

**Universidad  
de La Laguna**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA: SECCIÓN DE  
INGENIERÍA AGRARIA**

**GRADUADO EN INGENIERÍA AGRICOLA Y DEL MEDIO RURAL**

**GERMINACIÓN Y FERTIRRIGACIÓN DE ESPECIES  
FORRAJERAS AUTÓCTONAS DE LANZAROTE**

**Alba González González**

**La Laguna, Junio de 2015**



El presenta Trabajo Fin de Grado se ha realizado dentro del Proyecto: **“Estudio del potencial forrajero de especies autóctonas de la Reserva de la Biosfera de Lanzarote”**. Ha sido subvencionado por la Fundación Biodiversidad (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) y por el Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas aquellas personas que han influido en la realización de este trabajo, sin las cuales no habría sido posible. En especial a:

Dr. Eduardo Antonio Chinaa Correa y Dr. Cristo Batista Núñez, por hacer posible este trabajo, por sus consejos y el tiempo dedicado.

Al Dr. Miguel Corbella Tena y a Dña. M<sup>a</sup> Nieves Hernández Darías, por la ayuda prestada, consejos, ánimos y por siempre ser la alegría del laboratorio.

Al Dr. Antonio Siverio Núñez, por su colaboración en la elaboración del material gráfico de las semillas.

A Ana María Josefina de León Hernández, por su colaboración a la hora de realizar la prueba del tetrazolio y por facilitar material.

A Pedro Luis (Quiagro Tenerife), por el asesoramiento y el fertilizante facilitado.

A los miembros del PAS, por su colaboración en diversas fases del estudio.

A todos mis amigos y compañeros que me han acompañado en toda la carrera: Alex, Alicia, Atteneri, Amanada, Belén, Daniel, Jorge, Juan y Rocío. En especial a Atteneri y Belén por ayudarme, aconsejarme y hacerme todo este camino más llevadero, a Rocío porque sin ti no hubiera sido igual, gracias por ayudarme en muchísimas cosas desinteresadamente y animarme cuando más lo necesitaba, a Daniel por ayudarme en la parte práctica y estar ahí siempre que lo necesitaba y a Jorge por colaborar en varias tareas en el invernadero.

A Carol y Yaiza, aunque nunca se enteraran bien de lo que estaba estudiando, hicieron que estos cinco años fueran inmejorables.

A mis padres, por apoyarme y tener paciencia en este largo camino. A mis hermanos, por ser un ejemplo a seguir. A mis tíos, Domingo, Jacinta, Mirian y Lucía por hacerme sentir siempre en casa.

A Salomé, por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional. Aunque el camino sea largo y duro, todo esfuerzo merece la pena.

**AUTORIZACIÓN DEL PROYECTO/TRABAJO FIN DE  
CARRERA POR SUS DIRECTORES  
CURSO 2014/2015**

DIRECTOR – COORDINADOR: **Eduardo Antonio Chinaa Correa**

DIRECTOR: **Cristo Batista Núñez**

como Director/es/ del alumno **Alba González González** en el PTFC titulado:

**Germinación y Fertirrigación de especies forrajeras autóctonas de Lanzarote**  
nº de Ref **3**.

doy/damos mi/nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho PTFC,  
a la vez que confirmo/confirmamos que el alumno ha cumplido con los objetivos  
generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas  
del Reglamento de Régimen Interno para la realización de PTFC de la ETSIA.

La Laguna, a **22 de Junio de 2015**

Eduardo A. Chinaa Correa

Cristo Batista Núñez

**SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE PROYECTOS Y TRABAJOS FIN DE CARRERA DE LA  
ETSIA**

**TÍTULO: GERMINACIÓN Y FERTIRRIGACIÓN DE ESPECIES FORRAJERAS AUTÓCTONAS DE LANZAROTE.**

**AUTORES: GONZÁLEZ-GONZÁLEZ A., CHINEA CORREA E. A., BATISTA NÚÑEZ C.**

**PALABRAS CLAVE: FORRAJE, GERMINACIÓN Y SOLUCIÓN NUTRICIONAL.**

**RESUMEN**

Canarias se enfrenta a un problema económico y estratégico debido a los costes de la importación de la alimentación ganadera. También le hace frente al riesgo de erosión que sufre el Archipiélago Canario y en especial Lanzarote y Fuerteventura. *Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* spp. *purpuricense* y *Lotus lancerottensis* son especies forrajeras autóctonas de la Reserva de la Biosfera de Lanzarote que presentan características ideales para potenciar su cultivo en las islas debido a una buena adaptación a la zona, bajo coste de mantenimiento, contenidos en minerales aceptables para la dietas de animales, altos contenidos de proteína bruta (indicador de calidad de forraje) y se evitaría la plantación de especies invasoras que dañen el equilibrio ecológico. Son especies que al ser cultivadas disminuyen el riesgo de erosión de suelos al utilizarlas como cubierta vegetal. En el presente trabajo se recopila información para conocer mejor su reacción a los diferentes tratamientos de germinación en los que tuvieron mayor éxitos los tratamientos de agua hirviendo a 50", 60" y 70" en *B. bituminosa* y *L. lancerottensis*. Se continuó con su cultivo aplicando diferentes concentraciones de fertilizante para observar su comportamiento y su capacidad de almacenar nutrientes; analizando biometría de las plantas antes y después de fertirrigar, porcentaje de materia seca, concentración de proteína bruta, fracción ramoneable y minerales (cenizas, P, K, Ca, Mg y Na), para llegar a alcanzar una solución nutricional ideal para su mantenimiento en vivero. En este caso la mejor solución fue la del tratamiento 4 (mayor concentración de N:P:K)

**TITTLE: GERMINATI3N AND FERTIRRIGATION THE FORAGE SPECIES OF LANZAROTE.**

**AUTHORS: GONZ3LEZ-GONZ3LEZ A., CHINEA CORREA E. A., BATISTA N3N3EZ C.**

**KEYS WORDS: FORAGE, GERMINATION AND NUTRITIONAL SOLUTION.**

**ABSTRACT:**

Canary Island have economic and strategic problems because the import costs are high for cattle feedingstuffs. Also, these island suffer potential erosion risk, especially in Lanzarote and Fuerteventura. *Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* spp. *purpurianse* and *Lotus lancerottensis* are endemic forage species of the Lanzarote Biosphere Reserve. These plants present potential value as crops due to the are easy to grow, low cost of maintenance, high variety of minerals for ruminant diets, high levels of protein (indicator measure the fodder quality) and these plants also prevent the crops of invasive species, because they damage the ecological balance. Furthermore, the crops of these endemic forage species prevent the risk of erosion of soil because it is used as vegetation cover. Presently work collects information about their reaction to different treatment of germination, the best results were obtained by boiling water 50", 60" and 70" in *B. bituminosa* and *L. lancerottensis*. These plants were fertilized to study their behaviour and their capacity to acumulated nutrients; analysing their biometrics before and after the fertilized, percentage of dry matter, raw protein concentrate and mineral concentrate (ash, P, K, Ca, Mg and Na), to reach an ideal nutritional solution to keep these species in a plant nursery. The best solution was the treatment 4 (extra concentracion of N: P: K).

---

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 1  |
| 2. OBJETIVOS.....  | 2  |
| 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....  | 5  |
| 3.1. LOS MATORRALES CANARIOS COMO RECURSO FORRAJERO .....  | 5  |
| 3.2. ESPECIES AUTÓCTONAS FORRAJERAS.....   | 9  |
| 3.2.1. Salado blanco ( <i>Atriplex halimus</i> L.).....  | 9  |
| 3.2.1.1. Taxonomía y morfología.....   | 9  |
| 3.2.1.2. Ecología y distribución.....  | 9  |
| 3.2.2. Tедера ( <i>Bituminaria bituminosa</i> Stirton var. <i>albomarginata</i> Méndez, Fernández et Santos..... | 10 |
| 3.2.2.1. Taxonomía y morfología.....   | 10 |
| 3.2.2.2. Ecología y distribución.....  | 11 |
| 3.2.3. Mata moruna ( <i>Coronilla viminalis</i> Salisb).....   | 12 |
| 3.2.3.1. Taxonomía y morfología.....   | 12 |
| 3.2.3.2. Ecología y distribución.....  | 13 |
| 3.2.4. Tajinaste blanco ( <i>Echium decaisnei</i> ssp. <i>purpuricense</i> Bramwell) .....                       | 13 |
| 3.2.4.1. Taxonomía y morfología.....   | 13 |
| 3.2.4.2. Ecología y distribución.....  | 14 |
| 3.2.5. Corazoncillo ( <i>Lotus lancerottensis</i> Weeb&Berthel).....   | 14 |
| 3.2.5.1. Taxonomía y morfología.....   | 14 |
| 3.2.5.2. Ecología y distribución.....  | 15 |
| 3.3. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LANZAROTE.....   | 15 |
| 3.4. PRINCIPIOS DE LA PROPAGACIÓN POR SEMILLAS.....  | 17 |
| 3.4.1. La semilla .....  | 17 |
| 3.4.2. Fuente de semilla.....  | 17 |
| 3.4.3. Requisitos para la germinación .....  | 18 |
| 3.4.4. Calidad de las semillas .....   | 19 |
| 3.4.5. Proceso de germinación .....  | 19 |

---

|  |    |
|--|----|
| 3.4.6. Condiciones que afectan a la germinación.....   | 20 |
| 3.4.7. El embrión.....   | 22 |
| 3.5. TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN POR SEMILLAS .....  | 23 |
| 3.5.1. Ensayos de germinación .....  | 23 |
| 3.5.2. Peso de la semilla .....  | 23 |
| 3.5.3. Tratamientos a las semillas.....  | 23 |
| 3.5.4. Enfermedades durante la germinación .....   | 25 |
| 3.5.5. Condiciones de almacenamiento .....   | 21 |
| 3.6. CULTIVO EN ENVASE .....   | 25 |
| 3.6.1. Tipos de contenedores .....   | 25 |
| 3.7. SUSTRATOS.....  | 26 |
| 3.7.1. Propiedades físicas .....   | 26 |
| 3.7.2. Propiedades químicas.....   | 27 |
| 3.7.3. Componentes de los sustratos .....  | 28 |
| 3.7.3.1. Clasificación de los sustratos.....   | 29 |
| 3.7.3.2. Tipos de sustratos.....   | 29 |
| 3.7.3.2.1. Turbas .....  | 29 |
| 3.7.3.2.2. Picón .....   | 31 |
| 3.7.3.2.3. Suelo de Canarias.....  | 31 |
| 3.8. FERTILIZACIÓN.....  | 32 |
| 3.8.1. Nutrición de las plantas .....  | 32 |
| 3.8.2. Interacción entre la disolución fertilizante y el suelo o sustrato alternativos ..... | 36 |
| 3.8.3. Interacción entre la solución nutritiva y materiales volcánicos .....                 | 37 |
| 4. MATERIAL Y MÉTODOS .....  | 41 |
| 4.1. ENSAYO DE GERMINACIÓN .....   | 41 |
| 4.1.1. Caracterización de las semillas .....   | 41 |
| 4.1.2. Labor previa de vivero .....  | 45 |
| 4.1.2.1. Preparación del sustrato .....  | 45 |

---

|  |    |
|--|----|
| 4.1.2.2. Esterilización del material de vivero ..... | 45 |
| 4.1.2.3. Sensor de humedad y temperatura .....       | 46 |
| 4.1.3. Labor de laboratorio .....                    | 47 |
| 4.1.3.1. Manipulación del germoplasma .....          | 47 |
| 4.1.3.2. Prueba de viabilidad de la semilla .....    | 48 |
| 4.1.3.3. Escarificación .....                        | 50 |
| 4.1.3.4. Siembra .....                               | 51 |
| 4.1.4. Diseño experimental .....                     | 51 |
| 4.1.4.1. Conteo .....                                | 52 |
| 4.1.5. Riegos .....                                  | 52 |
| 4.1.6. Proceso de germinación .....                  | 52 |
| 4.1.7. Análisis morfológico .....                    | 54 |
| 4.2. ENSAYO DE FERTIRRIGACIÓN .....                  | 54 |
| 4.2.1. Climatología .....                            | 54 |
| 4.2.2. Labor de vivero .....                         | 54 |
| 4.2.2.1. Diseño experimental .....                   | 54 |
| 4.2.2.1.2. Fertirrigación .....                      | 55 |
| 4.2.2.1.3. Irrigación .....                          | 58 |
| 4.2.2.1.4. Toma de datos .....                       | 59 |
| 4.2.2.1.5. Cosecha .....                             | 59 |
| 4.2.2. Labor de laboratorio .....                    | 60 |
| 4.2.2.1. Determinaciones analíticas .....            | 60 |
| 4.2.2.1.1. Consideraciones previas .....             | 60 |
| 4.2.2.2. Análisis de la solución nutritiva .....     | 60 |
| 4.2.2.2.1. Consideraciones previas .....             | 60 |
| 4.2.2.2.2. Toma de muestras .....                    | 61 |
| 4.2.2.2.3. Determinaciones analíticas .....          | 61 |
| 4.2.2.3. Soluciones nutritivas .....                 | 62 |

---

|  |    |
|--|----|
| 4.2.2.3.1. Consideraciones previas .....                             | 62 |
| 4.2.2.3.2. Preparación de las disoluciones nutritivas .....          | 62 |
| 4.2.2.4. Análisis químico del sustrato.....                          | 62 |
| 4.2.2.4.1. Determinaciones analíticas.....                           | 62 |
| 4.2.2.5. Procedimientos analíticos de las plantas .....              | 63 |
| 4.2.2.5.1. Determinación del peso fresco .....                       | 63 |
| 4.2.2.5.2. Determinación de la Materia Seca.....                     | 64 |
| 4.2.2.6. Análisis foliar .....                                       | 65 |
| 4.2.2.6.1. Consideraciones previas .....                             | 65 |
| 4.2.2.6.2. Técnicas de análisis.....                                 | 65 |
| 4.2.3. Estudio estadístico.....                                      | 68 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                      | 73 |
| 5.1. ENSAYO DE GERMINACIÓN .....                                     | 73 |
| 5.1.1. Prueba de viabilidad .....                                    | 73 |
| 5.1.2. Climatología durante la germinación .....                     | 76 |
| 5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA GERMINACIÓN .....                    | 77 |
| 5.2.1. Evolución de la germinación en <i>B. bituminosa</i> .....     | 78 |
| 5.2.2. Evolución de la germinación de <i>E. decaisnei</i> .....      | 81 |
| 5.2.3. Evolución de la germinación de <i>L. lancerottensis</i> ..... | 84 |
| 5.3. VALORACIÓN MORFOLÓGICA .....                                    | 87 |
| 5.4. ENSAYO DE FERTIRRIGACIÓN .....                                  | 89 |
| 5.4.1. Climatología durante la fertirrigación .....                  | 89 |
| 5.4.2. Análisis de sustrato.....                                     | 90 |
| 5.4.2.1. Conductividad eléctrica .....                               | 90 |
| 5.4.2.2. pH .....  | 92 |
| 5.4.3. Indicadores de calidad .....                                  | 93 |
| 5.4.3.1. Materia Seca (%).....                                       | 93 |
| 5.4.3.2. Proteína bruta (PB).....                                    | 95 |

---

|   |     |
|---|-----|
| 5.4.3.3. Fracción ramoneable/Fracción no ramoneable .....               | 98  |
| 5.4.3.4. Cenizas y macronutrientes .....                                | 100 |
| 5.4.3.4.1. Cenizas (CEN) .....  | 100 |
| 5.4.3.4.2. Fósforo .....  | 102 |
| 5.4.3.4.3. Potasio .....  | 104 |
| 5.4.3.4.4. Calcio.....  | 106 |
| 5.4.3.4.5. Magnesio .....   | 108 |
| 5.4.3.4.6. Sodio .....  | 110 |
| 6. CONCLUSIONES .....   | 115 |
| 6.1. GERMINACIÓN.....   | 115 |
| 6.2. FERTIRRIGACIÓN .....   | 115 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA.....  | 119 |
| 8. ANEXOS .....   | 131 |
| 8.1. Anexo 1: Climatología.....   | 131 |
| 8.2. Anexo 2: Biometría de las tres especies antes de fertirrigar ..... | 133 |
| 8.3. Anexo 3: Biometría después de fertirrigar .....                    | 138 |
| 8.4. Anexo 4: Resultados de análisis de los indicadores químicos.....   | 145 |
| 8.5. Anexo 5: Análisis de sustrato: pH y CE .....                       | 148 |
| 8.6. Anexo 6: Análisis de agua de riego.....                            | 149 |
| 8.7. Anexo 7: Análisis de depósitos de fertilización .....              | 150 |



## **INTRODUCCIÓN**



## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, Canarias aunque no se considere una región ganadera, cuenta con una importante población ganadera, especialmente de ganado caprino, de gran trascendencia en el mantenimiento de la estructura social y económica de la región.

La producción de forraje en las Islas es escasa, la producción de pasto y forraje fue de 26.000 t, en el año 2012. Actualmente, se estima un consumo anual en el Archipiélago de 300.000 t de forraje concentrado y 70.000 t de pasto y forraje, siendo por lo tanto esta región española la más deficitaria en producción alimentaria para el ganado (Méndez y Álvarez, 2008). Canarias no es capaz de alimentar a su propio ganado y eso se traduce en la importación de grandes cantidades de paja y alfalfa para cubrir las necesidades nutricionales. También existe una ausencia de fibra larga en la dieta de los rumiantes, por lo que las cantidades adecuadas podrían ser proporcionadas por los forrajes locales (Gutiérrez *et al.*, 1999). Por tanto, es interesante tener la máxima información posible de plantas autóctonas con potencial forrajero.

Es de suma importancia la utilidad en el restablecimiento de la vegetación y creación de sistemas agroforestales en espacios alterados por el hombre. En la actualidad los suelos del Archipiélago Canario se encuentran en estados de erosión avanzada. Sería importante investigar propuestas de manejo y prevención de dicha degradación, mediante la utilización de una cubierta vegetal con dichas plantas, con el objetivo de controlarla y reducirla. Además, mejora las características morfológicas y físico-químicas del suelo como consecuencia de las fijaciones de nitrógeno atmosférico por parte de las plantas que pertenecen a la familia de las Leguminosas, además de aportar materia orgánica (Chinea *et al.*, 2002).

Por todo ello es lógico pensar que las especies autóctonas ensayadas en este trabajo serían las más adecuadas para su uso en actuaciones de revegetación, debido a que presentan una serie de características favorables como el crecimiento rápido, enraizamiento profundo, alta tolerancia a la sequía y al viento, posibilidad de restaurar y regenerar el suelo previniendo la erosión

(Chinea *et al.*, 2004), y también prosperan en condiciones de baja fertilidad y aridez o semi-aridez, como es el caso de Lanzarote, en el que el 90% de su superficie presenta zonas áridas o semi-áridas (Méndez y Álvarez, 2008) y el 31% está afectado por un proceso activo de desertificación (Rodríguez Rodríguez, 2001). Por último, contribuye a disminuir la introducción de especies forrajeras invasoras (Chinea *et al.*, 2013).

Con este nuevo cauce, se pretende apoyar a la nueva PAC y su política de desarrollo de una actividad ganadera más rentable y eficiente, que aprovecha y regenera los suelos, activa la producción de terrenos abandonados. Todo esto será muy positivo para el medio rural canario y para el sector primario. En un futuro, podría plantearse la opción de cultivar nuestro propio forraje, conociendo previamente el comportamiento de la germinación, pudiendo acortar así los tiempos de latencia. Por otro lado, se convocaron para la campaña 2014 la acción III.12 ``Ayuda a los productores de determinados cultivos forrajeros`` del Programa Comunitario de Apoyo a las Producciones Agrarias de Canarias (Gobierno de Canarias, 2014).

Con el presente trabajo se plantea así la conveniencia de estudiar indicadores químicos de calidad de especies vegetales autóctonas de gran valor ecológico, que contribuyan a coadyuvar la conservación de recursos naturales como el suelo y la biodiversidad, y a participar en el desarrollo sostenible de comunidades rurales del entorno, fijando la población y favoreciendo el aumento del auto-consumo ganadero (Batista Núñez, 2014).

Se observará la capacidad germinativa, basándose en diferentes métodos de escarificación que venzan la resistencia a germinar que presentan éstas semillas debido a su testa endurecida. A continuación, procederemos a la aplicación de un fertilizante comercial mediante el agua de riego, inyectándose unas concentraciones determinadas. Las especies fueron las siguientes: *Atriplex halimus* L., *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* ssp. *purpuricense* Bramwell y *Lotus lancerottensis*.

## **OBJETIVOS**

## 2. OBJETIVOS

El presente Trabajo Fin de Grado persigue como objetivo principal estudiar los parámetros y requerimientos necesarios para la producción y cultivo en vivero de cinco especies forrajeras autóctonas. Los ensayos fueron realizados en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Sección de Ingeniería Agraria, de la Universidad de La Laguna. Los aspectos a valorar son:

- i. La capacidad de germinación de las especies con diferentes tratamientos.
- ii. El comportamiento de estas especies frente a la fertirrigación y proponer una solución nutritiva ideal para su mantenimiento en vivero.
- iii. La calidad química y el potencial nutricional.

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**



### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. LOS MATORRALES CANARIOS COMO RECURSO FORRAJERO

La Fundación Canaria para la Reforestación (Foresta) advierte que Canarias es una de las comunidades con más riesgo de desertización. Una alternativa a este grave problema es la revegetación del suelo con cubiertas permanentes, para minimizar la erosión y mejorar los valores estéticos y paisajísticos. La utilización de especies, del matorral canario, en la alimentación del ganado sería una alternativa interesante.

Canarias ha sido testigo de una crisis en la actividad ganadera, lo que ha degenerado en una reducción de las cabezas de vacuno y ovino, y por otro lado, en un aumento de las cabezas de ganado caprino. Sin embargo, en Lanzarote, tanto el ganado bovino como ovino, ha sufrido vaivenes pero en general ha aumentado el número de cabezas, por ejemplo, en el ganado ovino se pasó de 3.922 en el año 2000 a 12.062 cabezas en el año 2012 (Tabla 1). Pero un dato destacado es que el ganado caprino ha duplicado el censo, de 12.758 cabezas en el año 2000, aumentó a 27.205 en el año 2012.

**Tabla 1: Evolución de la cabaña ganadera (bovino, caprino y ovino) en Canarias y Lanzarote (2000-2012)**

|             | Canarias |         |         | Lanzarote |         |        |
|-------------|----------|---------|---------|-----------|---------|--------|
|             | Bovino   | Caprino | Ovino   | Bovino    | Caprino | Ovino  |
| <b>2000</b> | 27.806   | 280.121 | 52.980  | 122       | 12.758  | 3.922  |
| <b>2001</b> | 21.039   | 347.946 | 66.978  | 178       | 18.122  | 5.019  |
| <b>2002</b> | 23.653   | 314.106 | 68.370  | 287       | 17.806  | 4.517  |
| <b>2003</b> | 23.454   | 373.523 | 71.933  | 275       | 26.099  | 2.608  |
| <b>2004</b> | 21.118   | 326.807 | 74.013  | 348       | 24.610  | 5.213  |
| <b>2005</b> | 19.960   | 392.740 | 114.204 | 126       | 29.111  | 10.036 |
| <b>2006</b> | 17.921   | 368.625 | 110.945 | 86        | 26.351  | 9.955  |
| <b>2007</b> | 20.316   | 363.329 | 124.907 | 182       | 25.452  | 9.573  |
| <b>2008</b> | 17.677   | 368.389 | 93.354  | 159       | 28.632  | 8.848  |
| <b>2009</b> | 17.689   | 315.707 | 76.461  | 173       | 22.820  | 7.763  |
| <b>2010</b> | 19.943   | 333.917 | 80.304  | 236       | 24.208  | 8.752  |
| <b>2011</b> | 19.387   | 321.646 | 91.321  | 267       | 27.579  | 10.196 |
| <b>2012</b> | 18.366   | 315.856 | 100.908 | 243       | 27.205  | 12.062 |

Nota: Fuente ISTAC (2013) y Gobierno de Canarias (2013). Batista Núñez, 2014

Tanto en Canarias en general como en Lanzarote en particular, la actividad caprina es la más importante, este subsector presenta un valor añadido por medio de la transformación de leche en queso fresco de leche cruda, producto de gran demanda y alto consumo en las islas, además de ser la principal forma de subsistencia de la mayoría de ganaderos. El ganado caprino es el gran dominante en el censo, aunque se enfrenta a costes de producción muy altos, derivados de la importación de forraje.

La importación de forrajes en Canarias (Tabla 2) presenta una prevalencia en la importación de alfalfa y heno, frente a la paja, tanto en peso como en valor económico, poniéndose de manifiesto una mayor demanda de aquellos alimentos que intervienen directamente en la producción freten a los ricos en fibras, que favorecen la actividad ruminal (Batista Núñez, 2014). En la Tabla 2 se observa que a medida que van pasando los años la importación de forrajes ha sufrido variaciones en su volumen y en su coste, hecho este último que repercute negativamente en los mayores costes de la explotación.

La producción forrajera en Canarias es escasa y se limita a cubrir las necesidades de mantenimiento de pequeñas explotaciones en una baja proporción. En las zonas menos favorables para el cultivo (islas orientales y zonas bajas de las islas occidentales), la producción forrajera es aún menor, basándose en el cultivo de algunas hectáreas de alfalfa, sorgo o pasto de Sudán, en zonas donde se permita 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 cooperativas empaquetadoras de plátanos para la alimentación de ganado caprino y otros rumiantes (Chinea *et al.*, 1999a). También, se utilizan los residuos del cultivo del tomate que presentan mayor contenido en proteína bruta, macro y micronutrientes que la paja y cereales (Chinea *et al.*, 1999b).

Tabla 2: Evolución de la importación de forraje en Canarias (2000-2012) en peso (toneladas) y valor (miles €)

|      | Paja y cascabillo de cereales, en bruto, incluso picados, molidos, prensados o en pellets |                    | Nabos forrajeros, remolachas forrajeras, raíces forrajeras, heno, alfalfa, trébol, esparceta |                    |
|------|---|--------------------|--|--------------------|
|      | Peso (toneladas)  | Valor (miles de €) | Peso (toneladas)   | Valor (miles de €) |
| 2000 | 13.226,1  | 1.392,3            | 55.023,6   | 7.586,5            |
| 2001 | 14.072,8  | 1.185,3            | 64.551,6   | 9.203,3            |
| 2002 | 14.097,6  | 1.183,6            | 69.113,4   | 10.666,9           |
| 2003 | 14.326,4  | 1.113,6            | 70.593,5   | 11.110,3           |
| 2004 | 16.271,1  | 1.726,7            | 77.868,6   | 12.604,8           |
| 2005 | 12.645,9  | 1.507,0            | 81.350,7   | 12.987,5           |
| 2006 | 9.035,9   | 1.064,8            | 89.734,8   | 14.018,6           |
| 2007 | 12.687,1  | 1.341,4            | 93.704,8   | 15.942,8           |
| 2008 | 16.820,6  | 1.642,6            | 88.073,3   | 19.602,5           |
| 2009 | 19.202,1  | 2.074,9            | 73.068,1   | 14.329,6           |
| 2010 | 16.741,8  | 1.982,2            | 80.471,2   | 13.196,5           |
| 2011 | 19.069,5  | 2.861,5            | 72.358,5   | 16.839,4           |
| 2012 | 22.811,2  | 4.074,0            | 74.337,7   | 19.568,5           |

Fuente. INSTAC (2013). Batista Núñez, 2014

Arbustos utilizados en Canarias (zonas de medianías) como la tедера (estudiada en este trabajo), tienen un valor nutritivo variable, depende de la época del año y del tipo de arbusto, pero es superior al de la paja (Elejabeitia, 1997). La ventaja de utilizar arbusto forrajeros endémicos frente a la especies herbáceas son numerosas tales como adaptación a la zona, una profundidad radicular alta que les permita llegar a capas profundas, son especies que están verdes todo el año (no mueren en periodos secos) por lo que son una reserva de forraje para la cabaña ganadera y una cubierta de suelo para evitar la erosión también (Foto 1), otra ventaja es que resiste mejor a suelos salinos y pocos fértiles en comparación con las forrajeras herbáceas (Méndez, 1993).

La especie *A. halimus* presenta diferentes ventajas como: adaptación a zonas de secano, resiste elevadas temperatura y suelos con un grado alto de salinidad. es interesante su utilización como forraje de corte y pastoreo en zonas áridas y semiáridas con suelos de baja calidad. También poseen un metabolismo C4 que le permite desarrollar unas características anatómico-fisiológicas especiales para el mejor aprovechamiento del agua absorbida (Méndez, 1993).



Foto 1: Grupo de cabras en Lanzarote

La *B. bituminosa* var. *albomarginata* es una variedad que se adapta a una gran variabilidad de suelos, tolera la sequía y resiste a condiciones adversas. Tiene un valor nutritivo superior a la tederá común y en comparación con el heno de alfalfa, es más apetecible para las cabras (Méndez, 2000). Por otra parte, en Lanzarote se conoce el uso de *L. lancerottesis* para el alimento de burros, cabras, camellos y vacas, sobre todo deshidratada (Gil González *et al.*, 2009). Estas y otras ventajas que presentan las especies estudiadas en este trabajo, así como otras especies como la vinagera, el tagasaste, los escobones o las gacias, presentan las características ideales para surtir la alimentación de la cabaña ganadera sin necesidad de exportar forraje.

Es de vital importancia obtener la mayor información posible del comportamiento de los nutrientes en estas plantas forrajeras, aún más en su estado silvestre ya que será más fácil conocer su comportamiento en condiciones controladas. La composición varía según la especie, estado fenológico, propiedades del suelo o climatología de la zona, por tanto, hay que conocer el comportamiento de la planta y su interacción con el medio. Aunque es difícil conseguir un forraje que alcance los requerimientos minerales que precisan los

animales (McDowell *et al.*, 1993) se conseguirá con una fertilización equilibrada y teniendo en cuenta las interacciones entre suelo-agua y suelo-planta.

### 3.2. ESPECIES AUTÓCTONAS FORRAJERAS

#### 3.2.1. Salado blanco (*Atriplex halimus* L.)

##### 3.2.1.1. Taxonomía y morfología

Pertenece a la familia Chenopodiaceas y se le conoce vulgarmente como salado blanco (Tabla 3).

Tabla 3: Clasificación taxonómica

|                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| <b>Reino</b>       | <b>Plantae</b>                 |
| <b>División</b>    | <b>Spermatophyta</b>           |
| <b>Subdivisión</b> | <b>Magnoliophytina</b>         |
| <b>Clase</b>       | <b>Magnoliopsida</b>           |
| <b>Orden</b>       | <b>Caryophyllales</b>          |
| <b>Familia</b>     | <b>Chenopodiaceae</b>          |
| <b>Especie</b>     | <b><i>Atriplex halimus</i></b> |

Nota: Clasificación según Acebes Ginovés *et al.* 2009

Es un arbusto perenne y monoico que alcanza hasta los 2 m de altura. Sus hojas y corteza tienen un aspecto blanco-grisáceo, de aspecto carnosos, con una disposición alterna y forma variable desde oval hasta lanceolada. Su floración se produce entre los meses de junio y octubre, desde verano y hasta principios de otoño. Los frutos se forman a partir de la flor femenina, cuyo desarrollo provoca la aparición de valvas que envuelven la semilla (Foto 2).

##### 3.2.1.2. Ecología y distribución

Su distribución natural abarca desde zonas costeras hasta 1.000 msnm. Suele formar colonias densas en zonas arenosas (Kunkel, 1982).

Es una especie comestible, con interés forrajero por su riqueza en proteínas y en minerales, aunque presenta un bajo valor energético, por lo que debe ser complementado con hidratos de carbono como la paja (Walker *et al.*, 2014).



Foto 2: Aspecto del germoplasma de *A. halimus*

### 3.2.2. Tederia (*Bituminaria bituminosa* Stirton var. *albomarginata* Méndez, Fernández *et* Santos)

#### 3.2.2.1. Taxonomía y morfología

Es una especie semi-arbustiva, perenne, perteneciente a la familia Leguminosas (Tabla 4), alcanzando una altura máxima de 40-60 cm en fructificación.



Foto 3: Aspecto del germoplasma de *B. bituminosa*

Los folíolos tienen variedad de forma, desde oval hasta lanceolada, en el haz tiene una pilosidad salteada, mientras que el envés es más peloso, observando una nerviación marcada. Su tallo es leñoso. Presenta una inflorescencia globosa con flores de color azul pálido o rosa (Foto 3).

Tabla 4: Clasificación taxonómica

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Reino</b>       | <b>Plantae</b>   |
| <b>División</b>    | <b>Spermatophyta</b>                                     |
| <b>Subdivisión</b> | <b>Magnoliophytina</b>                                   |
| <b>Clase</b>       | <b>Magnoliopsida</b>                                     |
| <b>Orden</b>       | <b>Fabales</b>   |
| <b>Familia</b>     | <b>Fabaceae</b>  |
| <b>Especie</b>     | <b>Bituminaria<br/>bituminosa var.<br/>albomarginata</b> |
| <b>Variedad</b>    | <b>albomarginata</b>                                     |

Nota: Clasificación según Acebes Ginovés *et al.* 2009

### 3.2.2.2. Ecología y distribución

Es una especie autóctona de Canarias y presenta tres variedades: var. *albomarginata*, var. *crassiuscula* y var. *bituminosa* (Méndez *et al.*, 1990/91). La variedad *albomarginata* será la estudiada en este trabajo. Esta variedad prospera en ambientes con escasez de precipitaciones (<300mm) en el norte de Lanzarote, y con humedades relativas altas, ubicándose en zonas cercanas al mar (300-600 msnm). Tolerancia a la sequía, y es sensible a las heladas. En Canarias, su interés es fundamentalmente como forraje para el ganado (Álvarez *et al.*, 2004).

### 3.2.3. Mata moruna (*Coronilla viminalis* Salisb)

#### 3.2.3.1. Taxonomía y morfología

Conocida vulgarmente como mata moruna, es una especie sub-arbustiva, perteneciente a la familia Leguminosas (Tabla 5).

Tabla 5: Clasificación taxonómica

|                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| <b>Reino</b>       | <b>Plantae</b>                    |
| <b>División</b>    | <b>Spermatophyta</b>              |
| <b>Subdivisión</b> | <b>Magnoliophytina</b>            |
| <b>Clase</b>       | <b>Magnoliopsida</b>              |
| <b>Orden</b>       | <b>Fabales</b>                    |
| <b>Familia</b>     | <b>Fabaceae</b>                   |
| <b>Especie</b>     | <b><i>Coronilla viminalis</i></b> |

Nota: Clasificación según Acebes Ginovés *et al.* 2009

Esta especie pierde todas sus hojas en la estación seca produciéndose el rebrote de los tallos con las primeras lluvias. Es una planta muy ramificada, sus ramas alcanzan hasta 2 m de altura. Hojas imparipinnadas y sésiles. Tiene una inflorescencia compuesta por 3-10 flores. Posee vainas de 6 a 12 cm y dentro de ellas se encuentran las semillas (Foto 4).



Foto 4: Aspecto del germoplasma de *C. viminalis*

### 3.2.3.2. Ecología y distribución

Se distribuye en las islas orientales, se sitúa en las formaciones de tabaibal-cardonal e incluso en ambientes más halófilos.

### 3.2.4. Tajinaste blanco (*Echium decaisnei* ssp. *purpuricense* Bramwell)

#### 3.2.4.1. Taxonomía y morfología

Su nombre vulgar es tajinaste blanco. Es un arbusto leñoso, muy ramificado desde la base, formando matas densas, pertenece a la familia Boraginaceas (Tabla 6).

Tabla 6: Clasificación taxonómica

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Reino</b>       | <b>Plantae</b>  |
| <b>División</b>    | <b>Spermatophyta</b>  |
| <b>Subdivisión</b> | <b>Magnoliophytina</b>                                      |
| <b>Clase</b>       | <b>Magnoliopsida</b>  |
| <b>Orden</b>       | <b>Boraginales</b>  |
| <b>Familia</b>     | <b>Boraginaceae</b>   |
| <b>Especie</b>     | <b><i>Echium decaisnei</i> spp.<br/><i>purpuricense</i></b> |

Nota: Clasificación según Acebes Ginovés *et al.* 2009

Puede alcanzar una altura de 0,5 a 1 m. Sus hojas son oblanceoladas, obtusas, glabras, verde oscuro y de 8 a 10 cm de ancho (Kunkel, 1982). La inflorescencia de esta especie es grande, de hasta 20 cm y su época de floración va desde noviembre a febrero (Reyes Betancort *et al.*, 2000). El fruto es una tetra-núcula negra (Foto 5).

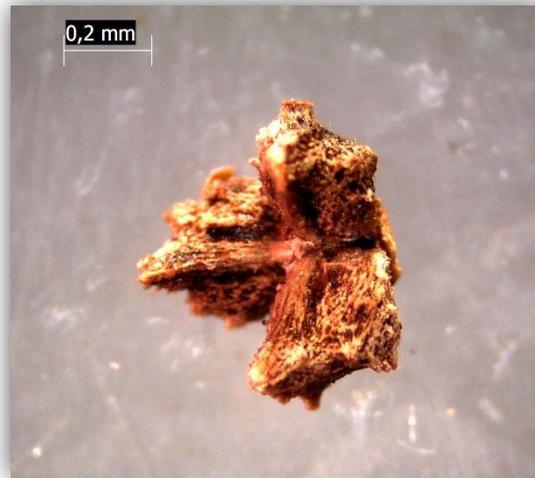


Foto 5: Aspecto del germoplasma de *E. decaisnei*

### 3.2.4.2. Ecología y distribución

Su área de distribución en Canarias comprende, fundamentalmente, las islas orientales.

### 3.2.5. Corazoncillo (*Lotus lancerottensis* Weeb&Berthel)

#### 3.2.5.1. Taxonomía y morfología

Pertenece a la familia Leguminosa (Tabla 7) y se le conoce vulgarmente como corazoncillo. Especie de porte rastrero y con base algo leñosa. Las ramas

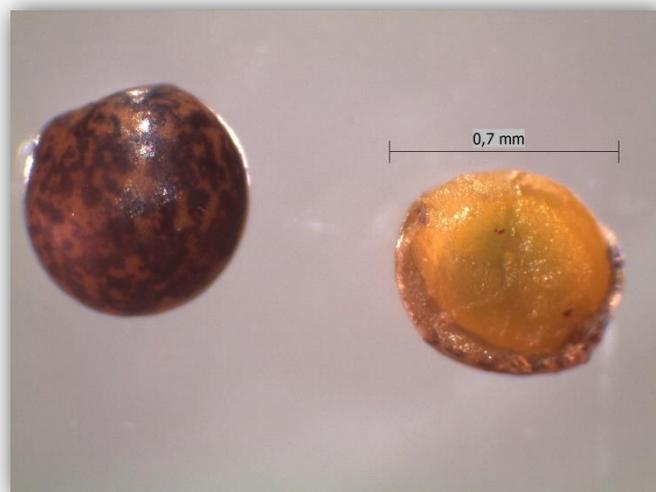


Foto 6: Aspecto del germoplasma de *L. lancerottensis*

alcanzan hasta 1m de largo. Hojas compuestas por tres folíolos que tienen una longitud de 3-6mm. Flores de color amarillo (Foto 6).

Tabla 7: Clasificación taxonómica

|                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| <b>Reino</b>       | <b>Plantae</b>              |
| <b>División</b>    | <b>Spermatophyta</b>        |
| <b>Subdivisión</b> | <b>Magnoliophytina</b>      |
| <b>Clase</b>       | <b>Magnoliopsida</b>        |
| <b>Orden</b>       | <b>Fabales</b>              |
| <b>Familia</b>     | <b>Fabaceae</b>             |
| <b>Especie</b>     | <b>Lotus lancerottensis</b> |

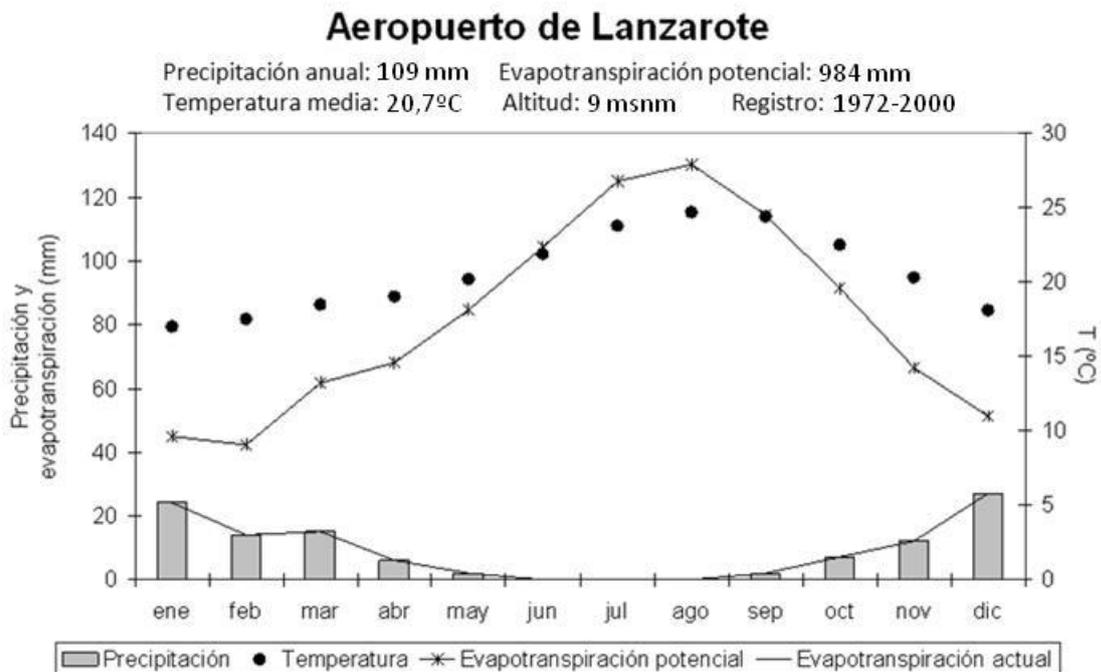
Nota: Clasificación según Acebes Ginovés *et al.* 2009

### 3.2.5.2. Ecología y distribución

*Lotus lancerottensis* es endémica de las islas orientales (Kunkel, 1982).

### 3.3. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LANZAROTE

La característica climatológica más destacable de la isla de Lanzarote (Figura 1), es su aridez. La gran estabilidad atmosférica, derivada de las altas presiones a las que se encuentra sometida Canarias impide que las lluvias sean más frecuentes, solamente cuando esta estabilidad se ve alterada hay una mayor probabilidad de que llueva en la Isla. A esto hay que añadir su escasa altitud que le impide alcanzar el nivel de inversión de los alisios con lo que no puede interceptar el mar de nubes cargado de humedad (Marzol, 1988). Por esto, las escasas precipitaciones (menores de 300 mm) y las temperaturas medias altas, caracterizan un clima seco y cálido (Reyes Betancort *et al.*, 2000).



**Figura 1: Registro climático de la Isla de Lanzarote (Aeropuerto de Guacimeta). Periodo 1972-2000.**  
 Nota: Datos climáticos (valores medios mensuales) tomados de AEMET (2011). Evapotranspiración calculada por el modelo FAO-56. Fuente: Batista Núñez, 2014

La pluviometría se caracteriza por ser bastante reducida, las lluvias acaecen principalmente en los meses de noviembre a marzo, siendo diciembre el mes de media más alta, mientras que de junio a agosto prácticamente no llueve. La escasa nubosidad que cubre la Isla a lo largo del año, permite tener un gran número de horas de radiación solar (Reyes Betancort *et al.*, 2000). También, el viento es un factor importante del clima, es casi constante a lo largo de todo el año. Los vientos a su paso por la Isla, no encuentran obstáculos orográficos significativos viéndose incrementados por el efecto de la brisa marina, consecuencia de los fuertes contraste térmicos, entre una tierra recalentada durante el día y una costa bañada por una corriente oceánica fría (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

Los suelos de Lanzarote presentan unas características específicas y diferentes a los del resto de las Islas y que se ven influidos por las condiciones climáticas. Presenta un bajo contenido en materia orgánica, una débil actividad biológica, reacción alcalina, texturas superficiales de tendencia arenosa, acumulación de carbonatos y sulfatos, modificaciones de la superficie del suelo

como la presencia de pavimento desértico, costras de sellado, etc. (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 1991). El material vegetal utilizado en este trabajo proviene de zonas cultivadas de un suelo de la orden de los Aridisoles, dentro de ella se encuentran los Haplocambids denominados “suelos de vega”, en este caso, la vega de San José es el lugar donde se encuentra la zona de cultivo. Son suelos muy profundos, poco pedregosos, con baja salinidad y su potencial agrológico es alto (Hernández Hernández *et al.*, 1991).

En cuanto a flora, la homogeneidad climática es un hecho que ha condicionado la diversidad biológica insular, impidiendo el desarrollo de un mayor número de hábitats naturales. La flora vascular está constituida por un número de taxones (unos 700) y de los cuales 20 son endémicos de la Isla. *Echium decaisnei* ssp. *purpuricense* es endémico de Fuerteventura y Lanzarote (Kunkel, 1982) y también *Lotus lancerottensis* (Kunkel, 1982), por otra lado, son declaradas como especies nativas segura según Acebes Ginovés *et al.* (2004). *Bituminaria bituminaria* Stirton var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis* Salisb y *Atriplex halimus* L se les considera nativas probables debido a que no se puede asegurar, pero hay información indirecta sobre su distribución o hábitat que sugiere que su introducción por el hombre es muy difícil (Acebes Ginovés *et al.*, 2004).

### **3.4. PRINCIPIOS DE LA PROPAGACIÓN POR SEMILLAS**

#### **3.4.1. La semilla**

La semilla es el principal órgano de reproducción para las plantas. Desempeña una función vital en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, en la regeneración de los bosques y en la sucesión ecológica, así como, la recuperación de especies a punto de extinción. Las semillas completan el proceso de reproducción que se inicia en las flores y están formadas siempre por un embrión rodeado por las cubiertas de la semilla.

#### **3.4.2. Fuente de semilla**

La correcta selección de la semilla es importante, ya que de ello dependerá la propagación y su cultivo. Su origen toma relevancia a la hora de cultivar una sola especie en una amplia gama de condiciones ecológicas.

Debido a que la mayor parte de los árboles y arbustos son heterocigóticos y de polinización cruzada, se obtendrá una variabilidad genética considerable (Hartmann y Kester, 1990).

### **3.4.3. Requisitos para la germinación**

La germinación consiste en que el embrión de la semilla, que se encuentra en un estado durmiente, denominado vida latente, reanude su crecimiento y origine una nueva planta. Para la iniciación de la germinación se deben dar tres condiciones (Hartmann y Kester, 1990):

- La semilla debe ser viable, esto es, que el embrión esté vivo y sea capaz de germinar.
- La semilla se debe encontrar en las condiciones ambientales adecuadas, como son: disponibilidad de agua, luz, oxígeno y temperaturas adecuadas.
- La semilla debe superar las condiciones de latencia primaria. Una vez superadas, en ocasiones, el órgano necesita métodos de manipulación específicos para ayudar a la germinación. Además, hay semillas que, bajo condiciones adversas, pueden llegar a presentar una segunda latencia que retrasaría la germinación.

Hartmann y Kester (1990), clasifican las semillas según su capacidad para germinar en:

- a) Semillas latentes, cuando la germinación es impedida por mecanismos internos de la propia semilla.
- b) Semillas quiescentes, cuando la semilla es capaz de germinar de inmediato si se expone a las condiciones ambientales adecuadas.
- c) Semillas duras, que se distinguen de las latentes en que no pueden absorber agua debido a las cubiertas impermeables que poseen.

Las latentes tienen una restricción debido a un bloqueo fisiológico en el embrión aunque absorban agua.

#### **3.4.4. Calidad de las semillas**

La calidad de la semilla depende de la viabilidad, porcentaje y velocidad de germinación según Hartmann y Kester (1990). Es esencial valorar dicha calidad para asegurarnos una buena producción futura. La viabilidad es expresada por el porcentaje de germinación, el cual es indicado por el número de plántulas que puede producir un número de semillas. Por otro lado, en la calidad del material vegetal influye una pronta germinación, un crecimiento vigoroso y una apariencia normal. El vigor de las semillas y las plántulas es una característica importante pero complicada de medir. Una pérdida de viabilidad viene precedida de un periodo de declinación en el vigor. Un bajo porcentaje de germinación puede ser debido a propiedades genéticas del cultivar, semillas incompletas, lesiones durante el cultivo, procesos y almacenamientos inadecuados, enfermedades y envejecimiento del material.

#### **3.4.5. Proceso de germinación**

La germinación es un proceso metabólico llevada a cabo por el embrión, que finaliza cuando aparece la plántula (Hartmann y Kester, 1990). Navarro y Pemán (1997) plantean algo similar afirmando que la germinación se entiende como la emergencia y desarrollo de una planta normal a partir del embrión. Una planta considerada normal, es aquella que desde sus primeros estados continuará su crecimiento y cumplirá su ciclo vital desarrollándose en tierra o sustrato. Debe poseer los órganos esenciales como son: sistema radical e hipocótilo bien desarrollado.

Según Hartmann y Kester (1990) la germinación se divide en tres etapas solapadas:

- **Activación:** se produce tras la imbibición de la semilla en agua. Ésta incrementa rápidamente su contenido y se hincha e hidrata el protoplasma, lo que causa una rotura de la cubierta. Mientras que

absorbe agua la actividad enzimática comienza unas horas después, estas estructuras se formaron durante el desarrollo del embrión y también con el comienzo de la germinación.

- Digestión y translocación: en esta etapa las grasas, proteínas y carbohidratos se almacenan en el endospermo y los cotiledones, perispermo y gametofitos femeninos, se adhieren a sustancias químicas simples y son llevadas a los puntos de crecimiento del embrión. Durante este proceso, la semilla respira y absorbe agua de forma constante.
- Crecimiento de plántulas: este estado se corresponde a la división celular en los puntos de crecimiento, dando lugar a cotiledones, radícula y plúmula, y diferenciándose la parte superior de los cotiledones, el epicótilo y la parte inferior, el hipocótilo.

#### **3.4.6. Condiciones que afectan a la germinación**

Los factores que afectan a la germinación según Hartmann y Kester (1990) son:

- Agua: indispensable para activar el proceso de germinación, imbibición de la semilla y rotura de la cubierta.
- Temperatura: es el factor ambiental más importante y regula el tiempo de germinación, la dormancia, la adaptación al clima y también influye en el porcentaje de germinación.
- Intercambio gaseoso: es el intercambio de gases entre el medio y el embrión, lo que garantiza una rápida y uniforme germinación.
- Luz: es un factor relacionado con la latencia, por tanto, puede ayudar o inhibir la germinación. Del mismo modo, es una característica del lugar que, junto a la temperatura, influye en el desarrollo de la germinación.

- La impermeabilidad al agua debido a la dureza de la semilla: es una característica genética de la especie y de las condiciones ambientales a las que se expone durante la cosecha y almacenamiento.
- Inhibidores químicos: durante la cosecha se producen sustancias que se acumulan en el fruto, en las cubiertas de las semillas y en el embrión, y que actúan como inhibidores de la germinación.
- Presencia de capas de semillas fisiológicamente activas: se da en la mayoría de semillas recién cosechadas, donde se ejerce un control de la germinación entre la cubierta interior de la semilla (tegumento) y el endospermo. Este control tiende a desaparecer con el tiempo, en particular si las semillas son almacenadas en seco.
- Presencia de embriones latentes que responden al enfriamiento: aparece en semillas de árboles y arbustos templados que maduran en otoño y necesitan enfriarse pasando el invierno en el suelo para que puedan germinar a la primavera siguiente.

#### **3.4.7. Condiciones de almacenamiento**

Según Catalán Bachiller (1991), la semilla debe almacenarse en condiciones de temperatura y humedad adecuadas para que no pierda viabilidad y pueda conservar el mismo poder y capacidad germinativa que presenta en el momento de su recolección y posterior almacenaje. Hay dos causas fundamentales responsables del deterioro de la semilla:

- Agotamiento: debido a la actividad respiratoria de la semilla.
- Daños causados por agentes externos: hongos o insectos.

La actividad respiratoria consume las sustancias de reserva de la semilla y, si esto se prolonga en el tiempo, puede ocasionar el agotamiento de las reservas y, por consiguiente, la muerte de la semilla. La velocidad respiratoria disminuye al hacerle la temperatura y humedad, por tanto, si se quiere conservar durante un largo tiempo se debe proporcionar un ambiente seco y frío. Hay semillas que se

pueden almacenar a temperaturas inferiores a 0°C y otras se dañan por debajo del punto de congelación (Catalán Bachiller, 1991).

Los daños causados por agentes externos, tanto hongos como insectos, pueden combatirse indirectamente, almacenando las semillas en ambientes que no sean propicios para el desarrollo de estos o directamente, con la aplicación de fungicidas o insecticidas.

### 3.4.8. El embrión

El embrión está formado por un eje que tiene una o más hojas seminales o cotiledones, en la base del eje embrionario emerge el punto de crecimiento de la raíz, la radícula. En la parte superior se encuentra la plúmula, que es el punto de crecimiento del brote. El tallo se divide en dos partes, por encima de los cotiledones está situado el epicótilo y por debajo el hipocótilo (Figura 2).

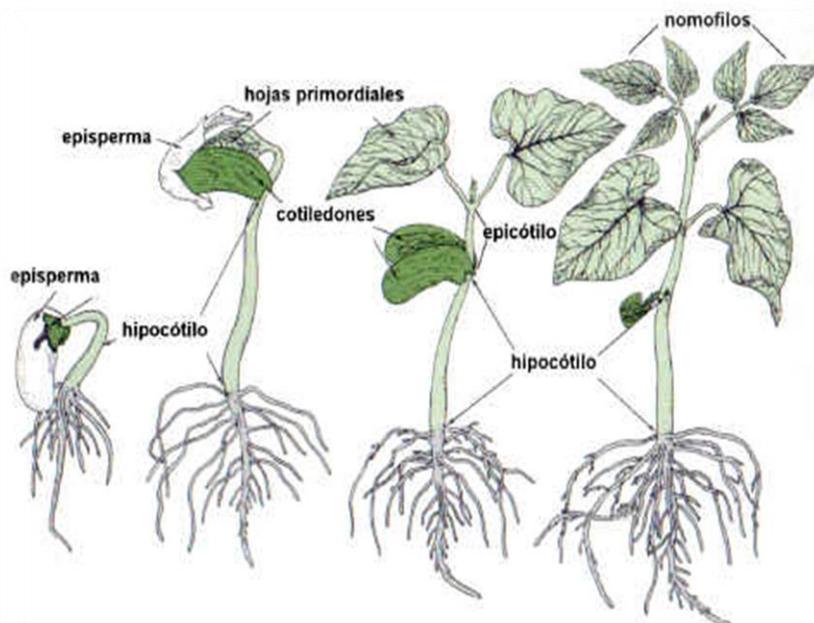


Figura 2: Proceso de germinación. Fuente: Rost *et al.* 1979

El desarrollo de la plántula sigue dos modelos:

- a) Germinación epigea: el hipocótilo se alarga y los cotiledones se sitúan por encima del terreno.

- b) Germinación hipogea: el epicotilo emerge sobre el suelo, mientras que los cotiledones no se elevan.

El patrón de germinación define si son plantas dicotiledóneas o monocotiledóneas.

### **3.5. TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN POR SEMILLAS**

#### **3.5.1. Ensayos de germinación**

El ensayo de germinación tiene una amplia aplicación práctica, ya que permite conocer el número máximo de semillas viables (Navarro y Pemán, 1997).

La viabilidad de una semilla se obtiene por medio de varios factores como son: el porcentaje de germinación y el número de plántulas que es capaz de producir una semilla (Hartmann y Kester, 1990).

Se puede observar una baja vitalidad de la semilla debido a la edad, malas condiciones de almacenamiento, daños mecánicos, o daños por insectos o enfermedades. Las pruebas de germinación se hacen necesarias para saber que tratamientos pre-germinativos se necesitan y superar cualquier condición de latencia (Hartmann y Kester, 1990).

#### **3.5.2. Peso de la semilla**

Dentro de una misma especie, por la propia variedad genética y estacional, hay un rango de tamaños y pesos de semillas. Esto puede interpretarse como un factor de calidad de la propia semilla ya que, en general, las semillas más grandes tienden a tener más sustancias de reserva y, por tanto, más posibilidades de germinar y dar lugar a plantas de buena calidad. Por otro lado, es un valor a la hora de estimar la cantidad de semilla necesaria para las siembras (Navarro y Pemán, 1997).

#### **3.5.3. Tratamientos a las semillas**

Hay diferentes métodos y técnicas para estimular y favorecer la germinación, dependiendo del tipo de dormancia que tengan. Si tienen dos tipos de dormancia se utilizarán tratamientos combinados.

Hay tres métodos para romper dicho estado:

- Método químico: se utiliza para la escarificación y consiste en lesionar el tegumento y estimular su germinación.
  - Escarificación con ácidos: se logra que la cubierta sea permeable al agua y al intercambio gaseoso.
  - Agua, alcohol etílico o acetona: permiten desactivar los inhibidores que bloquean el metabolismo en las semillas, aumentando el porcentaje de germinación.
  - Aplicación de nitrato potásico: se recomienda para la ruptura de latencia de varios pastos tropicales, como son *Chloris gayana*, *Melinis minutiflora* y *Panicum máximum*, incrementando su germinación en un 15% (Díaz y Merola, 2012).
- Método mecánico: en algunas semillas, la cubierta supone una barrera física para la germinación, ya que impide el intercambio gaseoso y de agua, a la vez que impide la expansión del embrión o que la radícula atraviese la cubierta (Bradbeer, 1988). Para superar dicho problema, se somete al lijado en máquinas adecuadas llamadas escarificadores, variando la dureza y el tiempo empleado en realizar ésta actividad.
- Método físico: afectan a la cubierta de la semilla, favoreciendo el intercambio de agua y de gases. Hay diferentes métodos como son los siguientes:
  - Tratamiento por inmersión en agua caliente: consiste en sumergir la semilla en agua a una temperatura entre 75°C y 100°C aproximadamente, dejando luego enfriar durante 12 horas. Es un método fácil y sencillo con buenos resultados.
  - Imbibición en agua: sumergir las semillas en agua a temperatura ambiente durante un tiempo variable entre 24 y 48 horas, ayuda a que la semilla se hinche y rompa la cubierta.
  - Tratamiento en inmersión en agua hirviendo: se aplica a diferentes tiempos y obteniendo resultados diferentes dependiendo de la especie.

### 3.5.4. Enfermedades durante la germinación

Los patógenos protagonistas en los semilleros son aquellos producidos por exceso de humedad, como *Pytium ultimum* y *Rhizoctonia solani*. También pueden intervenir otros hongos como *Botrytis cinérea* y *Phytophthora sp.* (Agríos, 1998).

### 3.6. CULTIVO EN ENVASE

Un envase o contenedor es cualquier recipiente que, lleno de sustrato, posibilita la producción de una planta destinada a repoblación forestal. El envase reúne las condiciones adecuadas para el intercambio de agua, aire y nutrientes, debido a que suministra a la planta un volumen y sustrato que permiten dicha actividad (Navarro y Pemán, 1997).

#### 3.6.1. Tipos de contenedores

Para clasificar los envases se pueden utilizar varios criterios. En este caso se utilizará la durabilidad del envase (Navarro y Pemán, 1997).

Se dividirán en envases no reutilizables y contenedores recuperables. Entre los tipos de contenedores que se encuentran en los envases no reutilizables, destacan:

- Envases que se colocan junto con la planta: envases de material biodegradable, así como, tacos de turba o fibra vegetal que se degradan después de la plantación.
- Envases que se eliminan previamente a la plantación: tales como macetas de cerámicas, tubos de caña, etc.
- Contenedores recuperables: tienen una buena producción y aplicación fácil, su uso está generalizado. En esta categoría se encuentran diferentes tipos de envases:
  - Alvéolos individuales sobre bandejas.

- Contenedores en bloque.

### **3.7. SUSTRATOS**

El término sustrato se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir (material químicamente activo) o no (materia inerte) en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Urrestarazu Gavilán, 2000). Cada material utilizado como medio de cultivo, posee sus propias propiedades, por consiguiente, el manejo del sustrato (contenedor, riego y fertilización) depende del material del que se trate.

El crecimiento y la absorción radicular se verán afectadas por las características del medio, tales como, porosidad, contenido de agua y aire, concentración de nutrientes, ausencia de iones tóxicos, etc. (Cid Ballarin, 1993).

#### **3.7.1. Propiedades físicas**

Las propiedades físicas dependen del tipo de material y son de modificación difícil una vez que se haya establecido el cultivo (Abad, 1996). Entre las propiedades físicas más importantes se destacan:

- Granulometría o textura: se define como la proporción de elementos del suelo, clasificados por categorías en función de su tamaño.
- Densidad aparente: es la relación entre la masa de la fracción sólida del suelo y el volumen total del suelo. El valor de la densidad aparente depende mucho de la estructura. Según Abad (1996) dicha medida no deberá superar el valor de  $0,4\text{g/cm}^3$  bajo condiciones de cultivo protegidos.
- Densidad específica o real: se expresa como la relación entre la masa de la fracción sólida del suelo y el volumen que este ocupa en el sistema, excluyendo el volumen ocupado por los poros.

- Porosidad: definida como el volumen de poros en una unidad de volumen de suelo inalterado. Los poros están formados por agua y aire. Se expresa en porcentaje y su valor óptimo es  $> 85\%$  (Urrestarazu Gavilán, 2000).
- Capacidad de aireación: cantidad de volumen del medio de cultivo que contiene aire después de que haya sido saturado con agua y haya drenado, normalmente a 10cm de tensión de columna de agua. El valor óptimo se encuentra entre 20-30% (Urrestarazu Gavilán, 2000).
- Agua disponible: es la diferencia entre el volumen de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado y dejado drenar a 10cm de tensión matricial, y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50cm de columna de agua. El valor óptimo del agua fácilmente disponible oscila entre 20-30% del volumen (Urrestarazu Gavilán, 2000).
- Agua de reserva: cantidad de agua (% en volumen) que libera un sustrato al pasar de 50 a 100cm de columna de agua. El valor óptimo se encuentra entre 4-10% (Urrestarazu Gavilán, 2000).

### **3.7.2. Propiedades químicas**

Las propiedades químicas de los sustratos son las responsables de las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato: reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales (química), reacciones de intercambio de iones (físico-químico) y reacciones de biodegradación de la materia orgánica (bioquímica).

Los materiales orgánicos son los más influyentes en las transferencias químicas, debido principalmente a la formación y presencia de sustancias húmicas, que es el producto más importante de la descomposición de materia orgánica. Algunas de las propiedades químicas más importante son:

- pH: se utiliza la expresión reacción del suelo (propiedad físico-química que se expresa por medio del pH) para indicar que se trata de un sistema que es suma de diferentes sistemas químicos complejos que interaccionan. El pH no depende del volumen de la disolución, sino de la relación suelo-agua utilizada para realizar la medida, por lo que el pH es una variable intensiva, es decir, un factor de intensidad de la acidez o la basicidad (Porta *et al.*, 2011). Ejerce su efecto sobre la asimilación de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónica y la actividad biológica.
- Conductividad eléctrica (CE): medida en la que se obtiene como resultado la cantidad de sales solubles, tanto en la solución del sustrato como en la solución nutritiva.
- Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C): suma de las cargas positivas de los cationes intercambiables (cationes acidificantes y basificantes) susceptibles de ser adsorbidos de forma reversible por la unidad de masa de suelo, a un pH determinado (Porta *et al.*, 2011).

### **3.7.3. Componentes de los sustratos**

Para elegir el sustrato adecuado, hay que tener en cuenta diferentes aspectos como pueden ser: tipo de material vegetal, especie cultivada, condiciones climáticas, características del contenedor, programa y tipo de riego, fertilización, aspectos económicos, etc. La mezcla de sustratos suele ser entre dos o tres componentes y, a veces, incorporan agregados como fertilizantes (Navarro y Pemán, 1997).

Para que un sustrato de cultivo cumpla las funciones que se le exige, tiene que presentar el medio idóneo para el buen desarrollo del cultivo, las raíces y su anclaje. En el presente trabajo, la mezcla del sustrato para la germinación y posterior fertilización fue de turba, picón terroso y tierra (procedente de la zona del Aeropuerto Tenerife Norte), cuyas propiedades se describirán a continuación.

### **3.7.3.1. Clasificación de los sustratos**

Existen diferentes clasificaciones de sustratos, según la propiedad con la que se trabaje. La que se presentará a continuación, se basa en su utilización hortícola. Según Urrestarazu Gavilán (2000), los sustratos se clasifican en función de su origen:

- Materiales orgánicos.
  - De origen natural: turbas.
  - De síntesis: polímeros orgánicos no biodegradables.
  - Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas.
- Materiales inorgánicos (minerales).
  - De origen natural: arena, grava, tierra volcánica, etc.
  - Transformados o tratados: lana de roca, perlita, vermiculita, arcilla expandida, etc.
  - Residuos o subproductos industriales: escoria de horno alto, estériles del carbón, etc.

### **3.7.3.2. Tipos de sustratos**

#### **3.7.3.2.1. Turbas**

Penningsfeld y Kurzmann (1983) definen la turba como la forma disgregada de la vegetación de un pantano, que por exceso de agua y falta de oxígeno, se ha descompuesto de forma incompleta. Durante un largo periodo de tiempo se van formando estratos más o menos densos con la materia orgánica que se va depositando y, según las especies de plantas existentes, tienen lugar la formación de los diversos tipos de turba.

Los diferentes tipos de turba se pueden formar en diferentes ecosistemas, como:

- Agua freáticas: bajo la influencia tanto de las aguas subterráneas como de las superficiales.
- En terrenos encharcados de modo permanente (no en contacto con aguas freáticas): por medio de precipitaciones.

En estos medios se pueden formar dos tipos de turberas: bajas o llanas, y altas. Las turberas bajas, solígenas o eutróficas, según el tipo que sea y la composición de las aguas freáticas, ricas en calizas y nutrientes, poseen una cantidad media de nutrientes, destacando el calcio, magnesio y potasio, y son de reacción ligeramente ácida o neutra, a veces básica.

Según la vegetación que habite en ella, se pueden clasificar en:

- Turberas de carrizo.
- Turberas arboladas.

Dicho sustrato posee unas propiedades físicas y químicas poco favorables para el crecimiento de las plantas en contenedor, debido a su baja capacidad de retención de agua fácilmente disponible, salinidad elevada etc. Aunque se puede utilizar si se mejoran su propiedades desfavorables.

Las turberas altas, ombrógenas u oligotróficas, se forman en regiones frías, muy lluviosas y con humedades relativas altas, por lo que éste medio es pobre en bases y nutrientes, y presenta una reacción muy ácida. Debido a éstas características sólo se pueden establecer especies poco exigentes, como los musgos esfagnos (*Sphagnum* spp.) muy presentes y que retienen mucha agua incluso cuando están muertos, o también ericáceas, ciperáceas, droseráceas u otras. El perfil de las turberas alta va evolucionando, como consecuencia de esto, se distinguen tres tipos de turba según Urrestarazu Gavilán (2000):

- I. Turba ligeramente descompuesta o turba "rubia": de color pardo-claro.
- II. Turba muy descompuesta o turba "negra": de color oscuro.

- III. Turberas de transición: características intermedias entre las dos anteriores. Se forman en parte por un lago previamente rellenado y por encharcamiento de un bosque.

La principal ventaja de utilizar turba como sustrato pasa por las buenas características físicas y químicas de ésta, por otro lado, son estimulantes para el crecimiento y desarrollo vegetal debido a activadores del crecimiento. En contraposición, es un recurso limitado y no renovable.

#### **3.7.3.2.2. Picón**

En el Archipiélago Canario hay picones volcánicos de diferentes edades, dependiendo de las erupciones tras las que se hayan formado. Según García Lozando y Martínez Caldevilla (1993) están compuestos por sílice, alúmina, óxidos de hierro, calcio, fósforo y algunos oligoelementos.

Entre sus propiedades, destaca que es un material poroso y con alta conductividad hidráulica saturada, de pH alcalinos (Blesa y Luque, 1972) y baja o casi nula capacidad de intercambio catiónico, debido a que es un material inerte.

#### **3.7.3.2.3. Suelo de Canarias**

El suelo utilizado en este estudio, procede de la región de Norte de Tenerife, se observa la influencia del clima en los suelos formados sobre materiales recientes, que en la zona media de la secuencia, entre 600 y 1.200m aproximadamente, pasan progresivamente de Andosoles desaturados típicos, en las zonas de nubes y Monteverde, a suelos Pardos Eutróficos en la zona inferior menos húmeda y entre ellas se distinguen los suelos Pardos de Transición (Fernández Caldas *et al.* 1982). Los suelos utilizados en este trabajo pertenecen a la clasificación de Luvisoles (Comunicación personal A. Rodríguez-Rodríguez).

Los Luvisoles derivan de la palabra latina “luere” que significa lavar y hace referencia a la existencia de movimientos verticales de arcilla entre horizontes por “lavado” o iluviación. Como resultado de procesos edafogénicos (sobre todo por migración de arcilla) los horizontes profundos tienen un mayor contenido de arcilla que los horizontes superficiales. También los horizontes superficiales se

encuentran descalcificados, por lo que a menudo presentan una reacción ligeramente ácida.

### **3.8. FERTILIZACIÓN**

La fertirrigación es la forma más adecuada de aportar a la planta los nutrientes necesarios de forma óptima por medio del agua. El riego localizado es la mejor opción para fertilizar, ya que con concentraciones y relaciones adecuadas se consiguen resultados óptimos.

Según Cadahía (2005), el sistema de fertirrigación es el método más racional para realizar una fertilización optimizada y respetando el medio ambiente para una agricultura sostenible. En España, se estima una superficie total fertirrigada de más de un millón de ha en el año 2005.

Para conseguir que la planta tome los nutrientes de forma óptima es necesario que éstos se encuentren en concentraciones y relaciones adecuadas en la disolución fertilizante. De esta forma se evitan fenómenos negativos como efectos osmóticos y antagonismos que perturban la absorción de nutrientes por la planta (Cadahía, 2005).

#### **3.8.1. Nutrición de las plantas**

Existen 92 elementos naturales, pero solo 60 de ellos se han encontrado en diferentes plantas, aunque no todos se consideran esenciales para el crecimiento de las mismas. Las plantas tienen la habilidad de poder seleccionar la cantidad de los diversos iones que absorben, no siendo normalmente esta absorción directamente proporcional a la cantidad de nutrientes que existen; es más, según las especies, puede variar esta habilidad de seleccionar cada uno de los iones en particular (Resh, 2001).

Para que un elemento sea esencial según Arnon y Stout (1939), tiene que cumplir los siguientes requisitos:

- La planta no podrá completar su ciclo de vida en ausencia del elemento.

- La acción del elemento deber ser específica y ningún otro elemento puede sustituirlo.
- El elemento deberá estar directamente implicado en la nutrición de la planta.

Con estas primicias, solamente 16 elementos están considerados como esenciales. Estos están divididos en dos categorías: macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes o macroelementos están requeridos en altas cantidades para la planta, mientras que, los micronutrientes o microelementos, aun siendo esenciales la planta, son requeridos en bajas cantidades (Tabla 8).

**Tabla 8: Listado de macronutrientes y micronutrientes**

| <b>Macronutrientes</b> | <b>Micronutrientes</b> |
|------------------------|------------------------|
| Nitrógeno              | Cloro                  |
| Potasio                | Boro                   |
| Calcio                 | Hierro                 |
| Magnesio               | Manganeso              |
| Fósforo                | Zinc                   |
| Azufre                 | Cobre                  |
| Carbono                | Molibdeno              |
| Oxígeno                |                        |
| Hidrógeno              |                        |

Los micronutrientes metálicos: hierro, manganeso, cobre, zinc y níquel están presentes en suelos y sustratos principalmente como óxidos o hidróxidos u otras sales insolubles, y cuya solubilidad es mínima a pH básicos y alcalinos. El boro y el molibdeno, necesarios en cantidades menores que los micronutrientes metálicos, son más solubles, siendo dependientes de su contenido en el agua de riego o presencia en otros materiales aportados, como los orgánicos. El cloro es un micronutrientes atípico, ya que a pesar de ser requerido en bajas cantidades, suele estar presente tanto en sustratos como aguas y fertilizantes, por lo que su problemática sería su contenido en exceso (Cadahía, 2005).

El nitrógeno es un elemento esencial para la planta, a excepción de las leguminosas y algunos organismos vegetales concretos, capaces de fijar nitrógeno molecular atmosférico por vías simbiótica microbiana, y las pequeñas cantidades de amoníaco gaseoso que las partes aéreas de las plantas pueden

fijar de la atmósfera en determinados momentos, es en el suelo donde la mayor parte de las plantas cultivadas encuentra el nitrógeno que le es necesario (Navarro García y Navarro García, 2013). Este elemento tras una serie de procesos en el suelo da compuestos amónicos, nitrosos y nítricos, mediante el sistema radicular absorbe lo necesario para la síntesis de sus tejidos. Aproximadamente este elemento constituye el 2% en peso seco de las plantas, los mayores contenidos de nitrógeno se encuentran en los tejidos jóvenes y cuando la planta tiene una avanzada edad el porcentaje en nitrógeno disminuye y aumenta la relación C/N (Navarro García y Navarro García, 2013). El nitrógeno es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas, y un deficiente suministro puede provocar notables descensos en la producción vegetal (Navarro García y Navarro García, 2013).

A diferencia del elemento anterior, el fósforo procede de la descomposición de la roca madre durante los procesos de meteorización, se deduce que la mayor parte del fósforo en los suelos no es aprovechable por las plantas, debido a su insolubilidad y que el elemento asimilado es necesario que se encuentre como  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$  o  $\text{PO}_4\text{H}^{2-}$ . Se encuentra en todos los tejidos de la planta en concentraciones variables, según la parte del aparato vegetativo que se considere. La mayor parte lo absorben las plantas en forma de  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$  y en menor proporción en  $\text{PO}_4\text{H}^{2-}$ , el primero lo absorbe diez veces más rápido que el segundo pero también dependerá del pH del suelo. Su valor medio de porcentaje de materia seca está entre 0,5-1% (Navarro García y Navarro García, 2013).

Según Navarro García y Navarro García, 2000, el potasio es absorbido por las raíces bajo la forma de  $\text{K}^+$ . Su contenido varía dependiendo de la especie, el órgano que se considere y del contenido asimilable del suelo. El potasio aparece en el suelo por desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos como feldespatos potásico, moscovita o biotita. Al contrario que el fósforo, este elemento se haya en cantidades grandes en el suelo. En función del su aprovechamiento por las plantas, el potasio se clasifica en:

- Potasio no asimilable: la mayor parte del potasio total del suelo no está disponible para la planta.

- Potasio lentamente asimilable: depende de las circunstancias, por ejemplo, adición de fertilizantes solubles o condiciones del suelo hace que el potasio sea retenido temporalmente por determinadas arcillas.
- Potasio rápidamente asimilable: 1-2% de la cantidad total de un suelo mineral medio.

Los tejidos jóvenes y sanos retienen mejor el potasio, mientras que en los tejidos viejos se puede lavar de los órganos aéreos bajo la acción de las lluvias.

El calcio se absorbe bajo la forma de  $\text{Ca}^{2+}$ , después del potasio, el elemento básico más abundante que existe en las plantas. El calcio puede ser absorbido en altas concentraciones y puede llegar a más del 10% del peso seco. Se halla en mayor proporción en las hojas y tallos que en las semillas. El calcio se encuentra en la planta tanto en forma mineral soluble (sulfato cálcico  $\rightarrow \text{CaSO}_4$ ) como insoluble (fosfato cálcico  $\rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  y carbonato cálcico  $\rightarrow \text{CaCO}_3$ ), aunque una parte considerable del calcio presente en la planta está bajo forma soluble, en el agua no se desplaza fácilmente en el interior de ellas, y de aquí que tienda a acumularse en los órganos viejos (Navarro García y Navarro García, 2013).

El magnesio se absorbe por la planta como  $\text{Mg}^{2+}$ , normalmente se encuentra aproximadamente en el orden del 0,5%. El nivel de absorción de este elemento disminuye cuando tiene competencia con elementos como  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$ . En la planta, el  $\text{Mg}^{2+}$  es un constituyente metálico de excepción en la molécula de clorofila, pigmento esencial para que las plantas verdes puedan llevar a cabo el proceso de fotosíntesis. A diferencia del  $\text{Ca}^{2+}$ , el  $\text{Mg}^{2+}$  es muy móvil en el floema, se traslada fácilmente de las hojas viejas a las jóvenes en caso de deficiencia (Navarro García y Navarro García, 2013).

Según Navarro Blaya y Navarro García, 2013 el sodio es absorbido por la planta como  $\text{Na}^+$ , su contenido varía dependiendo del existente en el suelo, de la especie considerada y del órgano que se analice. Aproximadamente tiene un valor medio de 1200ppm en peso seco, siendo las hojas donde más se concentra.

En general, las plantas se pueden clasificar en dos grupos según la respuesta del crecimiento al sodio:

- Plantas natrofílicas. Son aquellas muy tolerantes al sodio y a las sales, en la que el potasio puede ser sustituido por sodio en cantidad más o menos sin un efecto sobre el crecimiento.
- Plantas natrofóbicas. No toleran, o muy poco, la salinidad, solo puede sustituir el sodio por el potasio en muy pequeñas cantidades o incluso nada, sin que se vea afectado el crecimiento.

### **3.8.2. Interacción entre la disolución fertilizante y el suelo o sustrato alternativos**

La solución del suelo es la más importante fuente de nutrientes para ser absorbidos por las raíces de las plantas, y conforme esta se va haciendo cada vez más diluida, al tomar las plantas los nutrientes de ella, estos deberán irse reponiendo a partir de las partículas del suelo. En los cultivos hidropónicos, las raíces de las plantas son humedecidas con una solución de nutrientes que contienen los elementos necesarios para las plantas (Resh, 2001).

Los fertilizantes y el ácido añadidos al agua de riego constituyen la disolución fertilizante. Esta, al llegar al sustrato a través de los emisores, reacciona con los componentes de dicho sustrato y constituye la disolución nutriente. El control analítico del extracto de saturación y de los elementos de reserva del sustrato junto con la respuesta de la planta al medio nutritivo, nos permite estudiar la interacción entre el sustrato, la disolución fertilizante fabricada a partir del agua de riego correspondiente y la disolución ideal propia del cultivo (Cadahía, 2005).

En la Figura 3 descrita por Cadahía (2005), se muestran los cambios a realizar en la disolución fertilizante para que al reaccionar con los componentes del sustrato, de cómo resultado una disolución nutriente lo más aproximada posible a la disolución ideal.

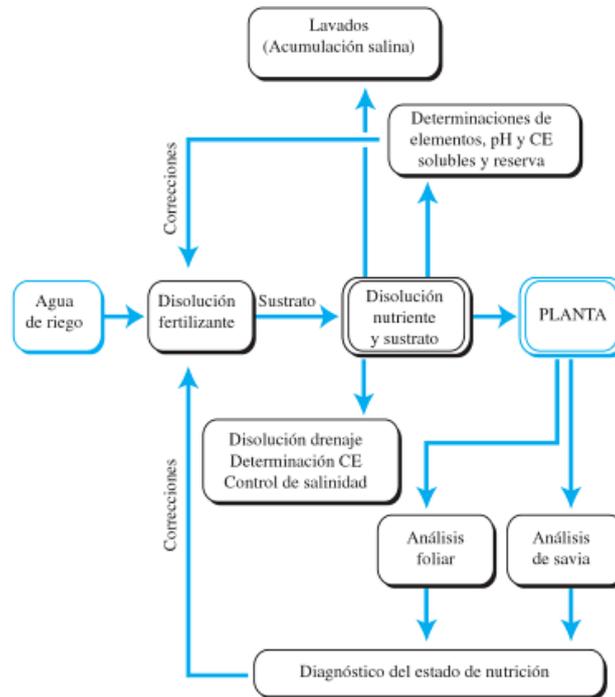


Figura 3: Interacción entre la disolución fertilizante y el suelo o sustrato alternativos. Fuente: Cadahía, 2005

### 3.8.3. Interacción entre la solución nutritiva y materiales volcánicos

Al carecer Canarias de un tipo de sustrato inerte (como arena de río, etc.) para usar como soporte en los cultivos hidropónicos, de un modo general se usan, a tal fin, los picones. Existen tres tipos: negro, rojo y blanco, que al no ser inertes crean problemas de diversa índole en los cultivos hidropónicos. Estos materiales se han utilizado en Israel, para el cultivo de flores (Sachs, 1969).

El picón blanco (tipo fonolítico) posee una tendencia a las alteraciones físicas. Los tres tipos de picones presentan propiedades físicas ideales para cultivo hidropónico (Blesa y Luque, 1976). Por otra parte, las propiedades químicas muestran diversas actividades, siendo el blanco el más activo, ya que muestra una capacidad total de cambio muy elevada, similar a la piedra pómez (Mansehard, 1958).

Los elementos afectan de manera diferente a los tipos de picones, Blesa y Luque (1976) describe los siguientes comportamientos:

- Actividad frente a la fijación de potasio: en el picón blanco se produce una fijación bastante mayor que en el picón rojo o negro. La fijación al principio del tratamiento inicial es alta, disminuyendo hasta que se produce una cesión de potasio fijado.
- Actividad frente a la fijación de fósforo: los fosfatos pueden ser fijados de manera diferente, según las condiciones del suelo. La fijación de fosfatos es de tipo físico-químico por la penetración en el interior de partículas porosas, precipitando en forma de fosfato tri-cálcico regulado por el pH de la solución nutritiva. En definitiva, la actividad frente al fósforo no sigue un comportamiento uniforme, viéndose afectado por la naturaleza de los picones y el pH de la solución.
- Actividad frente a la fijación de nitrógeno ( $\text{NH}_4^+$ ): la fijación es intensa y depende fundamentalmente de la cantidad de amonio que haya en la solución nutritiva. En el picón blanco la fijación es casi total, debido a la cesión intensa de sodio porque el amonio lo desplaza. Por otro lado, en los picones negro y rojo la fijación es alta pero bastante menor a la del picón blanco.
- Actividad frente a la cesión de sodio: el sodio como catión intercambiable se encuentra en niveles alto. Tanto en el picón rojo como en el negro tiene una actividad normal, pero en el picón blanco tiene una actividad de cesión mucho más alta, debido a que absorbe grandes cantidades de amonio. Este elemento se lava fácilmente por medio de la solución.
- Actividad frente al calcio y magnesio: la actividad de los picones frente al magnesio es similar a la del sodio, llegando a desaparecer por medio de lavados. Sin embargo, el calcio es retenido junto con el fosfato y sus valores van unidos (Luque y Pérez, 1975).
- Actividad frente a otros nutrientes: los materiales volcánicos interactúan con los cationes de aluminio, manganeso y zinc.

•

## **MATERIALES Y MÉTODOS**



## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. ENSAYO DE GERMINACIÓN

#### 4.1.1. Caracterización de las semillas

Las semillas usadas fueron proporcionadas por el Dpto de Biología Animal, Edafología y Geología de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI), Sección de Ingeniería Agraria (IA), de la Universidad de La Laguna (ULL). El germoplasma procede de 16 poblaciones ubicadas en la isla de Lanzarote (Tabla 9), 12 de ellas de hábitat naturales (Localización y fecha de recogida de las semillas), donde se recolectaron las especies (*A. halimus*, *B. bituminosa* y *E. decaisnei*) por C. Batista, E. China, R. Mesa, F. Pino y A. Perdomo, y de las 4 poblaciones restantes se recolectaron las especies *C. viminalis* y *L. lancerottensis*, estas últimas poblaciones procedieron de la Finca del “Centro de Día Zonzamas” (Foto 7). Una vez recolectadas se conservaron en frascos de cristal en nevera a una temperatura media de 5°C.



Foto 7: Poblaciones cultivadas en el “Centro de Día Zonzamas”

Tabla 9: Localización y fecha de recogida de las semillas utilizadas

| Espece                   | Localización                        | Población natural | Fecha de recolección |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------|
| <i>A. halimus</i>        | Punta Mujeres                       | Si                | 16/10/2009           |
|                          | Órzola                              | Si                | 16/10/2009           |
|                          | Pie de Fámara                       | Si                | 14/10/2009           |
|                          | Pie de Fámara                       | Si                | 24/10/2009           |
| <i>B. bituminosa</i>     | Chafarí                             | Si                | 24/05/2009           |
|                          | Bco. Tenegüime                      | Si                | 30/05/2009           |
|                          | Cortijo Seño Eusebio (La Montaña)   | Si                | 27/06/2009           |
| <i>C. viminalis</i>      | Los Valles                          | No                | 30/05/2013           |
|                          | Pie de Famara                       | Si                | 20/06/2013           |
|                          | Castillo Guanapay (cruce Teseguite) | No                | 25/06/2013           |
| <i>E. decaisnei</i>      | Femés                               | No                | 9/05/2009            |
|                          | Mácher                              | No                | 9/05/2009            |
| <i>L. lancerottensis</i> | Pie de Famara                       | Si                | 24/05/2009           |
|                          | Uga                                 | Si                | 16/05/2009           |
|                          | Charco del Palo                     | Si                | 24/05/2009           |
|                          | Chafari                             | Si                | No localizada        |

En cuanto a las semillas, cabe resaltar las siguientes características:

- *Atriplex halimus* (Foto 8).
  - Nombre vulgar: Salado blanco.
  - Peso de 100 semillas: 0,0860 g.
  - Color (Munsell soil color charts, 1998): GLEY1 2.5/N.



Foto 8: Semilla de *A. halimus*

- Bituminaria bituminosa var. albomarginata (Foto 9).
  - Nombre vulgar: Tедера.
  - Peso de 100 semillas: 2,6644 g.
  - Color (Munsell soil color charts, 1998): 10R 4/1.



Foto 9: Semilla de *B. bituminosa* var. *albomarginata*

- *Coronilla viminalis* (Foto 10).
  - Nombre vulgar: Mata moruna.
  - Peso de 100 semillas: 0,7455 g.
  - Color (Munsell soil color charts, 1998): 7.5 YR 6/8.



Foto 10: Semilla de *C. viminalis*

- *Echium decaisnei* spp. *purpuricense* (Foto 11).
  - Nombre vulgar: Tajinaste blanco.
  - Peso de 100 semillas: 0,6491 g.
  - Color (Munsell soil color charts, 1998): 2.5YR 25/2.



Foto 11: Semilla de *E. decaisnei*

- Lotus lancerottensis (Foto 12).
  - Nombre vulgar: Corazoncillo.
  - Peso de 100 semillas: 0,1060 g.
  - Color (Munsell soil color charts, 1998): 7.5YR 5/8.

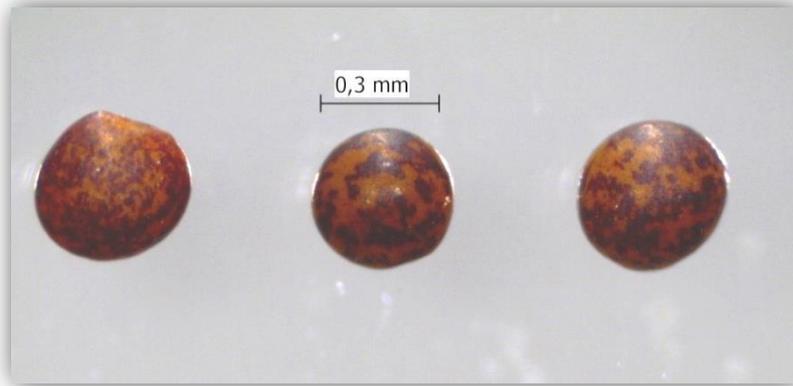


Foto 12: Semilla de *L. lancerottensis*

#### 4.1.2. Labor previa de vivero

Como lugar de germinación se utilizó el invernadero conocido como “Caja de Ahorros” situado en la EPSI, sec. Ingeniería Agraría. Se trata de un invernadero de malla, su superficie es de 810 m<sup>2</sup>, 11 m de alto y 85 m de ancho, de techo plano y estructura metálica, de acero galvanizado. El material de la cubierta es de policarbonato, con ventilación cenital mediante un caballete que extiende a lo largo de su longitud.

##### 4.1.2.1. Preparación del sustrato

El sustrato estaba formado por una mezcla de turba, picón terroso y tierra en una proporción 4:3:2. Previamente, la turba fue tamizada a 10 mm para eliminar los grumos y luego fue mezclada en una concretera junto al picón terroso y el suelo no esterilizado, procedente del propio invernadero.

##### 4.1.2.2. Esterilización del material de vivero

Para la germinación, se emplearon contenedores forestales tipo Super-Leach M-21 de plástico liso y orificios drenantes en su parte baja, los cuales se colocaron en bandejas de plástico de 63 alveolos cada una. Este material fue

previamente lavado y esterilizado. Se llevaron a cabo tres lavados: el primero con agua, el segundo en una mezcla de agua y lejía (relación 1:4), y el último, en agua.



Foto 13: Contenedores con sustrato

Una vez secos, pasaron al invernadero para su posterior llenado, además del sustrato se le puso una piedra en el fondo del contenedor, para impedir la pérdida de sustrato y también se evitó que el llenado fuera hasta el borde para luego no tener problemas con la pérdida de agua. A su vez, se les aplicó riegos durante varios días con manguera para la inoculación del sustrato (Foto 13).

#### 4.1.2.3. Sensor de humedad y temperatura

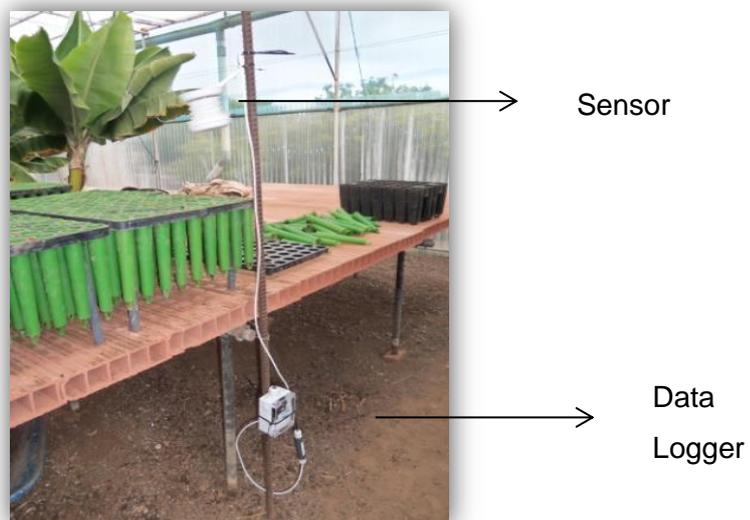


Foto 14: Sensor de temperatura y humedad

Durante el ensayo se tomaron datos de temperatura y humedad relativa mediante un registrador de datos HOBO Micro Station Data Logger, instrumentado con un termohigrómetro (S-THB-M002) situado en uno de los extremos de la mesa, dentro del invernadero donde se realizó el ensayo (Foto 14). Los datos recogidos se encuentran en el Anexo 1, Tabla 33 y Gráfico 20 y 21.

#### **4.1.3. Labor de laboratorio**

##### **4.1.3.1. Manipulación del germoplasma**

La primera operación que se realizó fue la criba y conteo de las semillas de las diferentes especies.

El fruto de *A. halimus* es pseudoespinoso, cuyo parecido recuerda al de una ostra y en cuyo interior está la semilla. Debido al elevado volumen de semillas y a la incertidumbre sobre la cantidad exacta de que se disponía, se decidió relacionar el peso de 100 semillas con el peso total, para tener una idea aproximada de la cantidad de germoplasma existente. Se obtuvo un resultado de unas 2.500 semillas (Foto 8).

La especie *B. bituminosa* no posee ninguna envoltura, solamente se procedió a la separación de 100 semillas y a su pesado (Foto 9).

Para la especie *C. viminalis* se separaron las vainas de las semillas de su interior, depositándolas en un tubo de ensayo. Se observó que había semillas de distintos tonos de color, algunas más rojizas y otras con un tono más anaranjado. Se obtuvieron un total de 1.042 semillas (Foto 10).

De las semillas de *E. decaisnei* se retiraron las impurezas y la suciedad que rodeaba a las mismas, y se separaron 100 para pesar. A continuación, para determinar la cantidad de germoplasma de que se disponía, se pesó una cantidad determinada de semillas sin limpiar, es decir, junto con las impurezas, y luego se contó el número de semillas. Finalmente, se pesó la cantidad total de semillas e impurezas que había y se relacionó el peso y la medida anterior con el peso total, obteniendo una cifra cercana a unas 4.500 semillas (Foto 11).

De la especie *L. lancerottensis* solamente se contabilizaron 1.578 semillas y se eliminaron las que no estaban en buenas condiciones. Hecha esta separación, se almacenaron en la nevera hasta su escarificación (Foto 12).

#### 4.1.3.2. Prueba de viabilidad de la semilla

La viabilidad se define como una propiedad que permite tener conocimiento de cuántas semillas son viables en un lote y pueden llegar a convertirse en plantas capaces de reproducirse en condiciones de campo.

Mediante la prueba del cloruro de tretazolio se llega a identificar la validez de la semilla, pero no es un proceso definitivo. Según Kameswara Rao *et al.* (2007) los pasos a seguir para ejecutar la prueba del cloruro de tretazolio serán los descritos a continuación.



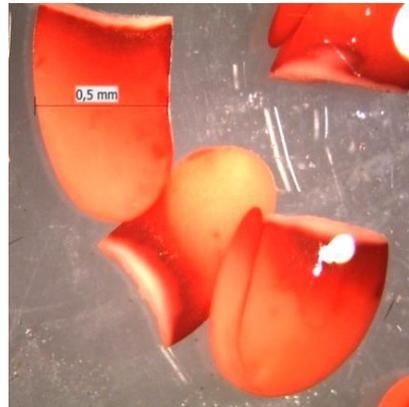
Foto 15: Semillas en imbibición

Antes de realizar la prueba con tetrazolio, se separaron las semillas en grupos de 30 y se mantuvieron durante 24 horas en agua. Además, se separó otro grupo de 15 semillas, para tener un lote de reserva (Foto 15).

Pasadas las 24 horas en imbibición, se ejecutó un corte longitudinal a través del embrión con un bisturí. Se desechó la mitad de cada semilla y la otra se puso en una placa Petry.



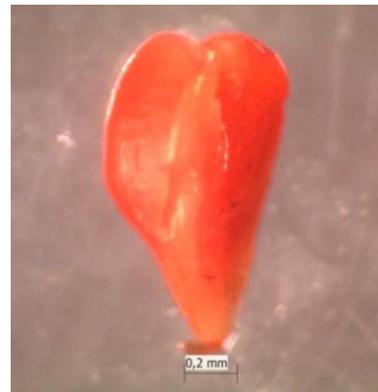
1- Germoplasma de *A. halimus*



2 Germoplasma de *B. bituminosa*



3 Germoplasma de *C. viminalis*



4 Germoplasma de *E. decaisnei*



5 Germoplasma de *L. lancerottensis*

Foto 16: Tinción del germoplasma en tetrazolio de las especies 1, 2, 3, 4 y 5

Estas mitades fueron sumergidas en tetrazolio y recubiertas con papel de aluminio para aislarlas de la luz. Se tomó nota a las dos horas para observar la cantidad de semillas que estaban teñidas y la intensidad del color (Foto 16 y Foto 17).

Los resultados finales fueron obtenidos a las 24 horas y se clasificaron las semillas en tres categorías según Kameswara Rao *et al.* (2007): libres de tinción (no son viables), parcialmente teñidas (producirá plántulas normales o anormales, dependiendo de la intensidad y patrón de la tinción) y totalmente teñidas (son viables).



Foto 17: Tratamiento de tetrazolio en placas petry

#### 4.1.3.3. Escarificación

Es el método seleccionado en este trabajo para romper la latencia de las semillas. Este método ha sido probado con anterioridad en cinco leguminosas arbustivas por Barquín y China (1995). Se realizaron 7 tratamientos diferentes (incluyendo el testigo), a cada grupo de semillas:

- 1) Estratificación a 5°C con  $\text{KNO}_3$  0,1 % durante un mes. Se pesa 1g de  $\text{KNO}_3$  y se pone en 100 ml de agua destilada. La solución de  $\text{KNO}_3$  mezclada se dispone en 5 placas Petry con algodón en la base, a cada placa se le aplicaron 20 ml de la solución, se moja bien y una vez húmedo, se sitúan en cada placa las semillas de cada especie. Finalizado este proceso se conservan en la nevera durante un mes. Este proceso se realizó el 20/12/13.
- 2) 24 horas de imbibición de agua.

- 3) 48 horas de imbibición de agua.
- 4) 50'' en agua a 100°C.
- 5) 60'' en agua a 100°C.
- 6) 70'' en agua a 100°C.
- 7) Testigo: semillas sin ningún tratamiento.

#### 4.1.3.4. Siembra

La siembra se realizó directamente en los correspondientes contenedores forestales, haciendo hoyos de 1 cm con un lápiz; en cada hueco se colocó una semilla, se tapó y se dio un riego de asentamiento. La siembra con los diferentes tratamientos se hizo entre los días 27 y 30 de Enero de 2014 (Foto 18).



Foto 18: Siembra de *L. lancerottensis*

#### 4.1.4. Diseño experimental

El ensayo de germinación consistió en la aplicación de 7 tratamientos x 5 especies x 3 repeticiones x 21 semillas. En total se sembraron 2.205 semillas, por cada especie se necesitó 441 semillas y por tratamiento 63 semillas. El diseño se realizó en bloques al azar en el que se dispusieron las bandejas (con 63 alveolos cada una) divididas en tres partes sobre una mesa de 90 cm de altura (Figura 4).

#### 4.1.4.1. Conteo

Para el conteo de las plántulas se siguió un criterio agronómico, en el que se consideraba la semilla germinada (Foto 19), cuando esta presentaba los cotiledones emergidos y abiertos. El conteo de las semillas germinadas se realizó a diario hasta la fecha de finalización del ensayo de germinación.



Foto 19: Cotiledones emergiendo de *B. bituminosa*

#### 4.1.5. Riegos

Se aplicaron riegos, a modo de lluvia fina, según las necesidades del cultivo, manteniendo siempre el sustrato húmedo para una correcta germinación. Se empleó agua procedente del depósito de la Escuela. El análisis del agua (Anexo 6, Tabla 45) dio un agua apta para la irrigación, con buena calidad, salvo un pH ligeramente alto y unos carbonatos y bicarbonatos también altos.

#### 4.1.6. Proceso de germinación

El periodo de germinación finaliza cuando no se van a producir cambios en la germinación que alteren significativamente los porcentajes de los resultados.. En este caso se consideró concluido a los 90 días tras la siembra. En el intervalo de tiempo del ensayo no se aplicó ningún tratamiento fitosanitario y no hubo ningún incidente a considerar.

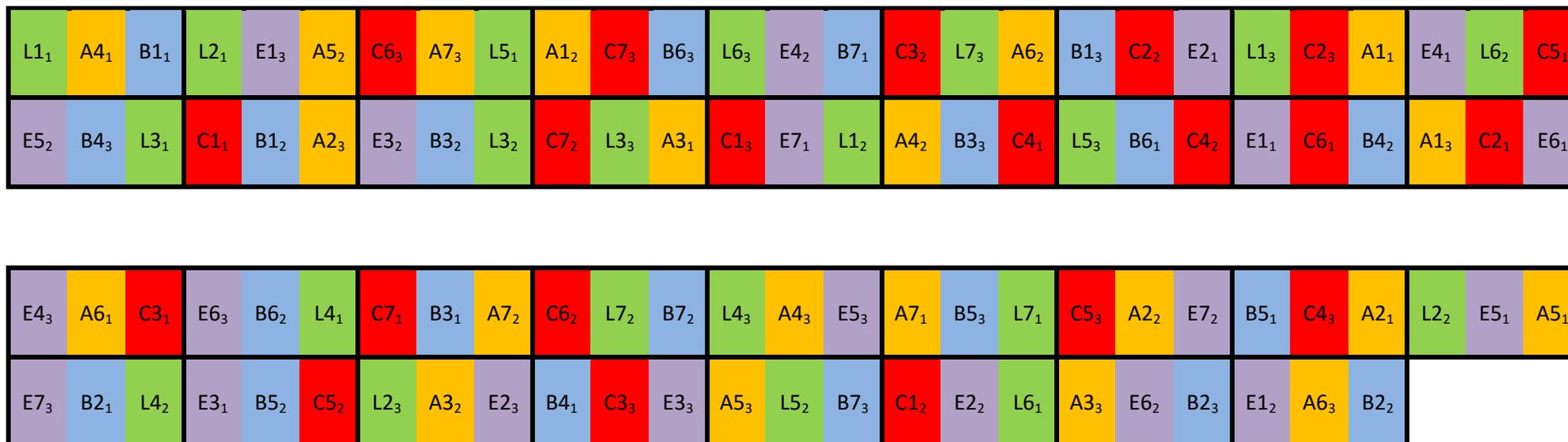


Figura 4: Croquis del diseño experimental

**Especies**  
**A:** *Atriplex halimus*  
**B:** *Bituminaria bituminosa*  
**C:** *Coronilla Viminalis*  
**E:** *Echium decaisnei*  
**L:** *Lotus lancerottenis*

**Tratamientos**  
**1:** Tratamiento KNO<sub>3</sub>  
**2:** Imbibición en agua 24 horas  
**3:** Imbibición en agua 48 horas  
**4:** 50" agua hirviendo  
**5:** 60" agua hirviendo  
**6:** 70" agua hirviendo  
**7:** Testigo

**Repeticiones**  
**Subíndice 1:** Repetición 1  
**Subíndice 2:** Repetición 2  
**Subíndice 3:** Repetición 3

#### **4.1.7. Análisis morfológico**

Con el objetivo de estudiar la biometría de las plántulas, al finalizar la etapa de germinación, se procedió a tomar medidas con un escalímetro digital de la altura, anchura de la planta y diámetro de tallo de cada planta germinada (Anexo 2, Tabla 35, 36 y 37).

### **4.2. ENSAYO DE FERTIRRIGACIÓN**

El ensayo de germinación, solamente fue válido en tres especies de las cinco sembradas, *B. bituminosa*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*. Así pues, se estudió la fertilización de éstas especies debido a su posible uso como potencial forrajero y para repoblar áreas en riesgo de desertificación. Con este ensayo estudiamos desarrollo y mantenimiento de las plantas hasta el otoño, periodo idóneo para su trasplante a finca por coincidir con las primeras lluvias.

#### **4.2.1. Climatología**

A pesar de no contar con datos de temperatura y humedad dentro del invernadero de la “Caja de Ahorros” durante el periodo de junio a septiembre, lo que se hizo fue lo siguiente: con las ecuaciones de González Reyes (2014) se transformaron las mediciones de temperatura y humedad de la estación total de La Laguna (ETSIA Laguna) (situada en Tahonilla alta), perteneciente a la red de estaciones meteorológicas del Cabildo de Tenerife y se obtuvieron unos valores aproximados a las posibles temperaturas y humedades durante el ensayo de germinación. Las ecuaciones utilizadas y los datos medios obtenidos se pueden consultar en el Anexo 1, Tabla 34.

#### **4.2.2. Labor de vivero**

##### **4.2.1.1. Diseño experimental**

Esta segunda fase del trabajo comenzó el día 12/06/2014. Se realizaron los ensayos de fertirrigación de las tres especies de las que se disponía, tras la finalización del ensayo de germinación. El ensayo constó de 3 especies x 4 repeticiones x 4 tratamientos x 6 plántulas de cada especie. En total se utilizaron 288 plantas, por especie 96 y por tratamiento 24. Para la selección de plantas se

tuvo en cuenta que presentaran buen aspecto y un crecimiento medio estándar entre el conjunto total de plantas, desechando las que tuvieron un crecimiento superior o inferior a la media o mostraran defectos y anomalía. Para cada bloque se montó un equipo individual de fertirrigación, tres de ellos tenían diferentes concentraciones de fertilizantes y el cuarto fue el testigo (Figura 5).

Para la preparación de las soluciones nutritivas se empleó un fertilizante soluble 19:19:19 de la casa Fertinagro. Se ensayaron distintas soluciones con la misma cantidad de microelementos y diferentes cantidades de macroelementos, se prepararon y fueron añadidas a los depósitos de fertilización. Al día siguiente se midió pH y CE, para comprobar que las concentraciones usadas no dañaban al cultivo.

- T0→ testigo (0 mg/l NPK y 50 mg/l de micro-elementos)
- T1→ 300 mg/l de NPK y 50 mg/l de micro-elementos.
- T2→ 600 mg/l de NPK y 50 mg/l de micro-elementos.
- T3→ 900 mg/l de NPK y 50 mg/l de micro-elementos.

#### **4.2.1.2. Fertirrigación**

Antes del comienzo de esta fase los riegos proporcionados se realizaron a modo de fina lluvia, manteniendo el sustrato próximo a la capacidad de campo. Para la fertirrigación se instaló un equipo individual de fertilización para cada tratamiento con el que se dosificó la fertilización a través del riego (Figura 5).

El equipo de fertirrigación estaba formado por cuatro depósitos de 25 litros cada uno, en los que se almacenó la solución nutritiva de cada uno de los tratamientos (Foto 20). Se instaló una llave en la base del depósito con el fin de permitir la apertura y cierre manual y controlar el caudal, ya que la solución nutritiva caía por gravedad. Entre esta llave y el cultivo existía una diferencia de altura de 1,50 m, esta diferencia de potencial se aprovechó para poder regar sin necesidad de dispositivos que aportaran la energía necesaria para que el agua llegase a cada planta.

Se emplearon tuberías de polietileno de 16 mm de diámetro nominal que salían de cada depósito y se ramificaba en dos laterales que recorrían las bandejas en las que se situaban los contenedores, sobre ésta manguera se insertaban distribuidores de cuatro y dos salidas cada 10 cm de espacio sobre los laterales (Foto 21) y (Figura 5). De cada distribuidor salía un micro-tubo en el que se insertaba una pica que se introducía en el contenedor forestal para regar individualmente cada planta y bloque.

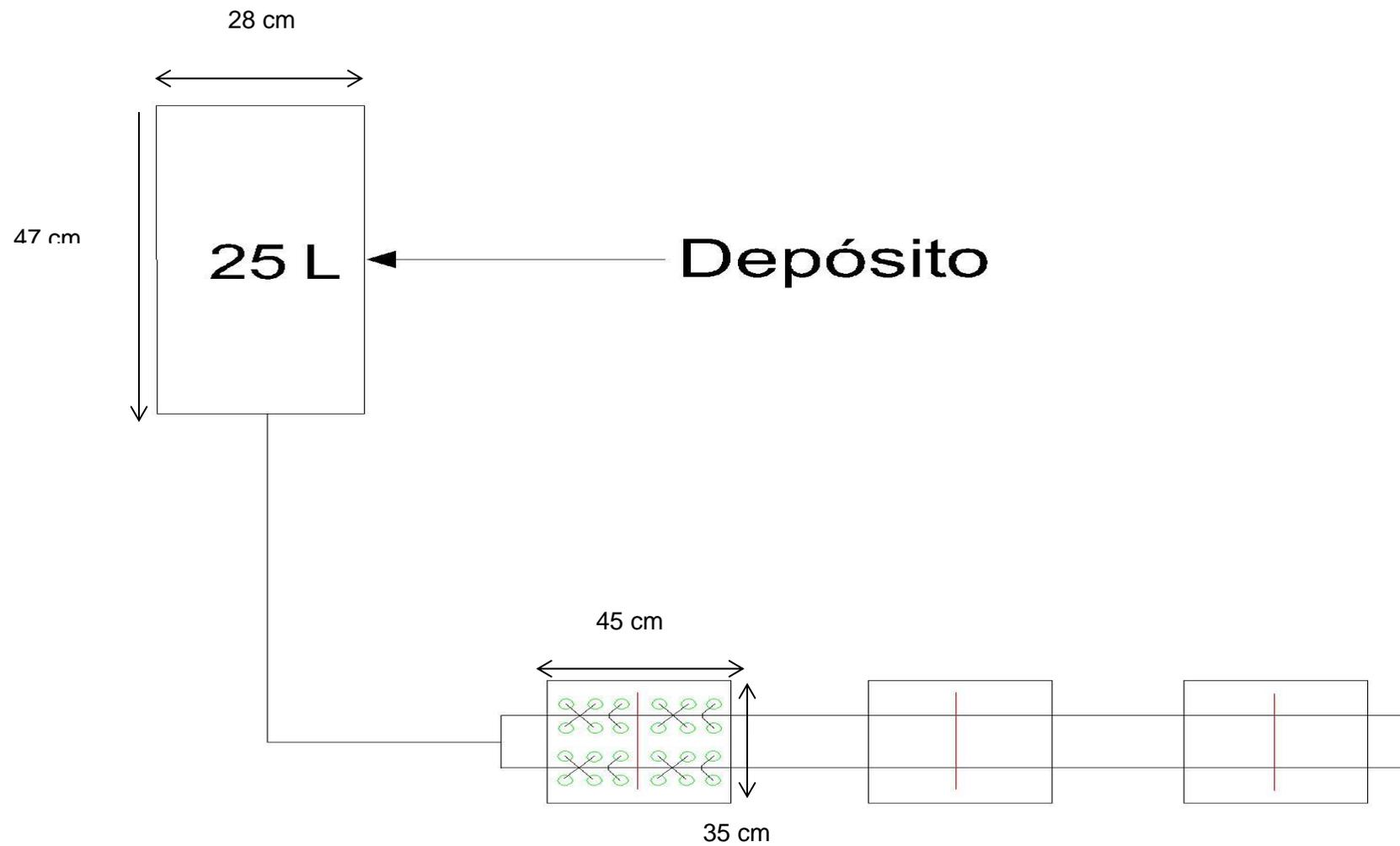


Figura 5: Esquema de equipo de fertirrigación



Foto 21: Depósitos en suspensión (izquierda) y tuberías principales y laterales (derecha)



Foto 20: Instalación completa (izquierda) y depósitos de cuatro y dos salidas (derecha)

#### 4.2.1.3. Irrigación

La irrigación se llevó a cabo con una frecuencia diaria desde que comenzó la fertilización. El riego aportado se realizó hasta la saturación del sustrato, llegando a la capacidad de campo. El tiempo de riego osciló desde los 20" a 1', debido a las oscilaciones en las condiciones meteorológicas que se dieron durante el ensayo. Es necesario destacar la incidencia de días con elevadas temperaturas y bajos porcentajes de humedad relativa, durante olas de calor, en

los que fue necesario regar dos veces al día. Los depósitos se recubrieron con material plástico opaco con el fin de impedir la incidencia de la luz en los depósitos y, por lo tanto, que se desarrollaran algas que obstruyeran el paso del agua por los distribuidores.

Debido a la frecuencia de riegos, los depósitos se tuvieron que rellenar hasta en cuatro ocasiones: 3/07; 25/07; 26/08 y 8/09/14. En cada una de las mismas se realizó un análisis pH y CE.

#### 4.2.1.4. Toma de datos

Se tomaron medidas de altura, ancho de copa y diámetro del tallo para cada planta, al inicio y final del ensayo con el fin de comparar el desarrollo del cultivo para cada tratamiento.

#### 4.2.1.5. Cosecha

El levantamiento del cultivo se realizó el 25/09/14 (Foto 22), dando por concluida la labor de vivero con una duración de 106 días de fertirrigación. Las plantas se cortaron a nivel de cuello, se clasificaron según el bloque, repetición y tratamiento, se embolsaron y, a continuación, fueron trasladadas al Laboratorio de Análisis Agrícola de la Escuela, donde fueron lavadas y puestas en sobres de



Foto 22: Últimos días de cultivos antes de levantarlo

laboratorio para su posterior secado en estufa a 60°C. El sustrato también fue clasificado y puesto a secar en el invernadero para poder medir pH y CE.

#### **4.2.2. Labor de laboratorio**

##### **4.2.2.1. Determinaciones analíticas**

###### **4.2.2.1.1. Consideraciones previas**

La labor realizada en laboratorio durante la segunda fase, se puede clasificar en seis procesos:

- 1) Análisis de solución nutritiva. Determinándose pH y CE cada vez que se renovaban los depósitos fertilizantes (Anexo 7, Tabla 46).
- 2) Toma de datos de la biometría del cultivo (Anexo 2 y 3, Tabla 35, 36, 37, 38, 39 y 40).
- 3) Levantamiento del cultivo y del sustrato en el invernadero.
- 4) Medida del peso fresco y peso seco a 60°C en estufa.
- 5) Análisis del sustrato mediante un extracto de saturación en el que se obtuvo pH y CE (Anexo 5, Tabla 44).
- 6) Análisis químico bromatológico de los principales nutrientes en las muestras foliares, en la que se determinó N orgánico foliar, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y P. Además, mediante el contenido en N orgánico se determinaron los niveles de proteína bruta (PB) de las especies. (Anexo 4, Tabla 41, 42 y 43).

###### **4.2.2.2. Análisis de la solución nutritiva**

###### **4.2.2.2.1. Consideraciones previas**

El agua de riego utilizada procedía de un depósito situado en la EPSI sec. IA. Se midió el pH y CE, obteniendo un diagnóstico de la calidad del agua y las posibles incidencias que pudiera tener su uso durante el cultivo (Anexo 7, Tabla 46).

#### 4.2.2.2. Toma de muestras

Las muestras se recogieron de cada uno de los depósitos de fertilizantes. Cada vez que se procedía al rellenado de los depósitos se recogían las muestras un día después del cambio, permitiendo la salida del agua que estaba retenida en la tubería de los depósitos anteriores.

#### 4.2.2.3. Determinaciones analíticas

- pH se midió con un pH metro pHM 210 (Foto 23).



Foto 23: pH metro, pHM 210

- CE se midió con un conductímetro, Inolab. (Foto 24)



Foto 24: Conductímetro, Inolab

### **4.2.2.3. Soluciones nutritivas**

#### **4.2.2.3.1. Consideraciones previas**

Para el ensayo se establecieron tres soluciones nutritivas con distintas concentraciones de macroelementos y la misma concentración de microelementos, teniendo en cuenta la CE, con el fin de que no alcanzara valores superiores a 1,2-1,3 dS/m.

#### **4.2.2.3.2. Preparación de las disoluciones nutritivas**

Para la preparación de las soluciones nutritivas en los tanques de fertilización se pesó la cantidad de macronutrientes para cada depósito, que se diluyó hasta 25 litros, llegando así a la concentración requerida. Para los micronutrientes se hizo un proceso similar al anterior, a la misma vez que se diluían los macronutrientes. La operación de llenado de los depósitos se realizó hasta cuatro veces, gastando en el cultivo 100 litros de solución nutritiva por bloque.

### **4.2.2.4. Análisis químico del sustrato**

#### **4.2.2.4.1. Determinaciones analíticas**

Al final del ensayo, una vez levantado el cultivo, se realizaron mediciones de pH y CE de los sustratos para tener determinar la cantidad de sales de las que disponía cada cultivo. Las muestras se secaron al aire en el propio invernadero de cultivo, también se mezclaron los sustratos de cada bloque de plantas. Una vez secas, fueron sometidas a un tamizado a través de un tamiz de 2 mm de luz de malla (Foto 25). Las muestras fueron preparadas mediante la relación 1:5 (gramos de suelo: ml de agua).

En este caso se mezclaron 10 g de suelo y 50 ml de agua destilada, agitando el recipiente y dejando reposar hasta el día siguiente: antes de hacer las mediciones, el extracto se filtró (Foto 26). Se procedió a la medición del pH mediante un pH metro pHM 210 y la CE mediante un conductímetro Inolab. Los resultados se encuentran en el Anexo 5, Tabla 44.



Foto 25: Tamiz de 2mm de luz (izquierda) y suelo secándose (derecha)



Foto 26: Suelos filtrándose

#### 4.2.2.5. Procedimientos analíticos de las plantas

El día 25/12/2014 se cortó a nivel de cuello las plantas para su posterior análisis.

##### 4.2.2.5.1. Determinación del peso fresco

Para cada tratamiento, repetición y bloque se pesó la cosecha obtenida una vez cortada, realizándose en las primeras horas de la mañana, en las que el ambiente era más fresco. Es necesario decir que se llevó a cabo la diferenciación entre la fracción ramoneable (aquella ingerida por el animal) y la fracción no ramoneable (troncos lignificados y partes similares) (Foto 27).



Foto 27: Peso en fresco de *E. decaisnei*

#### 4.2.2.5.2. Determinación de la Materia Seca

Las muestras fueron introducidas en bolsas de papel perforadas, previo lavado para eliminar impurezas. Se introdujeron en una estufa a 60°C durante 24 horas. Una vez concluido este proceso, se sacaron y se pesaron, obteniendo así el peso seco. Terminado este proceso, se procedió al triturado y tamizado en un molino de martillo marca Culatti (Foto 28). Cada repetición se trituró, guardó y clasificó en bolsas de plásticos, conservándose en un cuarto con una lámpara infra-rojo para conservar las muestras en un lugar con baja humedad y temperatura constante.



Foto 28: Molino de martillo de la marca Culatti

#### 4.2.2.6. Análisis foliar

##### 4.2.2.6.1. Consideraciones previas

Se determinó en muestra foliar el  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y P. También se determinó la proteína bruta (PB), obteniendo un indicador de la calidad del forraje.

##### 4.2.2.6.2. Técnicas de análisis

En primer lugar se procedió a la mineralización de las muestras por vía seca en el horno mufla marca Carbolite Furnaces CSF 1100 (Foto 29) a  $500^{\circ}\text{C}$  durante 5 horas para la determinación de los minerales y el porcentaje de cenizas.

Para poder determinar los cationes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y P se procedió a la transformación de las cenizas obtenidas con 5ml HCl 6N, para facilitar la disolución este proceso se realizó sobre una placa caliente hasta que hierva la disolución. Una vez frío, se enrasó de nuevo en un matraz de 100ml, se agitó y se transfirió a una botella de plástico clasificada (Foto 30).



Foto 29: Horno mufla marca Carbolite Furnaces CSF 1100



Foto 30: Proceso de mineralización

- **Determinación de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$**

Se determinaron por fotometría de llama con un fotómetro EEC de la marca Evans (Foto 31). En tubos de ensayo se diluyó convenientemente la muestra, tanto para Na como para K. Se diluyeron de tal forma que la lectura de la concentración se encontrase dentro de la curva de calibrado realizada con los patrones de 2, 4, 6 y 8 ppm.



Foto 31: Fotómetro EEC de la marca Evans

- **Determinación de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$**

Se determinaron por medio de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Thermo Electron Corporation, S Series y el AutoSampler ASX-520 (Foto 32).



Foto 32: Thermo Electron Corporation, S Series, AA espectrómetro y AutoSampler ASX-520

Cada muestra se diluyó en tubos de ensayo de forma conveniente para que la lectura de la absorbancia se situara dentro de la curva de calibrado preparada con los distintos patrones.

- **Determinación de P foliar**

Para la determinación del fósforo foliar, se utilizó la técnica de colorimetría, al desarrollarse el color amarillo del complejo Vanadato-Molibdato-Fosfórico, con el método Vanadato-Molibdato, utilizando el espectrofotómetro UV/VIS Perkin-Elmer 551S (Foto 33). Las diluciones realizadas para las lecturas de las muestras se hicieron de tal forma que se situaran en la curva de calibrado de 2, 4, 6 y 8 ppm (Foto 33).



Foto 33: Escala cromática (izquierda) y EspectrofotómetroUV/VIS Perkin-Elmer 551S (derecha)

- **Determinación de la proteína bruta (PB)**

La proteína bruta se determinó mediante el método Kjeldahl para nitrógeno foliar.



Foto 34: Digestor, Bloc Digest 12, marca Selecta (izquierda) y Tecator Kjeltec TM2100, marca Foss (Derecha)

La digestión del nitrógeno orgánico se completó en la batería de ataque por calentamiento modelo Bloc Digest 12 de la marca Selecta (Foto 34). En el destilador la sal de amonio (Foto 34) se alcalinizó con una disolución de NaOH, pasando la sal de amonio a amoniaco gaseoso, que se destiló y recogió en el matraz de ácido bórico (pasa de rojo a verde en función de la cantidad de nitrógeno que disponga). El amonio formado se valoró con ácido sulfúrico 0,1N virando nuevamente al color inicial del indicador.

#### 4.2.3. Estudio estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico de normalidad para observar si los datos se comportaban de forma normal y poder analizarlos directamente, o someterlos a una transformación mediante una ANOVA (DMS,  $P \leq 0,05$ ) para que los datos se acerquen a la normalidad. Una vez realizada la transformación en las variables que lo necesitaron, se realizó un análisis de varianza de las medias para comparar datos y obtener significación entre ellos.

Para la germinación se tuvo que transformar la variable, como variable dependiente se utilizó la germinación, como factor intra-sujetos el "Tratamiento"

que se le aplicó a cada especie y como factor inter-sujetos la “Especie”. En la fertilización hubo elementos que necesitaron transformación y otros no, para los que la necesitaron se determinó como variable dependiente el elemento analizado, como factor intra-sujetos “Especie” y factor inter-sujetos “Tratamiento”, comparando tanto tratamientos entre tratamientos y entre especies. Todo este proceso fue realizado por el programa estadístico SPSS 21.



## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. ENSAYO DE GERMINACIÓN

Una vez finalizado el proceso de germinación de 90 días, sólo se obtuvieron resultados en tres especies de las cinco sembradas. Estas fueron: *B. bituminosa*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*.

#### 5.1.1. Prueba de viabilidad

Antes de iniciar la germinación, se hizo un ensayo de viabilidad de las semillas mediante la prueba del cloruro de tetrazolio. Los resultados (Tablas 10 y 11) muestran el número de semillas que flotan a priori y las que no, al imbibirlas durante 24 horas en agua en dos lotes de semillas, uno de 30 y otro de 15.

Tabla 10: Número de semillas que se hunden y se mantienen en la superficie (Grupos de 30 semillas)

| Especies                 | Hundidas | Superficie |
|--------------------------|----------|------------|
| <i>A. halimus</i>        | 19       | 11         |
| <i>B. bituminosa</i>     | 30       | -          |
| <i>C. viminalis</i>      | 30       | -          |
| <i>E. decaisnei</i>      | 26       | 4          |
| <i>L. lancerottensis</i> | 30       | -          |

Tabla 11: Número de semillas que se hunden y se mantienen en la superficie (Grupos de 15 semillas)

| Especies                 | Hundidas | Superficie |
|--------------------------|----------|------------|
| <i>A. halimus</i>        | 8        | 7          |
| <i>B. bituminosa</i>     | 14       | 1          |
| <i>C. viminalis</i>      | 15       | -          |
| <i>E. decaisnei</i>      | 10       | 5          |
| <i>L. lancerottensis</i> | 12       | 3          |

En las cinco especies hay semillas que descienden al fondo al ser tocadas y otras que no lo hacen. Se puede deducir que las que están en la parte inferior del recipiente son viables.

Los resultados de tinción de las semillas frente a la solución de tetrazolio, permiten la clasificación de las semillas en tres categorías, según el patrón de tinción, tal y como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12: Coloración de las semillas tratadas con cloruro de tetrazolio n=30

| Espece                   | Teñidas totalmente<br>n (%) | Teñidas parcial<br>n (%) | Libres de coloración<br>n (%) |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| <i>A. halimus</i>        | 0 (0%)                      | 16 (53%)                 | 14 (47%)                      |
| <i>B. bituminosa</i>     | 11 (37%)                    | 19 (63%)                 | 0 (0%)                        |
| <i>C. viminalis</i>      | 0 (0%)                      | 0 (0%)                   | 30 (100%)                     |
| <i>E. deciasnei</i>      | 5 (17%)                     | 12 (40%)                 | 13 (43%)                      |
| <i>L. lancerottensis</i> | 11 (37%)                    | 12 (40%)                 | 7 (23%)                       |

**Nota:** Valores netos (n) y entre paréntesis porcentaje decoloración

De los resultados se observa que las semillas de peor germinación serían las correspondientes a las especies *A. halimus* y *C. viminalis* (Foto 35 y 37), y las que mostraron una mejor germinación serían las de *B. bituminosa*, *E. deciasnei* y *L. lancerottensis* (Foto 36, 38 y 39). Reafirmando estos resultados en el ensayo realizado, en el que no germinaron las especies *C. viminalis* y *A. halimus*.

A continuación, se tomaron fotos con la lupa (Leica, Modelo EZ4D) para apreciar la coloración de las semillas:

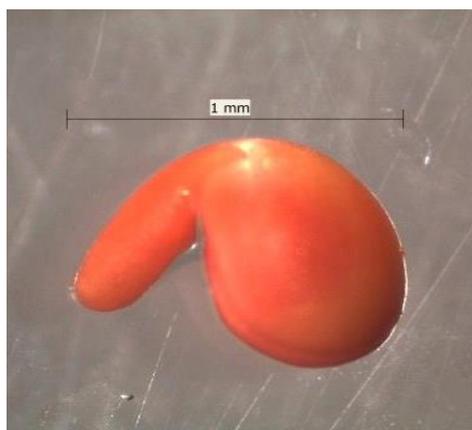


Foto 35: Semilla de *A. halimus* en cloruro de tetrazolio

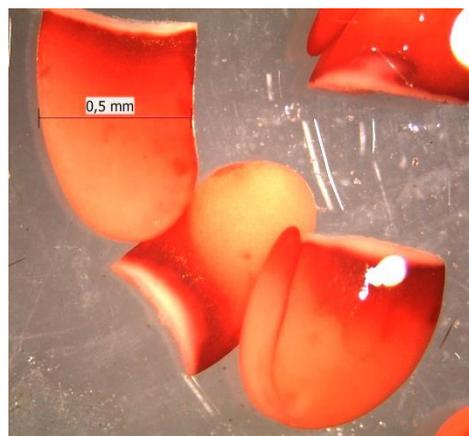


Foto 36: Semilla de *B. bituminosa* en cloruro de tetrazolio



Foto 37: Semilla de *C. viminalis* en cloruro de tetrazolio

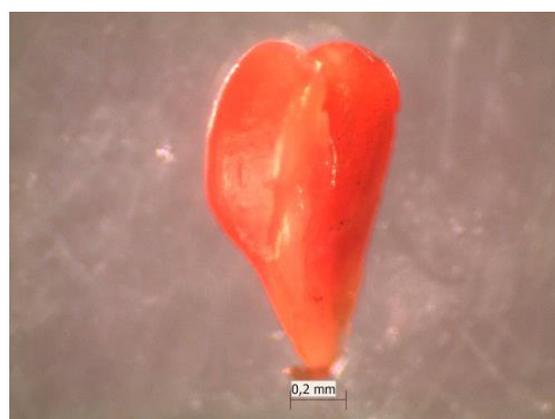


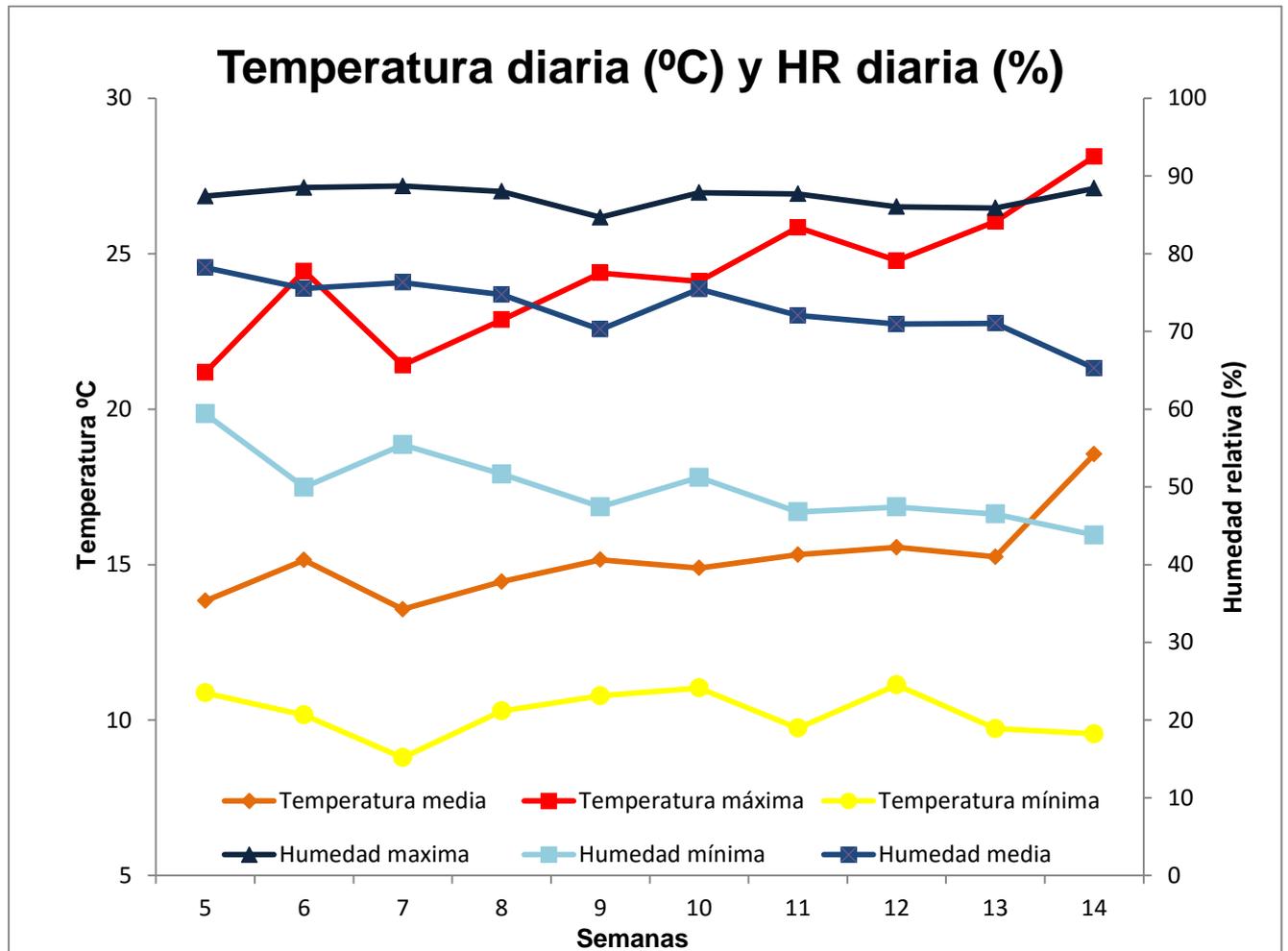
Foto 38: Semilla de *E. decaisnei* en cloruro de tetrazolio



Foto 39: Semilla de *L. lancerottensis* en cloruro de tetrazolio

### 5.1.2. Climatología durante la germinación

A continuación se recoge el registro climatológico (temperatura y humedad) del invernadero de la “Caja de Ahorros” durante el periodo de germinación (Gráfica 1)



Gráfica 1: Registro climatológico medio de las temperaturas y humedades en el invernadero de la “Caja de Ahorros” durante el periodo de germinación

Durante el periodo de germinación (Enero-Marzo) se registró una temperatura media de 15°C y una humedad relativa media entre un 70-80%, con temperaturas mínimas de 10°C y máximas de 29°C y humedades mínimas de 45% y máxima de 90%. Por tanto, durante este periodo se apreció un ambiente húmedo con temperaturas frías.

## 5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA GERMINACIÓN

En la Tabla 13 se observa que el factor “Especie” no presenta significación ( $P=0,774$ ), al igual que el factor “Tratamiento” ( $P=0,975$ ) y “Especie x Tratamiento” ( $P=0,894$ ). Al contrario de lo citado por Chinea *et al.* (2010), que cita significación para la germinación de estas mismas especies.

**Tabla 13: Prueba de efectos intra sujetos. Variable dependiente germinación de las tres especies estudiadas. N=392**

| Origen                | G.L | Suma de cuadrados | F     | P     |
|-----------------------|-----|-------------------|-------|-------|
| Especie               | 2   | 0,334             | 0,258 | 0,774 |
| Especie x Tratamiento | 12  | 3,908             | 0,504 | 0,894 |
| Error (especie)       | 28  | 18,096            |       |       |
| Tratamiento           | 6   | 0,566             | 0,188 | 0,975 |
| Error (tratamiento)   | 14  | 7,039             |       |       |

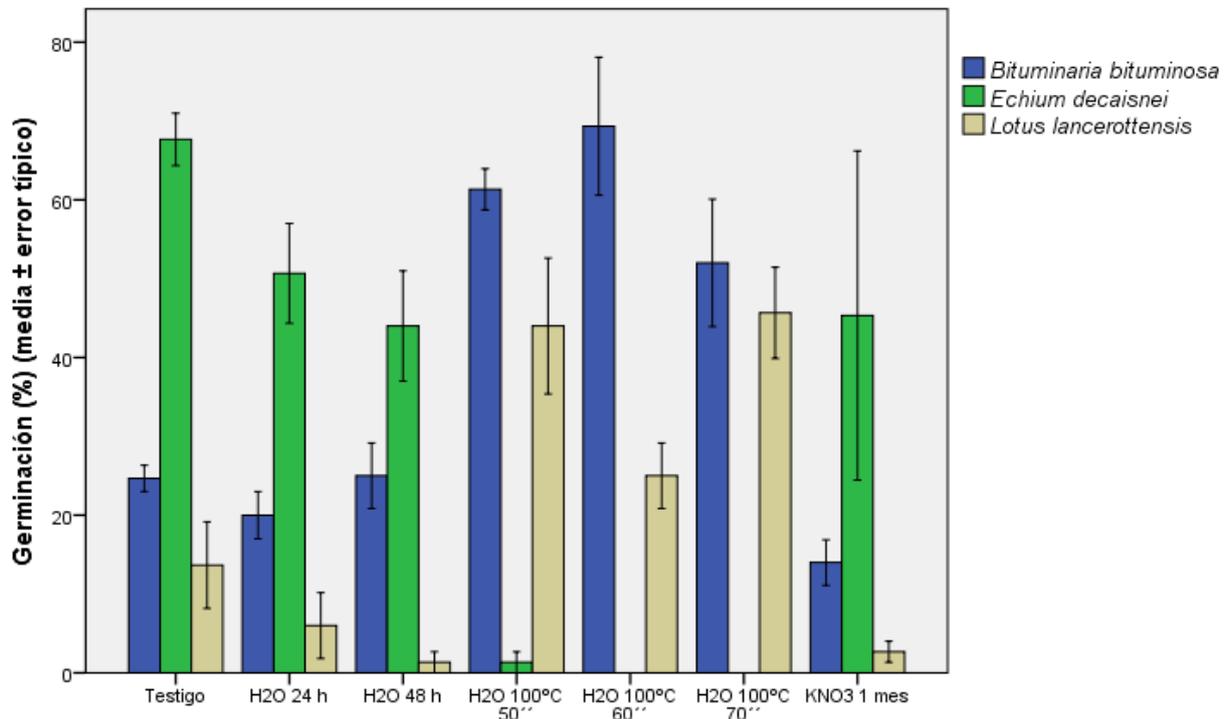
**Nota:** Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable ( $x$  transformado  $\text{sen } x$ )  $P \leq 0,05$

Presentan diferencias significativas entre tratamientos en una misma especie. La especie *B. bituminosa* obtiene el mayor número de germinación y el tratamiento más exitoso con un 70% de germinación, fue el de agua hirviendo durante 60". *L. lancerottensis* tiene el menor número semillas germinadas, 89 y *E. decaisnei* obtiene el tratamiento menos productivo con menos de un 2% en agua hirviendo a 50", 60" y 70" (Gráfica 2).

La significación inter-grupos, es decir, entre tratamientos de germinación, de cada una de las especies es  $P \leq 0,05$ , lo que concluimos que las diferencias entre los distintos tratamientos dentro de cada especie son significativas (Tabla 14).

**Tabla 14: Análisis ANOVA Inter-grupos del porcentaje de germinación en *B. bituminosa*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*,  $P \leq 0,05$**

|                          | G.L. | Suma de cuadrados | F      | P      |
|--------------------------|------|-------------------|--------|--------|
| <i>B. bituminosa</i>     | 6    | 8906,952          | 18,623 | <0,001 |
| <i>E. decaisnei</i>      | 6    | 14695,905         | 10,634 | <0,001 |
| <i>L. lancerottensis</i> | 6    | 6433,143          | 14,206 | <0,001 |



Gráfica 2: Porcentaje de germinación y error típico de las tres especies estudiadas

Nota: Las especies o muestras seguidas por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

### 5.2.1. Evolución de la germinación en *B. bituminosa*

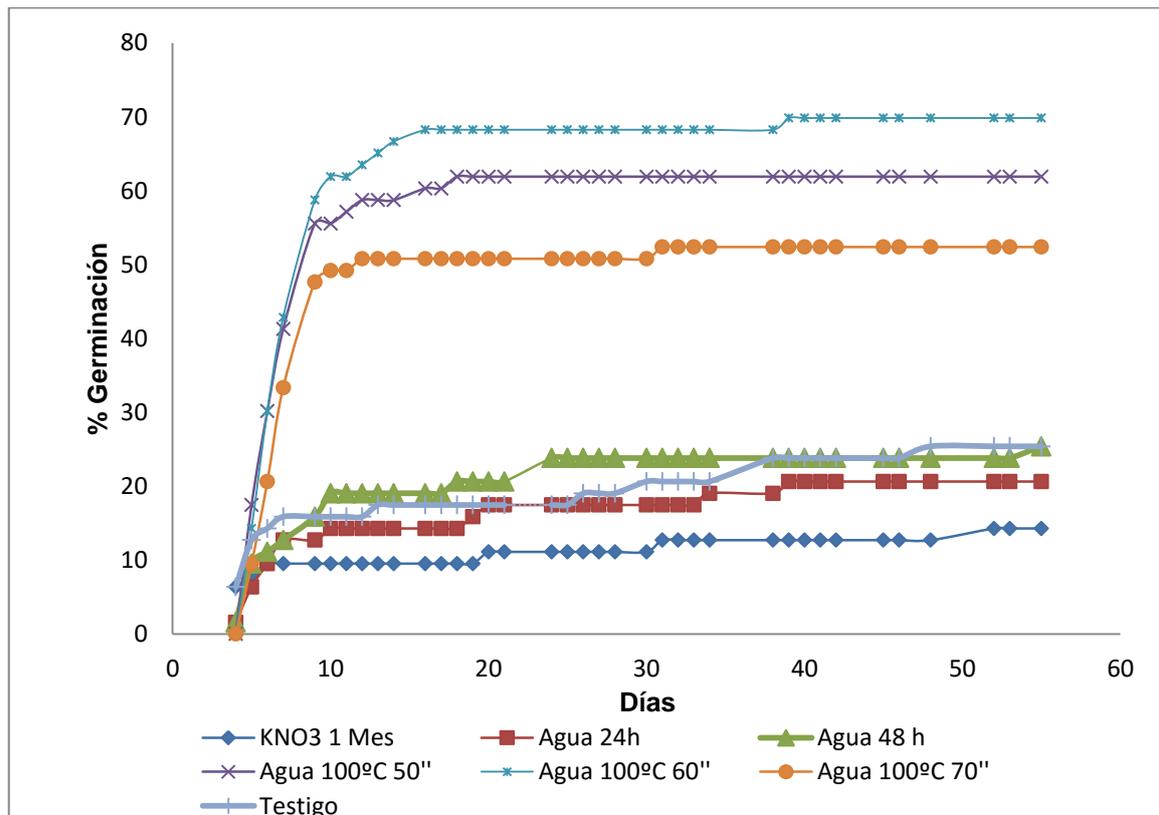
La germinación comenzó a partir de los siete días de la siembra (Gráfica 3), y alcanzó el máximo a los 15 días. Emergieron 170 semillas de un total de 441 sembradas (Tabla 15).

Tabla 15: Datos de la germinación por cada tratamiento para la especie *B. bituminosa*, entre paréntesis el valor de germinación medio en porcentaje de N=63

| Tratamiento                    | % Germinación<br>n (%)     |
|--------------------------------|----------------------------|
| Testigo                        | 16 (25,40%) <sup>(b)</sup> |
| Imbibición 24 horas            | 13 (20,63%) <sup>(b)</sup> |
| Imbibición 48 horas            | 16 (25,40%) <sup>(b)</sup> |
| Agua hirviendo 50''            | 39 (61,90%) <sup>(a)</sup> |
| Agua hirviendo 60''            | 44 (69,84%) <sup>(a)</sup> |
| Agua hirviendo 70''            | 33 (52,38%) <sup>(a)</sup> |
| KNO <sub>3</sub> durante 1 mes | 9 (14,29%) <sup>(b)</sup>  |
| <b>Germinación total</b>       | <b>170</b>                 |

Nota: Valores netos de germinación (n), entre paréntesis aparece el porcentaje de germinación y en el superíndice las letras que indican si hay diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0,05$ )

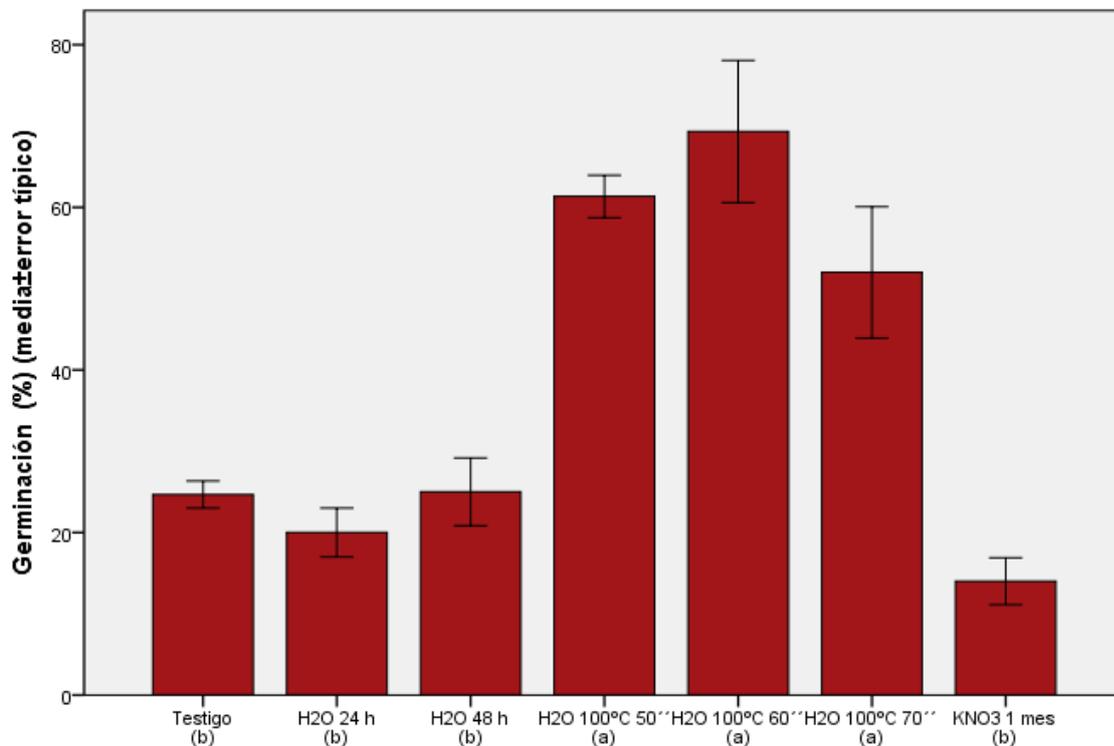
Las curvas de germinación (Gráfica 3) siguen un comportamiento sigmoideal, mostrando que las semillas con tratamientos diferentes empezaron a germinar a la misma vez y que los métodos que más éxito tuvieron fueron, los de agua hirviendo a diferentes tiempos, germinando el 70% del total de semillas sembradas en el tratamiento de agua hirviendo durante 60". Además el número máximo de germinación en todos los tratamientos se alcanza a los 15 días aproximadamente (Foto 40).



Gráfica 3: Curvas de la germinación acumulada para la especie *B. bituminosa* N=63

El porcentaje más alto de germinación lo presenta el tratamiento en agua hirviendo durante 60", con un 70%, seguido del mismo tratamiento con duraciones variable de 50" y 70" con un porcentaje de 62% y 52%, respectivamente. En la Gráfica 4 observamos que estos tres tratamientos no muestran diferencias significativas entre sí. Por otro lado, los tratamientos restantes (testigo, imbibición en agua durante 24 y 48 horas y KNO<sub>3</sub>) no muestran diferencias significativas entre ellos, y sí con los nombrados con anterioridad,

siendo el tratamiento de  $\text{KNO}_3$  durante un mes el más bajo en germinación, con un 15%.



**Gráfica 4: Porcentaje de germinación y error típico de *B. bituminosa***

**Nota: Valores medios de cuatro repeticiones. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

Los resultados de *B. bituminosa* son inferiores a los determinados por China *et al.* (2010), que cita los valores más altos de germinación en inmersión de agua a 100°C y 80°C (51% y 46%, respectivamente) salvo los tratamientos de agua hirviendo que son ligeramente superiores. En cambio, en el estudio de Castello *et al.* (2013), se utilizaron diversos tratamientos tales como: imbibición en agua más tratamiento con ácido giberélico o escarificación mecánica y se obtuvieron valores de germinación de 79,7% y 84,3% respectivamente; también se trabajó con la técnica de cultivo *in vitro* consiguiendo resultados del 96-100%; y los resultados más bajos los tuvo con tratamiento de agua a 90°C durante 5' o 10' y a 150°C durante 1 min (14-24% de germinación). Por otro lado, Herranz *et al.* (1998) muestran como tratamiento más efectivo el de semillas en agua a 90°C durante 5-10' y a 150°C durante 1 min. La principal diferencia entre las semillas del trabajo de Castello *et al.* (2013) y las de Herranz *et al.* (1998) es que el germoplasma del primer trabajo consistía en semillas recién cosechadas y el del

segundo eran semillas almacenadas durante 17 meses, de lo que se puede deducir que el agua hirviendo daña al embrión cuando las semillas son recién cosechadas, pero rompe la latencia cuando el tiempo de almacenado es elevado. Esto coincide con lo obtenido en el presente trabajo, ya que las semillas llevaban aproximadamente 7 meses almacenadas y las del trabajo de China *et al.* (2010) eran recién cosechadas. Por tanto, puede concluirse que, la efectividad de un tratamiento depende, entre otras cosas, del tiempo de almacenaje de las semillas, si bien es verdad que el tratamiento más efectivo en la actualidad es el de cultivo in vitro (Castello *et al.*, 2013).

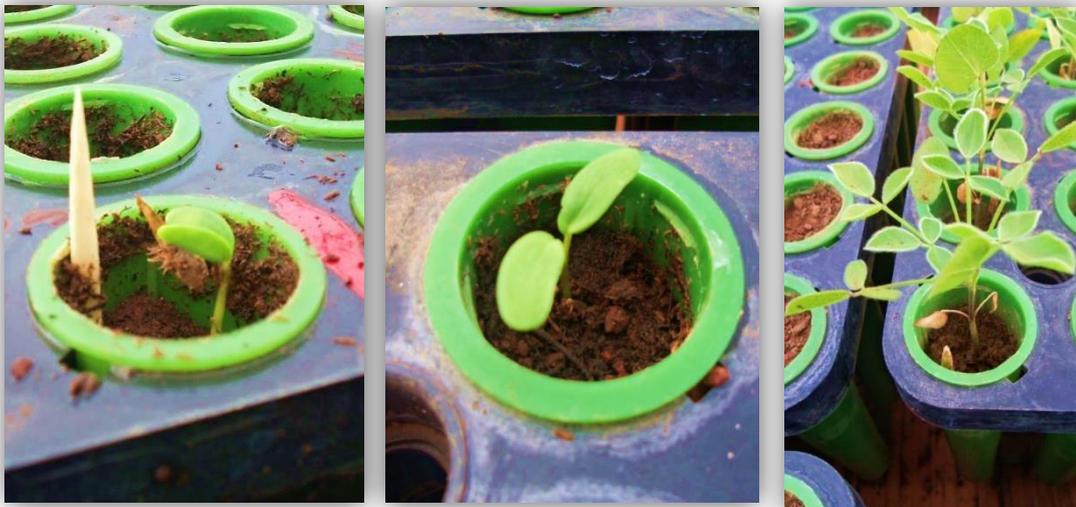


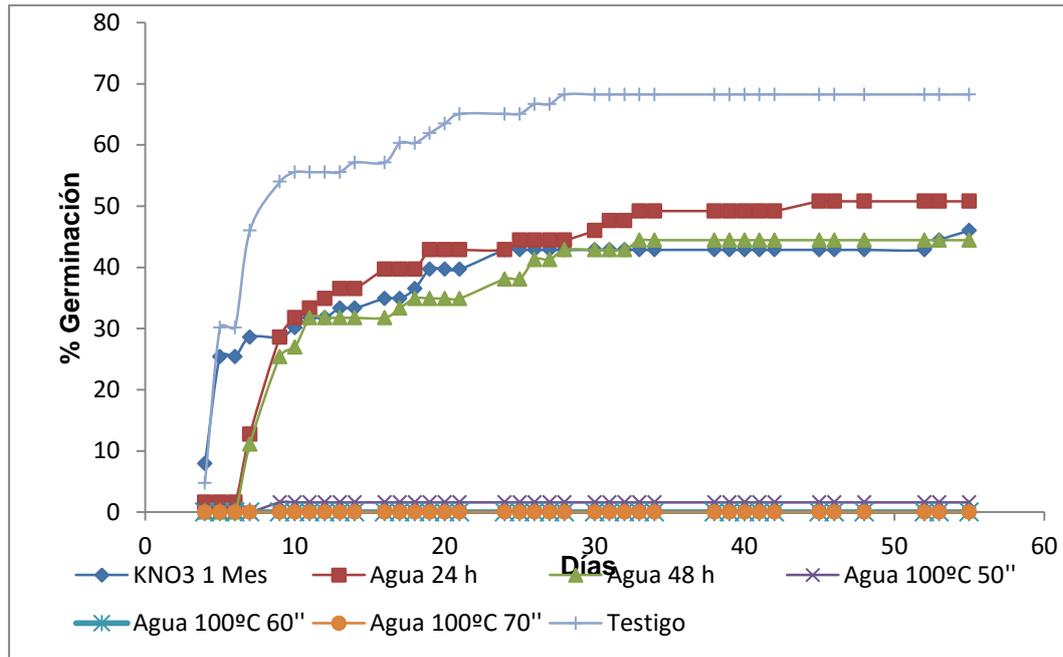
Foto 40: Diferentes estados de desarrollo de *B. bituminosa* durante el transcurso del estudio

### 5.2.2. Evolución de la germinación de *E. decaisnei*

La germinación (Foto 41), alcanzó su valor máximo a los 14 días. En total, germinaron 133 semillas de 441.



Foto 41: Diferentes estados de desarrollo de *E. decaisnei* durante el transcurso del estudio



Gráfica 5: Curvas de la germinación acumulada para la especie *E. decaisnei*

En la Gráfica 5 se observan los resultados, siendo el bloque testigo el que muestra los valores más altos de germinación (68% de media), con un comportamiento sigmoide. Los tres tratamientos de agua hirviendo presentaron porcentajes casi inexistentes de germinación (Tabla 16). En esta especie, la germinación se estabilizó casi a los 30 días de la siembra, tuvo una germinación más lenta que *B. bituminosa*.

Tabla 16: Datos de la germinación por cada tratamiento para la especie *E. decaisnei*

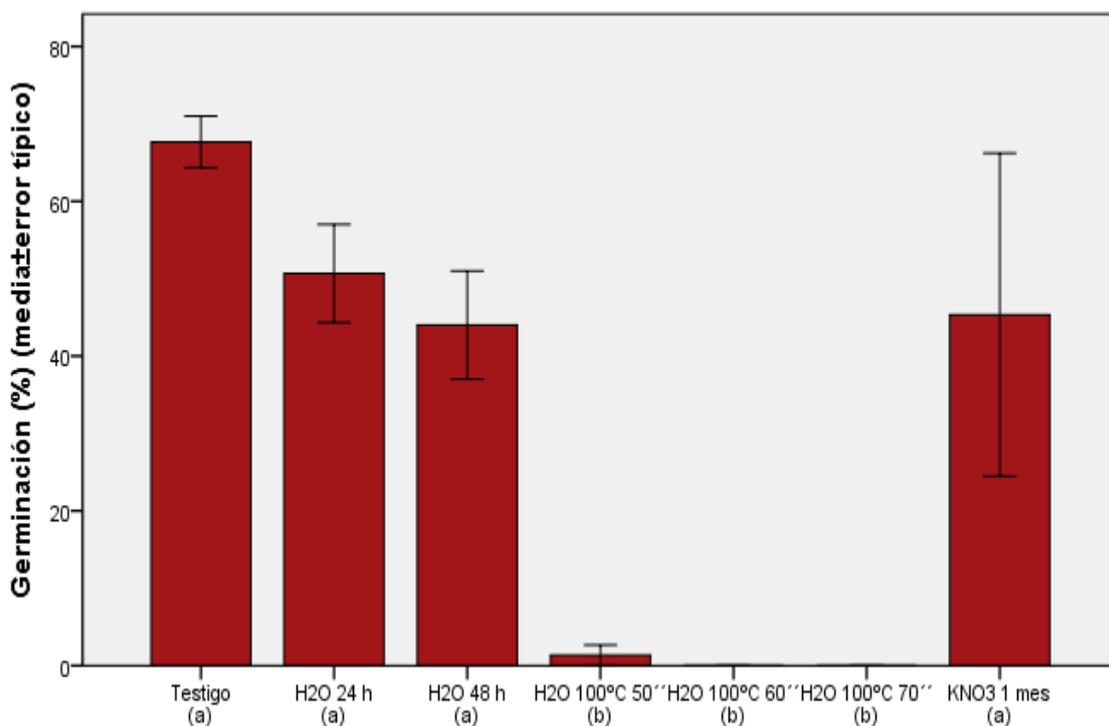
| Tratamiento                    | % Germinación<br>n (%)     |
|--------------------------------|----------------------------|
| Testigo                        | 43 (68,25%) <sup>(a)</sup> |
| Imbibición 24 horas            | 32 (50,79%) <sup>(a)</sup> |
| Imbibición 48 horas            | 28 (44,44%) <sup>(a)</sup> |
| Agua hirviendo 50"             | 1 (1,59%) <sup>(b)</sup>   |
| Agua hirviendo 60"             | 0 (0%) <sup>(b)</sup>      |
| Agua hirviendo 70"             | 0 (0%) <sup>(b)</sup>      |
| KNO <sub>3</sub> durante 1 mes | 29 (46,03%) <sup>(a)</sup> |
| <b>Germinación total</b>       | <b>133</b>                 |

Nota: Valores netos de germinación (n), entre paréntesis el valor medio de germinación en porcentaje de N=63 y en el superíndice las letras que indican si hay diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0,05$ )

Los tratamientos testigo, imbibición en agua a 24 y 48 horas, y KNO<sub>3</sub>, no muestran diferencias significativas entre sí, presentando el porcentaje de germinación más alto el testigo con 68%, seguido de imbibición 24 horas con un

51%,  $\text{KNO}_3$  con un 46% e imbibición 48 horas con un 44%. Estos tratamientos si muestran diferencias significativas con los restantes (agua hirviendo durante 50", 60" y 70"), los cuales mostraron porcentajes de germinación prácticamente nulos (Gráfica 6).

Al igual que lo citado por China *et al.* (2010), los valores mayores corresponden al tratamiento testigo, con un 73,41%. Los tres tratamientos de agua hirviendo presentaron valores muy bajos, análogamente a la referido por China *et al.* (2010), mientras que la imbibición en agua y el tratamiento con nitrato potásico, mostraron porcentajes intermedios. Los resultados obtenidos se asemejan a los citados por China *et al.* (2010), aunque los valores son ligeramente inferiores.

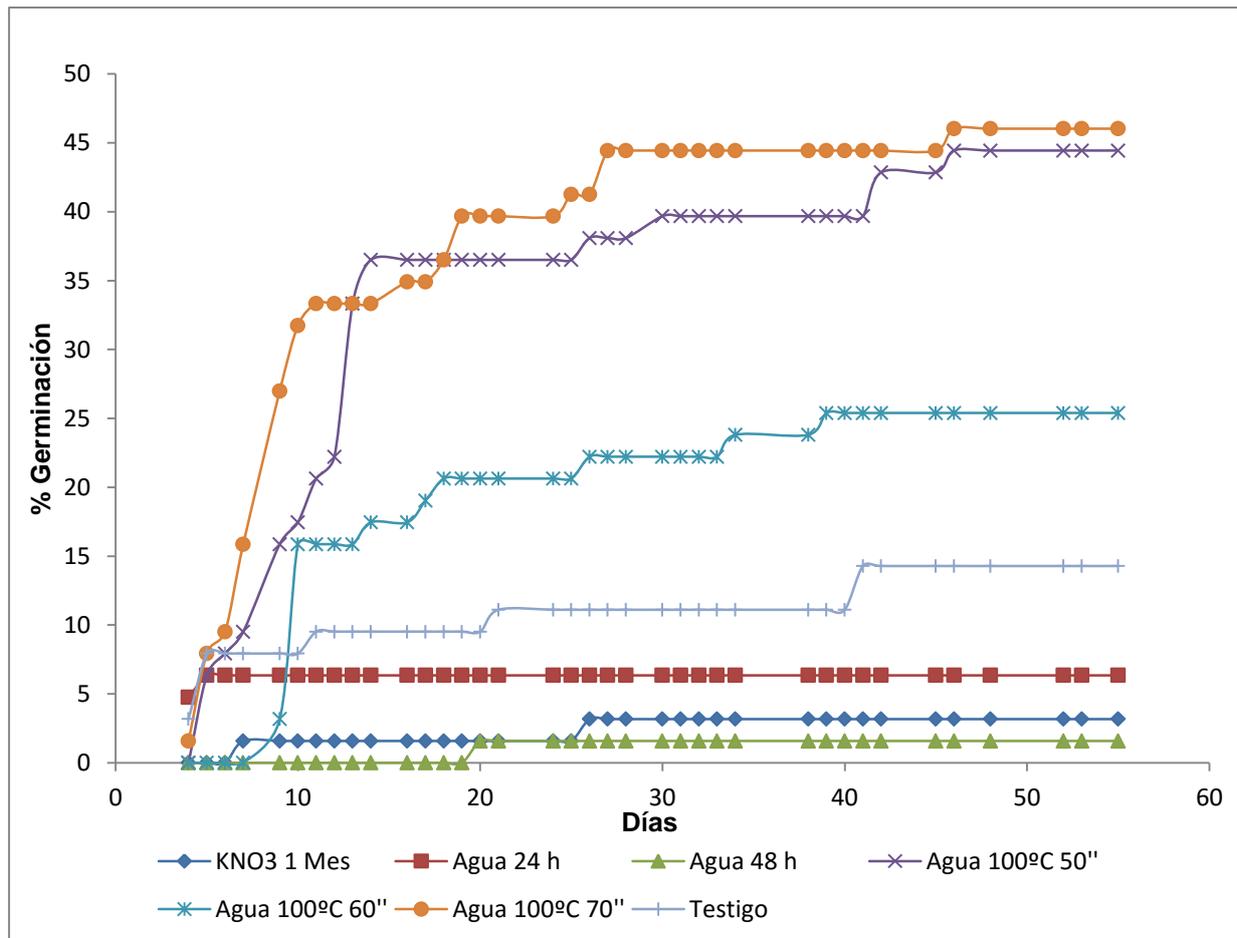


Gráfica 6: Porcentaje de germinación y error típico de *E. decaisnei*

Nota: Valores medios de cuatro repeticiones. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

### 5.2.3. Evolución de la germinación de *L. lancerottensis*

Como se observa en la Gráfica 7, tanto la imbibición en agua durante 24 y 48 horas, como el tratamiento de  $\text{KNO}_3$  es ineficaz, los tratamientos más eficaces son los de agua hirviendo con tiempos diferentes, mientras que el testigo muestra valores medios entre los tratamientos ineficaces y los más eficaces.



Gráfica 7: Gráfica de las curvas de la germinación acumulada para la especie *L. lancerottensis*

La germinación alcanza su máximo a los 25 días tras la siembra y el valor más alto es de un 46% en agua hirviendo durante 70'' (Tabla 17). Como las especies anteriores también presenta un comportamiento sigmoideal, aunque no se estabiliza la germinación, ya que es lenta y con el paso del tiempo sigue germinando semillas. Germinaron un total de 89 semillas de 441 sembradas (Foto 42).

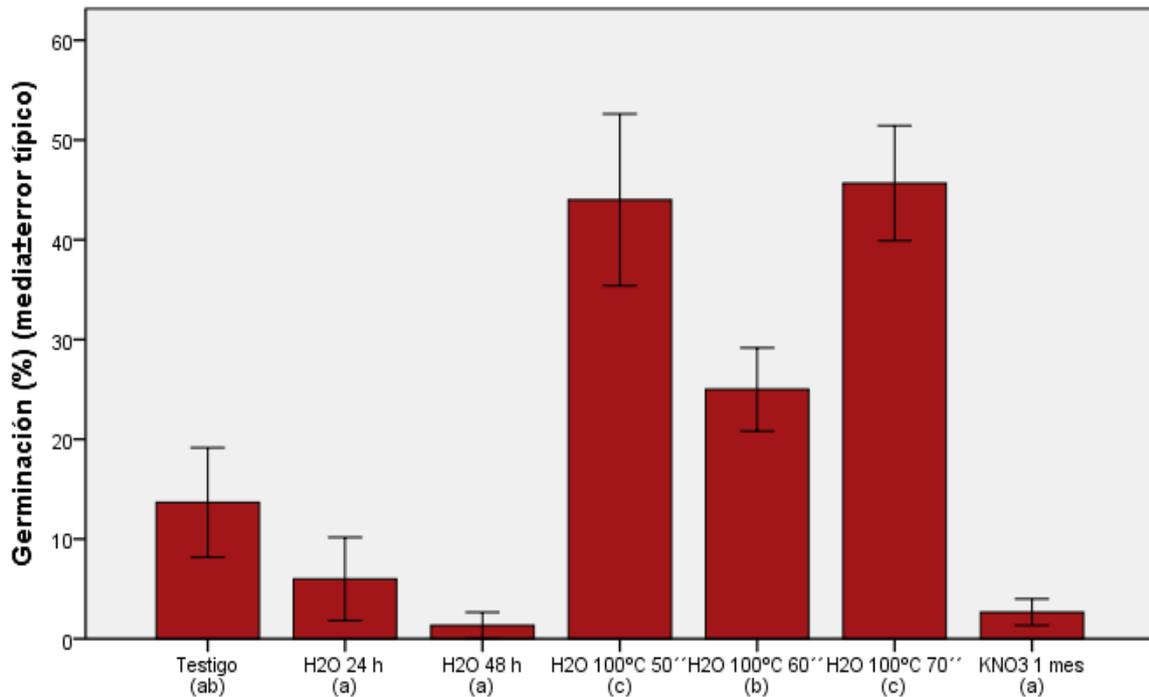
Tabla 17: Datos de la germinación por cada tratamiento para la especie *L. lancerottensis*

| Tratamiento                    | % Germinación<br>n (%)     |
|--------------------------------|----------------------------|
| Testigo                        | 9 (14,29%) <sup>(ab)</sup> |
| Imbibición 24 horas            | 4 (6,35%) <sup>(a)</sup>   |
| Imbibición 48 horas            | 1 (1,59%) <sup>(a)</sup>   |
| Agua hirviendo 50"             | 28 (44,44%) <sup>(c)</sup> |
| Agua hirviendo 60"             | 16 (25,40%) <sup>(b)</sup> |
| Agua hirviendo 70"             | 29 (46,03%) <sup>(c)</sup> |
| KNO <sub>3</sub> durante 1 mes | 2 (3,17%) <sup>(a)</sup>   |
| <b>Germinación total</b>       | <b>89</b>                  |

Nota: Valores netos de germinación (n), entre paréntesis el porcentaje de germinación de N=63 y en el superíndice las letras que indican si hay diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0,05$ )

Esta es la especie que más significación presenta. Por un lado, se sitúan los tratamientos con agua hirviendo de 50" y 70" (Gráfica 8), que presentan los valores más altos de germinación, con 44% y 46%, respectivamente y sin mostrar diferencias significativas entre ellos. Existen diferencias significativas entre el tratamiento de agua hirviendo a 60" (25%) con los dos anteriores (50" y 70"), también con las imbibiciones de agua a 24 y 48 horas (6% y 2%, respectivamente) y KNO<sub>3</sub> (3%). No se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento testigo (14%) con las imbibiciones en agua (24 y 48 horas), KNO<sub>3</sub> y agua hirviendo a 60", mientras que si tiene diferencias significativas con el agua hirviendo a 50" y 70". Y los tratamientos de imbibición y KNO<sub>3</sub> muestran diferencias significativas con el resto de tratamientos, y presentan los porcentajes de germinación más bajos, casi inexistentes.

En comparación con Chinea *et al.* (2010) el tratamiento que obtuvo más éxito fue mediante escarificación mecánica, seguido de agua a 80°C y 100°C, coinciden también en que en el presente trabajo fueron los tratamientos de mayor éxito los de agua hirviendo. Es necesario decir que la bibliografía referente a ensayos de germinación de *L. lancerottensis* es escasa. Según Vignolio *et al.* (1995) para *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*, la germinación en agua es muy baja.



Gráfica 8: 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,  $P \leq 0,05$ )

En general, los valores de germinación obtenidos en las tres especies han sido similares a los obtenidos por China *et al.* (2010). Además, en dicho trabajo, a diferencia del presente, sí germinaron las semillas de las especies *A. halimus* y *C. viminalis*.



Foto 42: Diferentes estados de desarrollo de *L. lancerottensis* durante el transcurso del estudio

Las posibles causas de la nula germinación de *A. halimus* y *C. viminalis* pudieron ser:

1. Las condiciones de almacenamiento no fueron las adecuadas, además la recolección de plantas fueron en diferentes años, por lo que unas estuvieron más tiempo almacenadas que otras. *A. halimus* estuvo almacenada cinco años, *B. bituminosa* fue almacenada siete meses, *C. viminalis* cuatro años, *E. decaisnei* diez meses y *L. lancerottensis* siete meses.
2. Para las especies no germinadas, los tratamientos no fueron los adecuados.
3. La prueba del cloruro de tetrazolio indicó la nula viabilidad de estas dos especies.
4. Hay que señalar que las semillas son de naturaleza silvestre, por tanto, no se sabe si están fecundadas o no y si son viables o no.

### 5.3. VALORACIÓN MORFOLÓGICA

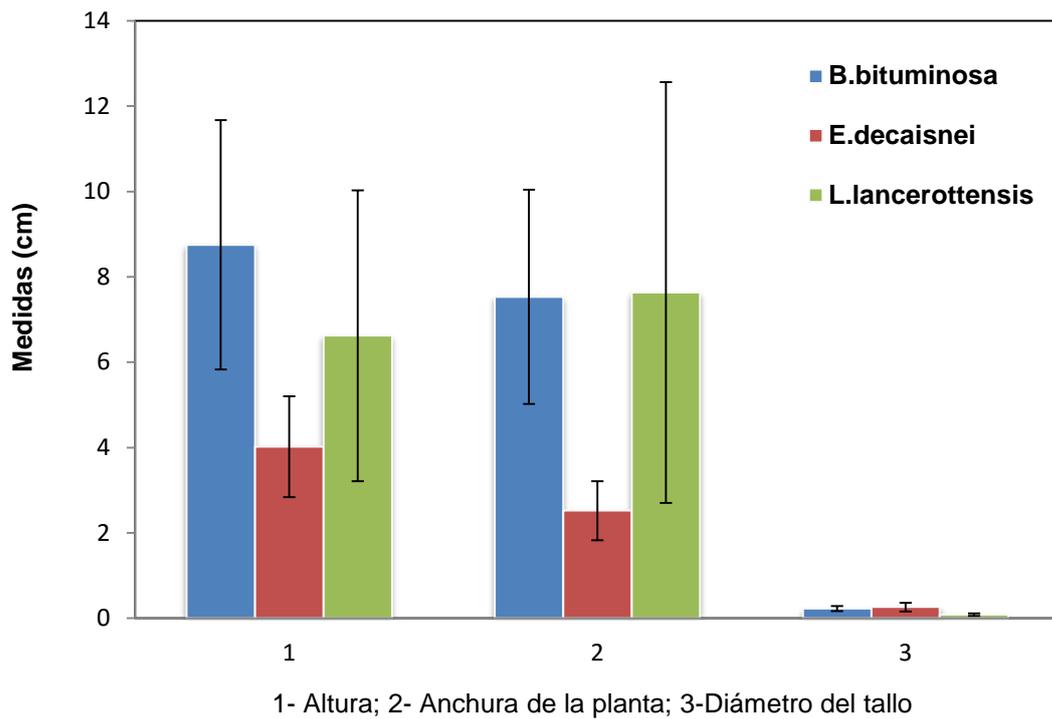
A continuación, se muestran las características morfológicas observadas en las plántulas obtenidas (Tabla 18 y Gráfica 9). En el Anexo 2, Tablas 35, 36 y 37 se muestran todas las medidas, por cada ejemplar y tratamiento, de cada especie, recogiendo la media y su desviación típica. La medición fue de 92 plantas, que serían las utilizadas en la fertirrigación.

Tabla 18: Promedio de las medidas morfológicas de cada especie y desviación típica

| Biometría de las plantas | <i>B. bituminosa</i> | <i>E. decaisnei</i> | <i>L. lancerottensis</i> |
|--------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|
| Altura (1)               | 8,93 ( $\pm$ 2,92)   | 4,02 ( $\pm$ 1,18)  | 6,62 ( $\pm$ 3,41)       |
| Diámetro de tallo        | 0,23 ( $\pm$ 0,06)   | 0,26 ( $\pm$ 0,1)   | 0,08 ( $\pm$ 4,93)       |
| Anchura de la planta     | 7,53 ( $\pm$ 2,51)   | 2,52 ( $\pm$ 0,69)  | 7,63 ( $\pm$ 0,03)       |

(1) Altura correspondiente desde el cuello de la planta hasta el ápice de la planta.

**Nota: Entre paréntesis aparece la desviación típica**



**Gráfica 9: Evolución morfológica de las tres especies**  
**Nota: 1-Altura; 2-Anchura de la planta y 3-Diámetro del tallo**

En la Gráfica 9, la especie que muestra los valores de altura de planta más elevados es *B. bituminosa*, mostrando una altura media de 8,93cm, seguido de *L. lancerottensis* (6,65cm) y *E. decaisnei* (4,02cm). *L. lancerottensis* tiene un porte rastrero, por lo que la anchura de la planta es mayor que la altura. Esta circunstancia sólo se presenta en esta especie, siendo además el diámetro del tallo mucho menor al de las otras dos especies. *E. decaisnei* muestra el valor más alto en diámetro del tallo.

## **5.4. ENSAYO DE FERTIRRIGACIÓN**

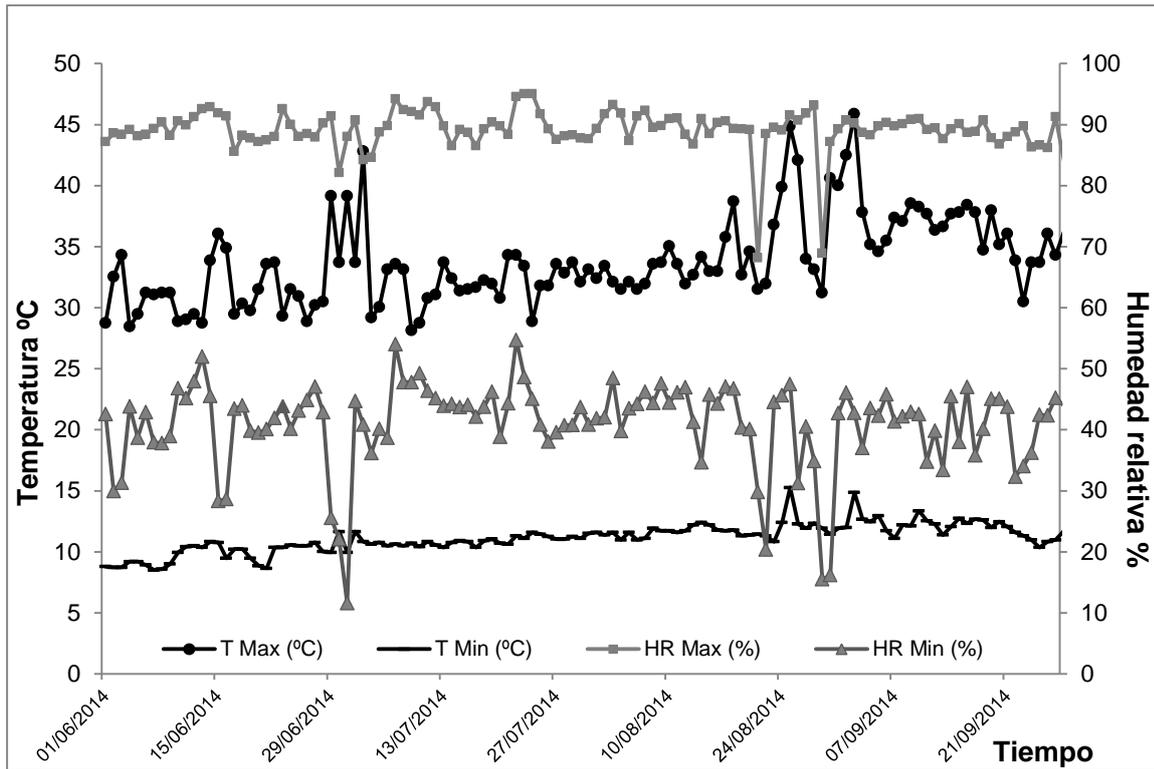
Los resultados obtenidos una vez finalizada la etapa de laboratorio, se sometieron a un análisis estadístico de cada elemento en comparación con los factores "Especie" y "Tratamiento" y se observó si existía significación entre las variables estudiadas.

A medida que se aumenta la dosis de fertilizantes en el agua de riego aumentaba la CE (dS/m), variando entre 0,6 dS/m a 1.600 dS/m (Anexo 7, Tabla 46). También a medida que aumentaba la dosis de fertilizante disminuía el pH, variando desde 9,27 (T1) a 7,17 (T4) (Anexo 7, Tabla 46).

Las plantas se fertilizaron durante 15 semanas. El tiempo que pasó en la etapa de germinación fue de 13 semanas y el tiempo total de todo el ensayo fue de 35 semanas aproximadamente.

### **5.4.1. Climatología durante la fertirrigación**

Durante el ensayo (junio-septiembre) se registraron temperaturas medias máximas de 35°C con picos de 45°C y temperaturas medias mínimas de 10°C-12°C. Por otro lado, se obtuvieron humedades relativas medias máximas de un 90% (periodo nocturno) y humedades medias mínimas del 45% coincidiendo los picos mínimos de un 5%-10% cuando las temperaturas medias rozaron los 45°C. Las plantas resistieron a temperaturas extremas y humedades mínimas, llegando al final del ensayo en condiciones óptimas (Gráfica 10).



Gráfica 10: Datos medios de temperatura y humedades mínimas y máximas durante el periodo de fertiirrigación (junio-septiembre)

#### 5.4.2. Análisis de sustrato

Se obtuvo el pH y CE de los sustratos de cada bloque de plantas, para observar el efecto de los fertilizantes en el sustrato.

##### 5.4.2.1. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE; dS/m) presenta significación para los factores “especie” y “tratamiento” ( $P \leq 0,05$ ), mientras que en la interacción “especie x tratamiento” no hay significación ( $P \geq 0,05$ ) (Tabla 19).

Los tratamientos también presentan diferencias significativas. El valor más alto coincide con el tratamiento con mayor concentración de fertilizantes (T4), le sigue el tratamiento que tiene una concentración media (T3), el de menor concentración (T2) y por último el testigo (T1) (Gráfica 11).

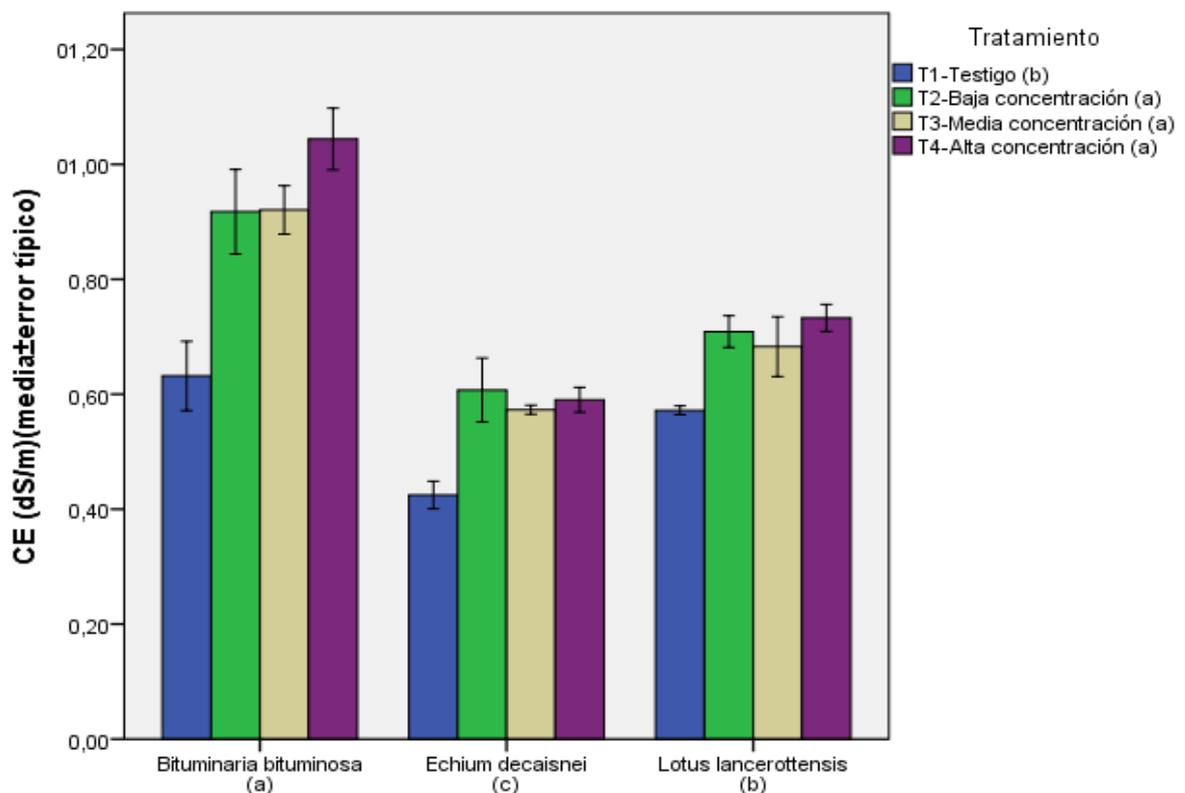
El valor medio más alto de CE lo presenta la especie *B. bituminosa* (0,88 dS/m), seguida de *L. lancerottensis* (0,67 dS/m) y *E. decaisnei* (0,55 dS/m) (Tabla 21).

Tabla 19: Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la CE (dS/m) de los sustratos de las tres especies

| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F      | P      |
|-----------------------|------|-------------------|--------|--------|
| Especie               | 2    | 1,700             | 80,954 | <0,001 |
| Especie x tratamiento | 6    | 0,096             | 1,527  | 0,212  |
| Error (especie)       | 24   | 0,252             |        |        |
| Tratamiento           | 3    | 0,965             | 14,964 | <0,001 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 0,258             |        |        |

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) (test DMS;  $P \leq 0,05$ )

En los valores citados por Batista Núñez (2014) sobre suelo provenientes de poblaciones naturales, el valor más alto corresponde a suelos de la especie *L. lancerottensis*, alcanzando un valor de 1,90 dS/m (población cercana al mar) y el resto de valores estuvieron en un rango de 0,47 a 0,95 dS/m. Según Hernández Abreu *et al.* (1980) el límite máximo de CE en suelo es de 3-4 dS/m en cultivo, en nuestro caso ninguna especie lo alcanza.



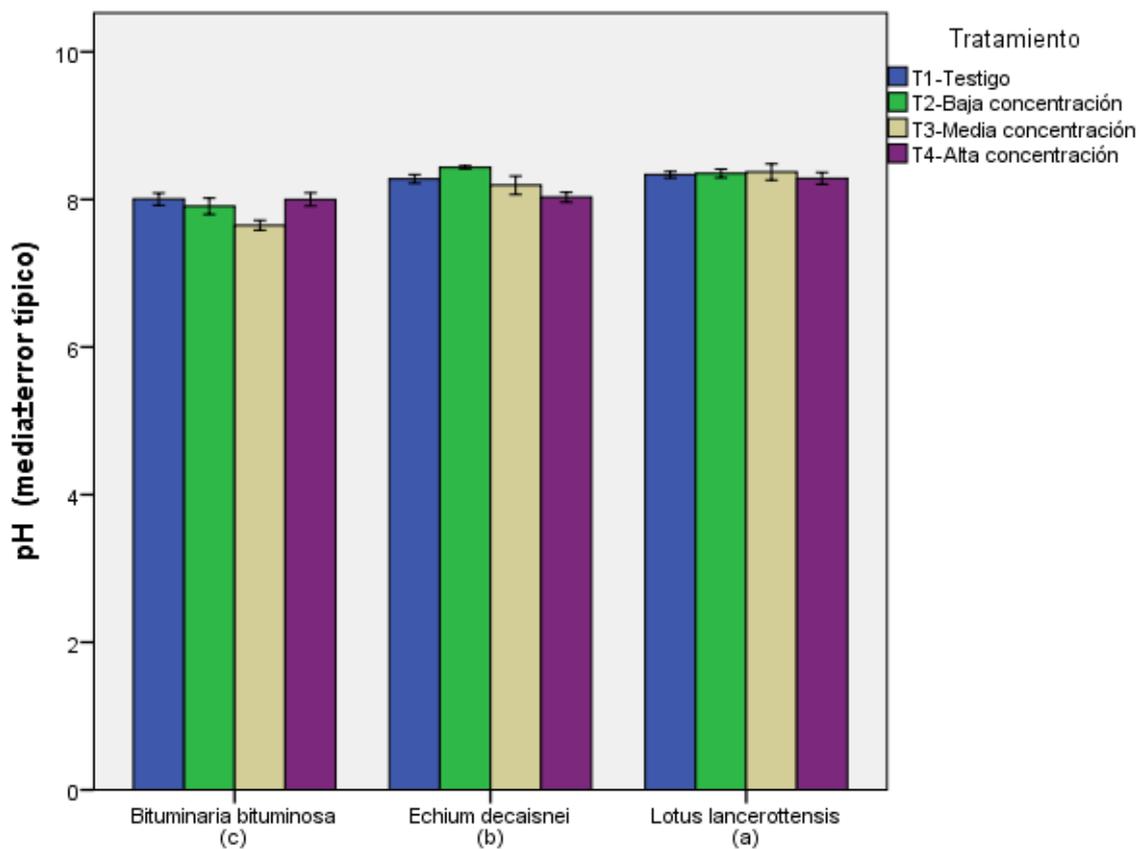
Gráfica 11: Contenido de la CE (dS/m) de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos diferentes. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

### 5.4.2.2. pH

La interacción “especie x tratamiento” presenta significación, al igual que el factor “especie” ( $P \leq 0,05$ ), por el contrario, el factor “tratamiento” no muestra diferencias significativas ( $P \geq 0,05$ ) (Tabla 20).

Tabla 20: Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del pH de los sustratos de las tres especies ( $P \leq 0,05$ )

| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F      | P      |
|-----------------------|------|-------------------|--------|--------|
| Especie               | 2    | 1,743             | 38,550 | <0,001 |
| Especie x tratamiento | 6    | 0,477             | 3,520  | 0,012  |
| Error (especie)       | 24   | 0,543             |        |        |
| Tratamiento           | 3    | 0,215             | 2,106  | 0,153  |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 0,408             |        |        |



Gráfica 12: Contenido de pH del sustrato de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos diferentes. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

Todas las especies presentan diferencias significativas, siendo el valor medio más alto el correspondiente a *L. lancerottensis* ( $8,34 \pm 0,04$ ), seguido del de *E. decaisnei* ( $8,23 \pm 0,05$ ) y *B. bituminosa* ( $7,89 \pm 0,05$ ) (Gráfica 12). Hernández Abreu *et al.* (1980) establece como valores ideales pH de 6 a 7, de lo que se concluye que disponemos de un sustrato algo alcalino. En la investigación de Batista Núñez (2014) el valor máximo que se alcanzó fue de  $8,5 \pm 0,1$ , y el valor mínimo de  $8,2 \pm 0,1$  (Tabla 21).

En la Tabla 21 se muestra un resumen de las medias tanto de los tratamientos como de las especies.

**Tabla 21: Valores medios  $\pm$  errores típicos pH y CE (dS/m) del suelo de los tratamientos y las especies fertilizadas**

| Sustrato  | <i>B. bituminosa</i>   | <i>E. decaisnei</i>    | <i>L. lancerottensis</i> |
|-----------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| CE (dS/m) | $0,88 \pm 0,047^{(a)}$ | $0,55 \pm 0,024^{(c)}$ | $0,68 \pm 0,021^{(b)}$   |
| pH        | $7,89 \pm 0,05^{(c)}$  | $8,23 \pm 0,05^{(b)}$  | $8,34 \pm 0,04^{(a)}$    |

|            | Tratamiento 1          | Tratamiento 2          | Tratamiento 3          | Tratamiento 4          |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| CE (dS/ m) | $0,54 \pm 0,033^{(b)}$ | $0,74 \pm 0,049^{(a)}$ | $0,76 \pm 0,048^{(a)}$ | $0,79 \pm 0,060^{(a)}$ |
| pH         | $8,20 \pm 0,05$        | $8,23 \pm 0,08$        | $8,07 \pm 0,11$        | $8,10 \pm 0,05$        |

**Nota:** En el superíndice las letras diferentes indican si hay diferencias significativas entre las especies y los tratamientos (test DMS;  $P \leq 0,05$ )

### 5.4.3. Indicadores de calidad

En los apartados siguientes se recogen y discuten los resultados de los indicadores de calidad químicos y de los minerales: % de Materia Seca, Proteína bruta, Cenizas, Fracción ramoneable/Fracción no ramoneable, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio expresados en % de materia seca. En las gráficas se presenta la concentración del elemento analizado en cada especie y su porcentaje según el tratamiento aplicado.

#### 5.4.3.1. Materia Seca (%)

Los porcentajes medios de MS no presentan significación para los factores “especie” y “tratamiento”, ni para la interacción “especie x tratamiento” ( $P \geq 0,05$ ) (Tabla 22).

Tabla 22: Prueba de efecto intra-sujetos e inter-sujetos del contenido del % de MS en tres especies

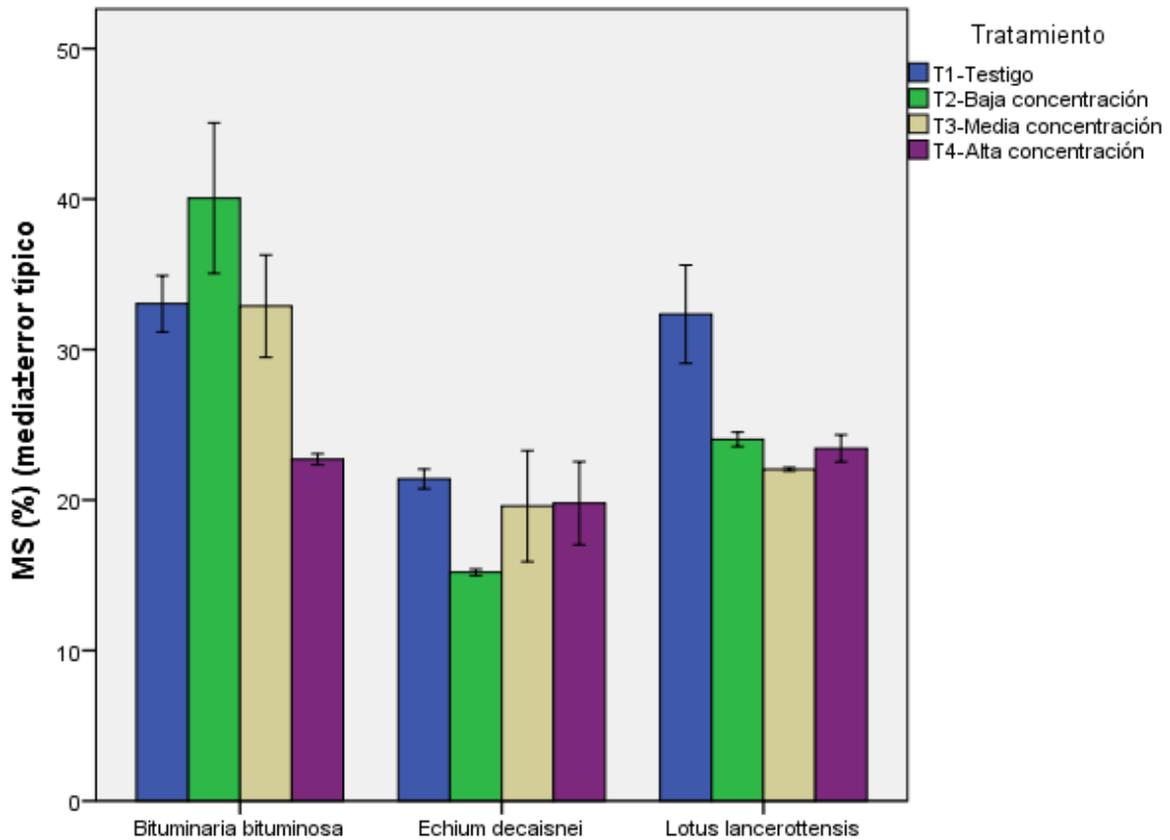
| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F     | P     |
|-----------------------|------|-------------------|-------|-------|
| Especie               | 2    | 1,725             | 1,776 | 0,191 |
| Especie x tratamiento | 6    | 4,409             | 1,513 | 0,216 |
| Error (especie)       | 24   | 11,652            |       |       |
| Tratamiento           | 3    | 1,381             | 1,357 | 0,303 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 4,070             |       |       |

**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 sen x) (test DMS;  $P \leq 0,05$ )

La media más alta del % de MS la presenta *B. bituminosa* ( $32,17 \pm 2,14\%$ ), seguida de *L. lancerottensis* ( $25,46 \pm 1,29\%$ ) y de *E. decaisnei* ( $18,99 \pm 1,19\%$ ). Esta última especie es la que tiene el contenido de humedad más grande porque tiene el valor más bajo del % de MS. Ninguna especie presenta diferencias significativas entre ellas (Gráfico 13).

En cuanto a los tratamientos, el porcentaje de MS medio más alto lo presenta el tratamiento sin fertilizantes (T1) y va disminuyendo a medida que aumenta la concentración de fertilizante (T2, T3 y T4). Al igual que las especies, ningún tratamiento presenta diferencias significativas (Gráfica 13). A medida que aumenta la concentración de fertilizante, disminuye el porcentaje de MS y por tanto, presenta más humedad. Estos resultados se encuentran en la Tabla 25.

Para *B. bituminosa*, el valor alcanzado es superior al citado por Batista Núñez (2014) ( $26,1 \pm 0,9\%$ ) estudio realizado en zona cultivada en Lanzarote, Ventura *et al.* (2004) ( $27,4 \pm 2,3\%$ ) en la nutrición de tres especies endémicas de Canarias y dos especies introducidas y China *et al.* (2011b) ( $28,9 \pm 1,7\%$ ). Por otro lado, *E. decaisnei* presenta un valor superior al citado por Batista Núñez (2014) ( $14,2 \pm 0,5\%$ ) y *L. lancerottensis* presenta un valor superior al de China *et al.* (2009) ( $16,92\%$ ) e inferior al logrado por Batista Núñez (2014) de  $30,3 \pm 3,3\%$ . Las condiciones del ensayo realizado influyen en los resultados, debido a que el cultivo estuvo en condiciones de invernadero, con irrigación y fertilización controlada en un sustrato fabricado y el corte fue realizado a los 9 meses de siembra.



Gráfica 13: Porcentaje de MS de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos de fertilización. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

#### 5.4.3.2. Proteína bruta (PB)

Analizando las significaciones de los contenidos medios de PB (Tabla 23), se observa que los factores "especie" y "tratamiento" presentan significación ( $P \leq 0,05$ ). La interacción "especie x tratamiento" también mostró significación, lo que indica que las variaciones entre los tratamientos son distintas en cada especie.

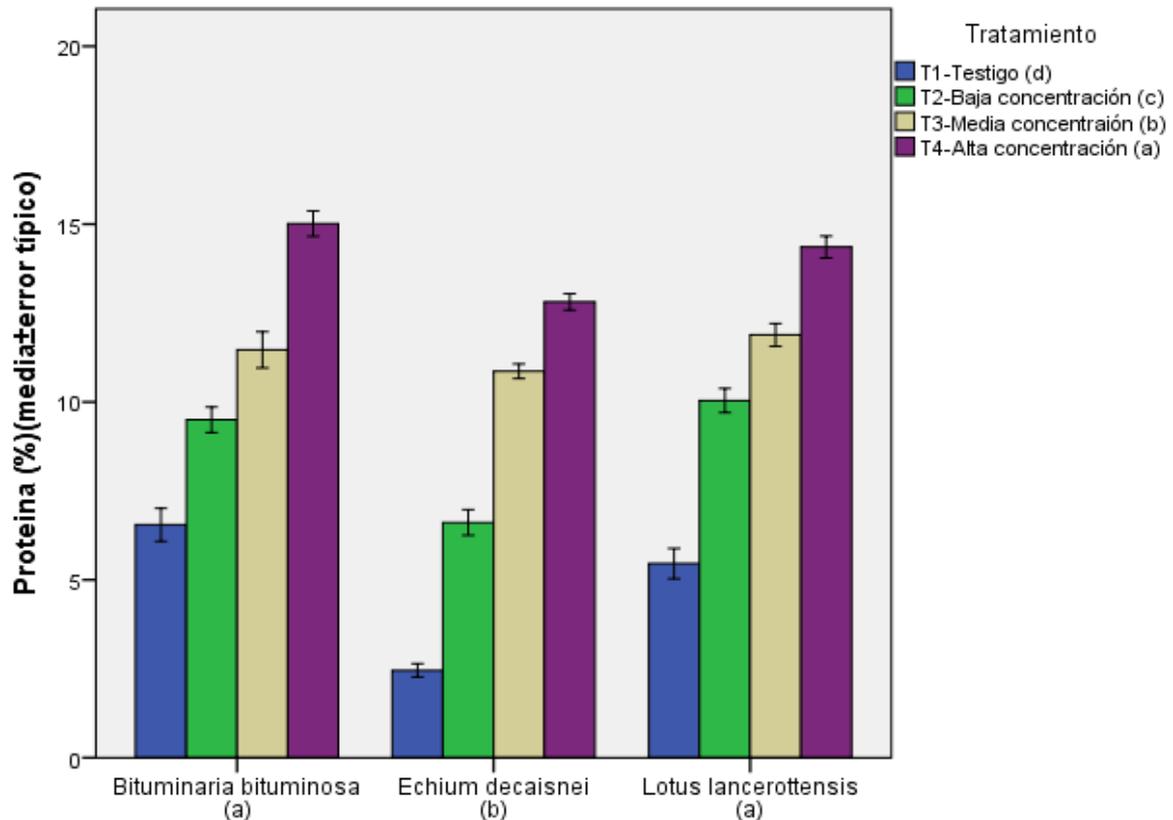
La proteína bruta es un principio nutritivo que se utiliza para expresar el contenido proteico de los forrajes y se obtiene multiplicado por 6,25 el contenido de nitrógeno. El contenido de dicha proteína depende de factores como la fenología de la planta, la especie, la fertilización y las condiciones ambientales del lugar en el que se encuentre. Los niveles de proteínas se concentran más en los tejidos jóvenes (Navarro García y Navarro García, 2013).

**Tabla 23: Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del contenido de PB en tres especies (test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F       | P      |
|-----------------------|------|-------------------|---------|--------|
| Especie               | 2    | 59,111            | 57,889  | <0,001 |
| Especie x tratamiento | 6    | 16,334            | 5,332   | 0,001  |
| Error (especie)       | 24   | 12,253            |         |        |
| Tratamiento           | 3    | 560,271           | 404,366 | <0,001 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 5,542             |         |        |

El valor medio más alto de PB de las tres especies es el de *B. bituminosa*, con una media de  $10,63 \pm 0,82\%$ . Le sigue *L. lancerottensis* ( $10,44 \pm 0,86\%$ ), si bien es verdad que no hay diferencias significativas entre ellas y ambas son de la misma familia (Leguminosas) fijadoras de nitrógeno. Por último, se sitúa *E. decaisnei*, que presenta una media de  $8,19 \pm 1,04\%$  y muestra diferencias significativas con las otras dos especies y no pertenece a la misma familia, sino a la familia Boraginaceas (Gráfica 14).

Con respecto a los tratamientos de fertilización, hay diferencias significativas entre los cuatro, teniendo el mayor porcentaje de PB el que contiene la mayor concentración de fertilizante (T4), con una media de  $14,06 \pm 0,32\%$ . Le sigue el T3 ( $11,41 \pm 0,23\%$ ), con una concentración media de fertilizante, T2 ( $8,72 \pm 0,49\%$ ) con la mínima concentración de fertilizante y, por último, T1 ( $4,82 \pm 0,56\%$ ) sin fertilizantes (Gráfica 14). Las concentraciones de PB correspondientes a cada tratamiento, siguen una relación directa con las concentraciones de fertilizantes (Tabla 25).



**Gráfica 14: Contenido en Proteína bruta (% sobre la materia seca) de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos de fertilización. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

El valor medio de PB en *B. bituminosa* se acerca al citado por Méndez *et al.* (2006) (especie procedente de la zona de Famara, Lanzarote), con un 11,5%, es inferior a los citados por Chinae *et al.* (2009) y (2011b) (12,04%), (13,9±0,7%) (Poblaciones naturales), Batista Núñez (2014) (13,3%±0,5) (zona cultivada en Lanzarote), Álvarez *et al.* (2004) (15,6%) (valor nutritivo del heno de teder) y Ventura *et al.* (1995) (arbustos forrajeros de Canarias) (18,8%). Cabe destacar que las condiciones de este ensayo eran peculiares como fueron las condiciones del medio, el sustrato en el que se sembró y fertilizó, y el estado fenológico de corte (se cortó a los tres meses de fertilizar), se da como bueno dicho valor, ya que se acerca a los valores dados por otros autores. Según García Criado *et al.* (1986), el valor ideal para alfalfa deshidratada (forraje de referencia) estaría entorno a un 14,80% de PB, el cual es un poco superior que el de este trabajo.

En la especie *E. decaisnei* el valor obtenido es superior al de Chinae *et al.* (2009) (6,69%), algo menor al de Chinae *et al.* (2011b) (8,8±1,0%), es inferior al exhibido por Batista Núñez (2014) (11,1%±0,9) (ejemplares de zonas cultivadas

de Lanzarote) y al 9,8% de Rodríguez Marcos *et al.* (2002) (ejemplares proveniente del Parque Rural del Nublo, en Gran Canaria). Por último, en *L. lancerottensis* se consiguió un valor similar al obtenido por Chinaea *et al.* (2009) (11,41%), menor al  $13,1 \pm 0,4\%$  de Chinaea *et al.* (2011b) y al  $14,5 \pm 1,0\%$  de Batista Núñez (2014) (zonas cultivadas de Lanzarote). En general, siguió un patrón similar a los resultados obtenidos por Batista Núñez (2014) y Chinaea *et al.* (2011b y 2014), aunque los valores medios obtenidos en este estudio son inferiores. El trabajo de Chinaea *et al.* (2011b) corresponde a especies que provienen de poblaciones naturales y el de Batista Núñez (2014) corresponde a poblaciones cultivadas en Lanzarote sin fertilizar.

#### 5.4.3.3. Fracción ramoneable/Fracción no ramoneable

Los valores medios para la relación FR/FRN no muestran diferencias significativas para ningunos de los factores, ni para la interacción "especie x tratamiento" (Tabla 24).

**Tabla 24: Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de la fracción ramoneable/fracción no ramoneable de las tres especies**

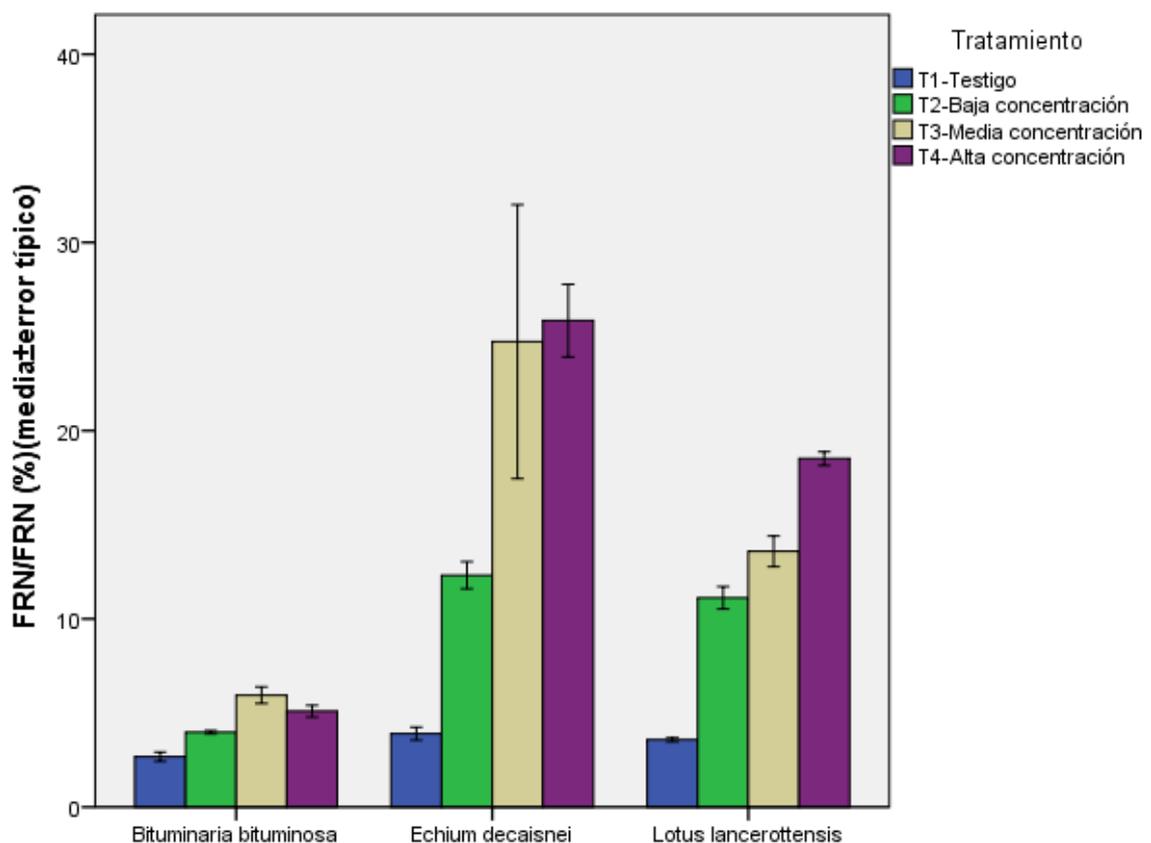
| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F     | P     |
|-----------------------|------|-------------------|-------|-------|
| Especie               | 2    | 0,058             | 0,082 | 0,922 |
| Especie x tratamiento | 6    | 5,168             | 2,408 | 0,058 |
| Error (especie)       | 24   | 8,584             |       |       |
| Tratamiento           | 3    | 0,469             | 1,271 | 0,328 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 1,475             |       |       |

**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  $\text{sen } x$ ) (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

La especie que presenta el valor medio más alto de la relación es *E. decaisnei* ( $16,69 \pm 2,89\%$ ), seguida de *L. lancerottensis* ( $11,70 \pm 1,41\%$ ) y *B. bituminosa* ( $4,42 \pm 0,34\%$ ) lo que muestra un mayor desarrollo de la planta tanto de *E. decaisnei* como de *L. lancerottensis* (Tabla 24). Ninguna presenta diferencias significativas entre ellas debido a la elevada dispersión de los valores de FR/FRN registrados en cada especie (Gráfica 15). La relación tiene un sentido creciente a medida que aumenta la concentración de fertilizante. Alcanza un valor mínimo de  $3,38 \pm 0,20\%$ , en T1, hasta un máximo de  $16,49 \pm 2,66\%$ , en T4, tratamiento con la

concentración más alta de fertilizante. Estos valores son ideales para su trasplante, sobre todo el T4, ya que cuenta con una relación elevada que la ayudará en su adaptación al medio (Tabla 25).

Los valores obtenidos en cada especie son superiores a los citados por China *et al.* (2012), ( $2,90 \pm 0,43\%$ ) en *B. bituminosa*,  $5,60 \pm 1,88\%$  en *E. decaisnei* y  $4,9 \pm 2,18\%$  en *L. lancerottensis* y también por los citados por Batista Nuñez (2014) de  $2,91 \pm 0,43\%$  en *B. bituminosa*, en *E. decaisnei*  $5,60 \pm 1,88\%$  y en *L. lancerottensis* una relación de  $4,90 \pm 2,18\%$ .



**Gráfica 15: Contenido de la relación FR/FRN (% de Materia Seca) de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos diferentes. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

Aunque en menor medida, los resultados de este trabajo siguen el mismo patrón de valores que los citados anteriormente, es decir, *E. decaisnei* es la especie a la que corresponde un valor más alto, le sigue *L. lancerottensis* y, por último, *B. bituminosa* presenta el más bajo. Se obtienen unas medias altas lo que se traduce en una buena calidad nutricional y un buen estado para su trasplante.

La Tabla 25 contiene un resumen de las medias de los tratamientos y las especies de la Fracción orgánica y del porcentaje de MS.

Tabla 25: Valores medios  $\pm$  errores típicos de los indicadores de calidad de especies y tratamientos

| Fracción orgánica | <i>Bituminaria bituminosa</i>   | <i>Echium decaisnei</i>        | <i>Lotus lancerottensis</i>     |                                 |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| % MS              | 32,17 $\pm$ 2,14                | 18,9 9 $\pm$ 1,19              | 25,46 $\pm$ 1,29                |                                 |
| PB (%)            | 10,63 $\pm$ 0,82 <sup>(a)</sup> | 8,19 $\pm$ 1,04 <sup>(b)</sup> | 10,44 $\pm$ 0,86 <sup>(a)</sup> |                                 |
| FR/FRN (%)        | 4,42 $\pm$ 0,34                 | 16,69 $\pm$ 2,89               | 11,70 $\pm$ 1,41                |                                 |
|                   | Tratamiento 1                   | Tratamiento 2                  | Tratamiento 3                   | Tratamiento 4                   |
| % MS              | 28,93 $\pm$ 1,98                | 26,43 $\pm$ 3,45               | 24,84 $\pm$ 2,31                | 21,98 $\pm$ 1,00                |
| PB (%)            | 4,82 $\pm$ 0,56 <sup>(d)</sup>  | 8,72 $\pm$ 0,49 <sup>(c)</sup> | 11,41 $\pm$ 0,23 <sup>(b)</sup> | 14,06 $\pm$ 0,32 <sup>(a)</sup> |
| FR/FRN (%)        | 3,38 $\pm$ 0,20                 | 9,14 $\pm$ 1,15                | 14,76 $\pm$ 3,21                | 16,49 $\pm$ 2,66                |

Nota: en el superíndice las letras diferentes indican si hay diferencias significativas entre las especies y los tratamientos (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

#### 5.4.3.4. Cenizas y macronutrientes

##### 5.4.3.4.1. Cenizas (CEN)

En los porcentajes medios de CEN (Tabla 26), observamos que el factor “especie” presenta significación ( $P \leq 0,05$ ), mientras que el factor “tratamiento” y “especie x tratamiento”, no presentan significación alguna.

Tabla 26: Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos del % de Cenizas de las tres especies

| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F     | P     |
|-----------------------|------|-------------------|-------|-------|
| Especie               | 2    | 30,189            | 3,394 | 0,050 |
| Especie x tratamiento | 6    | 38,195            | 1,431 | 0,244 |
| Error (especie)       | 24   | 106,728           |       |       |
| Tratamiento           | 3    | 16,068            | 2,831 | 0,083 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 22,706            |       |       |

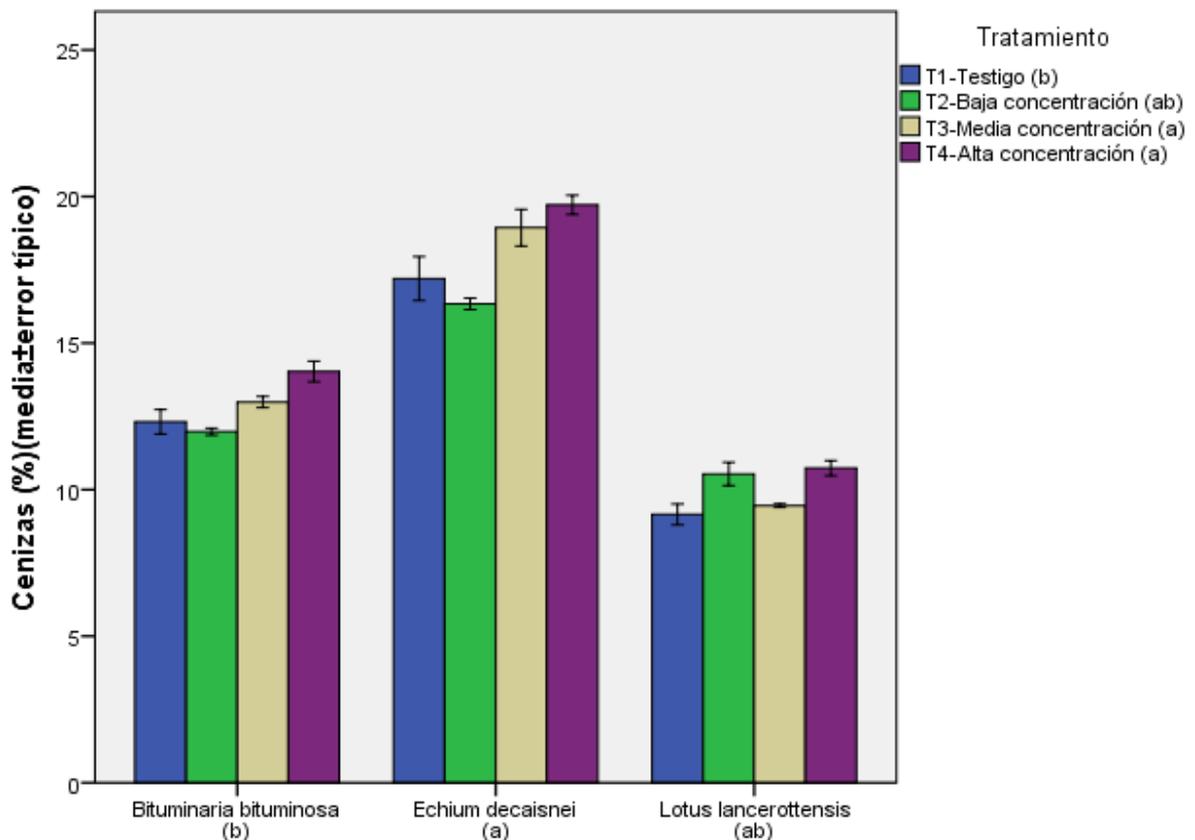
Nota: Debido a que la variable a analizar no cumplía las pruebas de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó un cambio de variable (x transformado artan x) (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

La especie con la media más alta fue *E. decaisnei*, con un 18,05 $\pm$ 0,42%, seguido de *B. bituminosa* (12,83 $\pm$ 0,24%) y, por último, *L. lancerottensis* (9,97 $\pm$ 0,22%) (Tabla 32). Solamente existen diferencias significativas entre *B. bituminosa* y *E. decaisnei*. La especie que no muestra diferencias significativas con ninguna de las otras dos especies fue *L. lancerottensis*. Tanto *B. bituminosa*

como *E. decaisnei* presenta las concentraciones de cenizas más altas lo que indica que son más ricas en minerales que *L. lancerottensis* (Gráfica 16).

En cuanto a los tratamientos, el T1 muestra diferencias significativas con el T3 y T4, mientras que con el T2 no presenta diferencias. Además, el T2 no refleja ninguna diferencia con el resto de tratamientos (Gráfica 16).

La media obtenida para la especie *B. bituminosa* es superior a las dadas por trabajos anteriores, como Chinae *et al.* 2009 (9,09%), Chinae *et al.* (2011b) (10,04±0,4) y Batista Núñez (2014) (11,1±0,2%) (En zona cultivada sin fertilizar en Lanzarote) o Álvarez *et al.* (2004) (8%).



Gráfica 16: Porcentaje de Cen de tres especies forrajeras con la aplicación de cuatro tratamientos diferentes. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

En cuanto a *E. decaisnei* obtiene un porcentaje de  $18,05 \pm 0,42\%$ , acercándose al valor obtenido por Chinae *et al.* (2009) de 19,59% y siendo inferior a los de Batista Núñez (2014) ( $27,3 \pm 0,3\%$ ) y Chinae *et al.* (2011a) ( $25,8 \pm 1,3\%$ ). En estos tres últimos trabajos, *E. decaisnei* presentó el porcentaje de CEN más

alto. Por otro lado, *L. lancerottensis* presenta un porcentaje en CEN de  $9,97 \pm 0,22\%$  muy similar al  $10,4 \pm 0,4\%$  alcanzado por Batista Núñez (2014). Las muestras analizadas en estos dos últimos trabajos provienen de ejemplares cultivados sin fertilizar en Lanzarote. Para García Criado *et al.* (1986) los valores de la alfalfa deshidratada (forraje de referencia) están en torno a un  $13,3\%$ , solamente *L. lancerottensis* no llegaría a dicho valor.

Las especies del presente trabajo muestran concentraciones cerca de los valores citados por la bibliografía, teniendo en cuenta que en los estudios realizados los cortes se realizaban aproximadamente cada 6 meses y los cortes de este trabajo se realizaron a los tres meses, el porcentaje de cenizas es aceptable en todas las especies.

#### 5.4.3.4.2. Fósforo

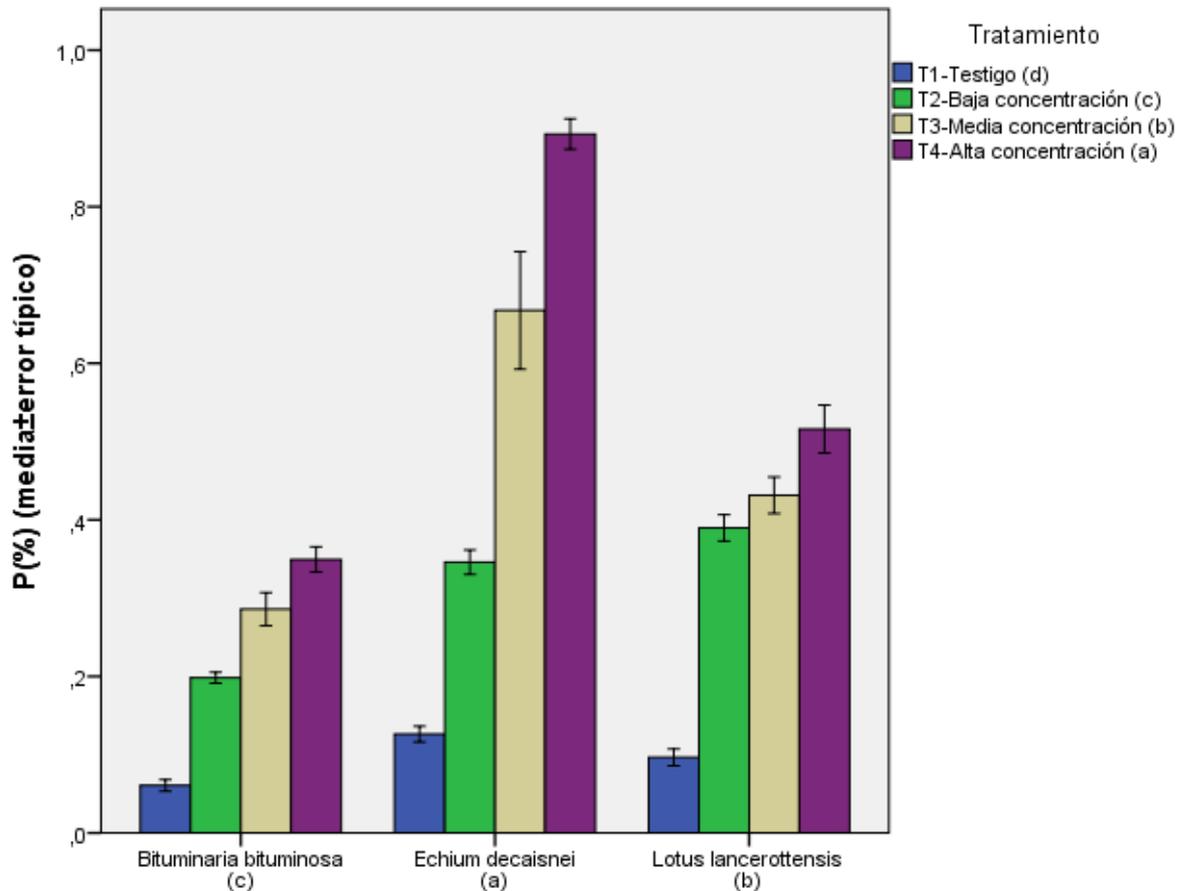
Los factores “especie” y “tratamiento” presentan significación en el análisis estadístico del contenido en fósforo ( $P \leq 0,05$ ), al igual que la interacción “especie x tratamiento”, por lo que las variaciones del nivel de fósforo entre tratamientos mostraron diferencias significativas con respecto a las especies (Tabla 27).

**Tabla 27: Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de fósforo en las tres especies**

| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F       | P      |
|-----------------------|------|-------------------|---------|--------|
| Especie               | 2    | 4,847             | 107,511 | <0,001 |
| Especie x tratamiento | 6    | 0,515             | 3,805   | 0,008  |
| Error (especie)       | 24   | 0,541             |         |        |
| Tratamiento           | 3    | 23,284            | 37,761  | <0,001 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 0,251             |         |        |

**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) (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

*Echium decaisnei* presenta los niveles significativamente más alto de P ( $0,51 \pm 0,08\%$ ), seguida de *L. lancerottensis* ( $0,36 \pm 0,04\%$ ) y *B. bituminosa* ( $0,22 \pm 0,03\%$ ) (Tabla 27). Entre las tres especies existen diferencias significativas (Gráfica 32). También existen diferencias significativas entre todos los tratamientos. El valor más alto corresponde al T4 ( $0,59 \pm 0,07\%$ ), tratamiento con la cantidad más alta de NPK, y el más bajo al T1, sin NPK ( $0,1 \pm 0,01\%$ ) (Tabla 32).



**Gráfica 17: Contenido de Fósforo (% sobre la base de Materia seca) de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos diferentes. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

El valor de P de *B. bituminosa* ( $0,22 \pm 0,03\%$ ) es superior a los citados por China *et al.* (2009) ( $0,14\%$ ) y muy parecido a China *et al.* (2011a) ( $0,21 \pm 0,01\%$ ). Es inferior al  $2,8\%$  de Ventura *et al.* (2004), Batista Núñez (2014) ( $0,25 \pm 0,01\%$ ) de poblaciones en zona cultivada sin fertilizar en Lanzarote y al  $4,2\%$  de Álvarez *et al.* (2004). Mientras que para *E. decaisnei*, con un  $0,51 \pm 0,078\%$ , el valor es superior al  $0,21 \pm 0,01\%$  de China *et al.* (2011a) y el  $0,20 \pm 0,01\%$  obtenido por Batista Núñez (2014). Por otra parte, *L. lancerottensis* ( $0,36 \pm 0,04\%$ ) alcanza valores más altos que los citados por China *et al.* (2009) ( $0,11\%$ ), China *et al.* (2011a) ( $0,15 \pm 0,01$ ) y al valor de Batista Núñez (2014) ( $0,20 \pm 0,01\%$ ). *B. bituminosa* y *L. lancerottensis* presentan valores que están entre los valores mínimos para leguminosas e incluso lo sobrepasan para Ruano Ramos (1997) ( $0,15-0,25\%$ ) en pastizales de la dehesa de la provincia de Salamanca, también según McDowell y Arthington (2005) los requerimientos minerales para los rumiantes están en un rango de  $0,16\%$  a  $0,38\%$ , la única

especie que lo supera es *E. decaisnei*. El comportamiento de las especies frente a las diferentes concentraciones de P sigue un patrón lógico, es decir, a más cantidad de fertilizante, más cantidad de P tiene la planta.

#### 5.4.3.4.3. Potasio

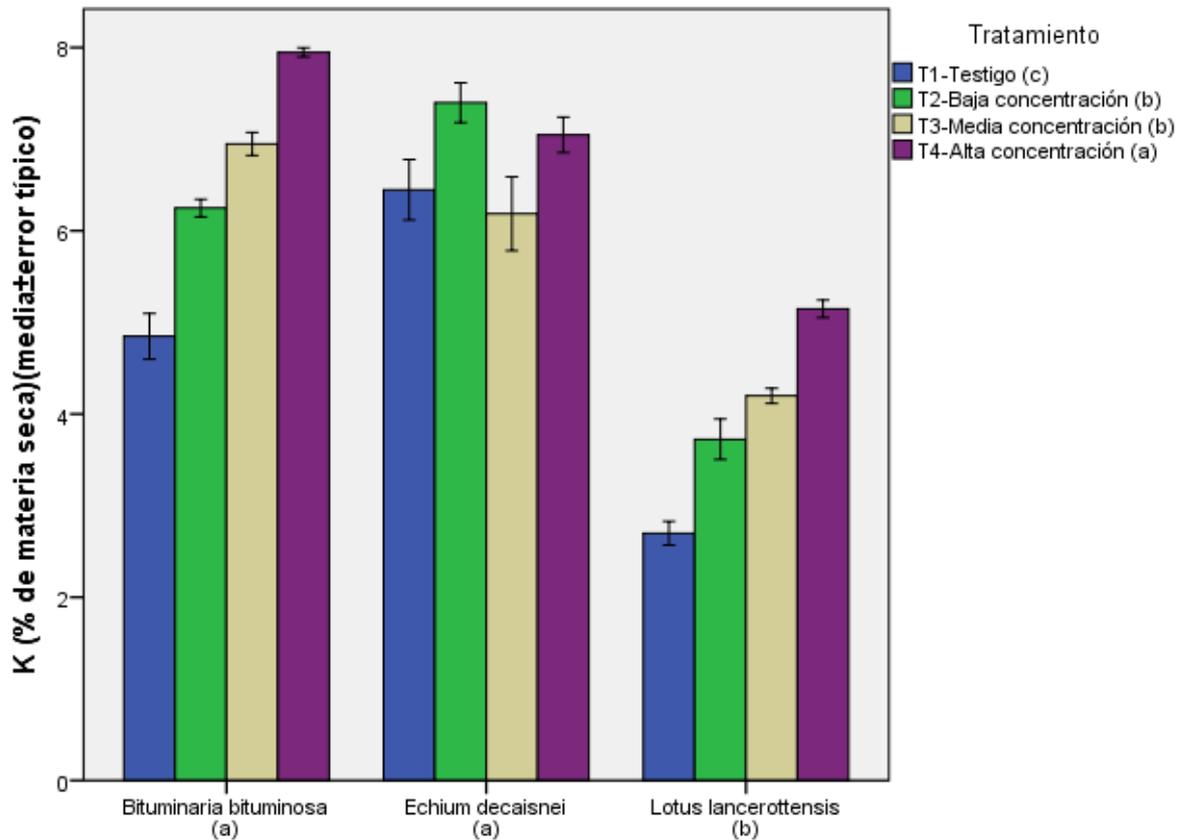
Los niveles medios de K presentan diferencias significativas entre “especies” y entre “tratamientos”, así como para la interacción “especie x tratamiento” ( $P \leq 0,05$ ). Por tanto, la variación del contenido medio de potasio en función de los tratamientos presenta diferencias entre las distintas especies (Tabla 28).

Tabla 28: Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de potasio (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F       | P      |
|-----------------------|------|-------------------|---------|--------|
| Especie               | 2    | 77,845            | 210,376 | <0,001 |
| Especie x tratamiento | 6    | 11,162            | 10,055  | <0,001 |
| Error (especie)       | 24   | 4,440             |         |        |
| Tratamiento           | 3    | 25,301            | 53,206  | <0,001 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 1,902             |         |        |

La especie que presentó el valor medio más alto fue *E. decaisnei* ( $6,8 \pm 0,18\%$ ), seguido de *B. bituminosa*, con un  $6,5 \pm 0,29\%$ , ambos no presentan diferencias significativas entre sí ( $P \geq 0,05$ ) (Gráfica 18). Finalmente, *L. lancerottensis* ( $3,9 \pm 0,24\%$ ) es el valor más bajo y presenta diferencias significativas con los dos especies anteriores (Tabla 32).

El T4 mostró el contenido más alto en K ( $6,7 \pm 0,36\%$ ) y el T1 fue el más bajo ( $4,7 \pm 0,48\%$ ). Todos los tratamientos presentan diferencias significativas entre sí, exceptuando el T2 con el T3 ( $5,8 \pm 0,47\%$  y  $5,8 \pm 0,37\%$ ) (Tabla 32). Se aprecia un comportamiento similar al descrito para el P, con una secuencia en los contenidos de K ascendente con relación a la concentración de fertilizante usado (Gráfica 18).



**Gráfica 18: Contenido en Potasio (% sobre la base de Materia seca) de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos diferentes. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

Para *B. bituminosa* ( $6,5 \pm 0,29\%$ ) el valor obtenido es superior a los mostrados por Álvarez *et al.* 2004 ( $2,26\%$ ), China *et al.* 2009 ( $2,4\%$ ), China *et al.* (2011a) ( $0,69 \pm 0,09$ ), Ventura *et al.* 2004 ( $3,03 \pm 0,20\%$ ) y Batista Núñez (2014) ( $2,36 \pm 0,11\%$ ). Ocurre algo similar con el correspondiente a *E. decaisnei* ( $6,8 \pm 0,18\%$ ), que es superior a los valores citados por China *et al.* 2009 ( $5,07\%$ ), China *et al.* (2011a) ( $2,10 \pm 0,57$ ) y Batista Núñez (2014) ( $4,90 \pm 0,17\%$ ), siendo este ejemplar el que tiene la concentración más alta respecto al resto de las especies estudiadas, al igual que en el presente trabajo. Por último, *L. lancerottensis* ( $3,9 \pm 0,24\%$ ) también presenta un valor medio superior a los obtenidos, en este caso por China *et al.* (2009) ( $1,33\%$ ), China *et al.* (2011a) ( $0,37 \pm 0,06$ ) y Batista Núñez (2014) ( $1,50 \pm 0,08\%$ ) (ejemplares provenientes de zonas cultivadas de Lanzarote). La alta concentración se puede deber a que los tejidos jóvenes retienen este elemento con bastante energía (Navarro García y Navarro García, 2013), además que en los estudios citados no fertilizaron sus cultivos. Los valores de las dos especies que pertenecen la familia de las

Leguminosas (*B. bituminosa* y *L. lancerottensis*) son superiores al citado por Ruano Ramos (1997) (0,98-1,71%) para leguminosas. Según McDowell y Arthington (2005), los requerimientos de la alimentación de ruminantes está entre 0,5-1,0% y el nivel tóxico se acerca al 3%, por lo que *B. bituminosa* y *E. decaisnei* estarían por encima del nivel tóxico, mientras que *L. lancerottensis* estaría en el límite superior de toxicidad para la nutrición animal.

#### 5.4.3.4.4. Calcio

El Ca presenta significación ( $P \leq 0,05$ ) tanto factor “tratamiento” como para el factor “especie” y también para la interacción “especie x tratamiento” (Tabla 29).

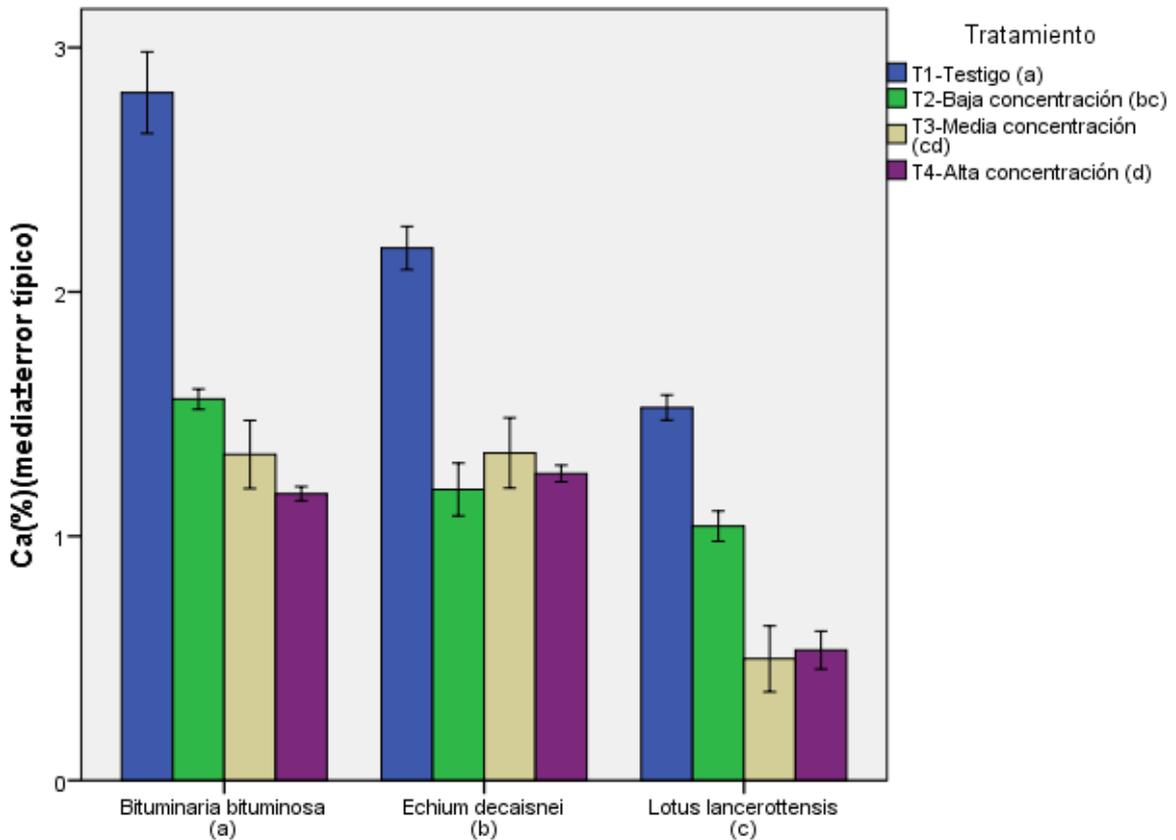
**Tabla 29:** Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de calcio de las tres especies

| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F      | P      |
|-----------------------|------|-------------------|--------|--------|
| Especie               | 2    | 3,509             | 88,118 | <0,001 |
| Especie x tratamiento | 6    | 0,622             | 5,206  | 0,001  |
| Error (especie)       | 24   | 0,478             |        |        |
| Tratamiento           | 3    | 7,449             | 80,892 | <0,001 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 0,368             |        |        |

**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  $\cos x$ ) (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

El Ca muestra la mayor concentración media sobre materia seca en la especie *B. bituminosa* ( $1,72 \pm 0,17\%$ ), seguida de *E. decaisnei* ( $1,49 \pm 0,11\%$ ) y por último *L. lancerottensis* ( $0,89 \pm 0,12\%$ ) (Tabla 32). Entre las tres especies hay diferencias significativas (Gráfica 18). Por otra parte, el tratamiento que presentó la mayor cantidad de Ca fue el T1 ( $2,1 \pm 0,17\%$ ), le sigue el T2 ( $1,3 \pm 0,12\%$ ), el T3 ( $1,1 \pm 0,14\%$ ) y por último T4 ( $0,9 \pm 0,10\%$ ) (Tabla 32).

El T1 muestra significación con el resto tratamientos. El T2 presenta diferencias significativas con el T1 y T4 mientras que con el T3 no presenta diferencias. El T3 solo muestra diferencias significativas con el T1 y por último el T4 tiene diferencias con el T1 y T2 (Gráfica 19).



**Gráfica 19: Contenido de Calcio (% sobre la base de Materia seca) de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos diferentes. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

La especie *B. bituminosa* ( $1,72 \pm 0,17\%$ ) presenta un valor superior a los citados por Ventura *et al.* (2004) ( $1,04 \pm 0,1\%$ ), Batista Núñez (2014) ( $1,47 \pm 0,04\%$ ), China *et al.* (2011a) ( $0,45 \pm 0,05\%$ ) y Álvarez *et al.* (2004) (1,28%), e inferior al referido por China *et al.* (2009) (3,43%). *E. decaisnei* ( $1,49 \pm 0,11\%$ ) muestra un contenido inferior al conseguido por Batista Núñez (2014) ( $2,87 \pm 0,09\%$ ) y al obtenido por China *et al.* (2009) (3,20%), solamente es superior a  $0,56 \pm 0,09\%$  de China *et al.* (2011a). Finalmente, *L. lancerottensis* ( $0,89 \pm 0,12\%$ ) obtiene un valor menor al  $1,40 \pm 0,03\%$  de Batista Núñez (2014) y mayor a  $0,37 \pm 0,06\%$  de China *et al.* (2011a). Para Ruano Ramos (1997) que recoge niveles medios de Ca en leguminosas cita un contenido de 0,88%, superado tanto por *B. bituminosa* como por *L. lancerottensis*. Wills *et al.* (1990) cita como contenido medio de Ca en alfalfa un 2,1%, superior a los contenidos presentados en este trabajo y McDowell y Arthington (2005) dan como

requerimiento para la dieta de rumiantes un rango entre 0,20 a 0,82% valor superado por las tres especies de este estudio.

Todos los tratamientos contienen la misma concentración de Ca. La relación Ca:P es mayor en los tejidos jóvenes como son los tejidos de este trabajo y vital para el metabolismo del animal, según McDowell y Arthington (2005) para una adecuada dieta de rumiante debe presentar una relación 2:1 o 1:1, en este caso se cumple la primera relación.

#### 5.4.3.4.5. Magnesio

Los valores medios de la concentración de Mg presentan significación ( $P \leq 0,05$ ) para el factor “especie”. Por otra parte, el factor “tratamiento” y la interacción “especie x tratamiento” no muestran significación ( $P \geq 0,05$ ) (Tabla 30).

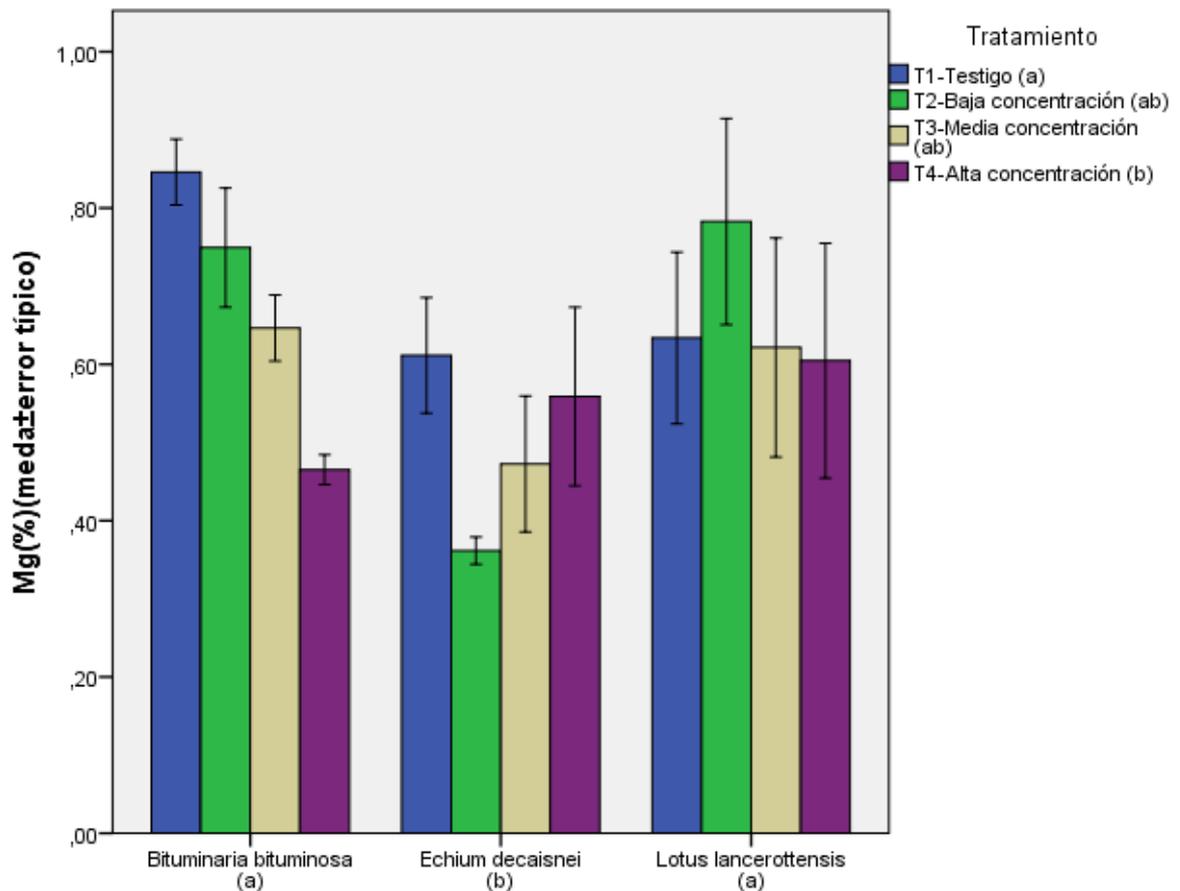
**Tabla 30: Prueba de efecto intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de magnesio de las tres especies (test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F     | P     |
|-----------------------|------|-------------------|-------|-------|
| Especie               | 2    | 0,302             | 3,394 | 0,050 |
| Especie x tratamiento | 6    | 0,382             | 1,431 | 0,244 |
| Error (especie)       | 24   | 1,067             |       |       |
| Tratamiento           | 3    | 0,161             | 2,834 | 0,083 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 0,227             |       |       |

La especie *B. bituminosa* es la especie con el contenido medio más alto de Mg ( $0,68 \pm 0,04\%$ ) y le sigue *L. lancerottensis* ( $0,66 \pm 0,06\%$ ) (Tabla 32), sin existir diferencias significativas entre ambas ( $P \geq 0,05$ ) (Gráfica 20). Por lo que se refiere a *E. decaisnei*, es la especie con la media más baja ( $0,50 \pm 0,04\%$ ) y la única que presenta diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) con el resto.

Dentro de los diferentes tratamientos, el valor medio más alto corresponde al T1 ( $0,69 \pm 0,05\%$ ), le sigue T2 ( $0,63 \pm 0,07\%$ ), T3 ( $0,58 \pm 0,06\%$ ) y T4 ( $0,54 \pm 0,06\%$ ) (Tabla 32). Solo existen diferencias significativas entre el T1 y T4, el resto de tratamientos no tienen diferencias significativas (Gráfica 20). Este elemento tiene relación antagónica con el K (K/Mg), por tanto, la absorción

excesiva y su enriquecimiento hace disminuir la del Mg (Navarro García y Navarro García, 2013).



**Gráfica 20: Contenido de Magnesio (% sobre la base de Materia seca) de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos diferentes. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

Tanto China *et al.* (2009) (0,99%), como Ventura *et al.* (2004) ( $1,04 \pm 0,1\%$ ) presentan un contenido medio superior en *B. bituminosa* al obtenido en el presente trabajo ( $0,68 \pm 0,04\%$ ). Sin embargo, Álvarez *et al.* (2004) (0,20%), Batista Núñez (2014) ( $0,22 \pm 0,01\%$ ) y China *et al.* (2011a) ( $0,21 \pm 0,01\%$ ) reflejan un valor inferior al obtenido. *E. decaisnei* ( $0,50 \pm 0,04\%$ ) muestra un valor inferior al citado por China *et al.* (2009) (0,61%), y superior a los de Batista Núñez (2014) ( $0,14 \pm 0,02\%$ ) y a China *et al.* (2011a) ( $0,15 \pm 0,02\%$ ). Por último, *L. lancerottensis* ( $0,66 \pm 0,06\%$ ) presenta un valor superior al citado por China *et al.* (2011a) ( $0,20 \pm 0,01\%$ ) y Batista Núñez (2014) ( $0,23 \pm 0,01\%$ ). El valor citado por Ruano Ramos (1997) (0,13-0,23%) para Leguminosas es inferior al de *B. bituminosa* y *L. lancerottensis*. El valor obtenido por Wills *et al.* (1990) para alfalfa (forraje de

referencia) (0,40%) es inferior al conseguido por las tres especies estudiadas en este trabajo, al igual que el citado por McDowell y Arthington (2005) (0,10-0,20%). Por tanto, las especies de este estudio muestran valores de Mg superiores a los requerimientos en la dieta de rumiantes.

#### 5.4.3.4.6. Sodio

El contenido medio de Na muestra significación, tanto en los factores "especie" y "tratamiento" como en la interacción "especie x tratamiento" ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 31).

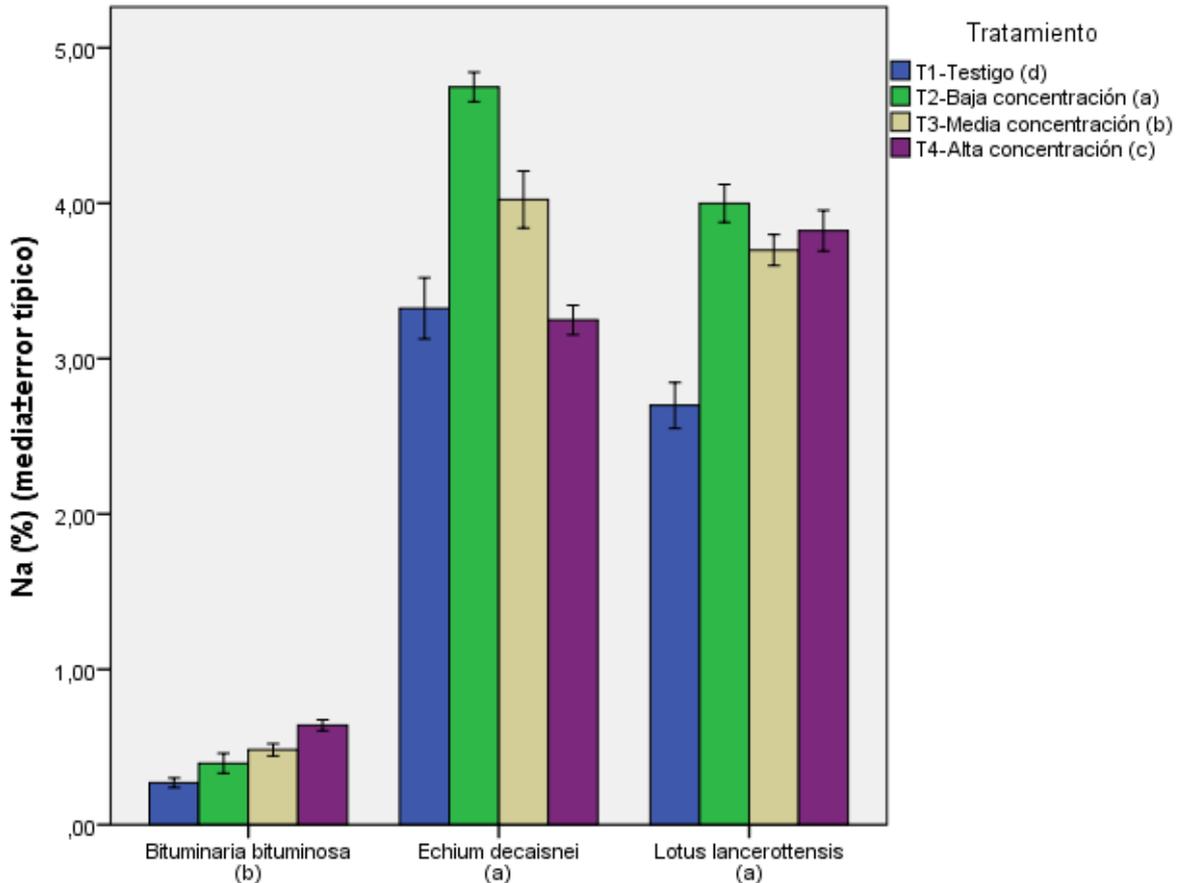
**Tabla 31: Prueba de efectos intra-sujetos e inter-sujetos de la concentración de sodio de las tres especies**

| Origen                | G.L. | Suma de cuadrados | F       | P      |
|-----------------------|------|-------------------|---------|--------|
| Especie               | 2    | 7,988             | 110,524 | <0,001 |
| Especie x tratamiento | 6    | 3,198             | 14,749  | <0,001 |
| Error (especie)       | 24   | 0,867             |         |        |
| Tratamiento           | 3    | 2,606             | 30,528  | <0,001 |
| Error (Tratamiento)   | 12   | 0,341             |         |        |

**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  $\text{sen } x$ ) (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

Al igual que en el potasio fue *E. decaisnei* la especie con el contenido medio más alto ( $3,8 \pm 0,17\%$ ), con un valor similar a *L. lancerottensis* ( $3,6 \pm 0,14\%$ ) y sin presentar diferencias significativas entre ambas (Gráfica 21). *B. bituminosa* ( $0,45\% \pm 0,04$ ) presenta diferencias significativas con las otras dos especies y el valor más bajo (Tabla 32).

En cuanto a los tratamientos, se observa que existen diferencias significativas entre todos los tratamientos (Gráfica 21). El T2 es el que contiene el valor medio más alto ( $3,05 \pm 0,58\%$ ), lo que puede estar relacionado con una menor concentración de K y a la relación antagónica entre estos elementos. Le sigue el T3 ( $2,73 \pm 0,49\%$ ), T4 ( $2,57 \pm 0,42\%$ ) y, por último, el T1 ( $2,09 \pm 0,40\%$ ) (Tabla 32).



Gráfica 21: Contenido de Sodio (% sobre la base de Materia seca) de tres especies forrajeras con cuatro tratamientos diferentes. Las especies y los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS,  $P \leq 0,05$ )

Los resultados de *B. bituminosa* citados por Álvarez *et al.* (2004) (0,16%), China *et al.* (2009) (0,20%), China *et al.* (2011a) (0,08±0,03%), Batista Núñez (2014) (0,13±0,03%) y Ventura *et al.* (2004) (0,26±0,02%) son muy inferiores al porcentaje de 0,45±0,04% conseguido en este trabajo. El valor de *E. decaisnei* (3,8±0,17%) es superior a los alcanzados por China *et al.* (2009) (1,06%), China *et al.* (2011a) (0,18±0,04%) y Batista Núñez (2014) (0,56±0,08%). Para *L. lancerottensis* (3,8±0,17%) el contenido determinado es superior al de Batista Núñez (2014) (0,37±0,08%), China *et al.* (2009) (1,10%) y a China *et al.* (2011a) (0,11±0,02%). Según Ruano Ramos (1997), los valores ideales de Na para leguminosas están entre 0,03-0,33%, por lo tanto, las dos especies que pertenecen a esta familia están por encima del límite superior. Así mismo, para McDowell y Arthington (2005) el valor ideal para la alfalfa (forraje de referencia) es de 0,1%. McDowell *et al.* (1993) cita, como valores ideales en nutrición de

pequeños rumiantes entre 0,04-0,24%. Todas las especies presentan niveles medios superiores a ese rango.

A continuación, se observan los contenidos medios de todos los elementos y tratamientos tratados en el punto anterior (Tabla 32)

**Tabla 32: Valores medios ± errores típicos de la composición química (cenizas, proteína bruta, materia seca, macroelementos, pH y CE del suelo de *B. bituminosa*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*)**

| Calidad química- | <i>Bituminaria bituminosa</i> | <i>Echium decaisnei</i>     | <i>Lotus lancerottensis</i> |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Cenizas (%)      | 12,83 ± 0,24 <sup>(b)</sup>   | 18,05 ± 0,42 <sup>(a)</sup> | 9,97 ± 0,22 <sup>(ab)</sup> |
| P (%)            | 0,22 ± 0,03 <sup>(c)</sup>    | 0,51 ± 0,08 <sup>(a)</sup>  | 0,36 ± 0,04 <sup>(b)</sup>  |
| K (%)            | 6,49 ± 0,29 <sup>(a)</sup>    | 6,76 ± 0,18 <sup>(a)</sup>  | 3,94 ± 0,24 <sup>(b)</sup>  |
| Ca (%)           | 1,72 ± 0,17 <sup>(a)</sup>    | 1,49 ± 0,11 <sup>(b)</sup>  | 0,89 ± 0,12 <sup>(c)</sup>  |
| Mg (%)           | 0,68 ± 0,04 <sup>(a)</sup>    | 0,50 ± 0,04 <sup>(b)</sup>  | 0,66 ± 0,06 <sup>(a)</sup>  |
| Na (%)           | 0,45 ± 0,04 <sup>(b)</sup>    | 3,84 ± 0,17 <sup>(a)</sup>  | 3,55 ± 0,14 <sup>(a)</sup>  |

| Calidad química | Tratamiento 1               | Tratamiento 2                | Tratamiento 3               | Tratamiento 4               |
|-----------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Cenizas (%)     | 12,89 ± 1,03 <sup>(b)</sup> | 12,95 ± 0,76 <sup>(ab)</sup> | 13,79 ± 1,19 <sup>(a)</sup> | 14,83 ± 1,13 <sup>(a)</sup> |
| P (%)           | 0,09 ± 0,01 <sup>(d)</sup>  | 0,31 ± 0,03 <sup>(c)</sup>   | 0,46 ± 0,05 <sup>(b)</sup>  | 0,59 ± 0,07 <sup>(a)</sup>  |
| K (%)           | 4,66 ± 0,48 <sup>(c)</sup>  | 5,79 ± 0,47 <sup>(b)</sup>   | 5,78 ± 0,37 <sup>(b)</sup>  | 6,71 ± 0,36 <sup>(a)</sup>  |
| Ca (%)          | 2,17 ± 0,17 <sup>(a)</sup>  | 1,26 ± 0,12 <sup>(bc)</sup>  | 1,06 ± 0,14 <sup>(cd)</sup> | 0,99 ± 0,10 <sup>(d)</sup>  |
| Mg (%)          | 0,69 ± 0,05 <sup>(a)</sup>  | 0,63 ± 0,08 <sup>(ab)</sup>  | 0,58 ± 0,06 <sup>(ab)</sup> | 0,54 ± 0,06 <sup>(b)</sup>  |
| Na (%)          | 2,09 ± 0,40 <sup>(d)</sup>  | 3,05 ± 0,58 <sup>(a)</sup>   | 2,73 ± 0,49 <sup>(b)</sup>  | 2,57 ± 0,42 <sup>(c)</sup>  |

**Nota: en el superíndice las letras diferentes indican si hay diferencias significativas entre las especies y los tratamientos (Test DMS,  $P \leq 0,05$ )**

## **CONCLUSIONES**



## 6. CONCLUSIONES

### 6.1. GERMINACIÓN

1. El tipo de tratamiento y la especie no presentó significación en resultados de germinación de las tres especies estudiadas (*B. bituminosa*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis*). No obstante, dentro de la especie, el tipo de tratamiento si mostró diferencias en los resultados de germinación.
2. Los tratamientos con mayor porcentaje de germinación fueron los de agua hirviendo a 60 y 70 segundos para *B. bituminosa* y *L. lancerottensis* respectivamente. Para *E. decaisnei*, el valor más alto de germinación lo alcanzó mediante el tratamiento testigo.

### 6.2. FERTIRRIGACIÓN

3. La especie con más porcentaje en materia seca fue *B. bituminosa*.
4. Tanto *B. bituminosa* como *L. lancerottensis* mostraron los valores más altos en proteína bruta.
5. La especie que presenta una relación mayor de fracción ramoneable es *E. decaisnei*, seguida de *L. lancerottensis* y *B. bituminosa*.
6. El valor alcanzado por *E. decaisnei* fue superior a los citados en la bibliografía, resultando este dato muy interesante de cara a su trasplante al terreno y a su posterior aprovechamiento forrajero.
7. *Echium decaisnei* y *B. bituminosa* por su mayor contenido en minerales son interesantes desde un punto de vista forrajero. Tanto las tres especies como en los cuatro tratamientos se cumple la relación 2:1 de Ca:P, valor idóneo para una buena nutrición en pequeños rumiantes.
8. El tratamiento con la mayor concentración de fertilizantes (T4) muestra en FR/FNR, PB, cenizas, P y K el valor medio más alto de los cuatro tratamientos.

9. Aunque las especies estudiadas presentaron niveles aceptables de nutrientes, se observaron algunos desequilibrios entre las especies, se aconseja la combinación de las especies trabajadas en proporciones adecuadas, para obtener así un forraje y una nutrición más equilibrada.
  
10. La solución idónea para el mantenimiento en vivero y su posterior trasplante al terreno, sería la del tratamiento con la mayor concentración de N:P:K, debido a que presenta unos valores aceptables de nutrientes.

## **BIBLIOGRAFÍA**



## 7. BIBLIOGRAFÍA

ABAD, M. (1996). *Sustratos: propiedades y mAnexo de materiales orgánicos, minerales y sintéticos inertes y activos*. En: Rodríguez Belfín, A. (cd). Hidroponía curso-taller internacional. Lima (Perú). Universidad La Molina. pp. 57-66.

ACEBES GINOVÉS, J.R.; DEL ARCO AGUILAR, M.; GARCÍA GALLO, A.; LEÓN ARENCIBIA, M<sup>a</sup>. C.; PÉREZ DE PAZ, P.L.; RODRÍGUEZ DELGADO, O.; WILDPRET DE LA TORRE, W.; MARTÍN OSORIO, V.E.; MARRERO GÓMEZ, M<sup>a</sup>. C.; RODRÍGUEZ NAVARRO, M<sup>a</sup>. L. (2009). *Lista de Especies Silvestres de Canarias. Hongos, Plantas y Animales Terrestres*. Pteridophyta, Spermatophyta. En: Arachavaleta, M.; Rodríguez, S.; Zurita, N.; García, A. (cd.). Gobierno de Canarias. pp. 99-144.

AGRIOS, G, (1998). *Fitopatología*. 3<sup>a</sup> Edición. México: Editorial Limusa. Mexico. 838 p.

ÁLVAREZ, S.; MÉNDEZ, P.; DÍAZ, C.; FRESNO, M. (2004). *Ingestión, composición química y digestibilidad in vivo de tедера (B. bituminosa (L) Stirton)*. En: García Criado, B.; García Ciudad, A.; Vázquez de Aldana, B.R.; Zabalgoeazcoa, I. 2004. *Pastos y ganadería Extensiva*. Salamanca (España). IRNASA (CSIC). pp 337-340.

ARNON, D.I.; STOUT, P.R. (1939). *The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper*. *Plant physiology*. Volumen 14. pp 371-375.

BARQUÍN, E.; CHINEA, E. (1995). *Cinco leguminosas endémicas de Canarias con posibilidades forrajeras*. En: China, E. A.; Barquín, E. (eds). *Pastos y productos ganaderos*. Tenerife: pp 9-23.

BARROSO, F.G.; PEDREÑO, A.; MARTÍNEZ, T.; ROBLES, A.B.; GLEZ-REBOLLAR, J.L. (2005). *Potencialidad de las especies C<sub>4</sub> como alimento para el ganado en repoblaciones de zonas semiáridas*. En: Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol. I): XLV

Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de las Pastos (SEEP). Asturias (España). pp. 347-353.

BATISTA NÚÑEZ, C. (2014). *Especies autóctonas con interés forrajero de la Reserva de la Biosfera de Lanzarote, Islas Canarias*. Tesis Doctoral. China, E. A.; García Ciudad, A.; Mora, J.L. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Sección de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna. 254 p.

BLESA RODRÍGUEZ, A.C.; DE LUQUE ESCALONA, A. (1976). *Contribución al estudio de los materiales volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en hidroponía*. En: Anales de Edafología y Agrobiología. Tomo XXXV. Nums 11-12. Madrid

BLESA, A.C.; LUQUE, A. (1972). Contribución al estudio de los lapillis volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en los cultivos hidropónicos. En: II. Tratamiento con soluciones nutritivas. Análisis de Edafología y Agrobiología, 35: pp 1079-1091.

BRADBEER, JW. (1988). *Seed dormancy and germination*. Holanda: Springer. 160 p.

CADAHÍA LÓPEZ, C. (2005). *Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. Madrid (España). Ed. Mundi prensa, 3<sup>o</sup> edición. pp 681.

Castello, M.; Croser, J.S.; Lulsdorf, M. M.; Ramankutty, P.; Pradhan, A.; Nelson, M. N; Real, D. (2013). *Breaking primary dormancy in seeds of the perennial pasture legume teder (Bituminaria bituminosa CH Stirt. vars. albomarginata and crassiuscula)*. En. *Grass and Forage Science*. pp. 5-7

CATALÁN BACHILLER, G. (1995). *Semillas de árboles y arbustos forestales*. Ed. ICONA (M.A.P.A). 329 p.

CHINEA, E.; BATISTA, C.; MORA, J.L.; GARCÍA-CIUDAD, A. (2011a). *Estudio de especies pascícolas de Lanzarote en su hábitat. II composición mineral*. En: López-Carrasco Fernández, C.; Rodríguez Rojo, M.P.; San Miguel Ayanz, A.; Fernández González, F.; Roig Gómez, S. *Pastos, paisajes culturales entre*

*tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Toledo (España) pp. 87-91.

CHINEA, E.; BATISTA, C.; MORA, J.L.; GARCÍA-CRIADO, B. (2011b). *Estudio de especies pascícolas de Lanzarote en su hábitat. III composición orgánica*. En: López-Carrasco Fernández, C.; Rodríguez Rojo, M.P.; San Miguel Ayanz, A.; Fernández González, F.; Roig Gómez, S. *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Toledo (España). pp. 93-97.

CHINEA, E.; BATISTA, C.; MORA, J.L.; GARCÍA-CIUDAD, A.; GARCÍA-CRIADO, B. (2012). *Producción forrajera del cultivo de especies autóctonas de Canarias*. En: Canals Tresserras, R.M.; San Emeterio Garcíandía, L. *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Pamplona (España). pp. 528-534.

CHINEA, E.; BATISTA, C.; MORA, J.L.; GARCÍA-CIUDAD, A.; GARCÍA-CRIADO, B. (2013). *Composición mineral del forraje de especies autóctonas de Lanzarote*. En: Olea, L.; Poblaciones, M<sup>a</sup>. J.; Rodrigo, S. M. y Santamaría, O. *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Badajoz (España). pp. 107-114.

CHINEA, E.; BATISTA, C.; MORA, J.L.; GARCÍA-CIUDAD, A.; GARCÍA-CRIADO, B. (2014). *Constituyentes orgánicos y digestibilidad de especies forrajeras autóctonas de Lanzarote*. En: Busqué Marcos, J.; Saicedo Díaz, G.; Serrano Martínez, E.; Mora Martínez, M.J.; Rodríguez Arango, B.F. *Pastos y P.A.C 2014-2020*. 53<sup>a</sup> Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. pp. 343-350.

CHINEA E.; GARCÍA CIUDAD A.; BARQUÍN E. Y GARCÍA-CRIADO B. (2002). *Biomasa aportada al suelo por *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste)*. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*. XLII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (S.E.E.P). Chocarro, C.; Santiveri, F. (eds). Lleida (España). pp. 361-365.

- CHINEA, E.A.; MESA, R.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCIA CRIADO, B.; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A.; GUERRA, J.A.; MORA, J.L. (2010). *Estudio del potencial forrajero de especies autóctonas de la Reserva de Biosfera de Lanzarote. Tomo I*. Ed: Excmo. Cabildo de Lanzarote, Fundación Biodiversidad (MAAMA). 206 p.
- CHINEA, E.; MARTÍN, P.; AFONSO, C.; HITTA, P.; HERNÁNDEZ, E. (1999a). *Estudio del ensilado de banana (Musa acuminata Colla, subgrupo Cavendish) para la alimentación del ganado caprino en las Islas Canarias*. Rev. Fac. Agron, 16: 291-305.
- CHINEA, E.; MARTÍN, P.; AFONSO, C; VERA, A. (1999b). *Estudio preliminar de la utilización de los residuos de la tomatera en la alimentación del ganado caprino en Tenerife*. En: Ciria, J.; Asenjo, B. (eds.) Producción Ovina y Caprinas. XXIV Jornadas científicas y 3ª internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. SEOC. Soria (España). pp 223-226.
- CHINEA, E.; MESA, R.; MORA, M.L. (2009). *Especies forrajeras autóctonas de la Isla de Lanzarote*. En: Reiné, R.; Barrantes, O.; Broca, A.; Ferrer, C. La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Huesca (España). pp. 359-365.
- CHINEA, E.; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A.; MORA, J.L. (2004). *Erosion control on soil with shrub and endemic forage legumes from the Canary Islands*. Rev. Fac. Agron., 21: 363-373.
- CHIPATECUA, M.R.; PABÓN, M.L.; CÁRDENAS, E.A.; 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*. Rev. Colomb. Cien. Pec. 20: 40-48.
- CID BALLARIN, M.C. (1993). *Los sustratos para la producción de plantas*. Horticultural, 10: 31-34.
- DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A. (1984). *Tratado de Fertilización*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid (España). 613 p.

ELEJABEITIA, N. (1997). *La alimentación de las cabras*. Hoja divulgativa 7. Tenerife: Servicio de Agricultura, Cabildo Insular de Tenerife. 26 p.

FERNÁNDEZ CALDAS, E.; TEJEDOR SALGUERO, M.L.; QUANTÍN, P. (1982). *Suelos de Regiones Volcánicas. Tenerife. Islas Canarias*. En: Colecciones Viera y Clavijo. Vol. IV. pp. 97-114.

GIL GONZÁLEZ, J.; PEÑA HERNÁNDEZ, M.; NIZ TORRES, R. (2009). *Usos culturales de las yerbas en los campos de Lanzarote*. Lanzarote (España). Bases orales para la reconstrucción del conocimiento etnobotánico tradicional. 1ª Edición. Volumen 1. Editorial ADERLAN. 558 p.

GOBIERNO DE CANARIAS (2014). Ayuda a los productores de determinados cultivos forrajeros. BOC 4 (58): 301-308.

GONZÁLEZ REYES, A.B. (2014). *Estudio de la evapotranspiración y sus métodos de cálculo para diferentes situaciones en la Isla de Tenerife*. Trabajo Fin de Grado. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Sección de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna.

GUTIÉRREZ, C.; RODRÍGUEZ, J.L.; FERNÁNDEZ, A. (1999). *Situación sanitaria de la agrupación caprina canaria*. En: Ovis, 62: pp. 75-83.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES, F.T. (1990). *Plant propagation. Principles and practices*. Ed: Prentice-Hall International Editions. pp. 104-123.

HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, L.A.; GONZÁLEZ SOTO, M.S.; JIMÉNEZ MENDOZA, C.C.; ORTEGA GONZÁLEZ M.J.; PADRÓN PADRÓN, P.A.; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A.; TORRES CABRERA, J.M.T.; VARGAS CHÁVEZ, G.E. (1991). *Suelos de la Isla de Lanzarote. Características Generales*. En: XVIII Reunión Nacional de Suelos. Tenerife 22-28 Septiembre. Departamento de Edafología y Geología, Universidad de La Laguna. pp. 311-330.

HERRANZ, J.M.; FERRANDIS, P.; MARTÍNES-SÁNCHEZ, J.J. (1998): *Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae Species*. En: *Plant Ecology*. Vol 136, Nº 1, pp. 95-103.

KUNKEL, G. (1982). *Los Riscos de Famara (Lanzarote, Islas Canarias). Breve descripción y guía florística*. Ed: ICONA. Madrid (España). 121 p.

LUQUE ESCALONA, A.; PÉREZ MELIÁN, G. (1975). *Alteración de las propiedades de los materiales volcánicos por los años de utilización en hidroponía*. En: Servicio Agrícola Centro Internacional para la Hidroponía, Los Moriscos. Las Palmas de Gran Canaria (España). pp. 19-34.

MARZOL JAÉN, M.V. (1988). *La lluvia un recurso natural para Canarias*. En: Servicio de publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias nº 130. 220 p.

MCDOWELL, L.R.; AURTHINGTON J.D. (2005). *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 4ª Edición. Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida. Gainesville (EE.UU.). 94 p.

MÉNDEZ, P. (2000). *El heno de tederá (Bituminaria bituminosa): un forraje apatecible para el caprino*. En: *Reunión ibérica de pastos y forrajes*. XL Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de las Pastos SEEP. Braganza-La Coruña-Lugo (España-Portugal). pp. 414-441.

MÉNDEZ, P.; SANTOS, A.; CORREAL, E.; RÍOS, S. (2006). *Agronomic traits as forage crops of ninetien population of Bituminaria bituminosa*. En: Lloveras, J., González-Rodríguez, A.; Vázquez-Yañez, O.; Piñero, J.; Santamaría, O.; Olea, L.; Poblaciones, M.J. *Sustainable Grassland Productivity*. 21<sup>st</sup> General Meeting of the European Graasland Federation. Badajoz (España). pp. 300-302.

MÉNDEZ, P. (1993). *Recursos forrajeros arbustivos*. En: Textos del primer curso de ganado caprino. Primer curso de Ganado Caprino. Cita. Gobierno de Canarias (España). pp. 63-70.

MÉNDEZ, P.; ÁLVAREZ, S. (2008). *Informe: Plan forrajero para Canarias*. En: Propuesta Inicial. Unidad de Producción Animal, Pastos y Forrajes. ICIA. Canarias (España). 30 p.

MÉNDEZ, P; DÍAZ, E; RIVERO, R (2001). *Contenido de cuminarias del forraje verde (Bituminaria bituminosa)*. En: *Biodiversidad de pastos*. XLI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Alicante (España). pp. 335-338.

MÉNDEZ, P; FERNÁNDEZ, M. (1990). *Interés forrajero de la variedad (Bituminaria bituminosa (L.) Stirton)*. 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. San Sebastián (España). pp. 264-271.

MÉNDEZ, P; FERNÁNDEZ, M; SANTOS, A. (1990-1991). *Variedades de Bituminaria bituminosa (L.) Stirton (Leguminosae) en el Archipiélago Canario*. En: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Vol. 20-21 (1-2): 157-166.

MUÑOZ CARPENA, R.; RITTER RODRÍGUEZ, A. (2005). *Hidrología Agroforestal*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid (España). 348 p.

NAVARRO CARRILLO, R.M.; Pemán García, J. (1997) *Apuntes de producción de planta forestal*. Ed: Universidad de Córdoba. 268 p.

NAVARRO GARCÍA, G.; NAVARRO GARCÍA, S. (2013). *Química Agrícola. Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Ed: Mundi-Prensa. 3ª ed. Madrid (España). 492 p.

PENNINGSFELD, F.; KURZMAN, P. (1983). *Cultivos hidropónicos y en turba*. 2ª Edición. Editorial Mundial Prensa. Madrid (España). 339 p.

PORTA, J.; LÓPEZ ACEVEDO, M.; POCH, R.M. (2011). *Introducción a la edafología. Uso y protección de suelos*. Ed. Mundi-Prensa. 2ª ed. Madrid (España). 749 p.

RESH, H. M. (1997). *Cultivos hidropónicos*. Ed. Mundi-Prensa. 4ª ed. Madrid (España). 509 p.

REYES BETANCORT, J.A.; LEÓN ARENCIBIA, M<sup>a</sup>. C.; WILDPRET DE LA TORRE, W.; MEDINA PÉREZ, M<sup>a</sup>. M. (2000). *Estado de Conservación de la flora silvestre amenazada de Lanzarote (Islas Canarias)*. Ed: Gobierno de Canarias. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente. pp 15-32.

RODRÍGUEZ MARCOS, R.; HERNÁNDEZ CORDERO, A.; MÚJICA PADILLA, F.; VIERA VIERA, M.; RODRÍGUEZ VENTURA, M.; 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.; Lloveras, J. *Producción de pastos, forrajes y céspedes*. Lleida (España). Universitat de Lleida, IRTA, SEEP y DARP. p 313.

RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A. (2001). *Erosión y desertificación*. En: Fernández Palacios, J.M. (ed.); Martín Esquivel, J.L. (ed.). *Naturaleza de las Islas Canarias*. Ecología y conservación. Mundi-Prensa. Madrid (España). pp. 317-321.

RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A.; JÍMENEZ MENDOZA, C.C.; GONZÁLEZ SOTO, M.C.; HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, L.A.; ORTEGA GONZÁLEZ, M.J.; PADRÓN PADRÓN, P.A.; TORRES CABRERA, J.M.; VARGAS CHÁVEZ, G.E. (1991). *Agricultura de conservación en zonas áridas: Erosión-Salinización en suelos de Lanzarote*. En: *Guía-Memoria de la Sesión de Campo*. Curso Erosión de Suelos y Procesos de Desertización en Ecosistemas Insulares. Universidad de Verano de Lanzarote-Universidad de La Laguna. pp. 47.

RUANO RAMOS, A.; (1997). *Análisis de la composición mineral en muestras herbáceas por espectroscopía de la reflectancia en el infrarrojo cercano. Diagnóstico de deficiencias y toxicidades*. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca.

SACHS, M. (1969). *Growing flowers on volcanic stuff*. Proc. International Congress on Hydroponic. Las Palmas (España). pp. 154-157.

TOOLE, E.H.; HANCHICKS, A.; BORTHWICK, H.A.; TOOLE, V.K. (1956). *Physiology of seed germination*. En: *Annual Rev. of Plant Physiology*. Vol.7. Nº1. 295-324.

URRESTARAZU GAVILÁN, M. (1998). *Manual de cultivo sin suelo*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid (España). 647 p.

VÁZQUEZ-ALDANA, B.R.; GARCÍA-CIUDAD, A.; GARCÍA-CRIADO, B. (2009). *Relación entre compuestos fenólicos y calidad nutritiva en especies pratenses*. En: Reiné, R.; Barrantes, O.; Broca, A.; Ferrer, C. La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Huesca (España). pp 273-278.

VENTURA, M.R.; PIELTAIN, M.C.; MÉNDEZ, P.; FLORES, M.P.; CASTAÑÓN, J.I.R. (1995). *Aproximación al valor nutritivo de arbustos forrajeros canarios: vinagrera (*Rumex lunaria* L.) y tederá 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). pp. 301-303.

VIGNOLIO, O.R.; MACEIRA, N.O.; FERNÁNDEZ, O.N. (1995). *Efectos del anegamiento sobre el poder germinativo de las semillas de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*. Implicancias para su propagación en diferencias en la Depresión del Salado (Buenos Aires, Argentina)*. En: *Ecología Austral*. Vol. 5, Nº 157, pp. 63.

WALTER, D.J.; LUTTS, S.; SÁNCHEZ GARCÍA, M.; CORREAL, E. (2014). *Atriplex halimus* L. *Its biology and uses*. En: *Journal of Arid Environments*, Vol.100-101.111-121.

WILLS, B.J.; BEGG, J.S.C.; BROSANAN, M. 1990. *Forage shrubs for the South Island dry hill country: 1. Atriplex halimus* L. (*Mediterranean saltbush*). New Zealand Grassland Association. 52: pp. 161-165.



## **ANEXOS**



## 8. ANEXOS

### 8.1. Anexo 1: Climatología

Tabla 33: Climatología durante el periodo de ensayo de germinación. Valores medios semanales de Temperatura media, Temperatura media de las máximas, Temperatura media de las mínimas y Humedad Relativa del Invernadero de la Caja de Ahorro

| Año  | Mes | Semana | Media  |        | Mínima |        | Máxima |        |
|------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      |     |        | T (°C) | HR (%) | T (°C) | HR (%) | T (°C) | HR (%) |
| 2014 | 2   | 5      | 13,8   | 78,2   | 10,9   | 59,4   | 21,2   | 87,4   |
| 2014 | 3   | 6      | 15,1   | 75,5   | 10,2   | 49,9   | 24,4   | 88,5   |
| 2014 | 3   | 7      | 13,6   | 76,3   | 8,8    | 55,4   | 21,4   | 88,7   |
| 2014 | 3   | 8      | 14,5   | 74,8   | 10,3   | 51,6   | 22,9   | 88     |
| 2014 | 3   | 9      | 15,1   | 70,3   | 10,8   | 47,4   | 24,4   | 84,7   |
| 2014 | 4   | 10     | 14,9   | 75,4   | 11,0   | 51,2   | 24,1   | 87,9   |
| 2014 | 4   | 11     | 15,3   | 72,0   | 9,7    | 46,7   | 25,8   | 87,7   |
| 2014 | 4   | 12     | 15,6   | 70,9   | 11,1   | 47,4   | 24,8   | 86,0   |
| 2014 | 4   | 13     | 15,3   | 71,0   | 9,7    | 46,5   | 26,0   | 85,9   |
| 2014 | 4   | 14     | 18,6   | 65,3   | 9,6    | 43,8   | 28,1   | 88,4   |

**Tabla 34: Climatología durante el periodo de ensayo de fertirrigación. Valores medios cada 15 días de Temperaturas y Humedades máximas y mínimas del Invernadero de la Caja de Ahorro**

| Año  | Mes        | Semana | T (°C) max | T (°C) min | HR max | HR min |
|------|------------|--------|------------|------------|--------|--------|
| 2014 | Junio      | 1-2    | 30,9       | 9,5        | 89,8   | 40,7   |
| 2014 | Junio      | 3-4    | 31,8       | 10,1       | 88,4   | 39,1   |
| 2014 | Julio      | 5-6    | 32,7       | 10,7       | 89,9   | 42,3   |
| 2014 | Julio      | 7-8    | 32,4       | 11,1       | 89,9   | 43,3   |
| 2014 | Agosto     | 9-10   | 32,8       | 11,7       | 90,2   | 43,8   |
| 2014 | Agosto     | 11-12  | 36,3       | 11,9       | 87,3   | 36,7   |
| 2014 | Septiembre | 13-14  | 37,9       | 12,4       | 89,7   | 41,2   |
| 2014 | Septiembre | 15-16  | 35,2       | 11,7       | 87,6   | 41,3   |

Las ecuaciones utilizadas para la transformación de los datos de la ETSIA Laguna fueron las siguientes:

- Temperatura máxima °C →  $y=1,4657 x$ ;  $R^2=0,6819$
- Temperatura mínima °C →  $y=1,049 x$ ;  $R^2=0,9069$
- Humedad relativa máxima →  $y=0,9505 x$ ;  $R^2=0,7292$
- Humedad relativa mínima →  $y=0,6325 x$ ;  $R^2=0,6529$

## 8.2. Anexo 2: Biometría de las tres especies antes de fertilizar

Tabla 35: Biometría de *B. bituminosa*

| <i>B. bituminosa</i> |                      |                         |             |                      |                         |             |                      |                         |
|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------|----------------------|-------------------------|-------------|----------------------|-------------------------|
| Altura (cm)          | Diámetro de copa(cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa(cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa(cm) | Diámetro de tronco (cm) |
| 12,5                 | 10                   | 0,32                    | 4,3         | 2,3                  | 0,32                    | 13          | 9,2                  | 0,22                    |
| 9,9                  | 11                   | 0,25                    | 5,6         | 4,8                  | 0,33                    | 10,6        | 7,5                  | 0,16                    |
| 9,6                  | 8,3                  | 0,13                    | 8,9         | 9,5                  | 0,29                    | 13,5        | 7,4                  | 0,1                     |
| 8                    | 6,6                  | 0,24                    | 8,5         | 7,5                  | 0,27                    | 11          | 10                   | 0,24                    |
| 11,5                 | 9,5                  | 0,3                     | 7,6         | 5,7                  | 0,25                    | 12,1        | 10,3                 | 0,23                    |
| 8,7                  | 7,5                  | 0,23                    | 6,5         | 5,4                  | 0,21                    | 9,9         | 10,6                 | 0,15                    |
| 8,7                  | 9                    | 0,38                    | 9,3         | 8                    | 0,34                    | 8,6         | 7,5                  | 0,23                    |
| 11,5                 | 11                   | 0,29                    | 12,2        | 10                   | 0,15                    | 12          | 10,8                 | 0,09                    |
| 5,8                  | 5                    | 0,19                    | 7,4         | 9                    | 0,33                    | 8,5         | 7,6                  | 0,11                    |
| 9                    | 7,5                  | 0,23                    | 8,9         | 10                   | 0,19                    | 5           | 4,2                  | 0,19                    |
| 9,5                  | 10,3                 | 0,3                     | 7,6         | 7,2                  | 0,21                    | 1,1         | 2,2                  | 0,14                    |
| 12,1                 | 10,5                 | 0,25                    | 8,3         | 8                    | 0,24                    | 3,9         | 3                    | 0,16                    |
| 6,6                  | 6,3                  | 0,19                    | 11,6        | 8,3                  | 0,23                    | 6,6         | 4,5                  | 0,18                    |
| 6,5                  | 6,3                  | 0,39                    | 8           | 5                    | 0,39                    | 11,1        | 7,1                  | 0,26                    |
| 6                    | 5,9                  | 0,25                    | 9,5         | 8                    | 0,33                    | 8           | 6,4                  | 0,24                    |
| 12,5                 | 11                   | 0,25                    | 12,8        | 13,5                 | 0,27                    | 6,5         | 5,5                  | 0,19                    |
| 9                    | 6,5                  | 0,29                    | 14,2        | 13,2                 | 0,20                    | 12,8        | 7,5                  | 0,23                    |
| 5                    | 4                    | 0,27                    | 10,5        | 8,5                  | 0,23                    | 8,6         | 6,3                  | 0,19                    |
| 6,1                  | 6,8                  | 0,31                    | 6,8         | 7                    | 0,22                    | 8,4         | 7,4                  | 0,18                    |
| 8                    | 6,2                  | 0,25                    | 8           | 6,5                  | 0,26                    | 5,5         | 5                    | 0,18                    |

Continuación de la Tabla 35

| Altura (cm) | Diámetro de copa(cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa(cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa(cm) | Diámetro de tronco (cm) |
|-------------|----------------------|-------------------------|-------------|----------------------|-------------------------|-------------|----------------------|-------------------------|
| 7,4         | 7,7                  | 0,19                    | 9,2         | 6                    | 0,22                    | 15,5        | 11,5                 | 0,19                    |
| 8,4         | 9                    | 0,27                    | 8,8         | 7,6                  | 0,17                    | 7,5         | 5,7                  | 0,11                    |
| 9,6         | 8,4                  | 0,28                    | 11          | 8,6                  | 0,23                    | 8           | 7                    | 0,16                    |
| 12          | 10,5                 | 0,33                    | 8,6         | 7,9                  | 0,22                    | 6,5         | 4,5                  | 0,24                    |
| 13,5        | 11,1                 | 0,30                    | 11          | 10                   | 0,18                    | 13,6        | 10                   | 0,21                    |
| 6,6         | 6,2                  | 0,24                    | 3,7         | 3                    | 0,19                    | 8,8         | 7,9                  | 0,14                    |
| 10,7        | 8,5                  | 0,25                    | 14,2        | 12,7                 | 0,22                    | 1           | 2,1                  | 0,13                    |
| 9           | 9,5                  | 0,22                    | 6           | 5                    | 0,16                    | 6           | 4,8                  | 0,23                    |
| 7,1         | 6                    | 0,13                    | 10          | 9,2                  | 0,27                    | 11,1        | 9                    | 0,19                    |
| 5,5         | 5                    | 0,29                    | 8,5         | 8                    | 0,18                    | 7,9         | 5                    | 0,21                    |
| 3,1         | 2                    | 0,22                    | 10,5        | 7,7                  | 0,19                    | 9,5         | 7                    | 0,21                    |
| 10          | 9,2                  | 0,21                    | 9,5         | 10                   | 0,17                    | 1           | 3                    | 0,14                    |

Tabla 36: Biometría de *E. decaisnei*

| <i>Echium decaisnei</i> spp. <i>purpuricense</i> |                       |                         |             |                       |                         |             |                       |                         |
|--|-----------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| Altura (cm)                                      | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) |
| 3  | 2,1                   | 0,25                    | 3,3         | 2,1                   | 0,21                    | 4,1         | 1,6                   | 0,15                    |
| 4,5  | 2,8                   | 0,31                    | 4           | 1,5                   | 0,25                    | 3,7         | 2,4                   | 0,25                    |
| 4,5  | 2                     | 0,10                    | 4,9         | 3                     | 0,24                    | 4,5         | 2,5                   | 0,21                    |
| 3,5  | 2,5                   | 0,28                    | 2,2         | 2,6                   | 0,29                    | 5,5         | 2,1                   | 0,42                    |
| 4  | 3                     | 0,26                    | 3           | 2                     | 0,41                    | 4,5         | 2,5                   | 0,21                    |
| 2,2  | 1,9                   | 0,19                    | 3,7         | 2                     | 0,29                    | 6           | 3                     | 0,29                    |

Continuación de la Tabla 36

| Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) |
|-------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| 3,5         | 2                     | 0,21                    | 3,5         | 2,5                   | 0,46                    | 4,6         | 2,5                   | 0,19                    |
| 4           | 2,9                   | 0,27                    | 3           | 1,8                   | 0,33                    | 3,2         | 2,4                   | 0,28                    |
| 4,3         | 2,6                   | 0,24                    | 4,7         | 2                     | 0,28                    | 3           | 3,2                   | 0,24                    |
| 2           | 2                     | 0,21                    | 5           | 3                     | 0,14                    | 5,1         | 2,5                   | 0,38                    |
| 6           | 3                     | 0,42                    | 4,5         | 3                     | 0,24                    | 4           | 2,6                   | 0,36                    |
| 5,3         | 2,6                   | 0,32                    | 4,6         | 2,2                   | 0,30                    | 6,5         | 3,7                   | 0,27                    |
| 2,9         | 3,1                   | 0,24                    | 4           | 2,1                   | 0,15                    | 4,5         | 3,3                   | 0,34                    |
| 2,5         | 2,5                   | 0,20                    | 4           | 2                     | 0,28                    | 3,3         | 1,9                   | 0,57                    |
| 4,1         | 2,5                   | 0,20                    | 4           | 2                     | 0,29                    | 4           | 2,5                   | 0,32                    |
| 4           | 3                     | 0,29                    | 4           | 2,4                   | 0,12                    | 3,8         | 2,1                   | 0,35                    |
| 3,5         | 1,3                   | 0,21                    | 3           | 2,8                   | 0,31                    | 2,5         | 1,7                   | 0,28                    |
| 3,4         | 2,4                   | 0,22                    | 4           | 3                     | 0,21                    | 7,5         | 4,2                   | 0,26                    |
| 2,5         | 2,4                   | 0,20                    | 3           | 3                     | 0,20                    | 3,5         | 1,7                   | 0,46                    |
| 5,5         | 3,5                   | 0,19                    | 3,5         | 2                     | 0,11                    | 3,5         | 2                     | 0,08                    |
| 2           | 1,5                   | 0,44                    | 3,5         | 2,5                   | 0,24                    | 2,5         | 1,8                   | 0,42                    |
| 4           | 2,2                   | 0,22                    | 3           | 2                     | 0,26                    | 5,6         | 3,1                   | 0,32                    |
| 5           | 3,8                   | 0,24                    | 2,7         | 2,2                   | 0,15                    | 3,7         | 2,2                   | 0,36                    |
| 3,6         | 2,2                   | 0,50                    | 6,4         | 5,2                   | 0,16                    | 5           | 3                     | 0,34                    |
| 3,7         | 1,6                   | 0,41                    | 3,6         | 3                     | 0,13                    | 5           | 2,6                   | 0,48                    |
| 4,6         | 2,2                   | 0,32                    | 2           | 2,3                   | 0,39                    | 5,5         | 4                     | 0,09                    |
| 3,7         | 2,4                   | 0,37                    | 2           | 1,4                   | 0,27                    | 6,5         | 3                     | 0,07                    |
| 2,5         | 2                     | 0,26                    | 4,1         | 3                     | 0,19                    | 7,5         | 3                     | 0,13                    |
| 3,6         | 2,2                   | 0,30                    | 3,3         | 2,4                   | 0,20                    | 6           | 2,5                   | 0,10                    |
| 3,7         | 2,6                   | 0,15                    | 5,3         | 4,5                   | 0,31                    | 3,5         | 2                     | 0,13                    |
| 3,8         | 2,5                   | 0,26                    | 3           | 2                     | 0,24                    | 3,6         | 1,9                   | 0,12                    |
| 4,5         | 2,8                   | 0,29                    | 6           | 4,5                   | 0,27                    | 3,6         | 2,4                   | 0,31                    |

Tabla 37: Biometría de *L. lancerottensis*

| <i>L. lancerottensis</i> |                       |                         |             |                       |                         |             |                       |                         |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| Altura (cm)              | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) |
| 5,5                      | 6                     | 0,1                     | 2           | 1                     | 0,1                     | 2           | 0,5                   | 0,08                    |
| 9                        | 12                    | 0,0                     | 6           | 6                     | 0,1                     | 4,5         | 6,5                   | 0,09                    |
| 6                        | 5                     | 0,0                     | 10          | 11,5                  | 0,1                     | 3           | 1                     | 0,06                    |
| 5                        | 6                     | 0,1                     | 9,5         | 11,5                  | 0,1                     | 8           | 9                     | 0,08                    |
| 5,5                      | 5                     | 0,1                     | 14          | 18                    | 0,1                     | 11,5        | 15,5                  | 0,15                    |
| 10                       | 9                     | 0,1                     | 12          | 17                    | 0,1                     | 3           | 3                     | 0,09                    |
| 11                       | 13                    | 0,1                     | 6           | 10                    | 0,1                     | 2,5         | 2                     | 0,09                    |
| 7                        | 10                    | 0,0                     | 10          | 10                    | 0,1                     | 9,5         | 14                    | 0,14                    |
| 4                        | 4,5                   | 0,0                     | 12          | 14                    | 0,1                     | 3           | 1                     | 0,06                    |
| 10                       | 12,5                  | 0,1                     | 9           | 12                    | 0,1                     | 3           | 3                     | 0,12                    |
| 7,5                      | 9                     | 0,1                     | 6,5         | 7                     | 0,1                     | 2,5         | 1                     | 0,10                    |
| 8                        | 10                    | 0,0                     | 3           | 3                     | 0,1                     | 1           | 0,5                   | 0,11                    |
| 9                        | 13                    | 0,1                     | 14          | 18                    | 0,1                     | 2           | 2,5                   | 0,08                    |
| 10                       | 11,5                  | 0,1                     | 8           | 10                    | 0,0                     | 7,5         | 9,5                   | 0,11                    |
| 15                       | 16,5                  | 0,1                     | 5           | 4                     | 0,1                     | 8           | 12                    | 0,12                    |
| 2                        | 1                     | 0,0                     | 2           | 1                     | 0,1                     | 4           | 4                     | 0,09                    |
| 6                        | 8                     | 0,1                     | 1           | 0,7                   | 0,10                    | 7           | 10                    | 0,09                    |
| 8                        | 10                    | 0,1                     | 10          | 8                     | 0,08                    | 3           | 1                     | 0,09                    |
| 7                        | 10                    | 0,1                     | 8           | 8                     | 0,06                    | 6           | 7                     | 0,08                    |
| 8                        | 10,5                  | 0,1                     | 2           | 0,5                   | 0,05                    | 3           | 4                     | 0,09                    |
| 7                        | 5,5                   | 0,1                     | 2           | 0,5                   | 0,04                    | 8           | 11                    | 0,07                    |

Continuación de la Tabla 37

| Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) | Altura (cm) | Diámetro de copa (cm) | Diámetro de tronco (cm) |
|-------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| 1,5         | 1                     | 0,1                     | 3,5         | 1                     | 0,11                    | 8           | 14                    | 0,12                    |
| 3           | 2                     | 0,1                     | 8           | 6                     | 0,08                    | 11,5        | 16                    | 0,08                    |
| 7           | 11                    | 0,1                     | 7,5         | 12,5                  | 0,06                    | 11          | 9,5                   | 0,09                    |
| 9           | 10                    | 0,0                     | 7,5         | 9                     | 0,09                    | 9           | 10                    | 0,08                    |
| 13,5        | 17,5                  | 0,1                     | 9           | 11                    | 0,13                    | 5           | 7                     | 0,09                    |
| 10          | 10,5                  | 0,1                     | 10          | 12                    | 0,13                    | 7           | 7                     | 0,08                    |
| 0,5         | 1                     | 0,1                     | 9           | 14                    | 0,16                    | 2           | 0,5                   | 0,04                    |
| 9           | 10                    | 0,1                     | 3,5         | 3                     | 0,07                    | 4           | 2                     | 0,09                    |
| 5           | 2                     | 0,1                     | 10          | 14                    | 0,10                    | 6           | 7,5                   | 0,09                    |
| 10          | 10                    | 0,1                     | 6           | 7,5                   | 0,09                    | 2           | 1,5                   | 0,06                    |
| 6           | 8                     | 0,1                     | 4           | 3                     | 0,09                    | 3           | 4                     | 0,05                    |

### 8.3. Anexo 3: Biometría después de fertirrigar

Tabla 38: Biometría después de fertirrigar de *B. bituminosa*

| <i>B.bituminosa</i> |       |             |                |                 |             |       |             |                |                 |
|---------------------|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| Tratamiento         | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) | Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) |
| B01                 | 1     | 13,2        | 10,61          | 4,28            | B21         | 9     | 27,4        | 14,7           | 5,13            |
| B01                 | 1     | 16          | 6,5            | 4,04            | B21         | 9     | 22,3        | 12,1           | 4,32            |
| B01                 | 1     | 16,1        | 8,56           | 2,88            | B21         | 9     | 25,6        | 17,8           | 4,25            |
| B01                 | 1     | 15          | 11,28          | 3,7             | B21         | 9     | 30,4        | 13             | 4,54            |
| B01                 | 1     | 20,2        | 10,74          | 2,88            | B21         | 9     | 29,8        | 11,5           | 4,98            |
| B01                 | 1     | 19,6        | 11,66          | 3,07            | B21         | 9     | 26,9        | 16,3           | 5,04            |
| B02                 | 2     | 15,9        | 9,65           | 2,39            | B22         | 10    | 31,5        | 16             | 5,48            |
| B02                 | 2     | 16,5        | 10,43          | 3,59            | B22         | 10    | 30          | 13             | 4,7             |
| B02                 | 2     | 15          | 10,96          | 3,43            | B22         | 10    | 35          | 14             | 4,82            |
| B02                 | 2     | 14,6        | 9,5            | 2,17            | B22         | 10    | 38,5        | 16,5           | 4,91            |
| B02                 | 2     | 11,6        | 11,42          | 4,04            | B22         | 10    | 28,4        | 23             | 4,67            |
| B02                 | 2     | 17,2        | 9,08           | 3,89            | B22         | 10    | 40          | 17             | 5,51            |
| B03                 | 3     | 9,7         | 6,97           | 3,12            | B23         | 11    | 19,6        | 18             | 4,97            |
| B03                 | 3     | 11          | 6,28           | 2,05            | B23         | 11    | 28,1        | 16,5           | 4,44            |
| B03                 | 3     | 13,1        | 11,85          | 2,56            | B23         | 11    | 30,2        | 17,5           | 3,41            |
| B03                 | 3     | 17,5        | 10,11          | 2,9             | B23         | 11    | 24,6        | 18             | 5,53            |
| B03                 | 3     | 18          | 13,22          | 3,14            | B23         | 11    | 30,5        | 20,5           | 4,67            |
| B03                 | 3     | 13,5        | 11,23          | 3,03            | B23         | 11    | 31,5        | 15,5           | 4,38            |
| B04                 | 4     | 17,2        | 12,97          | 2,95            | B24         | 12    | 31,1        | 10,5           | 3,85            |
| B04                 | 4     | 16,1        | 9,22           | 3,73            | B24         | 12    | 28,7        | 10             | 4,62            |
| B04                 | 4     | 16,3        | 10,86          | 3,32            | B24         | 12    | 30,5        | 15,5           | 4,21            |

Continuación de la Tabla 38

| Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) | Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) |
|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| B04         | 4     | 14,2        | 8,85           | 2,56            | B24         | 12    | 30,7        | 12             | 4,4             |
| B04         | 4     | 15,1        | 13,47          | 2,9             | B24         | 12    | 26,5        | 14,4           | 4,22            |
| B04         | 4     | 16,5        | 8              | 3,15            | B24         | 12    | 34          | 11,6           | 4,02            |
| B11         | 5     | 28          | 14,1           | 3,22            | B31         | 13    | 33          | 15,5           | 4,55            |
| B11         | 5     | 29,5        | 12,67          | 3,68            | B31         | 13    | 35,5        | 16             | 5,24            |
| B11         | 5     | 26          | 15,31          | 4,14            | B31         | 13    | 36,5        | 23,7           | 5,11            |
| B11         | 5     | 25          | 14,29          | 4,26            | B31         | 13    | 32,5        | 10             | 4,11            |
| B11         | 5     | 28,3        | 10,33          | 3,91            | B31         | 13    | 27,1        | 17,4           | 5,11            |
| B11         | 5     | 33,5        | 12,91          | 3,81            | B31         | 13    | 27          | 15             | 5,21            |
| B12         | 6     | 30          | 18             | 4,6             | B32         | 14    | 38          | 18,5           | 4,39            |
| B12         | 6     | 27          | 12,5           | 3,62            | B32         | 14    | 30          | 12,5           | 4,68            |
| B12         | 6     | 31          | 17             | 4,66            | B32         | 14    | 30,3        | 19             | 5,5             |
| B12         | 6     | 37          | 18             | 6,05            | B32         | 14    | 48          | 27             | 6,1             |
| B12         | 6     | 24,5        | 18             | 4,21            | B32         | 14    | 32,2        | 11             | 4,75            |
| B12         | 6     | 32          | 17,5           | 4,67            | B32         | 14    | 40,5        | 13             | 6,44            |
| B13         | 7     | 31,2        | 12,02          | 4,63            | B33         | 15    | 21,9        | 19             | 5,88            |
| B13         | 7     | 27,5        | 14,56          | 5,48            | B33         | 15    | 20          | 20             | 5,26            |
| B13         | 7     | 28,1        | 15,28          | 4,31            | B33         | 15    | 30,3        | 24             | 5,5             |
| B13         | 7     | 25,3        | 10,52          | 4,14            | B33         | 15    | 43          | 11             | 6,28            |
| B13         | 7     | 27          | 13,07          | 3,9             | B33         | 15    | 30,5        | 12             | 4,42            |
| B13         | 7     | 21          | 13,46          | 3,89            | B33         | 15    | 14,3        | 9              | 5,16            |
| B14         | 8     | 28,1        | 13,14          | 4,61            | B34         | 16    | 32,5        | 19,6           | 4,15            |
| B14         | 8     | 24,3        | 14,44          | 4,1             | B34         | 16    | 30,7        | 13,4           | 4,48            |
| B14         | 8     | 31          | 12,75          | 4,2             | B34         | 16    | 29          | 20,5           | 5,47            |

Continuación de la Tabla 38

| Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) | Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) |
|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| B14         | 8     | 30,5        | 15,3           | 4,6             | B34         | 16    | 29,2        | 15             | 3,77            |
| B14         | 8     | 22          | 10,94          | 3,86            | B34         | 16    | 41,8        | 12,6           | 4,95            |
| B14         | 8     | 29,2        | 11,11          | 3,71            | B34         | 16    | 28,6        | 14             | 4,14            |

Tabla 39: Biometría después de fertirrigar de *E. decaisnei*

| <i>E.decaisnei</i> |       |             |                |                 |             |       |             |                |                 |
|--------------------|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| Tratamiento        | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) | Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) |
| E01                | 17    | 7           | 5,39           | 4,5             | E21         | 25    | 19,1        | 15,5           | 7,07            |
| E01                | 17    | 6,1         | 6,01           | 5,17            | E21         | 25    | 19,9        | 20,5           | 6,87            |
| E01                | 17    | 5,7         | 4,5            | 5,06            | E21         | 25    | 10,6        | 18,5           | 6,9             |
| E01                | 17    | 7,5         | 7,61           | 4,44            | E21         | 25    | 13,7        | 14,5           | 6,73            |
| E01                | 17    | 6,6         | 4,41           | 4,49            | E21         | 25    | 18          | 14             | 7,2             |
| E01                | 17    | 5,7         | 6,82           | 5,31            | E21         | 25    | 27          | 21             | 7,62            |
| E02                | 18    | 6,2         | 3,89           | 5,59            | E22         | 26    | 17,5        | 18,6           | 5,69            |
| E02                | 18    | 5,1         | 6,69           | 4,93            | E22         | 26    | 18,3        | 13             | 3,94            |
| E02                | 18    | 8,3         | 4,62           | 5,01            | E22         | 26    | 18,6        | 12,9           | 5,31            |
| E02                | 18    | 5,8         | 4,32           | 5,8             | E22         | 26    | 17,3        | 12,5           | 3,88            |
| E02                | 18    | 7,6         | 6,7            | 4,3             | E22         | 26    | 17          | 11,9           | 7,5             |
| E02                | 18    | 6           | 4,43           | 4,94            | E22         | 26    | 16,5        | 15             | 6,16            |
| E03                | 19    | 5           | 7,96           | 2,87            | E23         | 27    | 15,7        | 14             | 5,64            |
| E03                | 19    | 6,1         | 4,57           | 5,17            | E23         | 27    | 13,6        | 13             | 5,24            |
| E03                | 19    | 7,3         | 5,39           | 3,55            | E23         | 27    | 16,4        | 13,6           | 7,47            |
| E03                | 19    | 4,5         | 4,97           | 4,5             | E23         | 27    | 9,7         | 14,1           | 5,97            |

Continuación de la Tabla 39

| Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) | Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) |
|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| E03         | 19    | 7           | 4,24           | 4,76            | E23         | 27    | 13          | 14,2           | 6,09            |
| E03         | 19    | 6,2         | 4,96           | 4,74            | E23         | 27    | 14,6        | 13,5           | 6,01            |
| E04         | 20    | 6,3         | 3,43           | 3,26            | E24         | 28    | 14,4        | 15,8           | 7,27            |
| E04         | 20    | 7,5         | 6,3            | 4,12            | E24         | 28    | 18          | 17             | 6,71            |
| E04         | 20    | 6,8         | 4,15           | 4,07            | E24         | 28    | 14,2        | 16             | 6,72            |
| E04         | 20    | 4,2         | 5,35           | 4,28            | E24         | 28    | 15,4        | 16,6           | 6,67            |
| E04         | 20    | 6,6         | 6,43           | 4,26            | E24         | 28    | 16,8        | 17,5           | 7,72            |
| E04         | 20    | 4,9         | 5,37           | 4,62            | E24         | 28    | 21          | 17,2           | 6,59            |
| E11         | 21    | 11,8        | 13,5           | 6,68            | E31         | 29    | 13,7        | 14,5           | 6,05            |
| E11         | 21    | 12          | 9,6            | 8,08            | E31         | 29    | 17,3        | 15             | 6,66            |
| E11         | 21    | 12,7        | 10             | 5,48            | E31         | 29    | 16,2        | 17             | 6,75            |
| E11         | 21    | 16,2        | 11,4           | 5,18            | E31         | 29    | 20,3        | 18             | 7,07            |
| E11         | 21    | 17          | 13,5           | 6,16            | E31         | 29    | 21          | 22             | 6,32            |
| E11         | 21    | 11,2        | 11,9           | 7,66            | E31         | 29    | 22          | 18,5           | 7,81            |
| E12         | 22    | 10,1        | 10,3           | 5,57            | E32         | 30    | 18,9        | 10             | 6,06            |
| E12         | 22    | 17,4        | 12             | 5,69            | E32         | 30    | 20,4        | 12             | 5,97            |
| E12         | 22    | 10,4        | 11,6           | 4,68            | E32         | 30    | 22,3        | 16             | 5,91            |
| E12         | 22    | 15,4        | 11,6           | 4,69            | E32         | 30    | 17,2        | 18,1           | 5,35            |
| E12         | 22    | 14,2        | 9,8            | 5,9             | E32         | 30    | 22          | 14             | 5,74            |
| E12         | 22    | 13,9        | 9,9            | 5,27            | E32         | 30    | 22          | 12,5           | 6,3             |
| E13         | 23    | 11          | 9,5            | 6,72            | E33         | 31    | 20,2        | 21,1           | 6,73            |
| E13         | 23    | 11,6        | 10,31          | 6,14            | E33         | 31    | 18,3        | 14,6           | 4,59            |
| E13         | 23    | 14,6        | 11,99          | 5,67            | E33         | 31    | 23,6        | 19,5           | 5,62            |
| E13         | 23    | 11,2        | 9,79           | 6,53            | E33         | 31    | 24          | 22             | 6,66            |
| E13         | 23    | 12,1        | 10,36          | 5,95            | E33         | 31    | 32,5        | 21             | 5,57            |

Continuación de la Tabla 39

| Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) | Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) |
|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| E13         | 23    | 12,9        | 11,22          | 7,2             | E33         | 31    | 22,2        | 18             | 6,43            |
| E14         | 24    | 13,4        | 13,2           | 5,03            | E34         | 32    | 20,8        | 16             | 6,16            |
| E14         | 24    | 16,4        | 14,4           | 5,96            | E34         | 32    | 22,2        | 21,5           | 6,57            |
| E14         | 24    | 13,7        | 11,9           | 5,57            | E34         | 32    | 22,5        | 17             | 5,47            |
| E14         | 24    | 17,6        | 12,3           | 7,42            | E34         | 32    | 20          | 20             | 7,06            |
| E14         | 24    | 15,6        | 10             | 6,49            | E34         | 32    | 24,6        | 15,5           | 6,87            |
| E14         | 24    | 16,4        | 12,2           | 7,39            | E34         | 32    | 24,2        | 17             | 6,75            |

Tabla 40: Biometría después de fertirrigar de *L. lancerottensis*

| <i>L.lancerottensis</i> |       |             |                |                 |             |       |             |                |                 |
|-------------------------|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| Tratamiento             | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) | Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) |
| L01                     | 33    | 30          | 30             | 5,58            | L21         | 41    | 28,6        | 43             | 6,91            |
| L01                     | 33    | 27,5        | 29             | 5,18            | L21         | 41    | 32,5        | 38,5           | 4,86            |
| L01                     | 33    | 16          | 24             | 4,6             | L21         | 41    | 37,5        | 51             | 5,74            |
| L01                     | 33    | 28,5        | 19             | 4,65            | L21         | 41    | 30          | 44             | 6,74            |
| L01                     | 33    | 20,6        | 14,5           | 5,18            | L21         | 41    | 30          | 38,5           | 4,48            |
| L01                     | 33    | 32          | 36             | 6,01            | L21         | 41    | 32          | 45             | 4,75            |
| L02                     | 34    | 20,7        | 24,5           | 5,38            | L22         | 42    | 32          | 51             | 5,24            |
| L02                     | 34    | 36          | 50,5           | 5,73            | L22         | 42    | 26          | 41,5           | 4,86            |
| L02                     | 34    | 24          | 44,5           | 8,28            | L22         | 42    | 36,2        | 51             | 4,18            |
| L02                     | 34    | 31,3        | 45             | 6,45            | L22         | 42    | 53          | 73,4           | 4,06            |
| L02                     | 34    | 23          | 34             | 4,11            | L22         | 42    | 35,5        | 63,7           | 4,44            |
| L02                     | 34    | 33          | 33             | 5,86            | L22         | 42    | 36,5        | 51             | 4,54            |

Continuación de la Tabla 40

| Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) | Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) |
|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| L03         | 35    | 29          | 33             | 3,81            | L23         | 43    | 29          | 37             | 5,75            |
| L03         | 35    | 23          | 41             | 5,44            | L23         | 43    | 36,5        | 67             | 5,32            |
| L03         | 35    | 19,1        | 22,6           | 3,06            | L23         | 43    | 33,5        | 51             | 3,98            |
| L03         | 35    | 37,5        | 49,5           | 5,56            | L23         | 43    | 27          | 54             | 3,36            |
| L03         | 35    | 34,5        | 53             | 3,76            | L23         | 43    | 34,5        | 60             | 6,31            |
| L03         | 35    | 14,5        | 22             | 5,86            | L23         | 43    | 30          | 56,5           | 5,74            |
| L04         | 36    | 26          | 27             | 6,95            | L24         | 44    | 38,5        | 57,5           | 6,34            |
| L04         | 36    | 23          | 32             | 4,28            | L24         | 44    | 41,5        | 57,4           | 6,47            |
| L04         | 36    | 34          | 30             | 6,29            | L24         | 44    | 47          | 68,5           | 5,01            |
| L04         | 36    | 22          | 26             | 4,69            | L24         | 44    | 42,5        | 78,5           | 6,81            |
| L04         | 36    | 18          | 20             | 4,42            | L24         | 44    | 55          | 91,3           | 5,93            |
| L04         | 36    | 22,5        | 30             | 5,33            | L24         | 44    | 43          | 67,5           | 5,18            |
| L11         | 37    | 22,4        | 35,5           | 5,56            | L31         | 45    | 38          | 60             | 4,5             |
| L11         | 37    | 22,7        | 34,4           | 6,43            | L31         | 45    | 44,5        | 77             | 6,13            |
| L11         | 37    | 31          | 56,5           | 6,47            | L31         | 45    | 39,4        | 63,5           | 5,41            |
| L11         | 37    | 32          | 54             | 7,48            | L31         | 45    | 51          | 59             | 5,14            |
| L11         | 37    | 18,7        | 26             | 3,83            | L31         | 45    | 48,1        | 52             | 5,59            |
| L11         | 37    | 22,5        | 36,3           | 4,16            | L31         | 45    | 41,5        | 63             | 5,75            |
| L12         | 38    | 46,5        | 55             | 6,25            | L32         | 46    | 50          | 80             | 4,47            |
| L12         | 38    | 34          | 57             | 7,9             | L32         | 46    | 25          | 45             | 5,08            |
| L12         | 38    | 29          | 51             | 9,9             | L32         | 46    | 39,9        | 72             | 5,77            |
| L12         | 38    | 32          | 49             | 4,14            | L32         | 46    | 32,5        | 59             | 7,3             |
| L12         | 38    | 27          | 48             | 6,6             | L32         | 46    | 37          | 68,5           | 5,89            |
| L12         | 38    | 40          | 51             | 6,56            | L32         | 46    | 32,3        | 56,5           | 5,37            |
| L13         | 39    | 35,5        | 57,5           | 8,74            | L33         | 47    | 34,3        | 57             | 6,68            |

Continuación de la Tabla 40

| Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) | Tratamiento | Clave | Altura (cm) | Diá. Copa (cm) | Dia. Tronc (mm) |
|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| L13         | 39    | 30          | 54             | 4,91            | L33         | 47    | 34          | 44             | 6,6             |
| L13         | 39    | 23          | 40,5           | 6,12            | L33         | 47    | 51          | 69,5           | 5,69            |
| L13         | 39    | 17          | 30,4           | 7,2             | L33         | 47    | 33,5        | 47             | 5,96            |
| L13         | 39    | 26          | 42,5           | 5,79            | L33         | 47    | 27,3        | 30             | 4,51            |
| L13         | 39    | 28,5        | 53,5           | 7,45            | L33         | 47    | 43          | 62             | 4,38            |
| L14         | 40    | 37,5        | 53,5           | 6,71            | L34         | 48    | 34,6        | 49             | 3,97            |
| L14         | 40    | 36,6        | 61             | 9,72            | L34         | 48    | 27,3        | 39,5           | 5,91            |
| L14         | 40    | 32          | 50             | 8,87            | L34         | 48    | 45          | 56             | 4,18            |
| L14         | 40    | 17          | 33             | 9,86            | L34         | 48    | 23,3        | 44,5           | 5,59            |
| L14         | 40    | 30          | 51             | 7,2             | L34         | 48    | 40,5        | 62             | 6,95            |
| L14         | 40    | 24          | 38             | 6,1             | L34         | 48    | 36,2        | 54,5           | 6,23            |

#### 8.4. Anexo 4: Resultados de análisis de los indicadores químicos

Tabla 41: Análisis de los indicadores químicos de *B. bituminosa*

| <i>B. bituminosa</i> |             |       |       |       |        |          |           |          |          |           |
|----------------------|-------------|-------|-------|-------|--------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Clave                | Tratamiento | %PB   | % Cen | % MS  | FR/FRN | P (% MS) | Na (% MS) | K (% MS) | Mg(% MS) | Ca (% MS) |
| 1                    | T1          | 6,33  | 0,88  | 28,48 | 2,23   | 0,07     | 0,24      | 5,40     | 0,74     | 2,99      |
| 2                    | T1          | 5,68  | 0,88  | 32,79 | 2,99   | 0,05     | 0,22      | 4,20     | 0,84     | 2,71      |
| 3                    | T1          | 7,86  | 0,88  | 33,27 | 2,31   | 0,07     | 0,36      | 5,00     | 0,95     | 2,40      |
| 4                    | T1          | 6,32  | 0,87  | 37,62 | 3,18   | 0,04     | 0,26      | 4,80     | 0,85     | 3,16      |
| 5                    | T1          | 9,40  | 0,88  | 40,29 | 3,93   | 0,18     | 0,3       | 6,20     | 0,68     | 1,64      |
| 6                    | T1          | 8,53  | 0,88  | 52,17 | 3,99   | 0,20     | 0,38      | 6,00     | 0,78     | 1,57      |
| 7                    | T2          | 10,03 | 0,88  | 40,15 | 4,22   | 0,21     | 0,32      | 6,40     | 0,95     | 1,44      |
| 8                    | T2          | 10,04 | 0,88  | 27,64 | 3,77   | 0,19     | 0,58      | 6,40     | 0,60     | 1,60      |
| 9                    | T2          | 11,38 | 0,87  | 32,91 | 5,88   | 0,31     | 0,6       | 7,00     | 0,62     | 1,68      |
| 10                   | T2          | 12,89 | 0,87  | 26,19 | 5,52   | 0,33     | 0,44      | 7,20     | 0,71     | 1,08      |
| 11                   | T2          | 10,47 | 0,87  | 42,20 | 7,19   | 0,26     | 0,44      | 6,60     | 0,54     | 1,14      |
| 12                   | T3          | 11,13 | 0,87  | 30,24 | 5,18   | 0,25     | 0,45      | 6,99     | 0,71     | 1,45      |
| 13                   | T3          | 15,07 | 0,85  | 22,17 | 5,40   | 0,36     | 0,6       | 8,00     | 0,47     | 1,22      |
| 14                   | T3          | 15,92 | 0,86  | 22,85 | 4,60   | 0,38     | 0,64      | 8,00     | 0,52     | 1,18      |
| 15                   | T3          | 14,86 | 0,87  | 23,68 | 4,56   | 0,34     | 0,74      | 7,80     | 0,44     | 1,09      |
| 16                   | T4          | 14,20 | 0,86  | 22,12 | 5,83   | 0,31     | 0,58      | 8,00     | 0,44     | 1,21      |

Tabla 42: Análisis de los indicadores químicos de *E. decaisnei*

| <i>E. decaisnei</i> |             |       |       |       |        |          |           |          |           |           |
|---------------------|-------------|-------|-------|-------|--------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Clave               | Tratamiento | %PB   | % Cen | % MS  | FR/FRN | P (% MS) | Na (% MS) | K (% MS) | Mg (% MS) | Ca (% MS) |
| 17                  | T1          | 2,62  | 15,64 | 21,34 | 4,65   | 0,11     | 3,00      | 5,8      | 0,54      | 1,93      |
| 18                  | T1          | 2,84  | 16,85 | 23,27 | 4,28   | 0,12     | 3,90      | 6,8      | 0,53      | 2,27      |
| 19                  | T1          | 1,96  | 19,23 | 20,48 | 3,16   | 0,16     | 3,20      | 7,2      | 0,83      | 2,33      |
| 20                  | T1          | 2,4   | 17,08 | 20,51 | 3,49   | 0,13     | 3,20      | 6        | 0,55      | 2,19      |
| 21                  | T1          | 6,56  | 15,85 | 15,17 | 12,97  | 0,37     | 4,60      | 8        | 0,37      | 0,98      |
| 22                  | T1          | 6,12  | 16,24 | 15,81 | 13,67  | 0,32     | 4,60      | 7        | 0,34      | 1,15      |
| 23                  | T2          | 6,12  | 16,77 | 14,85 | 12,32  | 0,38     | 4,80      | 7,2      | 0,41      | 1,49      |
| 24                  | T2          | 7,65  | 16,48 | 14,96 | 10,32  | 0,32     | 5,00      | 7,39     | 0,33      | 1,14      |
| 25                  | T2          | 11,12 | 19,01 | 30,55 | 46,56  | 0,87     | 4,00      | 6,3      | 0,56      | 1,35      |
| 26                  | T2          | 11,15 | 18,28 | 16,41 | 17,06  | 0,57     | 4,00      | 6        | 0,34      | 1,00      |
| 27                  | T2          | 10,28 | 17,81 | 16,8  | 16,96  | 0,54     | 4,50      | 5,25     | 0,31      | 1,31      |
| 28                  | T3          | 10,91 | 20,65 | 14,6  | 18,35  | 0,69     | 3,60      | 7,2      | 0,68      | 1,70      |
| 29                  | T3          | 12,24 | 18,96 | 20,08 | 26,07  | 0,85     | 3,40      | 6,59     | 0,90      | 1,18      |
| 30                  | T3          | 13,08 | 20,37 | 27,45 | 31,14  | 0,88     | 3,40      | 7,2      | 0,48      | 1,34      |
| 31                  | T3          | 12,64 | 19,4  | 15,12 | 22,21  | 0,90     | 3,00      | 6,9      | 0,46      | 1,24      |
| 32                  | T4          | 13,28 | 20,14 | 16,52 | 23,98  | 0,95     | 3,20      | 7,49     | 0,39      | 1,27      |

Tabla 43: Análisis de los indicadores químicos de *L. lancerottensis*

| <i>L. lancerottensis</i> |             |       |       |       |        |          |           |          |           |           |
|--------------------------|-------------|-------|-------|-------|--------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Clave                    | Tratamiento | %PB   | % Cen | % MS  | FR/FRN | P (% MS) | Na (% MS) | K (% MS) | Mg (% MS) | Ca (% MS) |
| 33                       | T1          | 6,55  | 9,87  | 30,21 | 3,52   | 0,11     | 3,00      | 3        | 0,62      | 1,53      |
| 34                       | T1          | 4,59  | 8,6   | 24,82 | 3,38   | 0,08     | 2,50      | 2,8      | 0,85      | 1,65      |
| 35                       | T1          | 5,03  | 9,65  | 34,03 | 3,89   | 0,08     | 2,40      | 2,6      | 0,74      | 1,52      |
| 36                       | T1          | 5,67  | 8,5   | 40,34 | 3,53   | 0,12     | 2,90      | 2,4      | 0,34      | 1,40      |
| 37                       | T1          | 9,83  | 10    | 22,63 | 9,57   | 0,34     | 4,10      | 3,3      | 0,55      | 1,06      |
| 38                       | T1          | 9,18  | 10,12 | 24,43 | 11,74  | 0,41     | 3,80      | 4        | 0,88      | 0,94      |
| 39                       | T2          | 10,67 | 10,31 | 24,82 | 10,88  | 0,39     | 4,30      | 4,2      | 0,59      | 0,96      |
| 40                       | T2          | 10,48 | 11,71 | 24,23 | 12,28  | 0,42     | 3,80      | 3,4      | 1,11      | 1,21      |
| 41                       | T2          | 11,36 | 9,32  | 21,8  | 15,98  | 0,50     | 3,40      | 4,4      | 0,76      | 0,71      |
| 42                       | T2          | 11,34 | 9,4   | 21,89 | 13,12  | 0,41     | 3,80      | 4,2      | 0,57      | 0,45      |
| 43                       | T2          | 12,64 | 9,59  | 22,3  | 12,28  | 0,41     | 3,80      | 4        | 0,90      | 0,14      |
| 44                       | T3          | 12,2  | 9,51  | 22,19 | 12,99  | 0,41     | 3,80      | 4,2      | 0,26      | 0,70      |
| 45                       | T3          | 13,95 | 10,33 | 22,5  | 18,11  | 0,45     | 4,00      | 5        | 0,36      | 0,46      |
| 46                       | T3          | 13,76 | 10,25 | 23,43 | 18,91  | 0,55     | 3,60      | 5,2      | 0,34      | 0,37      |
| 47                       | T3          | 15,08 | 11,28 | 25,96 | 17,73  | 0,48     | 4,10      | 5,4      | 0,95      | 0,73      |
| 48                       | T4          | 14,64 | 11,07 | 21,83 | 19,32  | 0,59     | 3,60      | 5        | 0,77      | 0,572     |

## 8.5. Anexo 5: Análisis de sustrato: pH y CE

Tabla 44: Datos de pH y CE de los 4 tratamientos en las 3 especies

| Clave | Tratamiento | pH   | CE(dS/m) | Clave | Tratamiento | pH   | CE(dS/m) | Clave | Tratamiento | pH   | CE(dS/m) |
|-------|-------------|------|----------|-------|-------------|------|----------|-------|-------------|------|----------|
| 1     | T1          | 8,15 | 0,52     | 17    | 1           | 8,19 | 0,43     | 33    | 1           | 8,39 | 0,55     |
| 2     | T1          | 7,91 | 0,75     | 18    | 1           | 8,4  | 0,49     | 34    | 1           | 8,33 | 0,57     |
| 3     | T1          | 8,14 | 0,53     | 19    | 1           | 8,17 | 0,41     | 35    | 1           | 8,21 | 0,58     |
| 4     | T1          | 7,82 | 0,72     | 20    | 1           | 8,35 | 0,36     | 36    | 1           | 8,41 | 0,59     |
| 5     | T1          | 8,18 | 0,72     | 21    | 2           | 8,45 | 0,55     | 37    | 2           | 8,42 | 0,73     |
| 6     | T1          | 7,67 | 1,05     | 22    | 2           | 8,4  | 0,58     | 38    | 2           | 8,19 | 0,71     |
| 7     | T2          | 7,97 | 0,90     | 23    | 2           | 8,4  | 0,53     | 39    | 2           | 8,46 | 0,64     |
| 8     | T2          | 7,81 | 1,00     | 24    | 2           | 8,49 | 0,77     | 40    | 2           | 8,34 | 0,77     |
| 9     | T2          | 7,47 | 0,89     | 25    | 3           | 7,93 | 0,55     | 41    | 3           | 8,13 | 0,68     |
| 10    | T2          | 7,67 | 0,83     | 26    | 3           | 8,39 | 0,58     | 42    | 3           | 8,64 | 0,54     |
| 11    | T2          | 7,66 | 0,95     | 27    | 3           | 8,42 | 0,59     | 43    | 3           | 8,27 | 0,77     |
| 12    | T3          | 7,8  | 1,02     | 28    | 3           | 8,03 | 0,58     | 44    | 3           | 8,45 | 0,74     |
| 13    | T3          | 8,06 | 1,15     | 29    | 4           | 8,08 | 0,56     | 45    | 4           | 8,49 | 0,78     |
| 14    | T3          | 7,79 | 1,12     | 30    | 4           | 8,16 | 0,55     | 46    | 4           | 8,31 | 0,72     |
| 15    | T3          | 7,94 | 1,00     | 31    | 4           | 8,03 | 0,63     | 47    | 4           | 8,23 | 0,76     |
| 16    | T4          | 8,21 | 0,91     | 32    | 4           | 7,85 | 0,63     | 48    | 4           | 8,11 | 0,67     |

## 8.6. Anexo 6: Análisis de agua de riego

Análisis del agua de riego de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI), Sección de Ingeniería Agraria (IA), de la Universidad de La Laguna (ULL).

Tabla 45: Análisis del agua de riego

| Determinación | Unidades  | Resultado |
|---------------|-----------|-----------|
| pH            |           | 8,9       |
| CE            | dS/m 25°C | 0,670     |
| Carbonato     | meq/l     | 0,75      |
| Bicarbonato   | meq/l     | 3,5       |
| Cloruro       | meq/l     | 1,8       |
| Sodio         | meq/l     | 1,34      |
| Potasio       | meq/l     | 1,5       |
| Calcio        | meq/l     | 3,33      |
| Magnesio      | meq/l     | 0,01      |
| Sulfato       | meq/l     | 0,01      |

## 8.7. Anexo 7: Análisis de depósitos de fertilización

Tabla 46: Análisis de pH y CE de los depósitos fertilizantes

| Fecha      | Tratamiento | CE(dS/m) | pH   |
|------------|-------------|----------|------|
| 04/05/2014 | T1          | 0,67     | 8,79 |
| 11/06/2014 | T1          | 0,68     | 8,93 |
| 12/06/2014 | T1          | 0,68     | 8,68 |
| 07/07/2014 | T1          | 0,76     | 9,27 |
| 30/07/2014 | T1          | 0,75     | 9,07 |
| 27/08/2014 | T1          | 0,76     | 9,13 |
| 11/06/2014 | T2          | 1,11     | 8,07 |
| 12/06/2014 | T2          | 1,14     | 8,03 |
| 07/07/2014 | T2          | 1,01     | 8,93 |
| 30/07/2014 | T2          | 1,06     | 7,92 |
| 27/08/2014 | T2          | 1,00     | 7,95 |
| 12/06/2014 | T3          | 1,19     | 7,5  |
| 07/07/2014 | T3          | 1,29     | 7,72 |
| 30/07/2014 | T3          | 1,31     | 7,9  |
| 27/08/2014 | T3          | 1,23     | 7,71 |
| 12/06/2014 | T4          | 1,48     | 7,17 |
| 07/07/2014 | T4          | 1,61     | 8,05 |
| 30/07/2014 | T4          | 1,60     | 7,7  |
| 27/08/2014 | T4          | 1,48     | 7,32 |