66,9	23,3	28,0	20,3	0,00	73,9
Noviembre	19,0	23,3	16,1	11,93	64,2	21,1	25,5	18,1	0,51	69,7
Diciembre	17,6	20,5	15,2	44,19	66,6	20,0	23,6	17,2	39,36	73,1
<b>TOTAL</b>	<b>20,9</b>	<b>25,3</b>	<b>18,2</b>	<b>95,24</b>	<b>65,2</b>	<b>21,1</b>	<b>25,6</b>	<b>18,2</b>	<b>73,67</b>	<b>67,7</b>

### ANEXO 3: CLIMATOLOGÍA (Ensayo de Germinación)

**Tabla 66. Climatología durante el periodo de duración del Ensayo de Germinación. Valores medios mensuales de Temperatura media, Temperatura media de las máximas, Temperatura media de las mínimas y Humedad Relativa. Fuente: Agencia Estatal de meteorología. <http://tutiempo.net>**

FECHA	Temperatura (°C)			H.R. (%)
	Med.	Med. máxima	Med. mínima	
Noviembre 2009				
03-17	33,1	38,3	16,0	50,3
18-31	28,0	36,0	21,8	31,0
Diciembre 2009				
01-19	22,4	38,5	12,1	56,3
20-31	26,2	37,7	11,8	36,0
Enero 2010				
01-15	22,5	37,3	10,5	47,5
16-31	22,5	40,0	11,0	70,0
Febrero 2010				
01-13	27,8	40,9	10,1	39,9
14-31	22,7	37,1	10,4	42,6
Marzo 2010				
01-05	29,0	37,5	10,5	26,0
<b>TOTAL</b> <b>03/11/09-05/03/10</b>	<b>26,4</b>	<b>38,4</b>	<b>13,1</b>	<b>41,3</b>



#### ANEXO 4: CLIMATOLOGÍA (Parcelas Experimentales)

Tabla 67. Climatología durante el periodo de duración del *Experimento 1* (Parcelas experimentales). Valores medios mensuales de Temperatura media, Temperatura media de las máximas, Temperatura media de las mínimas, Pluviometría y Humedad Relativa. Fuente: Agencia Estatal de meteorología. <http://tutiempo.net>

	2009					2010				
	Temperatura (°C)			P (mm)	H.R. (%)	Temperatura (°C)			P (mm)	H.R. (%)
	Med	Máx	Mín			Med	Máx	Mín		
Enero	16,5	20,3	13,8	16,01	69,1	18,3	22,1	15,0	11,45	68,4
Febrero	17,0	21,0	14,1	10,17	70,0	19,5	23,3	16,7	67,31	76,0
Marzo	18,7	23,3	25,9	4,07	65,9	19,7	24,4	16,6	0,50	65,8
Abril	18,9	23,7	16,1	0,25	63,2	20,3	25,1	17,3	8,13	67,9
Mayo	20,2	24,8	17,4	1,02	63,4	20,9	25,6	18,1	0,25	63,6
Junio	22,6	27,4	19,7	0,00	68,4	22,5	27,1	19,9	0,00	61,7
Julio	25,7	31,3	22,6	0,00	62,3	23,9	29,0	21,1	0,00	66,7
Agosto	24,9	29,7	22,0	0,00	64,9	25,4	30,7	22,5	0,00	66,2
Septiembre	23,8	28,1	21,4	2,28	68,7					
Octubre	23,3	28,0	20,3	0,00	73,9					
Noviembre	21,1	25,5	18,1	0,51	69,7					
Diciembre	20,0	23,6	17,2	39,36	73,1					
<b>TOTAL</b>	<b>21,1</b>	<b>25,6</b>	<b>18,2</b>	<b>73,67</b>	<b>67,7</b>					



**“ESTUDIO DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES AUTÓCTONAS  
DE LA RESERVA DE BIOSFERA DE LANZAROTE”**

**TOMO II**

Investigador responsable:

**Dr. Eduardo A. Chinaa Correa.**

Profesor Titular de Universidad

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (ETSIA, ULL)

Personal participante:

Investigadores:

**Ricardo Mesa Coello.** GESPLAN SAU, Gobierno de Canarias.

**Antonia García Ciudad.** Investigador Científico del IRNASA, CSIC.

**Balbino García Criado.** Profesor Investigador del IRNASA, CSIC.

**Antonio Rodríguez Rodríguez.** Catedrático de Universidad (ULL).

**José Asterio Guerra García.** Coordinador Dpto. Desarrollo SIG (SAU).

**Juan Luis Mora Hernández.** Profesor Ayudante (Universidad de Zaragoza).

Otro personal:

**Ana Isabel Carrasco Martín.** Cabildo de Lanzarote, Oficina Reserva Biosfera.

**María del Mar Duarte Martín.** Cabildo de Lanzarote, Oficina Reserva Biosfera.

**Esteban Fraile Bonafonte.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Francisco Pino López.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Alejandro Perdomo Placeres.** Cabildo de Lanzarote, Colaborador.

**Fernando Delgado Hernández.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**José Javier Meleros Saavedra.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Juan Pedro Rivera de León.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Bernabé García Corujo.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Jacinto Betancort Dorta.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Juan D. Betancort Álvarez.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Mateo Martín Morales.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental.

**Juan Jesús Rijo Machín.** Cabildo de Lanzarote, Granja Experimental

**Cristo Batista Núñez.** Ingeniero Técnico Agrícola contratado por la ULL.

**Marta Peña Hernández.** Ingeniero Agrónomo contratado por el Cabildo de Lanzarote.

**Enero de 2011**

## **ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Fracción orgánica.....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Fibra Neutro Detergente.....	4
2.1.2. Fibra Ácido Detergente.....	5
2.1.3. Lignina.....	7
2.1.4. Celulosa.....	8
2.1.5. Digestibilidad de la Materia Seca.....	9
2.1.6. Digestibilidad de la Materia Orgánica.....	11
2.1.7. Proteína Bruta.....	12
<b>2.2. Ceniza y macroelementos.....</b>	<b>14</b>
2.2.1. Ceniza.....	14
2.2.2. Fósforo.....	16
2.2.3. Potasio.....	17
2.2.4. Calcio.....	19
2.2.5. Magnesio.....	20
2.2.6. Azufre.....	22
2.2.7. Sodio.....	23
<b>2.3. Microelementos.....</b>	<b>25</b>
2.3.1. Hierro.....	25
2.3.2. Manganeseo.....	26
2.3.3. Cobre.....	28
2.3.4. Zinc.....	29
2.3.5. Estroncio.....	31
2.3.6. Aluminio.....	32
2.3.7. Boro.....	33
2.3.8. Molibdeno.....	34
2.3.9. Cromo.....	36
<b>3. CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>

# **1. INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN.

La presente memoria es la continuación del **TOMO I**, y más concretamente del Capítulo III, en el que se estudian cinco especies autóctonas de Lanzarote y con interés forrajero (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* ssp. *purpuricense* y *Lotus lancerottensis*) mediante la puesta en marcha de unas Parcelas Experimentales en las que se cultivaron.

En el **TOMO I** se describen las parcelas experimentales, diseño agronómico, épocas de trasplante, técnicas de cultivo, diagnóstico de suelos y aguas de riego, fenología, datos biométricos (altura de la planta, diámetro de la planta y diámetro del tronco) y productivos (Fracción ramoneable/Fracción no ramoneable (FR/FNR), porcentaje de Materia Seca Comestible (%MSC) y Producción de Materia Seca Comestible (PMSC tn/ha por corte)).

La recogida de las muestras para el estudio se llevó a cabo en dos muestreos. El primero de ellos el día 25 de enero de 2010 (Invierno/2010) y el segundo el 21 de junio de 2010 (Primavera/2010).

La metodología, el instrumental analítico, el análisis estadístico, la bibliografía y los anexos (climatología y análisis de suelos) están en el Capítulo I (**TOMO I**).

En esta ocasión se determinan los principales componentes de la fracción orgánica: Fibra Neutro Detergente (FND), Fibra Ácido Detergente (FAD), Lignina, Celulosa, Digestibilidad de la Materia Seca (DMS), Digestibilidad de la Materia Orgánica (OMD) y Proteína Bruta (PB). También se determina el contenido en Cenizas y los elementos minerales más importantes, divididos en macroelementos (P, K, Ca, Mg, S y Na) y microelementos (Fe, Mn, Cu, Zn, Sr, Al, B, Mo y Cr). Es necesario mencionar que los niveles de Pb, Cd y Co, que se recogían en el **TOMO I**, han sido obviados debido a que las concentraciones determinadas fueron insignificantes.



## **2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 2.1. Fracción orgánica.

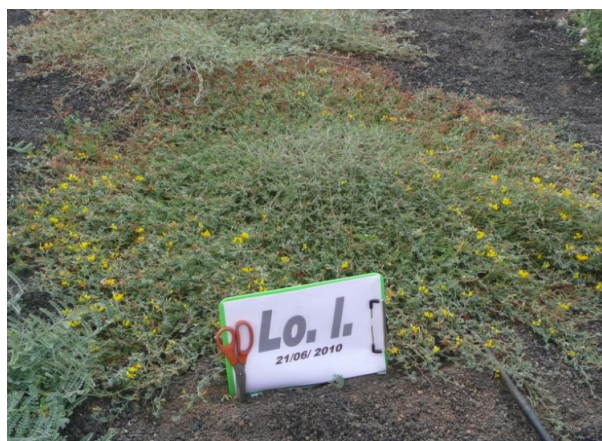
#### 2.1.1. Fibra Neutro Detergente (FND).

Los niveles medios de FND presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), siendo Invierno/2010 la que presenta mayores niveles. No hay significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 1), lo que significa que aunque existan diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies, la variación del contenido de FND a lo largo de las dos estaciones no presenta diferencias entre las distintas especies.

**Tabla 1. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de FND de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $\sqrt{x}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,910	15,967	0,001
Estación x Especie	4	0,208	0,912	0,482
Error (Estación)	15	0,855		
Especie	4	9,184	27,955	0,000
Error	15	1,232		

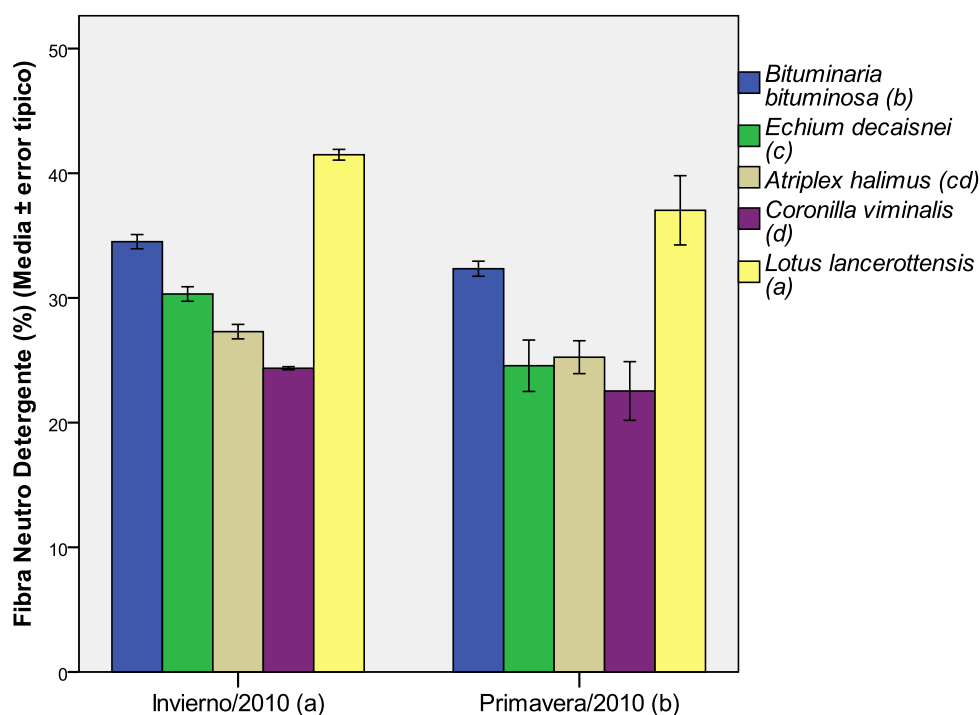
La especie *L. lancerottensis* (Foto 1) presenta los mayores niveles de FND (Figura 1), con un  $39,26 \pm 1,60$  %, mientras que las muestras de la especie *C. viminalis* presentan los más bajos ( $23,45 \pm 1,15$  %). Las especies *B. b. var. albomarginata* ( $33,43 \pm 0,56$  %), *E. decaisnei* ( $27,44 \pm 1,47$  %) y *A. halimus* ( $26,27 \pm 0,76$  %) presentan valores intermedios.



**Foto 1. Ejemplar de *L. lancerottensis* en Primavera/2010.**

Los valores obtenidos en la especie *A. halimus* son menores a los citados por Álvarez et al., 2005, Salcedo et al., 1998 y China et al., 2009. La especie *B. b. var.*

*albomarginata* presenta valores inferiores a los citados por Álvarez et al., 2004, Méndez et al., 2006 y Ventura et al., 1995, pero superiores al citado por China et al., 2009. Las muestras de las especies *C. viminalis* y *E. decaisnei* presentan niveles de FND inferiores a los citados por González-Andrés y Cerezuela, 1998, para la primera especie, y Rodríguez et al., 2002 y China et al., 2009, para la segunda. La especie *L. lancerottensis* presenta un contenido algo inferior al citado por China et al., 2009, pero superior a los citados por Chipatecua et al., 2007, Schiller y Ayres, 1993 y Vázquez-Aldana et al., 2009. Por otro lado, si comparamos los valores de FND determinados con el citado por el SIA, 2010 (73,70%) para paja de trigo, se observa que todas las especies presentaron contenidos en FND muy inferiores a éste.



**Figura 1.** Contenido en FND (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

En general, los valores obtenidos en las parcelas experimentales son inferiores a los presentados por las poblaciones naturales (TOMO I), exceptuando los correspondientes a la especie *A. halimus*.

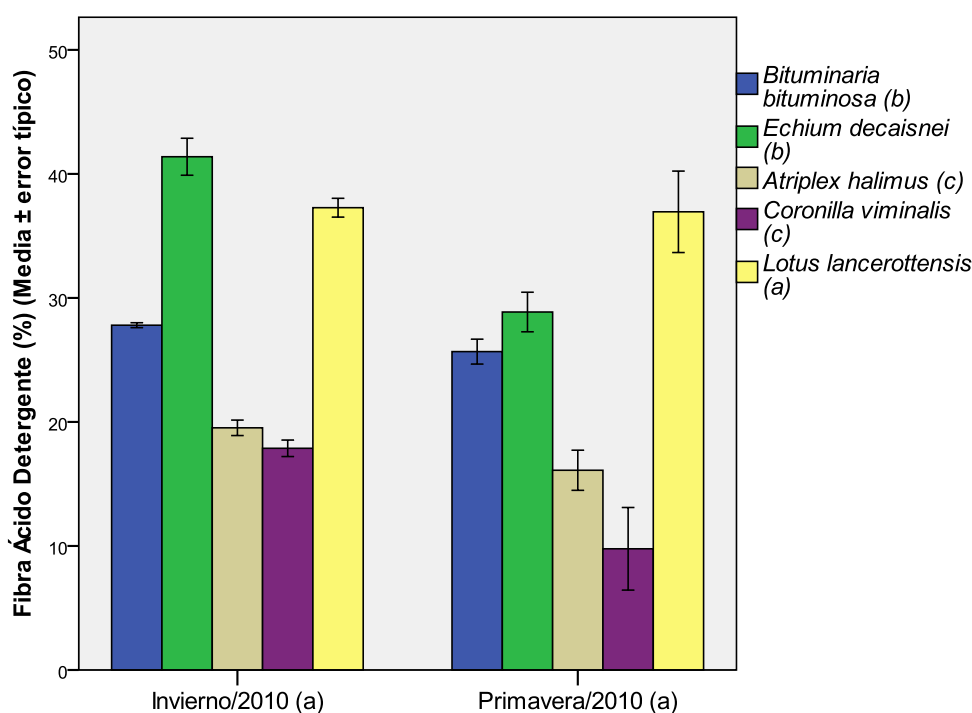
### 2.1.2. Fibra Ácido Detergente (FAD).

Tanto el factor “Especie” como la interacción “Estación\*Especie” presentan una alta significación. No hay diferencias significativas entre las estaciones (Tabla 2 y Figura 2).

**Tabla 2. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de FAD de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,002	0,194	0,666
Estación x Especie	4	0,854	16,911	0,000
Error (Estación)	15	0,189		
Especie	4	2,034	42,364	0,000
Error	15	0,180		

La especie *L. lancerottensis* presenta los valores más altos de FAD ( $37,11 \pm 1,51$  %), mientras que las especies *A. halimus* ( $17,81 \pm 1,00$  %) y *C. viminalis* ( $13,82 \pm 2,19$  %) los más bajos (Tabla 8). Las especies *B. b. var. albomarginata* ( $26,74 \pm 0,62$  %) y *E. decaisnei* ( $35,12 \pm 2,57$  %) presentan valores intermedios, sin presentar diferencias significativas entre ambas ( $P > 0,05$ ) (Figura 2).



**Figura 2. Contenido en FAD (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).**

Los niveles de FAD determinados en la especie *A. halimus* son considerablemente inferiores a los citados por China et al., 2009 y, sobretudo, Álvarez et al., 2005, sin embargo es similar al citado por Salcedo et al., 1998. La especie *B. b. var. albomarginata* presenta valores inferiores a los citados por Méndez et al., 2006 y Ventura et al., 1995, similares al citado por Álvarez et al., 2004 y superior al citado por China et al., 2009. La especie *C. viminalis* presenta un valor medio de FAD inferior al

citado por González-Andrés y Cerezuela, 1998. Las especies *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* presentan valores considerablemente superiores a todos los citados para estas dos especies. En el caso del contenido de FAD citado para la paja de trigo por el SIA, 2010 (44,60%), se aprecia que todos los valores determinados son inferiores, si bien, el correspondiente a la especie *L. lancerottensis* no se aleja en demasía.

El contenido medio de la especie *E. decaisnei* obtenido a partir de su cultivo en las parcelas experimentales es superior al de las poblaciones naturales (TOMO I). El resto de especies presentan menores niveles en las parcelas experimentales.

### 2.1.3. Lignina.

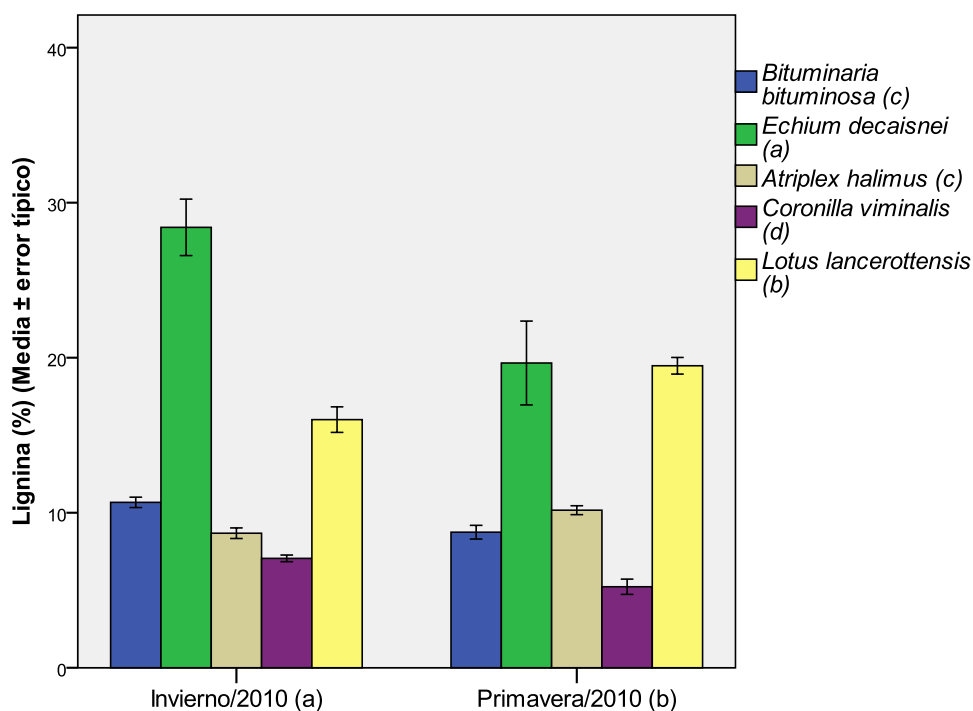
Existe una alta significación ( $P \leq 0,05$ ) para la interacción “Estación\*Especie”, así como para los factores “Especie” y “Estación” (Tabla 3), siendo Invierno/2010 la estación con mayor contenido medio en lignina (Figura 3).

**Tabla 3. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de Lignina de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $x^{0,2}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,002	7,573	0,015
Estación x Especie	4	0,009	8,913	0,001
Error (Estación)	15	0,004		
Especie	4	0,134	171,565	0,000
Error	15	0,003		

La especie *E. decaisnei* presenta el mayor contenido medio en lignina con un  $24,03 \pm 2,24\%$  (Tabla 8), siendo este valor significativamente el más alto (Figura 3). Por otro lado, *C. viminalis* con un  $6,14 \pm 0,43\%$  presenta el valor más bajo, siendo también significativamente menor al resto ( $P \leq 0,05$ ). Las especies *L. lancerottensis* ( $17,74 \pm 0,89\%$ ), *B. b. var. albomarginata* ( $9,71 \pm 0,45\%$ ) y *A. halimus* ( $9,42 \pm 0,32\%$ ) presentan valores intermedios, no existiendo diferencias significativas entre las dos últimas (Figura 3).

Las especies *A. halimus* y *C. viminalis* presentan valores inferiores a todos los citados para cada una de ellas. La especie *B. b. var. albomarginata* presenta un contenido medio en lignina inferior al citado por Álvarez et al., 2004, pero superior a los citados por Méndez et al., 2006, Ventura et al., 1995 y China et al., 2009. Las especies *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* presentan valores muy superiores a todos los citados para cada una de ellas.



**Figura 3. Contenido en Lignina (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

Los porcentajes de lignina de las especies *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* son superiores también a los obtenidos para las poblaciones naturales de éstas. El resto de especies presentan contenidos medios inferiores a los obtenidos en las poblaciones naturales (TOMO I).

#### 2.1.4. Celulosa.

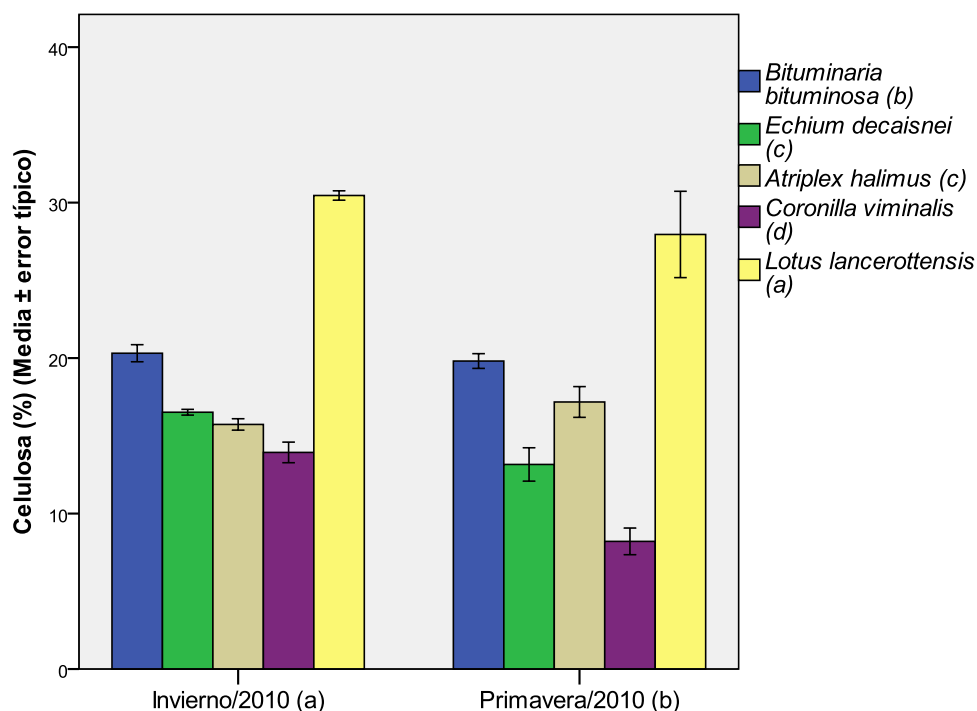
Los factores “Estación” y “Especie”, así como la interacción “Estación\*Especie” presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 4). Invierno/2010 es la estación con los niveles medios de celulosa más altos.

**Tabla 4. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de Celulosa de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $\arcsen(x/100)$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,005	15,098	0,001
Estación x Especie	4	0,007	5,582	0,006
Error (Estación)	15	0,005		
Especie	4	0,133	77,698	0,000
Error	15	0,006		



El mayor contenido de celulosa lo presenta la especie *L. lancerottensis* ( $29,20 \pm 1,37$  %) y el menor corresponde a la especie *C. viminalis* ( $11,07 \pm 1,19$  %) (Tabla 8). Las especies *B. b. var. albomarginata* ( $20,06 \pm 0,35$  %), *A. halimus* ( $16,45 \pm 0,55$  %) y *E. decaisnei* ( $14,84 \pm 0,81$  %) presentan valores intermedios, no existiendo diferencias significativas entre las dos últimas ( $P > 0,05$ ) (Figura 4).



**Figura 4.** Contenido en Celulosa (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).

Las especies *A. halimus*, *B. b. var. albomarginata*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* presentan contenidos medios en celulosa superiores a los citados para cada una de ellas por China et al., 2009. La especie *L. lancerottensis*, es la única de las especies leguminosas con valor superior al citado por Pérez-Corona, 1992 para leguminosas, quedando las otras especies de esta familia por debajo del rango citado.

Los contenidos medios en celulosa de las cinco especies son inferiores a los determinados para cada una de ellas en las poblaciones naturales (TOMO I).

#### 2.1.5. Digestibilidad de la Materia Seca (DMD).

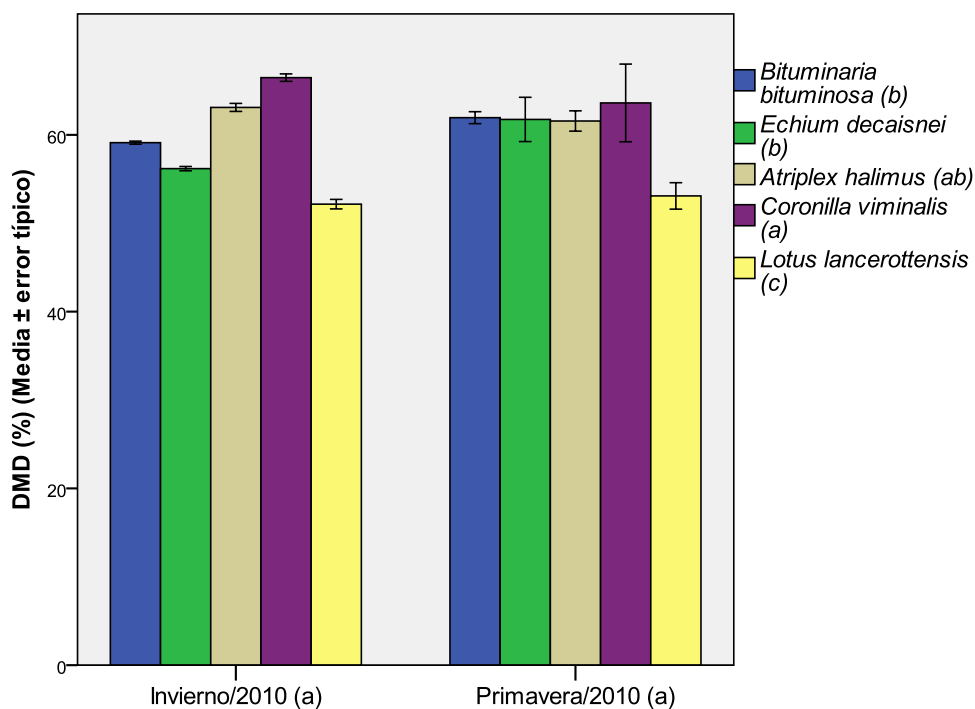
Observando los resultados del análisis estadísticos de la DMD, se advierte que tanto el factor “Estación” como la interacción “Estación\*Especie” presentan una baja

significación ( $P>0,05$ ). Por otro lado, el factor especie si presenta diferencias significativas entre las especies (Tabla 5).

**Tabla 5. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de la Digestibilidad de la Materia Seca de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado ln<sub>x</sub>).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,002	0,769	0,394
Estación x Especie	4	0,027	2,115	0,129
Error (Estación)	15	0,047		
Especie	4	0,169	12,576	0,000
Error	15	0,050		

La especie *C. viminalis* presenta el mayor valor de DMD ( $65,04\pm 2,11$  %) (Tabla 8), pero no presenta diferencias significativas con la especie *A. halimus* ( $62,34\pm 0,64$ %) (Figura 5). La especie *L. lancerottensis* presenta el valor más bajo de DMD ( $52,63\pm 0,74$  %) y las especies *E. decaisnei* ( $58,96\pm 1,57$  %) y *B. b. var. albomarginata* ( $60,53\pm 0,62$  %) valores intermedios, sin presentar diferencias significativas entre ellas ni con *A. halimus* (Figura 5).



**Figura 5. Digestibilidad de la Materia Seca (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p\leq 0,05$ ).**

El valor de DMD determinado en la especie *A. halimus* es superior al citado por Álvarez et al., 2005, mientras que el determinado en *L. lancerottensis* es inferior al

citado para otra especie del mismo género por Vázquez-Aldana et al., 2009 y al citado para leguminosas por Pérez-Corona, 1992, mientras que el correspondiente a las otras dos especies de esta familia son similares a este. Excepto la especie *L. lancerottensis*, todas las especies presentan valores superiores al citado para la alfalfa por García-Criado et al., 1986.

Todas las especies presentan valores superiores a los determinados en las poblaciones naturales para cada de ellas (TOMO I).

#### 2.1.6. Digestibilidad de la Materia Orgánica (OMD).

Observando las significaciones de la variable “OMD” se aprecia que los factores “Estación” y “Especie” presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ) al igual que la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 6). Los mayores porcentajes se obtuvieron en Primavera/2010.

**Tabla 6. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de la Digestibilidad de la Materia Orgánica de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $x^2$ ).**

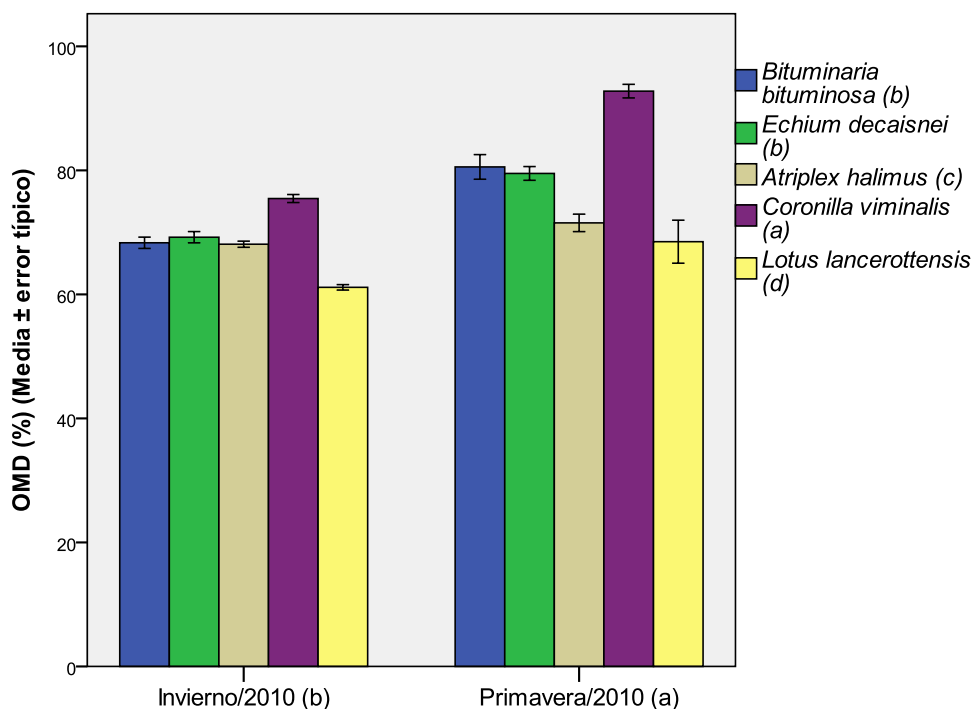
Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	2,244E-8	127,711	0,000
Estación x Especie	4	2,562E-9	3,646	0,029
Error (Estación)	15	2,635E-9		
Especie	4	3,487E-9	31,833	0,000
Error	15	4,107E-9		

La especie *C. viminalis* (Foto 2), con un  $84,12 \pm 3,33$  %, presenta el valor más alto OMD, mientras que la especie *L. lancerottensis* ( $64,82 \pm 2,27$  %) presenta el más bajo (Tabla 8). Las especie *B. b. var. albomarginata* ( $74,44 \pm 2,52$  %), *E. decaisnei* ( $74,36 \pm 2,05$  %) y *A. halimus* ( $69,81 \pm 0,91$  %) presentan valores intermedios, no existiendo diferencias significativas entre las dos primeras (Figura 6).



**Foto 2. Ejemplar de *C. viminalis* en Primavera/2010.**

Los porcentajes medios de OMD determinados en las especies *A. halimus* y *B. bituminosa* son superiores a los citados por Álvarez et al., 2005 (in vivo) y Salcedo et al., 1998, en el primer caso, y Álvarez et al., 2004 (in vivo), en el segundo.



**Figura 6. Digestibilidad de la Materia Orgánica (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

Todas las especies presentan valores medios superiores a los obtenidos en las poblaciones naturales (TOMO I).

#### 2.1.7. Proteína Bruta (PB).

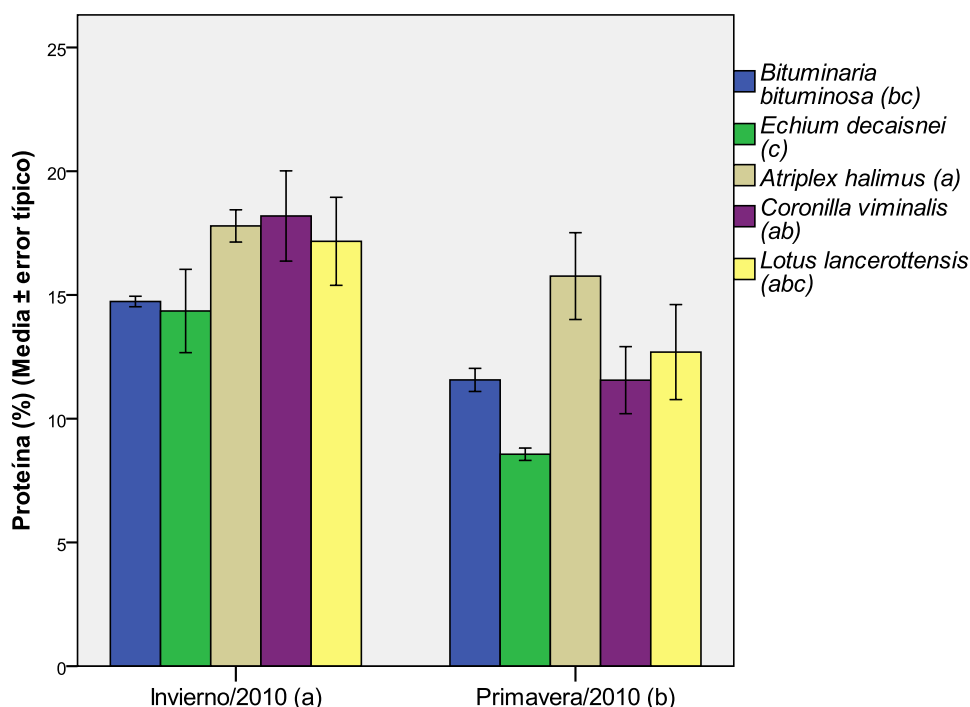
En las significaciones de los contenidos medios de PB (Tabla 7), se observa que tanto el factor “Especie” como el factor “Estación”, presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), sin embargo, la interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que las variaciones del contenido de PB a lo largo del tiempo no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 7).

Las mayores concentraciones de proteína se presentan en Invierno/2010 (Figura 10). Los niveles de proteína están directamente relacionados con la concentración de nitrógeno, ésta a su vez es mayor en los tejidos jóvenes (Navarro-Blaya y Navarro-García, 2000), por lo que es lógico que en invierno, con una alta tasa de crecimiento vegetativo se den los valores más altos.

**Tabla 7. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del contenido de PB de las cinco especies.**  
**Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $x^2$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	147656,108	23,552	0,000
Estación x Especie	4	27055,504	1,079	0,402
Error (Estación)	15	94042,453		
Especie	4	114507,841	4,473	0,014
Error	15	96008,407		

La especie *A. halimus* presenta los niveles más altos de PB ( $16,77 \pm 0,94$  %), mientras que los más bajos corresponden a la especie *E. decaisnei* ( $11,46 \pm 1,35$  %) (Tabla 8). Las especies *L. lancerottensis* ( $14,93 \pm 1,54$  %), *C. viminalis* ( $14,87 \pm 1,64$  %) y *B. b. var. albomarginata* ( $13,15 \pm 0,64$  %) presentan valores intermedios (Tabla 8).



**Figura 7. Contenido en Proteína (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas.** Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

El contenido medio en PB de la especie *A. halimus* es superior a los citados por Álvarez et al., 2005 y China et al., 2009, pero algo inferior al citado por Salcedo et al., 1998. El contenido medio de la especie *B. b. var. albomarginata* supera los citados por Méndez et al., 2006 y China et al., 2009, pero es inferior a los citados por Álvarez et al., 2005 y Ventura et al., 1995, y también inferior al rango citado para leguminosas por Pérez-Corona, 1992. La especie *C. viminalis* presenta un valor medio similar al citado por González-Andrés y Cerezuela, 1992, para otra especie del mismo género. Las

muestras correspondientes a la especie *E. decaisnei* presentan contenidos muy superiores a los citados por Rodríguez et al., 2002 y China et al., 2009. Finalmente, la especie *L. lancerottensis* presentó un contenido medio en PB superior al citado por China et al., 2009 y que se encuentra dentro del rango citado por Pérez-Corona, 1992 para leguminosas, sin embargo, es muy inferior a los citados para otras especies del mismo género por Chipatecua et al., 2007 y Vázquez-Aldana et al., 2009.

Así mismo, tratando de comparar los resultados con forrajes de referencia, se observa que el contenido en proteína citado por García-Criado *et al.*, 1986 (14,80%), se asemeja a los obtenidos para las especies *C. viminalis* y *L. lancerottensis*, es superior a los de las especies *B. b. var. albomarginata* y *E. decaisnei*, e inferior al obtenido en la especie *A. halimus*.

Las especies *A. halimus*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* presentan valores superiores a los obtenidos para las poblaciones naturales (TOMO I), sin embargo, las otras dos especies obtuvieron valores inferiores, aunque aproximados.

**Tabla 8. Valores medios+errores típicos de la composición química (fracción orgánica) de *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.**

	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B. b. var. albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
FND (%)	26,27±0,76	33,43±0,56	23,45±1,15	27,44±1,47	39,26±1,60
FAD (%)	17,81±1,00	26,74±0,62	13,82±2,19	35,12±2,57	37,11±1,51
Lignina (%)	9,42±0,32	9,71±0,45	6,14±0,43	24,03±2,24	17,74±0,89
Celulosa (%)	16,45±0,55	20,06±0,35	11,07±1,19	14,84±0,81	29,20±1,37
DMD (%)	62,34±0,64	60,53±0,62	65,04±2,11	58,96±1,57	52,63±0,74
OMD (%)	69,81±0,91	74,44±2,52	84,12±3,33	74,36±2,05	64,82±2,27
PB (%)	16,77±0,94	13,15±0,64	14,87±1,64	11,46±1,35	14,93±1,54

**Nota:** FND = Fibra neutro detergente; FAD = Fibra ácido detergente; DMD = Digestibilidad de la materia seca; OMD = Digestibilidad de la materia orgánica y PB = Proteína bruta.

## 2.2. Ceniza y macroelementos.

### 2.2.1. Ceniza (CEN).

Analizando los resultados del análisis estadísticos de la variable “Ceniza” (Tabla 9), se observa que existe una alta significación para los factores “Estación” y “Especie”, así como para la interacción “Estación\*Especie” ( $P \leq 0,05$ ). Presentándose los niveles medios más altos en Invierno/2010 de forma general.

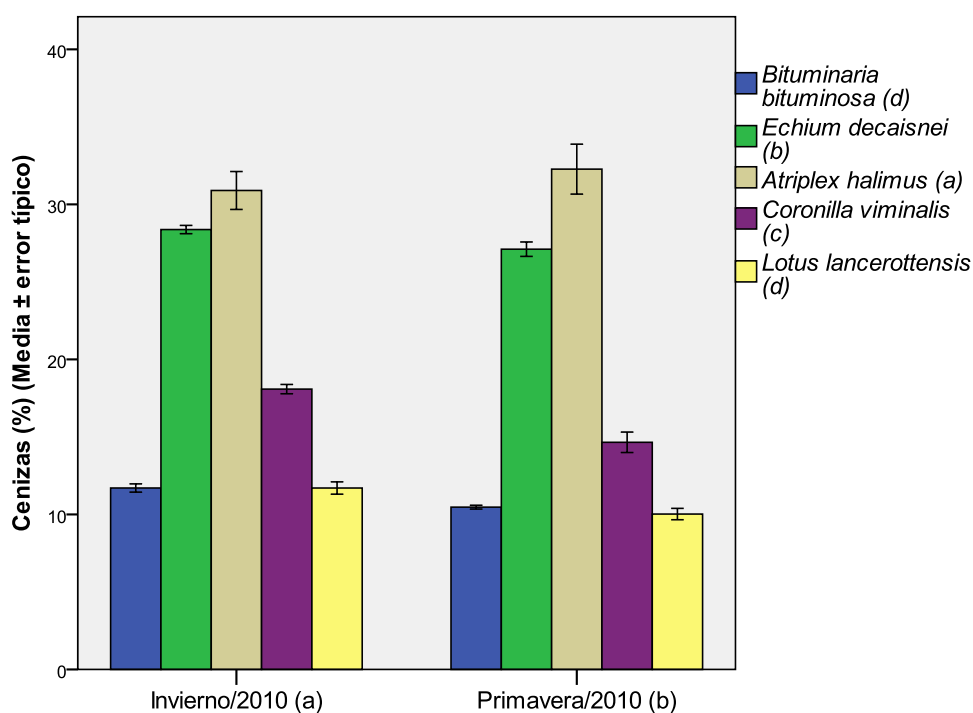
La especie *A. halimus* (Foto 3) presenta los niveles medios más altos de ceniza, alcanzando el 31,59±0,98 % (Tabla 16), seguida por la especie *E. decaisnei* (27,74±0,34 %). Los valores más bajos los presentan las especies *L. lancerottensis* (10,86±0,45 %) y *B. b. var. albomarginata* (11,09±0,27 %), no existiendo diferencias significativas entre éstas (Figura 8). La especie *C. viminalis* (16,37±0,73 %) presenta valores intermedios (Tabla 16).



**Tabla 9. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de Ceniza de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $\sqrt{x}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,294	53,183	0,000
Estación x Especie	4	0,356	16,100	0,000
Error (Estación)	15	0,083		
Especie	4	38,315	185,192	0,000
Error	15	0,776		

El contenido medio en ceniza de la especie *A. halimus* (Foto 3) es superior a los citados por Álvarez et al., 2005 y Salcedo et al., 1998, y similar al citado por China et al., 2009 para esta especie. Los valores citados por Álvarez et al., 2004 y China et al., 2009 para *B. bituminosa*, González-Andrés y Cerezuela, 1998 para una especie del género *Coronilla*, China et al., 2009 y Rodríguez et al., 2002 para *E. decaisnei* y China et al., 2009 para *L. lancerottensis* son inferiores a los determinados en el presente trabajo para cada una de ellas.



**Figura 8. Porcentaje de Cenizas de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

Así mismo, los contenidos medios en ceniza determinados en este trabajo superan a los obtenidos para las poblaciones naturales (TOMO I), exceptuando el correspondiente a la especie *A. halimus*, que es ligeramente inferior.

Foto 3. Ejemplar de *A. halimus* en Primavera/2010.

### 2.2.2. Fósforo (P).

Analizando las significaciones de los niveles medios de P (Tabla 10), se observa que tanto el factor “Especie” como el factor “Estación”, presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), presentándose los mayores niveles en Invierno/2010. Sin embargo, la interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que las variaciones del contenido de P a lo largo del tiempo no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 10).

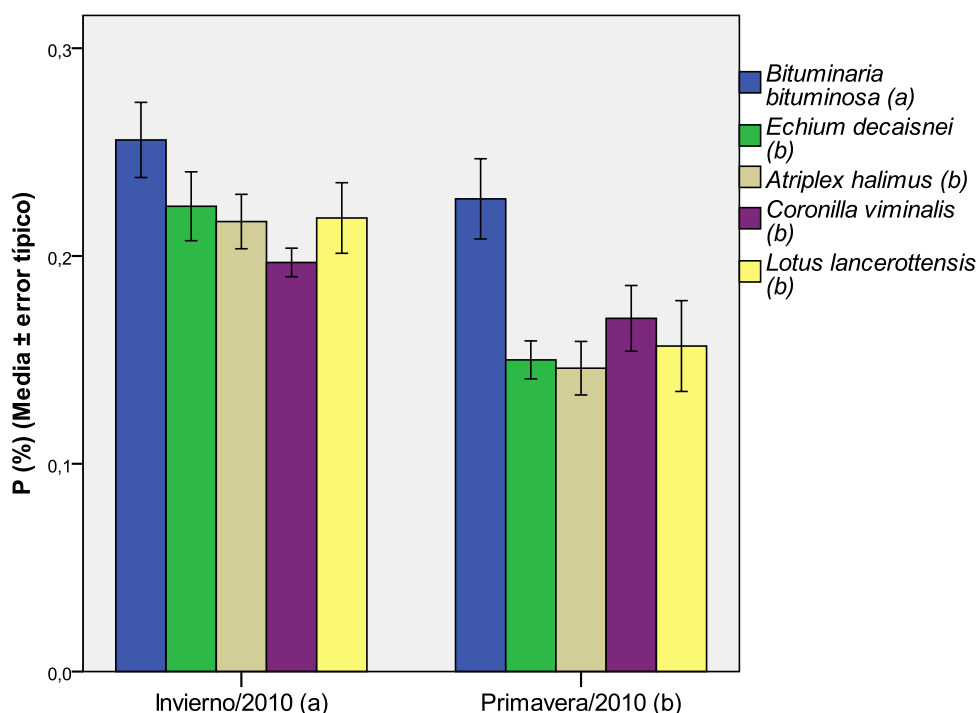
**Tabla 10. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Fósforo de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,027	37,263	0,000
Estación x Especie	4	0,004	1,518	0,247
Error (Estación)	15	0,011		
Especie	4	0,021	4,705	0,012
Error	15	0,017		

La especie *B. b. var. albomarginata* presenta los niveles significativamente más altos de P (Figura 9) alcanzando un  $0,24 \pm 0,01\%$  (Tabla 16), mientras que las especies *E. decaisnei* ( $0,19 \pm 0,02\%$ ), *A. halimus* ( $0,18 \pm 0,01\%$ ), *C. viminalis* ( $0,18 \pm 0,01\%$ ) y *L. lancerottensis* ( $0,19 \pm 0,02\%$ ) presentan valores más bajos, no existiendo diferencias significativas entre ellas (Figura 9).

El nivel medio de P determinado en la especie *A. halimus* es similar al rango citado por Wills et al., 1990, superior a los valores citados por Álvarez et al., 2005 y China et al., 2009 e inferior al citado por Salcedo et al., 1998. La especie *B. bituminosa* presenta un contenido en P intermedio entre los citados por China et al., 2009 y Álvarez et al., 2004. Los niveles presentados en las muestras de las especie *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* son superiores a los citados por China et al., 2009. Las tres especies leguminosas presentan valores superiores al rango citado por Ruano-Ramos, 1997 para

esta familia. Todas las especies se encuentran dentro del rango de requerimientos para la alimentación de rumiantes (McDowell et al., 1993).



**Figura 9.** Contenido en Fósforo (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

La especie *A. halimus* presenta un nivel medio en P similar al obtenido en las muestras de las poblaciones naturales de esta especie, las muestras de la especie *E. decaisnei* presenta valores más bajos y el resto de especies presentan niveles de P ligeramente superiores que las poblaciones naturales de cada una de ellas, lo que puede deberse en parte a la mayor concentración de P en los suelos de las fincas (TOMO I), mayor disponibilidad de suelo y al efecto mulching que ejerce el enarenado sobre el nivel de humedad en los suelos de las parcelas experimentales.

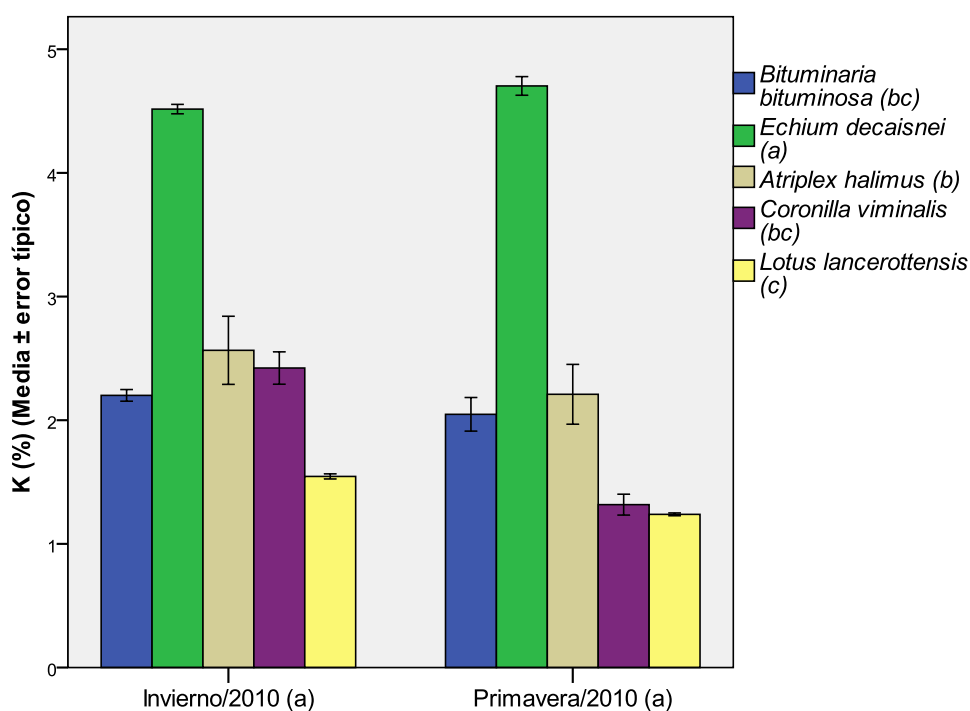
### 2.2.3. Potasio (K).

El análisis estadístico de los valores de la concentración de K (Tabla 11) muestra una baja significación del factor “Estación” ( $P > 0,05$ ), sin embargo, el factor “Especie” y la interacción “Estación\*Especie” muestran significaciones altas (Tabla 11).

**Tabla 11. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Potasio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $x^3$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	43,053	2,161	0,162
Estación x Especie	4	665,214	8,346	0,001
Error (Estación)	15	298,878		
Especie	4	50428,243	162,633	0,000
Error	15	1162,779		

La especie *E. decaisnei* presenta los valores significativamente más altos (Figura 10), alcanzando un  $4,61 \pm 0,05$  % (Tabla 16). En segundo lugar encontramos el nivel de K de la especie *A. halimus* ( $2,39 \pm 0,18$  %), seguida de las especies *B. b. var. albomarginata* ( $2,12 \pm 0,07$  %) y *C. viminalis* ( $1,87 \pm 0,22$  %), que no presentaron diferencias significativas entre sí ni con la anterior ( $P > 0,05$ ). Los niveles más bajos corresponden a la especie *L. lancerottensis* ( $1,39 \pm 0,07$  %), que no presenta diferencias significativas con las dos anteriores (Figura 10).



**Figura 10. Contenido en Potasio (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

El contenido medio en K de la especie *A. halimus* es superior a los citados por Álvarez et al., 2005 y por China et al., 2009 e inferior a los citados por Salcedo et al., 1998 y Wills et al., 1990. La especie *B. bituminosa* presenta valores ligeramente

inferiores a los citados por Álvarez et al., 2004 y China et al., 2009. La especie *E. decaisnei* presenta un contenido inferior al citado por China et al., 2009 y la especie *L. lancerottensis* un nivel similar al citado por ese autor para esta especie. Todas las especies presentan valores superiores a las recomendaciones citadas para rumiantes por McDowell et al., 1993.

Los niveles medios de K de las cinco especies son superiores a los obtenidos en las poblaciones naturales (TOMO I). Esta circunstancia puede deberse al, ya mencionado, efecto mulching y a la mayor disponibilidad de suelo de los ejemplares que se desarrollan en las fincas, frente a los que los hacen en poblaciones naturales.

#### 2.2.4. Calcio (Ca).

Analizando las significaciones de la concentración media de Ca (Tabla 12), se observa que los factores “Especie” y “Estación”, presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ), presentándose en Invierno/2010 los niveles más altos. La interacción “Estación\*Especie” muestra una significación baja ( $P > 0,05$ ), por lo que las variaciones del contenido de Ca a lo largo del tiempo no muestran diferencias significativas en las distintas especies (Tabla 12).

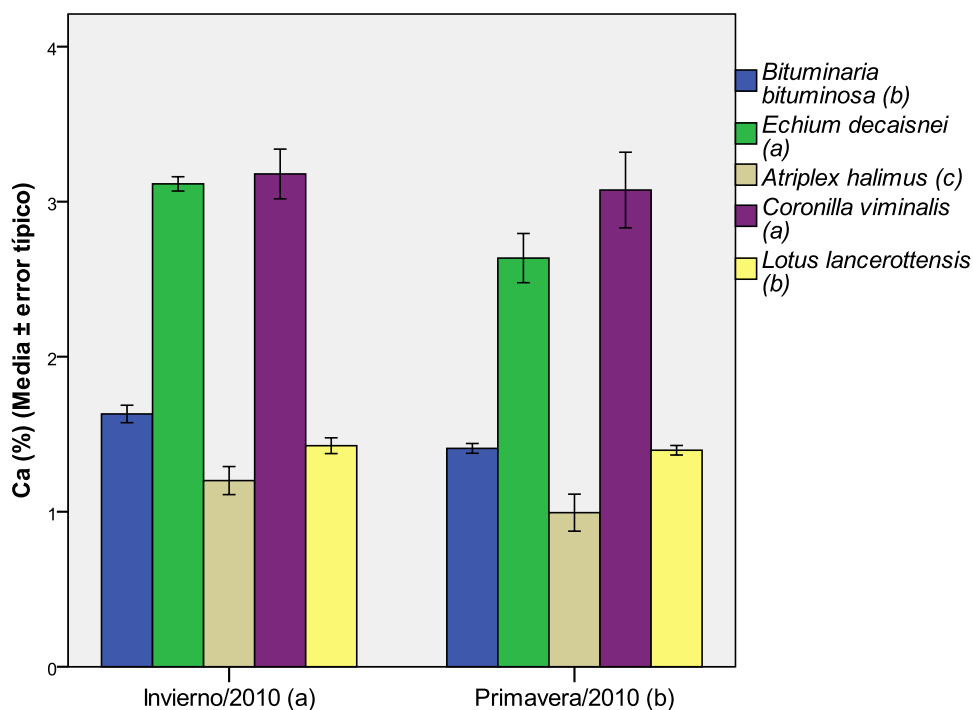
**Tabla 12. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Calcio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $\sqrt{x}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,056	17,143	0,001
Estación x Especie	4	0,021	1,605	0,225
Error (Estación)	15	0,049		
Especie	4	3,513	75,909	0,000
Error	15	0,174		

Las especies *C. viminalis* ( $3,13 \pm 0,14$  %) y *E. decaisnei* ( $2,88 \pm 0,12$  %) presentan los mayores niveles de Ca, sin presentar diferencias significativas entre ellas (Figura 11). Los niveles más bajos de Ca corresponden a las muestras de la especie *A. halimus* ( $1,10 \pm 0,08$  %) y las especies *B. b. var. albomarginata* ( $1,52 \pm 0,05$  %) y *L. lancerottensis* ( $1,41 \pm 0,03$  %) presentan niveles intermedios, sin haberse determinados diferencias significativas entre ambas.

El contenido en Ca de la especie *A. halimus* es superior a los citados por Álvarez et al., 2005 y Salcedo et al., 1998 e inferior al citado por China et al., 2009, correspondiéndose con el rango citado por Wills et al., 1990. La especie *B. b. var. albomarginata* presenta un nivel medio de Ca superior al citado por Álvarez et al., 2004 e inferior al citado por China et al., 2009. El contenido en Ca de la especie *E. decaisnei* también es inferior al citado para esta especie por China et al., 2009, pero el correspondiente a la especie *L. lancerottensis* lo supera. Todas las especies presentan

valores más altos al mínimo citado por McDowell et al., 1993 para la alimentación de rumiantes, encontrándose los valores medios correspondientes a las especies *C. viminalis* y *E. decaisnei* por encima del máximo valor citado en ese rango. Las tres especies leguminosas se encuentran dentro del rango citado para esta familia por Ruano-Ramos, 1997.



**Figura 11. Contenido en Calcio (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

Todas las especies presentan valores considerablemente superiores a los obtenidos por las muestras de las poblaciones naturales de cada una de ellas, pese a que se determinaron mayores niveles de Ca en los suelos de las poblaciones naturales (TOMO I). Esta circunstancia indica una mayor disponibilidad de Ca en los suelos de las fincas.

#### 2.2.5. Magnesio (Mg).

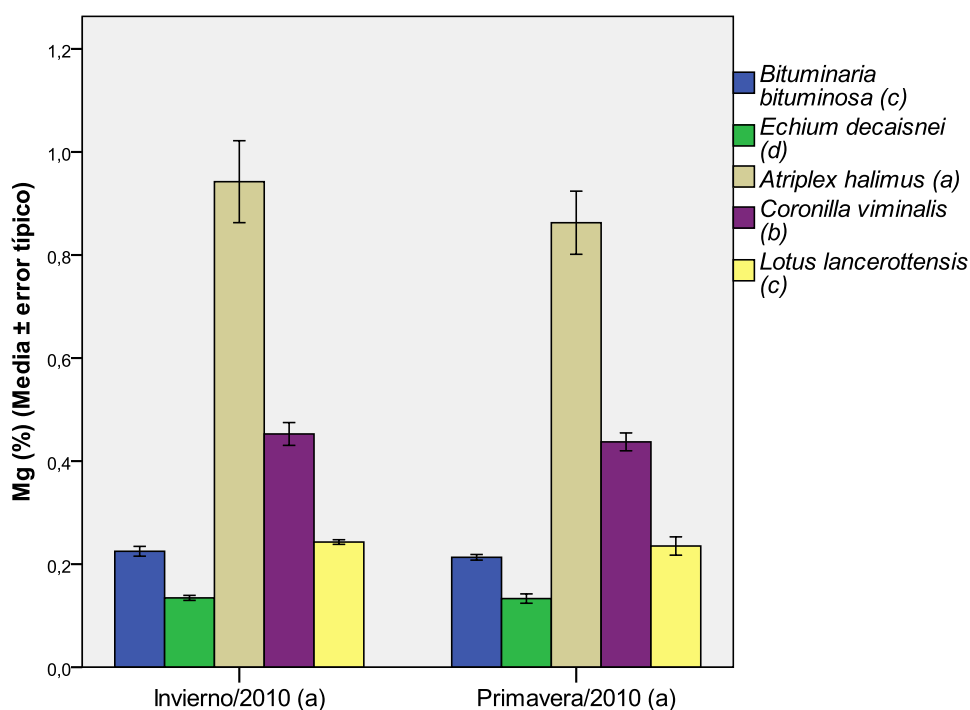
Las significaciones del factor “Estación” obtenido del análisis estadístico de los niveles de Mg muestran que no existen diferencias significativas entre las estaciones (Tabla 13 y Figura 12). También se determina una baja significación ( $P > 0,05$ ) para la interacción “Estación\*Especie”, sin embargo, el factor “Especie” presenta una alta significación (Tabla 13).



**Tabla 13.** Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Magnesio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $\ln(10.x)$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,019	1,891	0,189
Estación x Especie	4	0,006	0,159	0,956
Error (Estación)	15	0,153		
Especie	4	19,138	291,069	0,000
Error	15	0,247		

La especie *A. halimus* ( $0,90 \pm 0,049$  %) presenta los niveles más altos de Mg (Figura 12), seguida de la especie *C. viminalis* ( $0,44 \pm 0,013$  %). Los niveles significativamente más bajos ( $P \leq 0,05$ ) se obtuvieron en la especie *L. lancerottensis* ( $0,24 \pm 0,008$  %). Las especies *B. b. var. albomarginata* ( $0,22 \pm 0,006$  %) y *E. decaisnei* ( $0,13 \pm 0,005$  %) presentan valores intermedios sin existir diferencias significativas entre ambas (Figura 12).



**Figura 12.** Contenido en Magnesio (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).

El contenido medio en Mg determinado en la especie *A. halimus* es superior a los citados por Álvarez et al., 2005 y China et al., 2009, pero inferior al citado por Salcedo et al., 1998. La especie *B. bituminosa* presenta un nivel de Mg similar al citado

por Álvarez et al., 2004. Ésta, al igual que las especies *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* presentan valores inferiores a los citados por China et al., 2009 para cada una de ellas. Todas las especies presentan valores similares o superiores al rango mínimo citado como requerimiento para rumiantes por McDowell et al., 1993. Las especies leguminosas presentan valores considerablemente inferiores al rango citado por Ruano-Ramos, 1997 para esta familia.

Exceptuando el contenido medio de la especie *E. decaisnei*, todas las especies presentan niveles superiores a los presentados por las poblaciones naturales de cada una de ellas (TOMO I).

#### 2.2.6. Azufre (S).

Analizando los resultados del análisis estadístico de la variable “S” (Tabla 14) se observa que la interacción “Estación\*Especie”, así como los factores “Especie” y “Estación” presentan altas significaciones ( $P \leq 0,05$ ). En el caso del factor “Estación” se puede observar que los niveles más altos se presentan en Primavera/2010 (Figura 13).

**Tabla 14. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Azufre de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado ln x).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	51,838	1677,863	0,000
Estación x Especie	4	0,519	4,201	0,018
Error (Estación)	15	0,463		
Especie	4	12,585	63,262	0,000
Error	15	0,746		

La especie *A. halimus* ( $2,68 \pm 0,74$  %) presenta los niveles más altos de S, seguida de las especies *E. decaisnei* ( $1,06 \pm 0,31$  %) y *L. lancerottensis* ( $1,32 \pm 0,53$  %), entre las que no existen diferencias significativas (Figura 13). Los niveles más bajos corresponden a la especie *B. b. var. albomarginata* ( $0,54 \pm 0,17$  %). En término medio se encuentra la especie *C. viminalis* con un  $1,12 \pm 0,40$  % (Tabla 16).

El valor medio de S de la especie *A. halimus* es muy superior al rango citado por Wills et al., 1990. También es superior, al igual que el resto de especies estudiadas, al rango citado como requerimientos en la dieta de rumiantes por McDowell et al., 1993.

Los valores niveles medios de S de las cinco especies son superiores a los determinados en las poblaciones naturales de cada una de ellas (TOMO I).

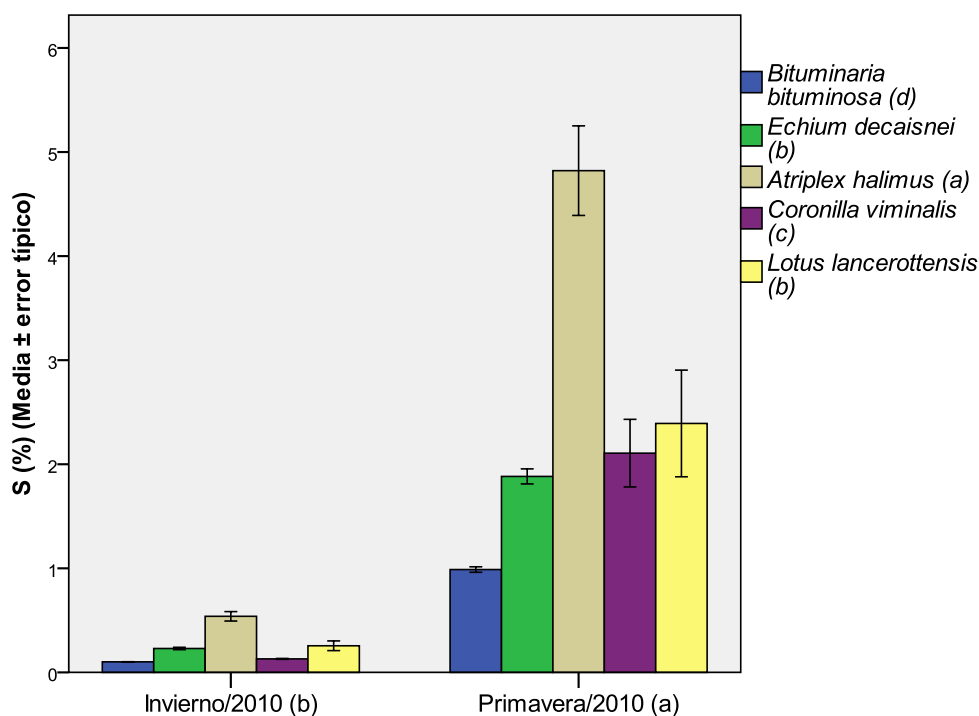


Figura 13. Contenido en Azufre (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

### 2.2.7. Sodio (Na).

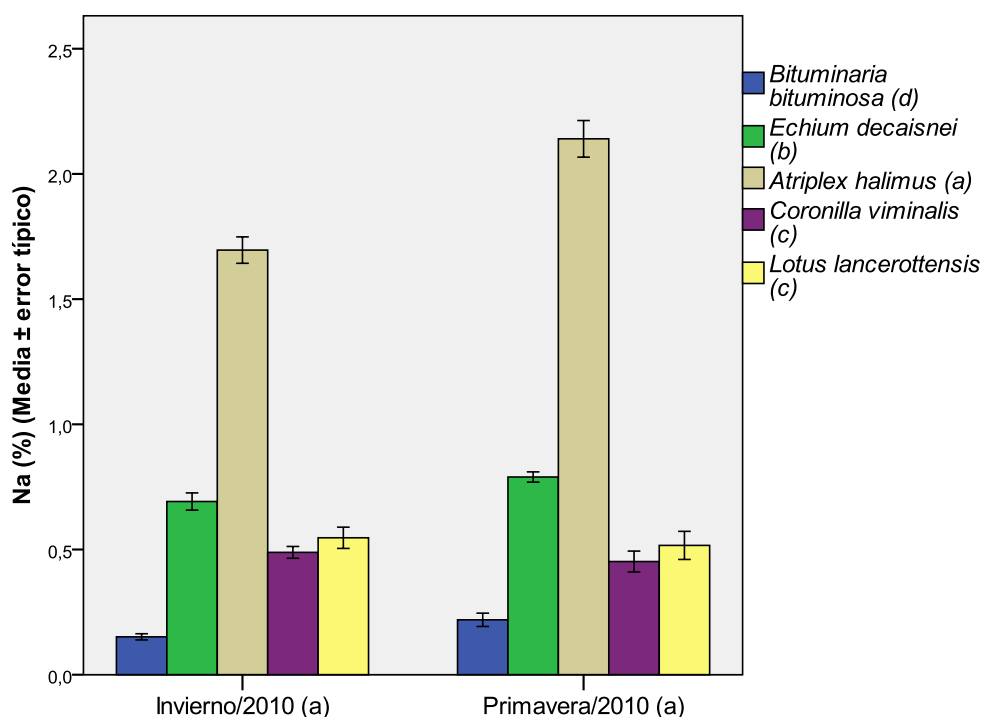
En los resultados del análisis estadístico de la variable “Na” (Tabla 15), se observa que existe una alta significación para el factor “Especie” ( $P \leq 0,05$ ). El factor “Estación” y la interacción “Estación\*Especie” presentan significaciones bajas (en el caso del factor “Estación”, pese a presentar  $P \leq 0,05$  no se considera significativa la diferencia debido a la cercanía de ese valor a 0,05).

Tabla 15. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Sodio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $\ln(10.x)$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,129	4,706	0,047
Estación x Especie	4	0,285	2,599	0,078
Error (Estación)	15	0,411		
Especie	4	25,935	459,441	0,000
Error	15	0,212		

La especie *A. halimus* presenta el nivel medio más alto de Na alcanzando un  $1,92 \pm 0,09$  % (Tabla 16), seguida de *E. decaisnei* con un  $0,74 \pm 0,03$  %. El contenido medio más bajo lo presenta la especie *B. b. var. albomarginata* con un  $0,19 \pm 0,02$  %

(Tabla 16). Con valores intermedios encontramos a las especies *L. lancerottensis* ( $0,53\pm 0,03$  %) y *C. viminalis* ( $0,47\pm 0,02$  %), entre las que no se determinaron diferencias significativas ( $P>0,05$ ).



**Figura 14.** Contenido en Sodio (% de materia seca) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p\leq 0.05$ ).

El contenido medio en Na de la especie *A. halimus* es inferior a los citados por China et al., 2009 y Álvarez et al., 2005. En el caso de la especie *B. bituminosa*, su contenido medio en Na es similar a los citados por China et al., 2009 y Álvarez et al., 2004. Las especies *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* presentan niveles inferiores a los citados por China et al., 2009 para estas especies. Las cinco especies estudiadas presentan niveles similares o superiores al rango citado por McDowell et al., 1993 como requerimiento en la dieta de rumiantes.

Las cinco especies presentan contenidos medios en Na considerablemente superiores a los obtenidos para cada una de ellas a partir de su muestreo en las poblaciones naturales (TOMO I).

**Tabla 16. Valores medios+errores típicos de la composición química (cenizas y macroelementos) de *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.**

	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B. b. var. albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
Cenizas (%)	31,59±0,98	11,09±0,27	16,37±0,73	27,74±0,34	10,86±0,45
P (%)	0,18±0,01	0,24±0,01	0,18±0,01	0,19±0,02	0,19±0,02
K (%)	2,39±0,18	2,12±0,07	1,87±0,22	4,61±0,05	1,39±0,07
Ca (%)	1,10±0,08	1,52±0,05	3,13±0,14	2,88±0,12	1,41±0,03
Mg (%)	0,90±0,049	0,22±0,006	0,44±0,013	0,13±0,005	0,24±0,008
S (%)	2,68±0,74	0,54±0,17	1,12±0,40	1,06±0,31	1,32±0,53
Na (%)	1,92±0,09	0,19±0,02	0,47±0,02	0,74±0,03	0,53±0,03

### 2.3. Microelementos.

#### 2.3.1. Hierro (Fe).

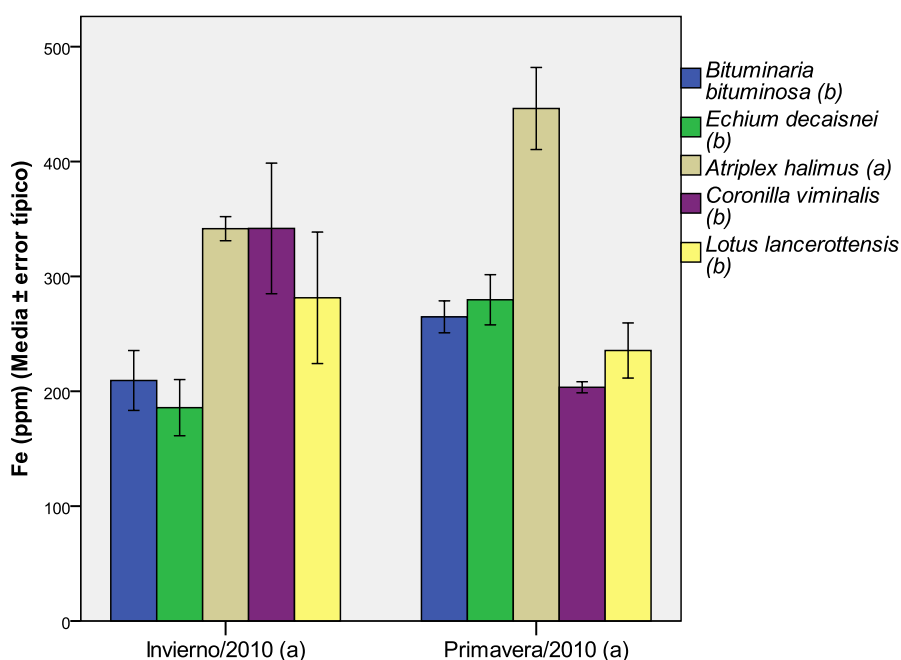
El análisis estadístico de la variable “Fe” muestra una alta significación para el factor “Especie” y para la interacción “Estación “Especie” (Tabla 17), mientras que no presenta diferencias significativas entre las estaciones ( $P>0,05$ ).

**Tabla 17. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Hierro de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado ln x).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,037	1,336	0,266
Estación x Especie	4	1,078	9,688	0,000
Error (Estación)	15	0,417		
Especie	4	1,805	7,708	0,001
Error	15	0,878		

Los mayores niveles de Fe se determinaron en la especie *A. halimus* (393,9±24,74 ppm), mientras que las especies *B. b. var. albomarginata* (237,1±17,22 ppm), *C. viminalis* (272,6±37,16 ppm), *E. decaisnei* (232,7±23,36 ppm) y *L. lancerottensis* (258,4±29,60 ppm) no presentaron diferencias significativas entre sí (Figura 15).

La especie *A. halimus* presenta un contenido medio superior al citado por Álvarez et al., 2005 e inferior al citado por China et al., 2009, coincidiendo con el rango citado por Wills et al., 1990. El contenido medio de Fe determinado en la especie *B. b. var. albomarginata* es superior al citado por Álvarez et al., 2004 e inferior, al igual que las especies *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* al citado por China et al., 2009 para cada una de ellas. Todas las especies estudiadas presentan niveles de Fe superiores al requerimiento en este mineral para la dieta de rumiantes citado por McDowell et al., 1993.



**Figura 15. Contenido en Hierro (ppm) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).**

Exceptuando la especie *B. b. var. albomarginata*, la cual presenta un valor similar, las especies estudiadas presentan niveles superiores a los determinados en las poblaciones naturales de cada una de ellas (TOMO I).

### 2.3.2. Manganeso (Mn).

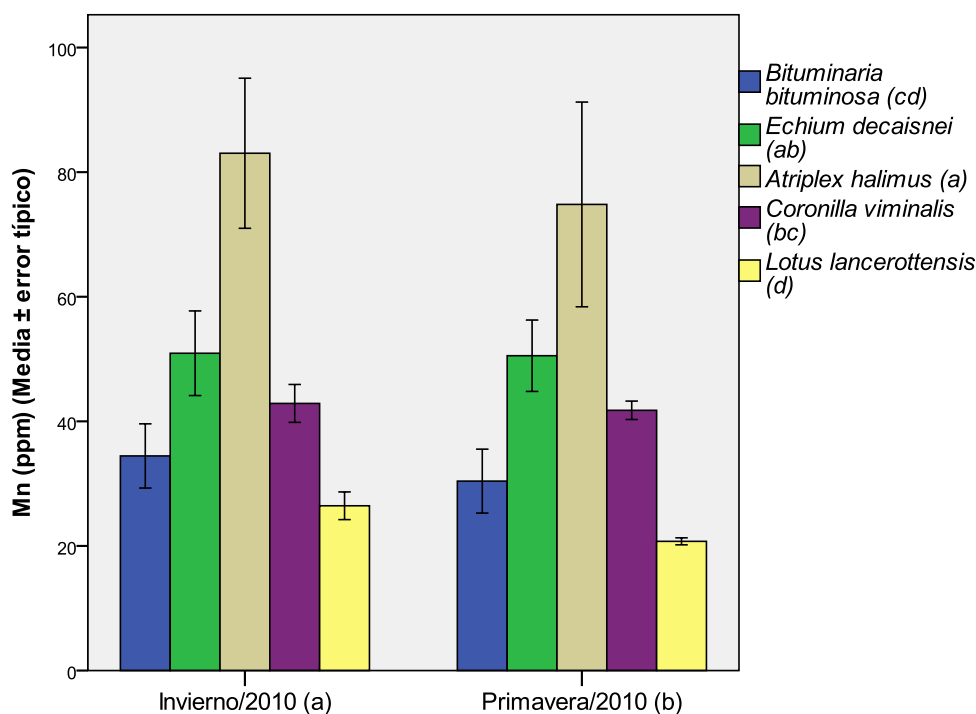
Los niveles medios de Mn presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), siendo Invierno/2010 la que presenta mayores concentraciones (Figura 16). No hay significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 18), lo que significa que aunque existan diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies, la variación del contenido de Mn a lo largo de las dos estaciones no presenta diferencias entre las distintas especies.

**Tabla 18. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Manganeso de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $1/\sqrt{x}$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,001	8,049	0,012
Estación x Especie	4	0,001	1,441	0,269
Error (Estación)	15	0,002		
Especie	4	0,037	11,069	0,000
Error	15	0,012		



La especie *A. halimus* ( $78,93 \pm 9,70$  ppm) presenta los mayores niveles de Mn (Tabla 26), si bien es verdad que no existen diferencias significativas con la especie *E. decaisnei* ( $50,73 \pm 4,11$  ppm), la cual a su vez, no presentó diferencias significativas con *C. viminalis* ( $42,33 \pm 1,58$  ppm). El contenido más bajo de Mn se presenta en la especie *L. lancerottensis* ( $23,59 \pm 1,64$  ppm) (Figura 16), aunque presenta una baja significación con *B. b. var. albomarginata* ( $32,43 \pm 3,45$  ppm).



**Figura 16.** Contenido en Manganeso (ppm) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

El contenido medio de Mn de la especie *A. halimus* es superior al citado por China et al., 2009, e inferior al citado por Álvarez et al., 2005, coincidiendo con el rango citado por Wills et al., 1990. La especie *B. b. var. albomarginata* presenta valores inferiores a los citados por China et al., 2009 y Álvarez et al., 2004. Las especies *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* presentan valores superiores a los citados para cada una de ellas por China et al., 2009. Todas las especies presentan valores similares o superiores al rango citado por McDowell et al., 1993 para la dieta de rumiantes. La especie *C. viminalis* presenta un contenido medio en Mn similar al obtenido en las poblaciones naturales de esta especie.

En el caso de la especie *A. halimus*, el contenido medio recogido anteriormente es superior al obtenido en las poblaciones naturales, encontrándose los valores correspondientes al resto de especies por debajo de los obtenidos en el muestreo de las poblaciones naturales correspondientes a cada una de ellas (TOMO I).

## 2.3.3. Cobre (Cu).

Las concentraciones medias de Cu presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), siendo Invierno/2010 la que presenta mayores niveles (Figura 17). No hay significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 19), lo que significa que la variación del contenido de Cu a lo largo de las estaciones no presenta diferencias entre las distintas especies.

**Tabla 19. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Cobre de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	5,279	5,911	0,028
Estación x Especie	4	4,411	1,235	0,338
Error (Estación)	15	13,397		
Especie	4	83,415	36,697	0,000
Error	15	8,524		

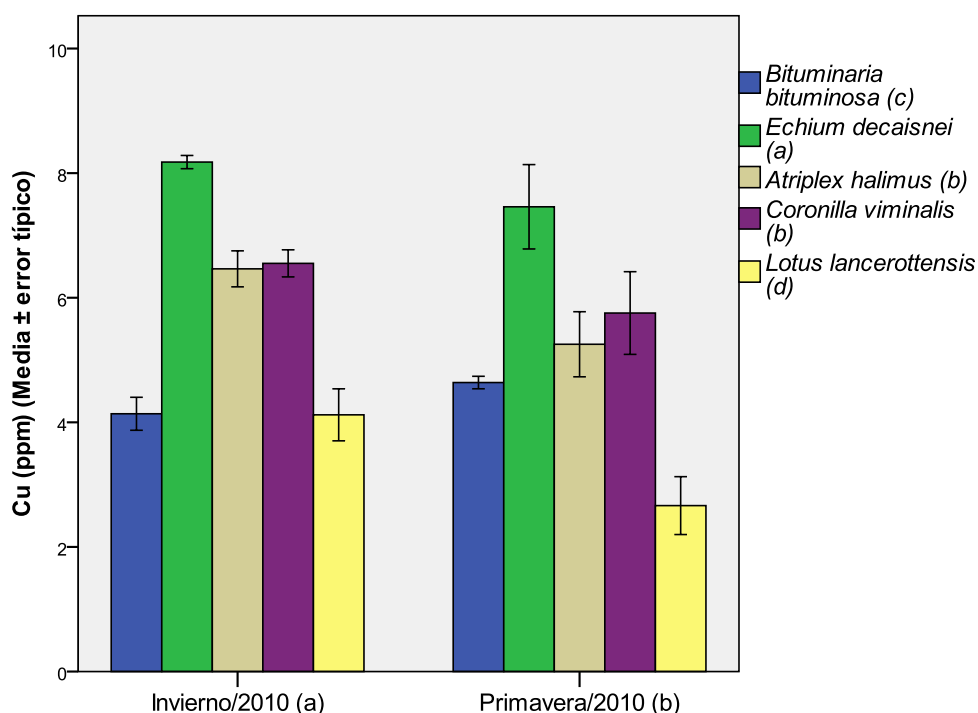
La especie *E. decaisnei* (Foto 4) presenta los mayores contenidos de Cu con  $7,81 \pm 0,35$  ppm (Tabla 26), seguida de *C. viminalis* ( $6,15 \pm 0,36$  ppm) y *A. halimus* ( $5,86 \pm 0,35$  ppm), entre las cuales no existe diferencias significativas (Figura 17). Los niveles medios más bajos de Cu corresponden a la especie *L. lancerottensis* ( $3,39 \pm 0,43$  ppm). La especie *B. b. var. albomarginata* ( $4,39 \pm 0,16$  ppm) presenta valores intermedios.



**Foto 4. Ejemplar de *E. decaisnei* en Primavera/2010.**

Las especies *A. halimus* y *L. lancerottensis* presentan niveles superiores a los citados para cada una de ellas por China et al., 2009, encontrándose la primera muy por debajo del rango citado por Wills et al., 1990. En el caso de la especie *B. b. var. albomarginata*, el valor obtenido es similar al citado por China et al., 2009 y en el de la especie *E. decaisnei* es inferior. Las especies *E. decaisnei* y *C. viminalis* presentan niveles medios de Cu similares a los requerimientos de rumiantes (McDowell et al.,

1993), mientras que el resto de especies presentan niveles inferiores, si bien es verdad que en el caso de *A. halimus* se acerca al límite inferior del rango.



**Figura 17** Contenido en Cobre (ppm) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Las cinco especies presentan valores superiores a los obtenidos en el muestreo de las poblaciones naturales de cada una de ellas (TOMO I).

#### 2.3.4. Zinc (Zn).

Observando los resultados del análisis estadístico de la variable “Zn” (Tabla 20), se observa que los niveles medios de este mineral presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), siendo Invierno/2010 la que presenta mayores concentraciones (Figura 18), pero existe una baja significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 20), lo que significa que aunque existan diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies, la variación del contenido de Zn a lo largo de las estaciones no presenta diferencias entre las especies.

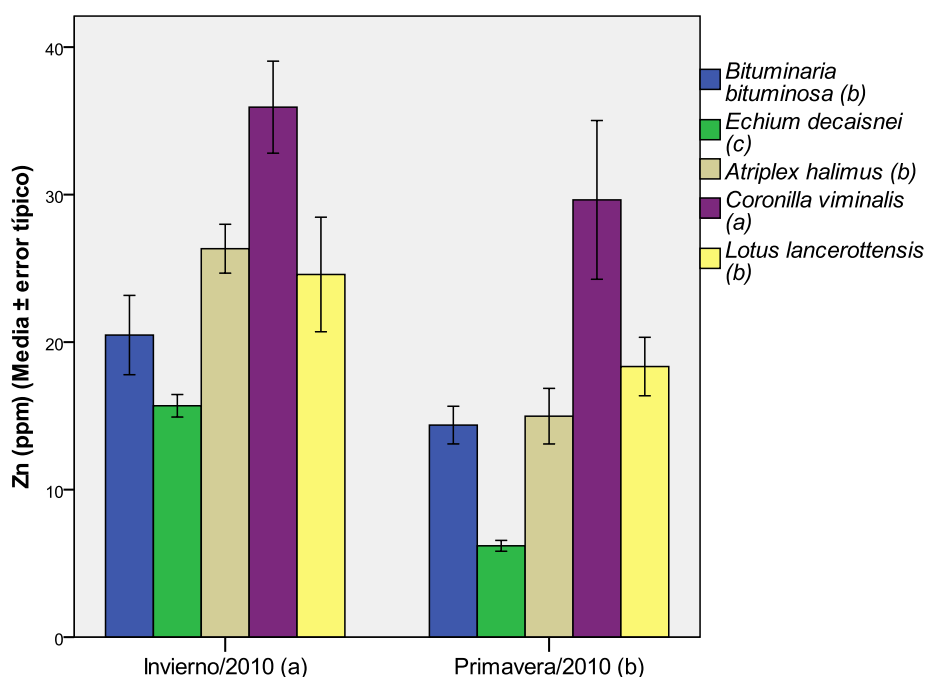
El mayor nivel medio de Zn corresponde a la especie *C. viminalis* con  $32,79 \pm 3,11$  ppm (Tabla 26). La especie *E. decaisnei* ( $10,94 \pm 1,84$  ppm) presenta el nivel significativamente más bajo (Figura 18). Las especies *L. lancerottensis* ( $21,47 \pm 2,40$

ppm), *A. halimus* ( $20,66 \pm 2,23$  ppm) y *B. b.* var. *albomarginata* ( $17,43 \pm 1,80$  ppm) presentan valores intermedios, sin existir diferencias significativas entre ellas ( $P > 0,05$ ).

**Tabla 20. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Zinc de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	607,302	20,131	0,000
Estación x Especie	4	50,069	0,415	0,795
Error (Estación)	15	452,501		
Especie	4	2020,002	20,656	0,000
Error	15	366,719		

Las especies *A. halimus*, *B. b.* var. *albomarginata*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* presentan niveles inferiores a los citados por China et al., 2009 para cada una de ellas, si bien es verdad que la primera se aproxima al citado por dichos autores. Las especies *B. b.* var. *albomarginata* y *A. halimus* presentan valores inferiores a los citados por Álvarez et al., 2004 y Álvarez et al., 2005 respectivamente. Las especies estudiadas presentan valores similares al rango citado por McDowell et al., 1993 para la dieta de rumiantes, exceptuando *B. b.* var. *albomarginata* y *E. decaisnei*.



**Figura 18. Contenido en Zinc (ppm) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).**

Los niveles medios de las cinco especies son superiores a los obtenidos mediante el muestreo de las poblaciones naturales de cada una de ellas (TOMO I).

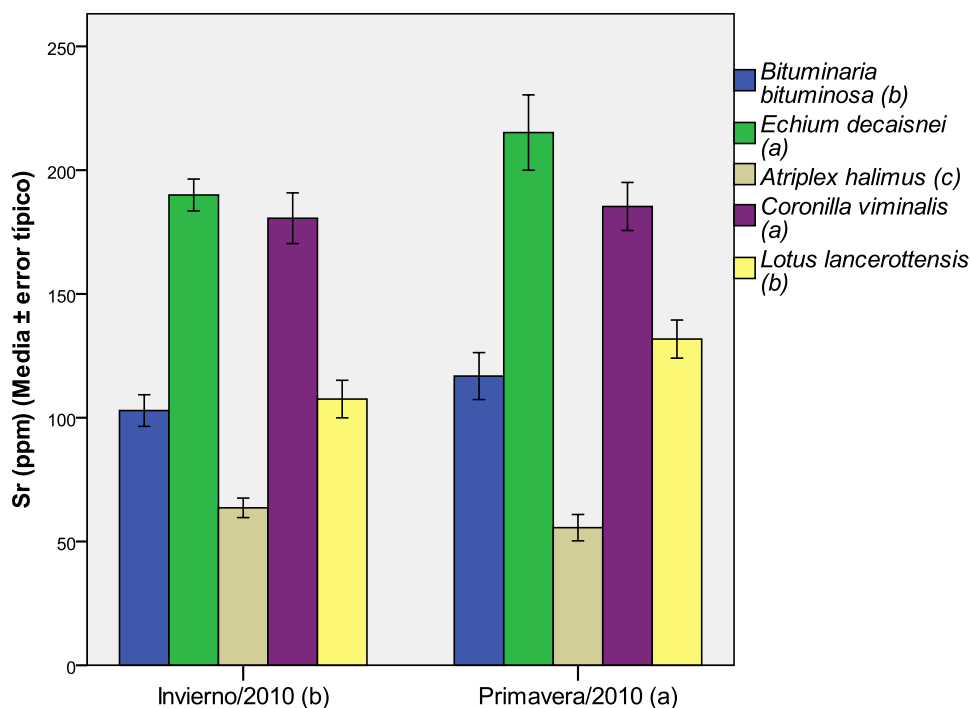
## 2.3.5. Estroncio (Sr).

Los niveles medios de Sr presentan diferencias significativas entre especies y entre estaciones ( $P \leq 0,05$ ), siendo Primavera/2010 la que presenta mayores concentraciones (Figura 19).

**Tabla 21. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Estroncio de las cinco especies.**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	1408,044	8,975	0,009
Estación x Especie	4	1662,388	2,649	0,075
Error (Estación)	15	2353,367		
Especie	4	117873,496	68,442	0,000
Error	15	6458,438		

No hay significación en la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 21), lo que significa que aunque existan diferencias significativas entre las estaciones y entre las especies, la variación del contenido de Sr a lo largo de las dos estaciones no presenta diferencias entre las distintas especies.



**Figura 19. Contenido en Estroncio (ppm) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).**

Las especies *E. decaisnei* ( $202,57 \pm 9,01$  ppm) y *C. viminalis* ( $182,95 \pm 6,59$  ppm) presentan los niveles más altos de Sr, no existiendo diferencias significativas entre ambas (Figura 19). El contenido medio de la especie *A. halimus* ( $59,60 \pm 3,40$  ppm) es el más bajo de las cinco especies estudiadas. Las especies *B. b. var. albomarginata* ( $109,86 \pm 5,91$  ppm) y *L. lancerottensis* ( $119,65 \pm 7,26$  ppm) presentan valores intermedios, existiendo una baja significación entre ambas ( $P > 0,05$ ).

Las especies estudiadas presentan valores que se corresponden con el rango citado para un forraje de referencia (alfalfa) por Vanselow, 1945, exceptuando la especie *A. halimus*, cuyo contenido medio en Sr se queda por debajo del mismo.

El nivel medio correspondiente a la especie *E. decaisnei* es inferior al obtenido en las poblaciones naturales de esta especie. Para el resto de especies, los contenidos determinados en las parcelas experimentales son superiores a los correspondientes a las poblaciones naturales (TOMO I).

### 2.3.6. Aluminio (Al).

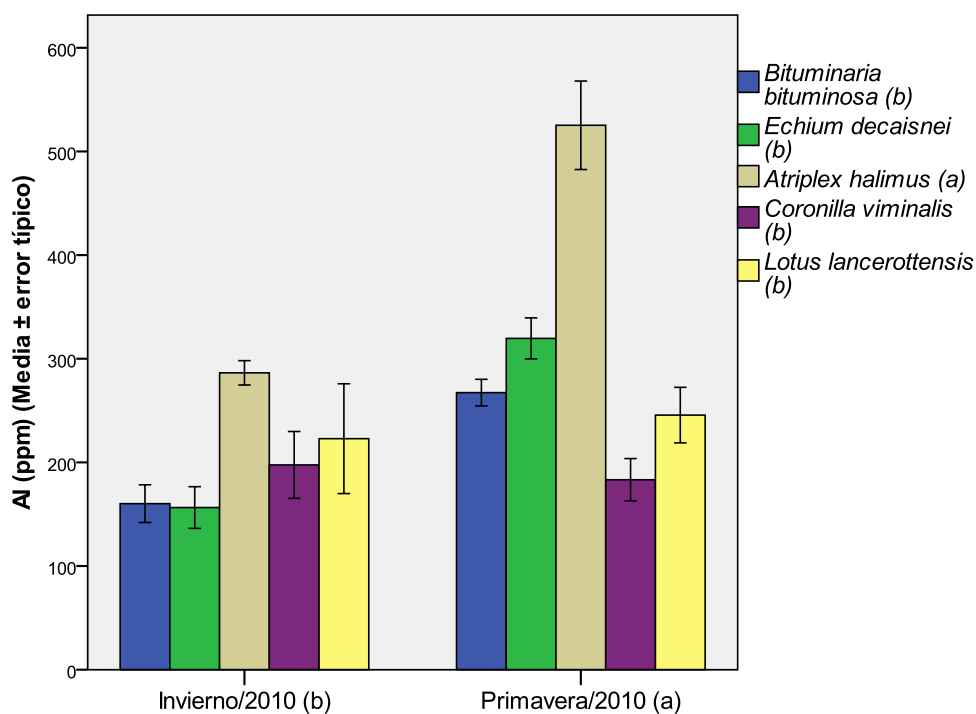
La variable “Al” presenta una alta significación ( $P \leq 0,05$ ) para los factores “Estación” y “Especie”, así como para la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 22), pudiéndose observar que en Primavera/2010 se presentan los mayores contenidos en este mineral (Figura 20).

**Tabla 22. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Aluminio de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado lnx).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	1,475	31,736	0,000
Estación x Especie	4	0,856	4,605	0,013
Error (Estación)	15	0,697		
Especie	4	3,050	13,551	0,000
Error	15	0,844		

Los niveles medios más altos de Al se presentan en la especie *A. halimus*, que alcanza las  $405,8 \pm 44,95$  ppm (Tabla 26). Las especies *E. decaisnei* ( $238,0 \pm 33,49$  ppm), *L. lancerottensis* ( $234,3 \pm 27,04$  ppm), *B. b. var. albomarginata* ( $213,8 \pm 22,72$  ppm) y *C. viminalis* ( $190,4 \pm 17,88$  ppm) presentan valores más bajos. No existen diferencias significativas entre estas cuatro especies (Figura 20).

La especie *A. halimus* presenta un contenido medio en Al que se corresponde con el rango citado para esta especie por Wills et al., 1990, sin embargo, al igual que las otras cuatro especies presenta un nivel muy inferior al citado por dicho autor para la alfalfa.



**Figura 20.** Contenido en Aluminio (ppm) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Las especies estudiadas presentan mayores niveles de Al que los obtenidos para cada una de ellas en las poblaciones naturales (TOMO I), exceptuando la especie *B. b. var. albomarginata*.

### 2.3.7. Boro (B).

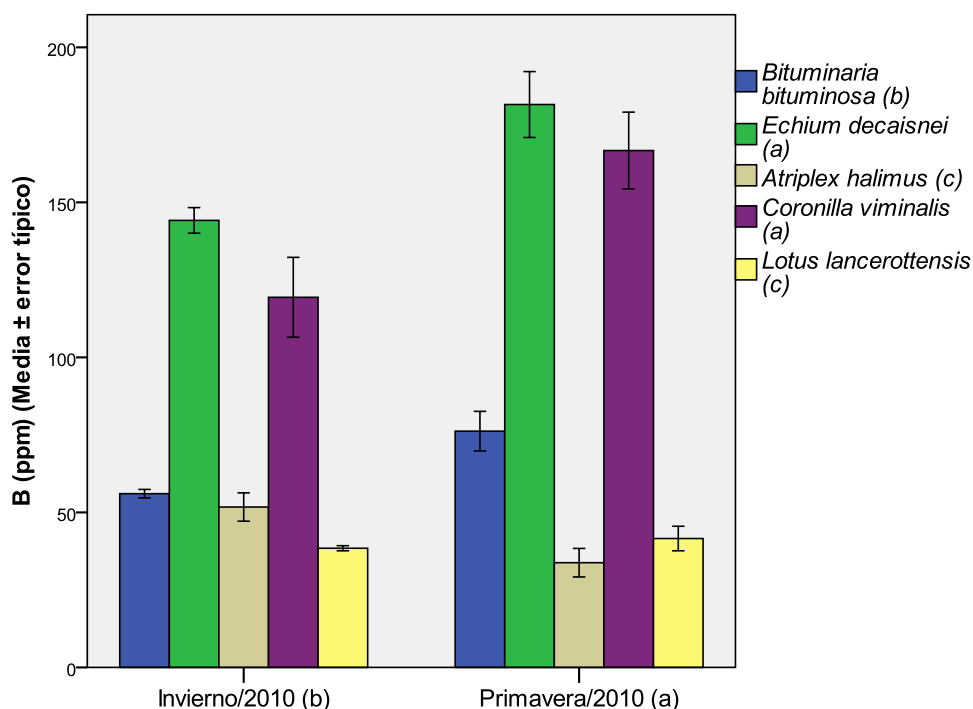
Observando las significaciones de la variable “B” se aprecia que los factores “Estación” y “Especie” presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ) al igual que la interacción “Estación\*Especie” (Tabla 23). Los mayores contenidos se obtuvieron en Primavera/2010.

**Tabla 23.** Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Boro de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $\ln x$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,096	5,263	0,037
Estación x Especie	4	0,964	13,166	0,000
Error (Estación)	15	0,275		
Especie	4	14,015	86,243	0,000
Error	15	0,609		



Las especies *E. decaisnei* ( $162,87 \pm 8,82$  ppm) y *C. viminalis* ( $143,05 \pm 12,19$  ppm) presentan los contenidos medios de B más altos, sin presentar diferencias significativas entre ellas ( $P > 0,05$ ). El nivel más bajo se presenta en las especies *L. lancerottensis* ( $40,01 \pm 1,94$  ppm) y *A. halimus* ( $42,76 \pm 4,28$  ppm), entre las cuales tampoco existen diferencias significativas (Figura 21). La especie *B. b. var. albomarginata* ( $66,12 \pm 4,87$  ppm) presenta un valor intermedio (Tabla 26).



**Figura 21.** Contenido en Boro (ppm) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0,05$ ).

El contenido medio en B de la especie *A. halimus* es superior al citado por Wills et al., 1990 para esta especie, pero se corresponde, al igual que el resto de especies estudiadas, con el rango citado por Eaton, 1944 para alfalfa.

Las especies *A. halimus*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* presentan niveles inferiores a los obtenidos en las poblaciones naturales de cada una de ellas (TOMO I). Las otras dos especies presentan niveles superiores a los mismos.

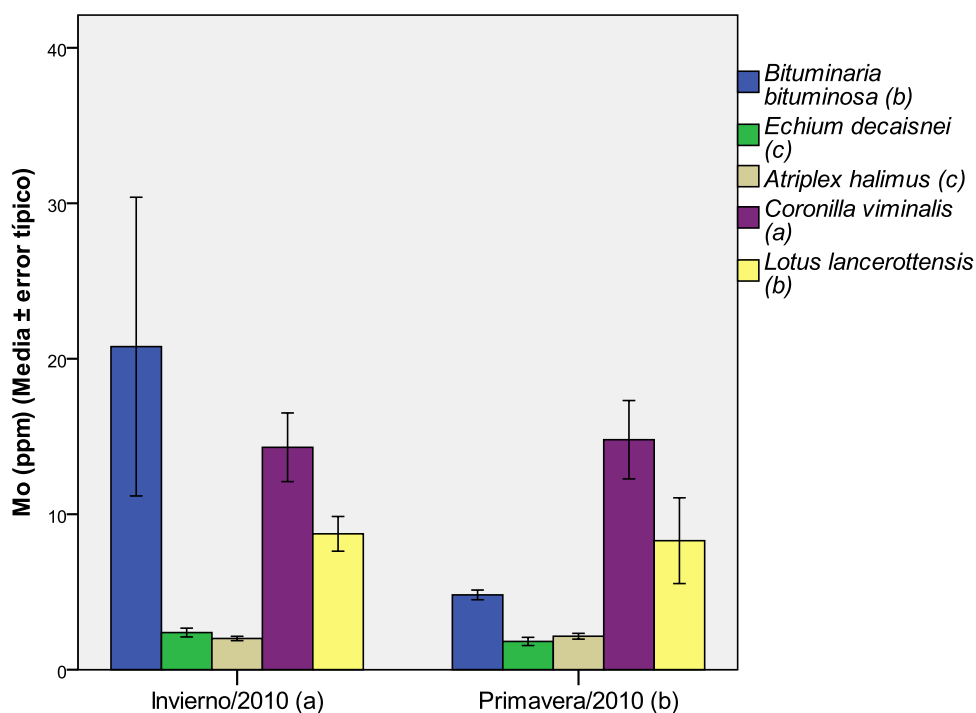
### 2.3.8. Molibdeno (Mo).

Observando los resultados del análisis estadístico de la variable “Mo” se aprecia que tanto los factores “Estación” y “Especie” como la interacción “Estación\*Especie” presentan una alta significación ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 24).

**Tabla 24.** Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Molibdeno de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $\ln x$ ).

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,920	5,487	0,033
Estación x Especie	4	2,156	3,216	0,043
Error (Estación)	15	2,514		
Especie	4	26,622	567,968	0,000
Error	15	1,752		

La especie *C. viminalis* ( $14,55 \pm 1,55$  ppm) presenta los niveles más altos de este elemento (Figura 22). Los niveles más bajos corresponden a las especies *E. decaisnei* ( $2,10 \pm 0,21$  ppm) y *A. halimus* ( $2,08 \pm 0,11$  ppm). Las especies *B. b. var. albomarginata* (Foto 5), con  $12,80 \pm 5,38$  ppm, y *L. lancerottensis*, con  $8,52 \pm 1,33$  ppm, presentan valores intermedios, no existiendo diferencias significativas entre ambas (Figura 22).



**Figura 22.** Contenido en Molibdeno (ppm) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Las cinco especies presentan niveles superiores al requerimiento para la dieta de rumiantes citado por McDowell et al., 1993. Los niveles medios de Mo de las especies *A. halimus* y *E. decaisnei* se corresponden con el rango citado por Kubota, 1975 para un pasto medio, mientras que las otras tres especies lo superan.

Todas las especies, exceptuando *A. halimus*, presentan valores superiores a los obtenidos en las poblaciones naturales de cada una de ellas (TOMO I).



Foto 5. Ejemplar de *B. b. var. albomarginata* en Primavera/2010.

#### 2.3.9. Cromo (Cr).

Analizando las significaciones de la variable “Cr” se observa que no presenta diferencias significativas entre especies (Tabla 25 y Figura 23), mientras que la interacción “Estación\*Especie” es alta (la variación en el contenido de Cr no sigue el mismo patrón en cada especie). Existen diferencias significativas entre estaciones, siendo Invierno/2010 la que presenta niveles mayores, si bien es verdad que la significación no es muy alta ( $P \approx 0,05$ ).

**Tabla 25. Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de Cromo de las cinco especies. Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado  $\ln(10.x)$ ).**

Origen	G.L.	Suma de cuadrados	F	P
Estación	1	0,566	4,620	0,048
Estación x Especie	4	1,655	3,377	0,037
Error (Estación)	15	1,837		
Especie	4	0,604	1,086	0,399
Error	15	2,086		

La especie *A. halimus* ( $1,70 \pm 0,22$  ppm) presenta los niveles más altos de Cr, seguida de *L. lancerottensis* ( $1,58 \pm 0,25$  ppm), *C. viminalis* ( $1,53 \pm 0,40$  ppm), *B. b. var. albomarginata* ( $1,32 \pm 0,19$  ppm) y *E. decaisnei* ( $1,20 \pm 0,09$  ppm). Si bien, como dijimos anteriormente, no existen diferencias significativas entre las cinco especies (Figura 23).

Todas las especies presentan niveles medios de Cr superiores al citado por Ebens y Shacklette, 1982 para alfalfa.

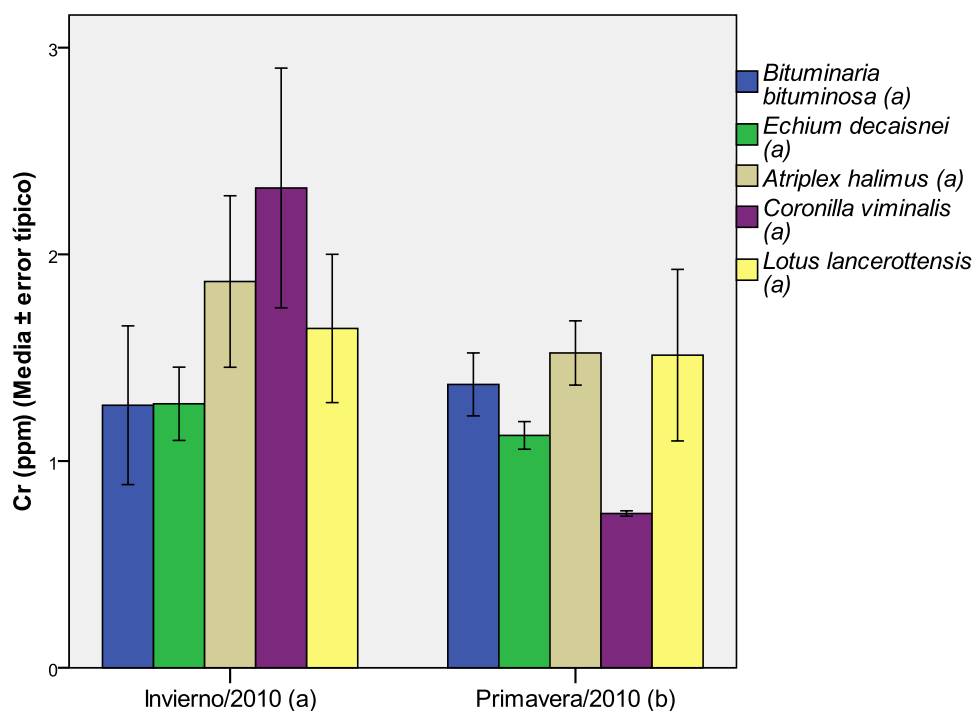


Figura 23. Contenido en Cromo (ppm) de cinco especies forrajeras en dos estaciones distintas. Nota: Las especies o estaciones seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $p \leq 0.05$ ).

Así mismo, y exceptuando la especie *B. b. var. albomarginata*, los valores obtenidos también son superiores a los presentados por estas especies en sus poblaciones naturales (TOMO I).

Tabla 26. Valores medios+errores típicos de la composición química (microelementos) de *A. halimus*, *B. bituminosa var. albomarginata*, *C. viminalis*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.

	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B. b. var. albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
Fe (ppm)	393,9±24,74	237,1±17,22	272,6±37,16	232,7±23,36	258,4±29,60
Mn (ppm)	78,93±9,70	32,43±3,45	42,33±1,58	50,73±4,11	23,59±1,64
Cu (ppm)	5,86±0,35	4,39±0,16	6,15±0,36	7,81±0,35	3,39±0,43
Zn (ppm)	20,66±2,23	17,43±1,80	32,79±3,11	10,94±1,84	21,47±2,40
Sr (ppm)	59,60±3,40	109,86±5,91	182,95±6,59	202,57±9,01	119,65±7,26
Al (ppm)	405,8±44,95	213,8±22,72	190,4±17,88	238,0±33,49	234,3±27,04
B (ppm)	42,76±4,28	66,12±4,87	143,05±12,19	162,87±8,82	40,01±1,94
Mo (ppm)	2,08±0,11	12,80±5,38	14,55±1,55	2,10±0,21	8,52±1,33
Cr (ppm)	1,70±0,22	1,32±0,19	1,53±0,40	1,20±0,09	1,58±0,25

### **3. CONCLUSIONES**

### 3. CONCLUSIONES.

- La especie *L. lancerottensis* presenta los mayores niveles de fibras y los menores de digestibilidad, mientras que la especie *C. viminalis* muestra los mayores porcentajes de digestibilidad y los menores de fibras.
- En las parcelas experimentales, las cinco especies presentan mayor digestibilidad y niveles de proteína, y menores niveles de FND, FAD y Celulosa que las poblaciones naturales.
- Al igual que ocurre en las poblaciones naturales, la especie *E. decaisnei* presenta el menor contenido en PB, sin embargo, en las parcelas experimentales, la especie con un nivel más alto es *A. halimus*.
- Las especies cultivadas en las parcelas experimentales presentan mayores niveles de ceniza y elementos minerales que las poblaciones naturales.
- Los niveles de ceniza más altos los presentan las especies *A. halimus* y *E. decaisnei*, al igual que ocurre en las poblaciones naturales.
- Se observaron niveles elevados de Mg, S, Na, Fe, Mn y Al en la especie *A. halimus*, de K, Ca, Cu, Sr y B en *E. decaisnei* y de Ca, Zn, Sr, B y Mo en *C. viminalis*.
- El porcentaje de Materia Seca Comestible de las parcelas experimentales es menor al obtenido en las poblaciones naturales, excepto en la especie *L. lancerottensis*. Esto es debido a las mejores condiciones de cultivo que propician mayores niveles de humedad.
- La especie con mayor PMSC es *B. bituminosa* var. *albomarginata* (5,6 tn/ha por año), seguida de *E. decaisnei* (4,0 tn/ha por año), *L. lancerottensis* (3,6 tn/ha por año), *A. halimus* (3,0 tn/ha por año) y *C. viminalis* (1,6 tn/ha por año).
- Dada la calidad químico-bromatológica y los factores productivos estudiados en las cinco especies, se pudo concluir que con el cultivo de las mismas se obtienen resultados satisfactorios, mejorando los determinados en las poblaciones naturales, y presentando cualidades idóneas para su uso como alimento para el ganado.