



**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA  
EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense*  
Erben: IMPLICACIONES PARA EL DISEÑO DE  
JARDINES Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS  
SALINAS EN AMBIENTES ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS**

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA**

**INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA**

**Hortofruticultura y Jardinería**

**Trabajo Monográfico**

**Wladimiro Pedrosa Díaz**

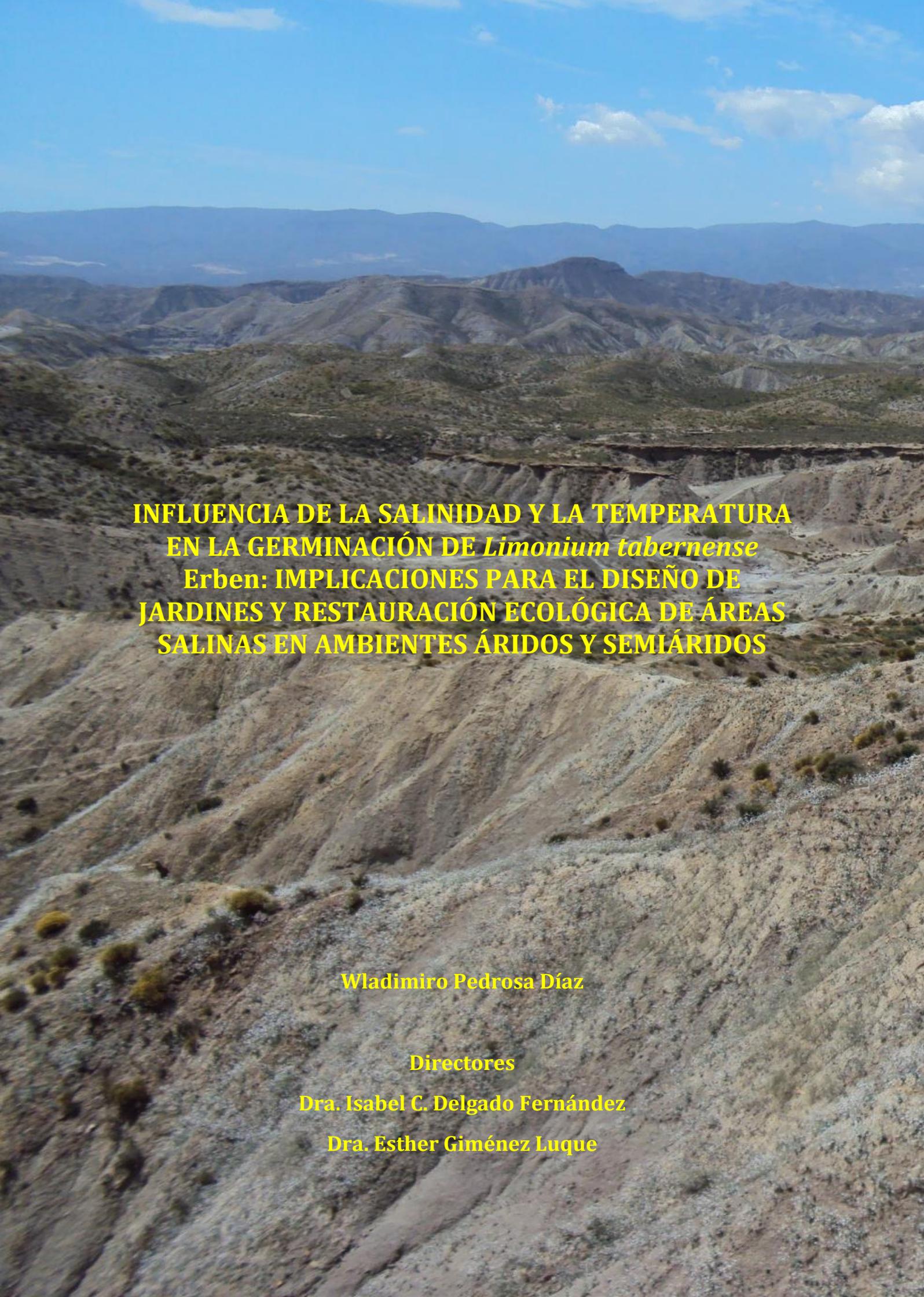
**Almería, abril de 2013**

**Directores**

**Dra. Isabel C. Delgado Fernández**

**Dra. Esther Giménez Luque**

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**



**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA  
EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense*  
Erben: IMPLICACIONES PARA EL DISEÑO DE  
JARDINES Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS  
SALINAS EN AMBIENTES ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS**

**Wladimiro Pedrosa Díaz**

**Directores**

**Dra. Isabel C. Delgado Fernández**

**Dra. Esther Giménez Luque**

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## **ÍNDICE**

<b>1. INTERÉS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1. LA DESERTIFICACIÓN, UN PROBLEMA AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO GLOBAL .....</b>	<b>29</b>
2.1.1. Causas y consecuencias de la desertificación.....	32
2.1.2. La desertificación en el mundo.....	39
2.1.3. La desertificación en España .....	42
2.1.3.1. Factores y procesos de origen natural y físico .....	44
a) Aridez.....	48
b) Sequía.....	49
c) Erosión .....	51
d) Incendios forestales .....	54
e) La degradación de tierras vinculada al uso no sostenible de los recursos hídricos.....	59
2.1.3.2. Factores socioeconómicos .....	64
2.1.4. Desertificación y salinización.....	66
<b>2.2. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS SALINAS.....</b>	<b>71</b>
2.2.1. Restauración ecológica. La necesidad de restaurar para conservar.....	71
2.2.2. Salinidad del suelo.....	76

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

2.2.3. Efecto de la salinidad y la temperatura en la germinación de especies halófitas .....	82
2.2.4. Las halófitas: herramientas útiles para la rehabilitación de tierras degradadas y la protección del suelo en ambientes áridos y semiáridos ....	87
<b>2.3. XEROJARDINERÍA: JARDINERÍA DE AMBIENTES ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS .....</b>	<b>89</b>
2.3.1. Planificación y diseño adecuados .....	91
2.3.2. Análisis del suelo .....	92
2.3.3. Selección de especies .....	93
2.3.4. Zonas de césped y tapices verdes .....	99
2.3.5. Uso de recubrimientos del suelo .....	101
2.3.6. Sistemas de riego eficientes .....	103
2.3.7. Mantenimiento adecuado .....	108
<b>2.4. GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y PROPÁGULOS BAJO ESTRÉS SALINO .....</b>	<b>109</b>
2.4.1. Proceso de germinación bajo salinidad .....	110
2.4.1.1. Imbibición de agua .....	110
2.4.1.2. Metabolismo activo .....	110
2.4.1.3. Emergencia y elongación de tejidos embrionarios .....	112
2.4.1.4. Establecimiento de plántulas .....	112
2.4.2. Germinación de semillas bajo salinidad .....	112
2.4.2.1. Germinación y salinidad-¿Efecto osmótico o toxicidad? .....	112
2.4.2.2. Metabolismo de materiales almacenados .....	112
2.4.3. Germinación de propágulos bajo salinidad .....	116
2.4.4. Regulación de iones en semillas y plántulas .....	116
2.4.5. Cambios estructurales en semillas y plántulas bajo condiciones salinas .	116
2.4.6. Factores que interaccionan con la salinidad durante la germinación .....	117

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

2.4.6.1. Factores de la planta.....	117
2.4.6.2. Factores ambientales .....	119
2.4.7. Reducción del estrés salino .....	120
<b>2.5. ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>123</b>
2.5.1. Situación geográfica.....	123
2.5.2. Geología y edafología.....	125
a) Estructuras plegadas .....	125
b) Estructuras post-orogénicas .....	126
2.5.3. Bioclimatología .....	131
2.5.4. Biogeografía .....	138
<b>2.6. EL GÉNERO <i>Limonium</i> .....</b>	<b>149</b>
2.6.1. Generalidades.....	149
2.6.2. Cultivo y aprovechamiento .....	153
2.6.3. <i>Limonium tabernense</i> : taxonomía y descripción botánica .....	156
2.6.3.1. Nombres vernáculos.....	156
2.6.3.2. Morfología.....	156
2.6.3.3. Fenología .....	158
2.6.3.4. Hábitat.....	158
2.6.3.5. Distribución.....	159
2.6.3.6. Etnobotánica e interés económico.....	160
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>162</b>
<b>3.1. MATERIAL VEGETAL.....</b>	<b>164</b>

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

<b>3.2. LUGAR DE RECOGIDA DEL MATERIAL VEGETAL .....</b>	<b>165</b>
3.2.1. Situación geográfica.....	165
<b>3.3. EXTRACCIÓN DE SEMILLAS .....</b>	<b>165</b>
3.3.1. Material utilizado para la extracción de semillas .....	165
3.3.2. Método de extracción .....	165
<b>3.4. PREPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE GERMINACIÓN .....</b>	<b>167</b>
3.4.1. Material utilizado para los ensayos de germinación.....	167
3.4.2. Soluciones .....	168
3.4.3. Montaje de los ensayos de germinación.....	170
<b>3.5. PREPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD GERMINATIVA .....</b>	<b>172</b>
3.5.1. Material utilizado para los ensayos de recuperación de la capacidad germinativa.....	172
3.5.2. Montaje de los ensayos de recuperación de la capacidad germinativa...	173
<b>3.6. PARÁMETROS MEDIDOS.....</b>	<b>175</b>
<b>3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS .....</b>	<b>177</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>180</b>
<b>4.1. PORCENTAJE MEDIO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE <i>Limonium     tabernense</i> .....</b>	<b>182</b>

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

<b>4.2. PORCENTAJE FINAL DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE <i>Limonium tabernense</i> .....</b>	<b>188</b>
<b>4.3. TIEMPO MEDIO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE <i>Limonium tabernense</i> ....</b>	<b>193</b>
<b>4.4. VELOCIDAD DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE <i>Limonium tabernense</i>.....</b>	<b>196</b>
<b>4.5. PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD GERMINATIVA DE SEMILLAS DE <i>Limonium tabernense</i> TRAS LA INCUBACIÓN EN SOLUCIONES SALINAS .....</b>	<b>198</b>
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>207</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>217</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>221</b>

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura nº 1:</b> Un modelo del proceso de desertificación. Los dos ciclos de retroalimentación positiva, físico y humano, pueden agravar una degradación inicial y producir la desertificación del territorio (Thomas y Middleton, 1994; López Bermúdez, 1996; López Bermúdez y Barberá, 1999) .....	31
<b>Figura nº 2:</b> Mapa mundial de vulnerabilidad a la desertificación (USDA-NCRS, 2012) ....	41
<b>Figura nº 3:</b> Factores que contribuyen a la desertificación (López Bermúdez, 2002) .....	43
<b>Figura nº 4:</b> Mapa de riesgo de desertificación en España (PAND, 2008) .....	45
<b>Figura nº 5:</b> Evolución de la cubierta vegetal en España (PAND, 2008) .....	47
<b>Figura nº 6:</b> Mapa de aridez de España (PAND, 2008) .....	49
<b>Figura nº 7:</b> Flujos causa-efecto implicados en las tasas de erosión hídrica del suelo que influyen en la desertificación (López Bermúdez, 2002) .....	52
<b>Figura nº 8:</b> Mapa de estados erosivos de España (PAND, 2008) .....	53
<b>Figura nº 9:</b> Efectos del incendio en el proceso de erosión (Sanroque y Rubio, 1983) .....	56
<b>Figura nº 10:</b> Mapa del porcentaje de superficie acumulada recorrida por el fuego durante 10 años. Década 1986-1995 (PAND, 2008) .....	57
<b>Figura nº 11:</b> Mapa del porcentaje de superficie acumulada recorrida por el fuego durante 10 años. Década 1996-2005. (PAND, 2008) .....	58
<b>Figura nº 12:</b> Mapa de acuíferos con problemas de sobreexplotación de España (PAND, 2008) .....	63
<b>Figura nº 13:</b> Actualmente, uno de los más importantes riesgos de desertificación es debido a la salinización del suelo. Se registra en las tierras de regadío que utilizan agua con elevado contenido en sales (AGE, 2012) .....	70
<b>Figura nº 14:</b> Seguimiento de una restauración ecológica en una zona semiárida (El futuro es nuestro, 2012) .....	73
<b>Figura nº 15:</b> Costras salinas superficiales en una rambla subsidiaria de la Rambla de Tabernas en el paraje de “Las Salinas”. Paraje Natural del Desierto de Tabernas (Almería) . .....	78

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Figura nº 16:** *Arthrocnemum macrostachyum* habita en marismas y saladares mediterráneos sometidos a una cierta estacionalidad o estiaje, soportando condiciones de salinidad extremas (Florasilvestre, 2012) ..... 88
- Figura nº 17:** Control de la erosión de una ladera mediante terrazas (Agua-Dulce, 2012) ...  
..... 92
- Figura nº 18:** *Cistus albidus* es una especie que habita en ambientes soleados, soporta bien la sequía estival y cualquier tipo de suelo, aunque prefiere los ricos en cal. Tiene un gran valor ornamental y es además muy interesante en ajardinamientos de bajo mantenimiento  
..... 94
- Figura nº 19:** *Chamaerops humilis* es apropiada por sus características de zonas secas y de fuerte insolación, principalmente en las regiones costeras o próximas a la costa. Tiene un gran valor estético ..... 95
- Figura nº 20:** *Cistus salviifolius* habita en lugares secos y soleados sobre terrenos de cualquier naturaleza. Florece de marzo a junio, o incluso más tarde, hasta noviembre. Se cultiva como ornamental, al igual que su híbrido con *C. populifolius*, el *Cistus x hybridus* Pourr., comercializado como *Cistus x corbariensis* Pourr. ex Dunal (López-González, 2004)  
..... 95
- Figura nº 21:** *Anabasis hispanica* crece en matorrales abiertos sobre laderas secas y soleadas o taludes descarnados, en terrenos margosos, yesosos o salobres, al nivel del mar o a escasa altitud (López-González, 2004). Además de su rusticidad, su valor estético le confiere un indudable potencial como planta ornamental..... 96
- Figura nº 22:** *Helianthemum almeriense* se desarrolla en matorrales heliófilos, en lugares semiáridos, sobre sustratos micácicos, calizos, yesíferos, volcánicos e incluso en arenas litorales consolidadas, entre el nivel del mar y los 1000 (1300) m de altitud (Blanca *et al.*, 2009) ..... 97
- Figura nº 23:** De izqda. a dcha.: *Anthyllis cytisoides*, *Lavandula stoechas* y *Thymus hyemalis*. No es necesario adquirir plantas poco comunes o exóticas para tener un jardín de bajo mantenimiento. La mayoría de nuestras plantas autóctonas pueden sobrevivir largos períodos de disponibilidad limitada de agua y nutrientes una vez se han establecido en el jardín..... 98
- Figura nº 24:** Esquema de un jardín dividido según zonas de riego o hidrozonas (Agua-Dulce, 2012) ..... 103
- Figura nº 25:** El riego debe adecuarse a la superficie a regar. Arriba puede verse un riego mal efectuado e ineficiente que deja parte de la superficie a regar sin riego mientras que riega otra superficie que no necesita riego. Abajo un riego adecuado a la superficie a regar (Agua-Dulce, 2012) ..... 105

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

<b>Figura nº 26:</b> Microdifusores instalados sobre tubo de polietileno (Agua-Dulce, 2012) .....	105
<b>Figura nº 27:</b> Mapa de Situación del Paraje Natural del Desierto de Tabernas (Almería) .....	124
<b>Figura nº 28:</b> Mapa geológico del SE de Almería (Mota <i>et al.</i> , 1997) .....	129
<b>Figura nº 29:</b> Mapa de los Bioclimas del SE de Almería (Mota <i>et al.</i> , 1997) .....	135
<b>Figura nº 30:</b> Diagrama bioclimático de la estación meteorológica de Tabernas (Almería) (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2009) .....	137
<b>Figura nº 31:</b> Esquema biogeográfico de la provincia Murciano-Almeriense (Alcaraz, 2011) .....	142
<b>Figura nº 32:</b> Mapa de las unidades Biogeográficas del SE de Almería (Mota <i>et al.</i> , 1997) ...	147
<b>Figura nº 33:</b> <i>Limonium estevei</i> . Planta (izqda.) y detalle de sus flores (dcha.) (Almerinatura, 2012) .....	151
<b>Figura nº 34:</b> <i>Limonium cossonianum</i> . Planta (izqda.) y detalle de su inflorescencia (dcha.) (Florasilvestre, 2012) .....	151
<b>Figura nº 35:</b> Detalle de las flores de <i>L. delicatulum</i> (izqda.) (Almerinatura, 2012) y planta de <i>L. echioides</i> (dcha.) (Florasilvestre, 2012) .....	152
<b>Figura nº 36:</b> <i>Limonium insigne</i> . Planta (izqda.) y detalle de su inflorescencia (dcha.) (Almerinatura, 2012) .....	153
<b>Figura nº 37:</b> Plantas repicadas de <i>Limonium serotinum</i> preparadas para su comercialización (izqda.) y ensayos bajo invernadero de <i>Limoniums</i> procedentes de las Islas Canarias (dcha.) (Masvidal y Ruiz, 1992) .....	155
<b>Figura nº 38:</b> <i>Limonium tabernense</i> . Planta (izqda.) (Almerinatura, 2012) y dibujo de su morfología (dcha.) (Blanca <i>et al.</i> , 2000) .....	157
<b>Figura nº 39:</b> Detalle de inflorescencia de <i>L. tabernense</i> (Almerinatura, 2012) .....	158
<b>Figura nº 40:</b> Detalle de las flores de <i>L. tabernense</i> (Almerinatura, 2012) .....	159
<b>Figura nº 41:</b> Mapa de distribución de <i>Limonium tabernense</i> en Almería (Anthos, 2012) ...	159
<b>Figura nº 42:</b> Material vegetal recolectado en campo .....	164

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

<b>Figura nº 43:</b> Vista general de la cámara frigorífica empleada para la conservación de semillas de <i>L. tabernense</i> después de su extracción.....	166
<b>Figura nº 44:</b> Semillas de <i>L. tabernense</i> extraídas y esterilizadas listas para ser empleadas en los ensayos de germinación.....	167
<b>Figura nº 45:</b> Cámara de germinación utilizada durante los ensayos de germinación de semillas de <i>L. tabernense</i> .....	168
<b>Figura nº 46:</b> Báscula de precisión empleada para la preparación de las soluciones salinas .....	169
<b>Figura nº 47:</b> Material empleado en la preparación de las soluciones salinas .....	170
<b>Figura nº 48:</b> Montaje de uno de los ensayos de germinación de <i>L. tabernense</i> en el interior de la cámara de germinación .....	171
<b>Figura nº 49:</b> Mesa de trabajo y material empleado para la evaluación de los parámetros medidos.....	173
<b>Figura nº 50:</b> Semillas de <i>Limonium tabernense</i> puestas en germinación vistas mediante lupa binocular .....	174
<b>Figura nº 51:</b> Plántula de <i>Limonium tabernense</i> recién germinada vista mediante lupa binocular.....	175
<b>Figura nº 52:</b> Semillas de <i>Limonium tabernense</i> y plántulas recién germinadas sobre placa de Petri.....	177

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

<b>Gráfica nº 1:</b> Evolución de los niveles piezométricos y bombeos en el acuífero de La Mancha Occidental (Manzanares, Ciudad Real) (MIMAM, 1998) .....	60
<b>Gráfica nº 2:</b> Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> a lo largo del tiempo durante el ensayo de germinación en laboratorio en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 20/10 °C de temperatura.....	183
<b>Gráfica nº 3:</b> Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> a lo largo del tiempo durante el ensayo de germinación en laboratorio en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 25/15 °C de temperatura.....	184
<b>Gráfica nº 4:</b> Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> a lo largo del tiempo durante el ensayo de germinación en laboratorio en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 30/20 °C de temperatura.....	186
<b>Gráfica nº 5:</b> Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> a lo largo del tiempo durante el ensayo de germinación en laboratorio en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 35/25 °C de temperatura.....	187
<b>Gráfica nº 6:</b> Porcentaje final de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> para 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl a temperatura 20/10 °C .....	189
<b>Gráfica nº 7:</b> Porcentaje final de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> para 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl a temperatura 25/15 °C .....	189
<b>Gráfica nº 8:</b> Porcentaje final de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> para 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl a temperatura 30/20 °C .....	190
<b>Gráfica nº 9:</b> Porcentaje final de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> para 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl a temperatura 35/25 °C .....	191
<b>Gráfica nº 10:</b> Porcentaje final de germinación de <i>Limonium tabernense</i> en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a temperatura 20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C.....	192
<b>Gráfica nº 11:</b> Tiempo medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> a 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C de temperatura.....	194
<b>Gráfica nº 12:</b> Velocidad de germinación a diferentes termoperíodos y en función de la concentración salina evaluada mediante el índice modificado de Timson.....	197
<b>Gráfica nº 13:</b> Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> a lo largo del tiempo durante el ensayo de recuperación de la capacidad germinativa tras su incubación en condiciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) y a 20/10 °C de temperatura .....	199

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

**Gráfica nº 14:** Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de recuperación de la capacidad germinativa tras su incubación en condiciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) y a 25/15 °C de temperatura ..... 201

**Gráfica nº 15:** Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de recuperación de la capacidad germinativa tras su incubación en condiciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) y a 30/20 °C de temperatura ..... 202

**Gráfica nº 16:** Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de recuperación de la capacidad germinativa tras su incubación en condiciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) y a 35/25 °C de temperatura ..... 204

**Gráfica nº 17:** Porcentaje final de recuperación de la germinación de semillas de *Limonium tabernense* en 100, 200 y 400 mM de NaCl y a temperatura 20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C ..... 205

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla nº 1:</b> Causas de la degradación del suelo por continentes y en el mundo (Oldeman <i>et al.</i> , 1991) .....	35
<b>Tabla nº 2:</b> Estado global de los suelos en el mundo (Oldeman <i>et al.</i> , 1991) .....	36
<b>Tabla nº 3:</b> Extensión y distribución porcentual de las tierras secas por continentes, excluidas las hiperáridas (desiertos) (UNEP, 1992b; Martin y Balling, 1994) .....	40
<b>Tabla nº 4:</b> Distribución de superficies por categorías de riesgo de desertificación en España (PAND, 2008) .....	46
<b>Tabla nº 5:</b> Valor medio de las pérdidas de suelo en los distintos estados erosivos (PAND, 2008) .....	54
<b>Tabla nº 6:</b> Las aguas subterráneas y su explotación en España (Ministerio de Medio Ambiente, 1998) .....	62
<b>Tabla nº 7:</b> Tierras irrigadas perdidas por salinización en los cinco países con mayor superficie irrigada, estimación para mediados de los ochenta (Postel (1990) en Ghassemi <i>et al.</i> , 1995) .....	67
<b>Tabla nº 8:</b> Estimación de la salinización secundaria de los países irrigados (Ghassemi <i>et al.</i> , 1995) .....	68
<b>Tabla nº 9:</b> Algunas plantas tapizantes de uso común (Agua-Dulce, 2012) .....	100
<b>Tabla nº 10:</b> Las alternativas de riego (Agua-Dulce, 2012).....	107
<b>Tabla nº 11:</b> Efecto de diferentes tipos de salinidad en el proceso de germinación de semillas y propágulos (Wahid <i>et al.</i> , 1999) .....	111
<b>Tabla nº 12:</b> Cambios fisiológicos y bioquímicos en la germinación de semillas bajo salinidad (Wahid <i>et al.</i> , 1999) .....	114
<b>Tabla nº 13:</b> Cambios inducidos por la sal en las características anatómicas de varios tejidos durante la germinación (Wahid <i>et al.</i> , 1999) .....	118
<b>Tabla nº 14:</b> Papel desempeñado por distintos agentes químicos orgánicos e inorgánicos en la atenuación de los efectos adversos de la salinidad (Wahid <i>et al.</i> , 1999) .....	121
<b>Tabla nº 15:</b> Límites altitudinales de los Bioclimas y Pisos Bioclimáticos (Mota <i>et al.</i> , 1997) .....	136
<b>Tabla nº 16:</b> Datos climáticos pertenecientes a la estación meteorológica de Tabernas (Almería) (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2009) .....	137

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

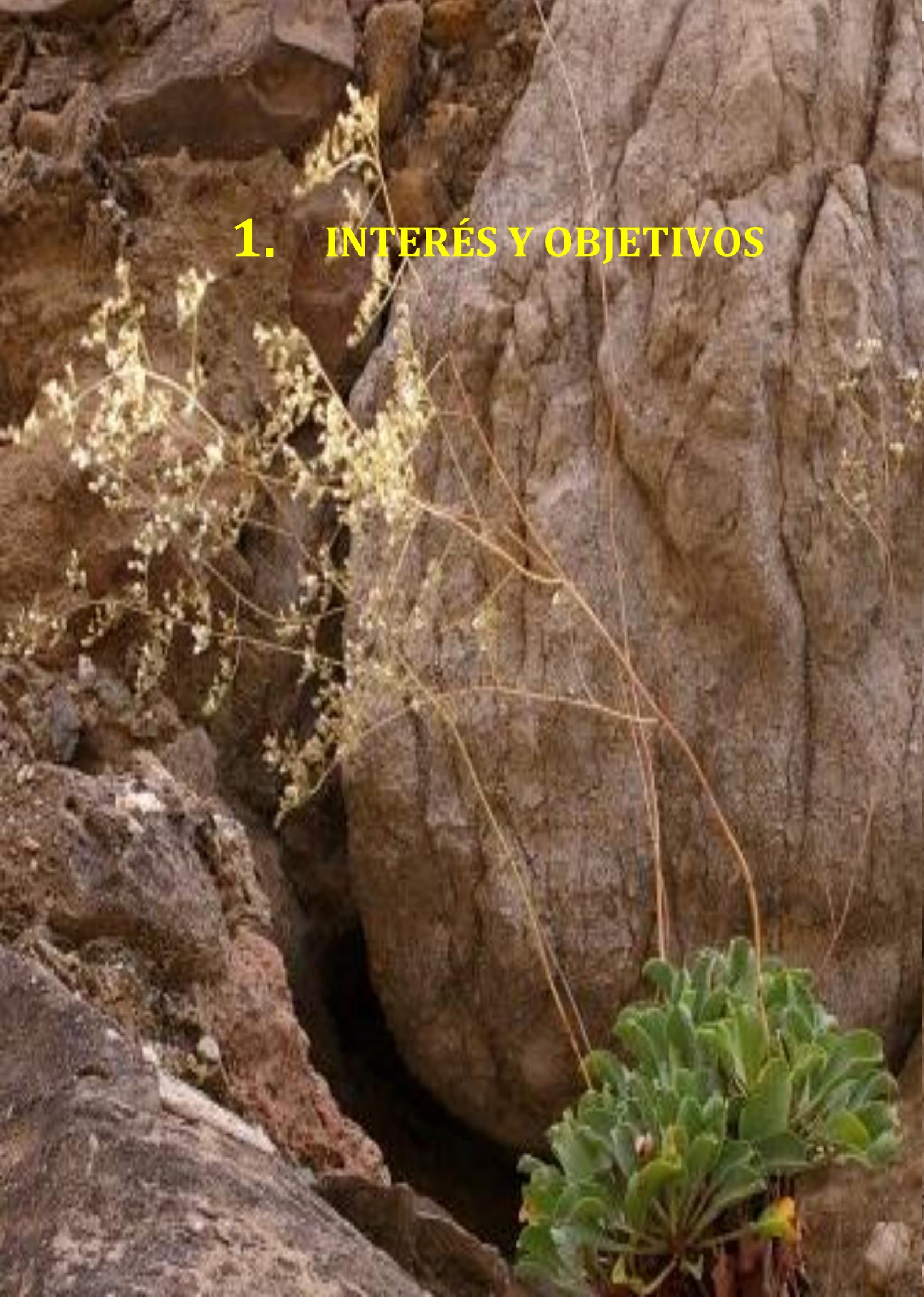
<b>Tabla nº 17:</b> Caracterización florística de las unidad biogeográfica superior del área de estudio (Mota <i>et al.</i> , 1997) .....	144
<b>Tabla nº 18:</b> Caracterización florística de la unidad biogeográfica superior del área de estudio (Mota <i>et al.</i> , 1997) .....	145
<b>Tabla nº 19:</b> Caracterización florística de la unidad biogeográfica inferior del área de estudio (Mota <i>et al.</i> , 1997) .....	149
<b>Tabla nº 20:</b> Características agronómicas de diversas especies de <i>Limonium</i> cultivadas en invernadero de plástico (Masvidal y Ruiz, 1992) .....	156
<b>Tabla nº 21:</b> Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo en laboratorio a temperatura 20/10 °C y a las distintas concentraciones salinas.....	182
<b>Tabla nº 22:</b> Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo en laboratorio a temperatura 25/15 °C y a las distintas concentraciones salinas.....	184
<b>Tabla nº 23:</b> Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo en laboratorio a temperatura 30/20 °C y a las distintas concentraciones salinas.....	185
<b>Tabla nº 24:</b> Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo en laboratorio a temperatura 35/25 °C y a las distintas concentraciones salinas.....	187
<b>Tabla nº 25:</b> Tiempo medio de germinación de semillas de <i>Limonium tabernense</i> a 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C de temperatura.....	193
<b>Tabla nº 26:</b> Velocidad de germinación en días agrupada por temperaturas .....	196
<b>Tabla nº 27:</b> Evolución del porcentaje de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de <i>Limonium tabernense</i> cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo de recuperación en laboratorio a temperatura 20/10 °C y a las distintas concentraciones salinas.....	199
<b>Tabla nº 28:</b> Evolución del porcentaje de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de <i>Limonium tabernense</i> cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo de recuperación en laboratorio a temperatura 25/15 °C y a las distintas concentraciones salinas.....	200
<b>Tabla nº 29:</b> Evolución del porcentaje de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de <i>Limonium tabernense</i> cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo de recuperación en laboratorio a temperatura 30/20 °C y a las distintas concentraciones salinas.....	202

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

**Tabla nº 30:** Evolución del porcentaje de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de *Limonium tabernense* cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo de recuperación en laboratorio a temperatura 35/25 °C y a las distintas concentraciones salinas..... 203

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

# 1. INTERÉS Y OBJETIVOS



**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

## 1. INTERÉS Y OBJETIVOS

La desertificación ha sido definida por la UNCED (1992) y el CCD (1994) como un proceso complejo que reduce la productividad y el valor de los recursos naturales, en el contexto específico de condiciones climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de variaciones climáticas y actuaciones humanas adversas.

Se trata de un tema preocupante porque más de dos terceras partes del territorio español pertenecen a las categorías de áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. En España se observa que toda la mitad sur, a excepción de las cadenas montañosas más elevadas, más la meseta norte, la cuenca del Ebro y la costa catalana entran dentro de las categorías de tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas, y por lo tanto estas áreas son susceptibles de desarrollar el fenómeno de la desertificación (Molina García, 2010).

Las zonas de clima árido y semiárido suelen presentar suelos salinos, debido básicamente a la concentración de sales como consecuencia del desequilibrio en el balance hídrico del perfil del suelo, ya que la evapotranspiración supera ampliamente a la precipitación en estas zonas climáticas. El agua del suelo es absorbida y transpirada por las plantas y a la vez se evapora directamente desde el suelo, sin embargo las sales solubles que contiene el agua no se evaporan y se van concentrando en la superficie, llegando a formarse una película blanquecina en la capa externa del suelo formada por costras de diferentes sales. Así, en las tierras áridas y semiáridas, donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación, se generan suelos salinos de forma natural (Paniza-Cabrera, 2002).

Como vemos, la salinidad del suelo es una grave degradación causada por factores climáticos, pero también por factores topográficos, hidrogeológicos y/o antrópicos. Así, la salinidad del suelo tiene su origen no sólo en la alteración y meteorización de la roca madre o en desequilibrios del balance hídrico del perfil del suelo, sino también en los cambios de uso del suelo, la destrucción y fragmentación de hábitats, la sobreexplotación de recursos hídricos, la explotación agrícola intensiva e irracional o la utilización en agricultura de suelos y agua de deficiente calidad química y, en general, en el mal uso y gestión de los recursos suelo, agua y vegetación.

El problema de la salinización de los suelos es uno de los más graves que afectan a los sistemas agronómicos de regadío siendo muy característico de climas áridos y semiáridos. En España, se estima que de los 35.000 km<sup>2</sup> actualmente transformados y en uso, un 3 % aproximadamente presentan un grado de salinización severo que restringe fuertemente su utilización agrícola, además de otro 15 % que presenta un riesgo creciente de salinización que comienza a ser limitante para su

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

aprovechamiento en la producción de los cultivos más sensibles a este fenómeno (PAND, 2008).

La zona hortofrutícola costera del sureste peninsular, sufre una pérdida de sostenibilidad debido al aumento de la demanda de recursos hídricos, por encima de los recursos disponibles, y al reducido coste del agua, que representa menos del 5 % de los insumos totales. En estas condiciones, la disponibilidad y la calidad del agua son los únicos factores retroactivos, capaces de limitar el aumento de la superficie irrigada.

En estas zonas, calificadas como de alto riesgo de desertificación por la complejidad de los impactos que producen los modelos agrarios intensivos, se ha observado en los últimos años un cambio en la situación, en gran medida por la adopción de medidas de ahorro de agua, implantación de medidas agroambientales, desarrollo de los cultivos sin suelo, producción integrada y ecológica de cultivos y cultivos con lucha biológica. No obstante, continúan sufriendo una relativa pérdida de sostenibilidad debido a que la demanda de recursos hídricos se sitúa por encima de los recursos naturales disponibles, que provienen en su mayoría de los acuíferos de la zona. Ello ha obligado a promover nuevos yacimientos de agua, que si bien en un principio tenían como referencia básica las transferencias entre cuencas (en el caso de la zona del SE), en la actualidad están basados en las tecnologías de desalación y reutilización, lo que implica unos consumos energéticos importantes.

Las sales que contiene el agua de riego, aún en pequeña cantidad, cuando no son absorbidas por las plantas y el drenaje es deficitario, se acumulan en el suelo tras la evaporación y la transpiración en concentraciones que pueden llegar a ser fuertemente limitantes. Aún con drenaje suficiente, la salinización puede producirse al ascender sales por capilaridad desde el subsuelo provenientes de la composición mineral de éste o de la acumulación de sales por lavado del suelo superficial. De esta manera, la salinización provoca pérdidas de productividad que pueden llegar a inhabilitar los suelos para el cultivo.

En definitiva, los tres principales factores que influyen en el proceso de salinización son el clima, la composición química del agua de riego, y las condiciones del suelo y su capacidad de drenaje.

El problema radica pues en la extensión inadecuada de cultivos irrigados en áreas con suelos inadecuados para el cultivo, y en el deficiente manejo de las técnicas de regadío como la utilización de aguas con exceso de sales, aguas que pueden provenir tanto de aguas superficiales salinas como de acuíferos con problemas de sobreexplotación y/o intrusión marina.

Además, el impulso otorgado desde las administraciones públicas de nuestro país al turismo como sector estratégico, y la necesidad de un aumento de la renta percibida por los ciudadanos, ha contribuido al abandono de muchas zonas rurales del

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

interior de nuestro país en favor de las zonas costeras, generando una litoralización de buena parte de la población española. A esto hay que añadir la construcción de segundas residencias e infraestructuras turísticas de diversa índole que necesitan abastecimiento público de aguas, entre otras infraestructuras, en lugares donde la escasez del recurso es evidente. Esta situación ha contribuido también a la sobreexplotación de acuíferos del este y sur peninsular.

Las actividades socioeconómicas llevadas a cabo en el sureste peninsular durante las últimas décadas han agravado esta situación y los suelos ricos en sales susceptibles de padecer el fenómeno de la desertificación son cada vez más frecuentes. La necesidad de invertir esta dinámica y restaurar zonas de suelos salinos degradados es de vital importancia.

Por todo ello es innegable la imperiosa necesidad del ahorro y eficiencia en el uso del agua de todos y cada uno de los sectores implicados en su gestión (sector agrario, abastecimiento urbano e industria).

La progresiva conciencia de la sociedad española de la escasez de recursos hídricos en buena parte de nuestra geografía, debe traducirse en un interés creciente sobre las posibilidades de ahorro y uso eficiente.

Actualmente existen opciones que permiten combinar el diseño, instalación y mantenimiento de jardines con un uso responsable del agua. Estos jardines utilizan técnicas de xeriscape o xerojardinería, también denominada jardinería sostenible, naturación o jardinería de bajo mantenimiento o de bajo consumo, una modalidad de jardinería que pretende el uso eficiente del agua en los jardines, adaptándose a las condiciones climáticas del entorno (Agua-Dulce, 2012).

La xerojardinería requiere la implementación de una serie de pautas de ahorro de agua en todas las fases de planificación del paisaje, desde la fase de diseño del jardín hasta la instalación o su mantenimiento.

La xerojardinería no es más que un paisaje tradicional transformado de forma que sea eficiente en el uso del agua. Además, no requiere la introducción de especies nuevas o exóticas; muchas de las plantas nativas de cada zona poseen una tolerancia elevada a la sequía y/o salinidad y pueden ser utilizadas con éxito en el xeriscape (Burés, 1991).

Por otro lado, la restauración ecológica, es un proceso de alteración intencionada de un hábitat para establecer un ecosistema definido, natural e histórico local. El objetivo de este proceso es generar un sistema diverso y similar, en cuanto a composición, dinámica, funcionamiento y estructura, al ecosistema original (SER, 2004).

Para ello, es imprescindible el empleo de especies autóctonas adaptadas a éstos

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

ambientes. Las comunidades vegetales del sureste peninsular que se desarrollan sobre suelos salinos están compuestas por especies como *Anabasis hispanica*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Atriplex* spss., *Limonium* spss., *Salsola* spss., *Sarcocornia* spss., *Tamarix* spss., etc. Estas especies autóctonas adaptadas al medio, en su mayoría halófitas, podrían emplearse en la restauración de zonas con suelos salinos y en el diseño de jardines en aquellos lugares en los que la presencia de sales en el suelo limita el desarrollo de otras especies. Muchas de estas especies son una buena alternativa a especies ornamentales usadas tradicionalmente en climas semiáridos debido a su buena resistencia a plagas y enfermedades, elevada tolerancia a la salinidad, alta eficiencia en el uso del agua y pautas de crecimiento bien adaptadas a las condiciones edafoclimáticas existentes en estas zonas (Martínez-Sánchez *et al.*, 2008).

Para realizar con éxito el proceso de restauración es muy importante conocer la respuesta de las distintas especies ornamentales a los factores ambientales, principalmente en sus etapas de germinación y crecimiento al ser estas las más vulnerables de su ciclo de vida (Khan y Gulzar, 2003; Pérez *et al.*, 1998; Waisel, 1972).

La germinación es una etapa importante en el ciclo de vida de las especies que crecen en ambientes salinos, ya que las condiciones del suelo determinan las condiciones a las que se expondrán en las etapas posteriores de su ciclo de vida (Sen y Rajpurohit 1982, Ungar 1991).

La germinación y los períodos de establecimiento son estados cruciales en el ciclo de vida de las plantas bajo condiciones salinas (Khan y Gulzar, 2003; Pérez *et al.*, 1998; Waisel, 1972).

Diferentes factores abióticos tales como la temperatura, la salinidad del suelo, el fotoperíodo y la humedad del suelo afectan a la germinación de las halófitas (Noe y Zedler, 2000; Khan, 2003). Sin embargo, el efecto de la salinidad del suelo parece ser dominante sobre todos los otros factores (Keiffer y Ungar, 1997a; Baskin y Baskin, 1998).

Es por ello que el objetivo fundamental de este Trabajo Monográfico, es el estudio y conocimiento de la influencia de algunos factores ambientales como la salinidad y la temperatura, en la germinación de semillas de la especie halófito *Limonium tabernense* Erben, para la obtención de información sobre las condiciones más favorables para que se produzca la máxima germinación de semillas, encaminada a su uso en el diseño de jardines y restauración ecológica de aquellas zonas donde la escasez de agua o la salinidad de ésta o del propio suelo, impidan el normal desarrollo de otras especies.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**



**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. LA DESERTIFICACIÓN, UN PROBLEMA AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO GLOBAL**

En las tierras semiáridas y subhúmedas secas, se constata a lo largo de los tiempos una interferencia cada vez más intensa entre las acciones humanas y los equilibrios geoecológicos que ha dañado el aspecto original de los paisajes, ocasionando, a través de un continuado proceso de deterioro, la degradación de extensas áreas abocadas hoy a condiciones próximas a las subdesérticas. La desertificación puede ser el resultado de la dialéctica hombre-medio en ambientes sensibles a la degradación de los recursos naturales básicos: suelo, agua y vegetación (López Bermúdez, 2002).

A escala planetaria y de las tierras mediterráneas secas, el *cambio climático*, la *pérdida de biodiversidad* y la *desertificación* constituyen los tres problemas ambientales estrella y tienen mucho en común. Corresponden a procesos físicos y antrópicos que están fuertemente relacionados por razones y principios ambientales, económicos, jurídicos y políticos; sus instrumentos pueden contribuir de manera importante a la consecución de los objetivos de los otros, además, los tres problemas también están ligados por soluciones comunes. Por ejemplo, la lucha contra la deforestación y los incendios, reduce la degradación de los suelos por erosión, reduce las emisiones netas de dióxido de carbono y reduce la pérdida de biodiversidad. Por ello, salvaguardar la diversidad biológica, luchar contra la desertificación y prevenir el cambio climático, en las regiones secas, albergan el mismo objetivo: asegurar un desarrollo durable. Esto significa conseguir una calidad de vida que sea socialmente deseable, económicamente viable y ecológicamente sostenible para las generaciones futuras (López Bermúdez, 2001).

El deterioro de los geosistemas, la pérdida de biodiversidad, la degradación de los suelos y las aguas pueden ocasionar, por un lado, una marcada disminución del potencial biológico o productivo, y por otro, introducir ecosistemas cada vez más pobres y vulnerables. La conjunción de ambos procesos puede ocasionar la ruptura de la armonía de los sistemas naturales y conducir implacablemente a una acentuación de las crisis medioambiental y socioeconómica expresadas en la desertificación del territorio (López Bermúdez, 2002).

La mayor parte de la desertificación es natural en las zonas que bordean los desiertos. En períodos de sequía, los ecosistemas se deshidratan, pierden vegetación y parte del suelo es arrastrado por el viento. Sin embargo, este fenómeno natural se ve agravado por actividades humanas que debilitan el suelo y lo hacen más vulnerable a la erosión. La observación de los paisajes de las tierras secas detecta, con frecuencia, que

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

las acciones humanas inadecuadas potencian la tendencia y acción de los procesos naturales y viceversa; el factor humano desempeña un decisivo papel en el proceso de degradación. Actuaciones humanas inadecuadas o perniciosas pueden alterar o romper el sistema acoplado atmósfera-suelo-agua-planta. El resultado es que territorios originariamente alejados de las condiciones desérticas llegan, o pueden llegar, a parecerse con el tiempo a estos ambientes inhóspitos (López Bermúdez, *op. cit.*).

La degradación de la tierra y la escasez de agua constituyen la mayor amenaza para la sostenibilidad de los geosistemas y agrosistemas de las regiones secas. Estas regiones, bajo un clima semiárido de incertidumbre y de fuerte déficit hídrico, constituyen territorios donde el riesgo de desertificación es de preocupante a muy elevado y se convierte, además, en una severa y creciente amenaza (López Bermúdez, *op. cit.*).

La desertificación es considerada como uno de los problemas más graves que afectan a las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas del planeta por sus implicaciones ambientales y socioeconómicas (López Bermúdez, *op. cit.*). La percepción de la desertificación varía mucho según el grado de desarrollo, de conocimiento científico, cultural, económico y social de las poblaciones afectadas (López Bermúdez, 2001). La realidad es que tras el vocablo desertificación se esconde todo un conjunto de procesos interrelacionados (físicos, biológicos, históricos, económicos, sociales, culturales y políticos) que se manifiestan a diferentes niveles de resolución tanto espaciales como temporales (García Ruiz *et al.*, 1996; Ibáñez *et al.*, 1997). De modo genérico, la desertificación expresa el resultado de la combinación de condiciones geográficas, climáticas y socioeconómicas, y de las formas humanas de utilización de los recursos naturales, especialmente para la producción agrícola y el desarrollo rural (López Bermúdez, 1996).

La definición más ampliamente admitida fue formulada por la UNCED (1992) y el CCD (1994) como: *un proceso complejo que reduce la productividad y el valor de los recursos naturales, en el contexto específico de condiciones climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de variaciones climáticas y actuaciones humanas adversas.*

La FAO (1993) propone una definición en la que expresa, con mayor claridad, el vínculo entre desertificación y asentamientos humanos: “Conjunto de factores geológicos, climáticos, biológicos y humanos que provocan la degradación del potencial físico, químico y biológico de las tierras de las zonas áridas y semiáridas poniendo en peligro la biodiversidad y la supervivencia de las comunidades humanas” (López Bermúdez, 2006).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Es conveniente advertir que, sólo se considera “desertificación” cuando se produce en tierras secas, aunque se registra degradación de tierras en la práctica totalidad de las regiones del mundo (Holtz, 2003).

La desertificación, pues, es un conjunto de procesos o manifestación de fenómenos implicados en el empobrecimiento y degradación de los geosistemas terrestres por impacto humano. La desertificación es una disminución de los niveles de productividad de los geosistemas como resultado de la sobreexplotación, el uso y la gestión inapropiados de los recursos en territorios fragilizados por la aridez y las sequías (UNCOD, 1977; Dregne, 1993; Maintguet, 1990; CCD, 1994; Puigdefábregas, 1995a; López Bermúdez, 1995). El proceso de deterioro reduce la productividad de las plantas y los cultivos, produce alteraciones no deseables en la biomasa y en la diversidad de la micro y macro fauna y flora, acelera el deterioro del suelo e incrementa los riesgos para las poblaciones de los territorios afectados (López Bermúdez, 2002).

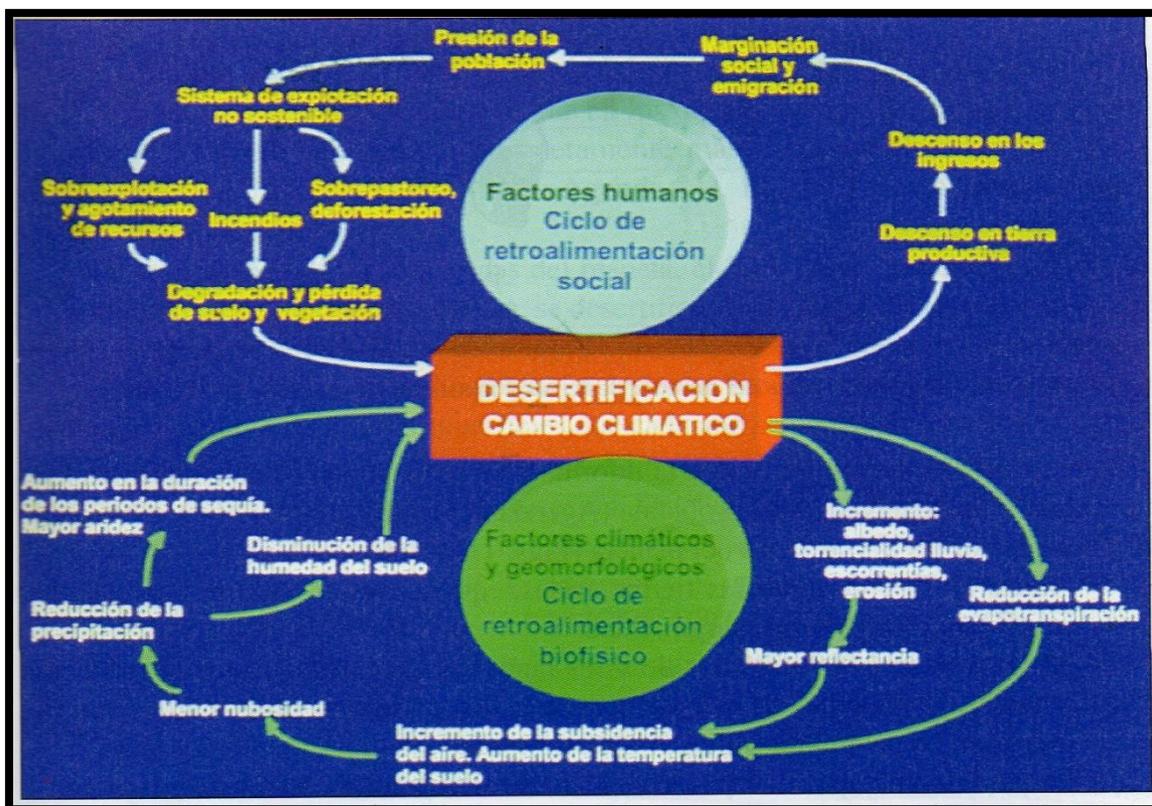


Figura nº 1. Un modelo del proceso de desertificación. Los dos ciclos de retroalimentación positiva, físico y humano, pueden agravar una degradación inicial y producir la desertificación del territorio (Thomas y Middleton, 1994; López Bermúdez, 1996; López Bermúdez y Barberá, 2000).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

La desertificación no es un problema meteorológico aislado (de sequía, por ejemplo), ni ambiental de deterioro (contaminación de un curso de agua, por ejemplo) o pérdida de biodiversidad (desaparición de una especie vegetal, por ejemplo) en un territorio más o menos extenso. La desertificación es, a la vez, una crisis climática, socioeconómica y ambiental que desencadena nuevos mecanismos de degradación y que dificulta e incluso impide la conservación de los recursos naturales imprescindibles para el desarrollo sostenible: suelo, agua y vegetación (López Bermúdez, 1997, 2001, 2002).

El proceso aparece como un estadio final de la degradación del medio natural que se traduce en la desaparición de la cubierta vegetal, la aceleración de los procesos de erosión y otros procesos de deterioro. Estos fenómenos pueden producir un incremento de la aridez del medio degradado y una acusada disminución de la fertilidad de los suelos, es decir, conducen a la ruptura del equilibrio del ecosistema inicial. Los ecosistemas de las regiones áridas sometidas a una presión humana excesiva o a cambios en los sistemas de utilización de las tierras pueden sufrir una pérdida de productividad y de su capacidad de recuperación, desembocando en la desertificación.

Así pues, la desertificación no sólo amenaza a aquellos usos del territorio orientados a la producción de bienes directos (alimentos, madera y otros productos), sino a la propia estabilidad de los ecosistemas. Supone una auténtica descapitalización de la naturaleza en la medida en que constituye una pérdida de calidad ambiental, que, además, se traduce en un descenso de la productividad. Sin embargo, no todos los procesos de degradación implican desertificación, mientras que la desertificación sí induce degradación. Para comprenderla es necesario conocer el entorno ambiental, la estructura, la dinámica, la evolución y la vulnerabilidad de los paisajes que la padecen, así como la historia de los sistemas de explotación de los recursos naturales (López Bermúdez, 2002).

### **2.1.1. Causas y consecuencias de la desertificación**

Las causas que desencadenan la desertificación y los factores que la controlan son múltiples y hay que buscarlas en la acción sinérgica de un amplio conjunto de procesos físicos y antrópicos multiescalados en el tiempo y en el espacio, como resultado de una retroalimentación positiva, difícil de frenar, que refuerza o amplifica determinados mecanismos naturales a causa de la intervención humana (Charney, 1975; Scoging, 1991; Thomas y Middleton, 1994; Puigdefábregas, 1995b; García Ruiz et al., 1996; López Bermúdez, 1996; Ibáñez *et al.*, 1997; Barberá *et al.*, 1997). En consecuencia la desertificación hay que entenderla en el marco de un sistema de cambios globales en el que las interrelaciones entre causas y respuestas suelen ser muy estrechas (López Bermúdez, 2001).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

Las causas que la desencadenan y los factores que la controlan son como digo múltiples y algunos de ellos pueden cambiar según la escala; por ello, pueden darse respuestas diferentes en función de las escalas de tiempo y espacio que se consideren (López Bermúdez, 2002).

Muchos de los fenómenos que desencadenan los procesos de degradación son antiguos, por lo que cabe hablar de una desertificación histórica o heredada; pero desde la década de 1970 se han activado y emergen como problemas nuevos y ligados a importantes cambios en el uso del suelo, la drástica modificación de los balances hídricos de muchas cuencas, la extracción abusiva de las aguas subterráneas, la salinización y la contaminación de suelos y aguas, el uso abusivo de fertilizantes y pesticidas, los incendios, la erosión del suelo y el abandono rural y de las buenas prácticas de conservación del suelo que desencadenan procesos de degradación que se identifican como una desertificación actual o funcional (López Bermúdez, 2002).

La desertificación es causada por una combinación de factores que cambian con el tiempo y varían con la localización. La variabilidad climática, la excesiva presión humana sobre los recursos naturales, el mal uso de la tierra, factores socioeconómicos, políticas ambientales inadecuadas, el comercio internacional...son factores relevantes que conducen a la desertificación. Situación que puede ser incrementada y acelerada por el cambio climático global. El riesgo de desertificación puede ser evaluado según el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas naturales combinado con la presión humana actual y futura (López Bermúdez, 2006).

La aridificación y degradación de los ecosistemas mediterráneos es, en parte, consecuencia del progresivo establecimiento de unas condiciones ambientales de aridez desde el Holoceno Superior y “Óptimo Climático” (hace unos 6.000 años B.P.) que ocasionó el descenso de la biomasa vegetal y la protección del suelo frente al impacto de las lluvias y la erosión (a este proceso natural se le conoce como *desertización*). Por otro lado, en la España peninsular, es una herencia histórica de la actividad humana sobre el territorio, que arranca en los tiempos neolíticos con la aparición de la agricultura y primeras roturaciones del terreno, y se extiende a través de numerosas fases de crisis ambientales hasta la actualidad: época romana; conquista cristiana; privilegios otorgados a La Mesta de ganaderos por los Reyes Católicos; revolución tecno-agraria del XVI; roturaciones y deforestaciones del siglo XVIII ligadas al crecimiento demográfico; roturaciones, expansión de los cultivos, deforestaciones y fragilización de los ecosistemas por las leyes desamortizadoras de mediados del XIX; crisis ambiental de la segunda mitad del siglo XX por la transformación de los contextos socioeconómicos y tecnológicos, incendios forestales, explotación abusiva de los recursos naturales, cambios en los usos del suelo, emigración de la población rural, etc. (López Bermúdez, 2001).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

El impacto actual del hombre sobre ecosistemas y paisajes es excepcional y parece que jamás ha tenido equivalente en el pasado. Las acciones antrópicas en el medio natural pueden implicar cambios irreversibles y a gran escala, es la primera vez que esto sucede en la dilatada historia de la especie humana. En los comienzos del siglo XXI, las presiones de las poblaciones y sus actividades han trastornado la estabilidad ambiental de amplias zonas del mundo afectando a un delicado equilibrio y, de modo general, son capaces de afectar a las condiciones básicas de supervivencia del planeta. La actual es la primera generación en la historia de la humanidad con capacidad de impactar y alterar todo el sistema global.

La desertificación que registran parte de las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas no es solo un proceso actual, sino un fenómeno secular de mal o deficiente uso y gestión de los recursos naturales básicos (suelo, agua y vegetación) llevados a cabo por el ser humano; por ello, es muy importante diferenciar la desertificación heredada o relictas de la desertificación activa, para recuperar los ecosistemas que no hayan rebasado el umbral de la irreversibilidad, para prever, mitigar, eliminar los agentes que la ocasionan y, en definitiva, para establecer indicadores de alerta y poder aplicar políticas y estrategias de lucha contra el proceso de degradación. Lo que parece cierto es que los geosistemas deteriorados tienen una lógica propia; el daño aumenta poco a poco hasta el día en que finalmente el sistema entero se derrumba y su recuperación es imposible: se han desertificado (López Bermúdez, 2001).

Toda acción contra la desertificación requiere identificar sus causas. En el fenómeno de la desertificación pueden diferenciarse unos procesos clave primarios y secundarios que pueden variar en el tiempo y en el espacio (MEDALUS, 2000; DESERTLINKS, 2004; López Bermúdez, 2002; Estrucplan, 2005); Entre los primeros:

- La recurrencia y duración de las sequías;
- La erosión del suelo por el agua cuando los ecosistemas están perturbados por la acción humana;
- La degradación de la cubierta vegetal o deforestación por roturaciones de tierras marginales, por incendios recurrentes, por talas abusivas, etc.
- El abuso de cultivos y las prácticas y técnicas de laboreo inadecuadas;
- El sobrepastoreo de plantas herbáceas y leñosas, con frecuencia selectivo;
- La sobreexplotación de los recursos hídricos;
- Salinización y alcalinización del suelo por irrigación con aguas de mala calidad química;
- Las políticas que favorecen la sustitución del pastoreo por la agricultura, ya que el 65% de los suelos de las regiones secas (excluidos los desiertos) son aptas para pastos, pero no para ser cultivadas;
- La falta de control de la tierra (en régimen de propiedad o de cooperativa) por los agricultores dificulta los incentivos para realizar prácticas sostenibles. La

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

consecuencia es la explotación excesiva del suelo que, a su vez, provoca la escasez de agua, agotamiento de los acuíferos, erosión y salinización y un conjunto de factores que estimulan la desertificación.

Continentes	Erosión hídrica (%)	Erosión eólica (%)	Degradación química (%)	Degradación física (%)
África	46	38	12	4
Asia	58	30	10	2
América del Sur	51	17	29	3
América Central	74	7	11	8
América del Norte	63	36	0	1
Europa	52	19	12	17
Australia	81	19	12	2
<b>Mundo</b>	<b>56</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>4</b>

Tabla nº 1. Causas de la degradación del suelo por continentes y en el mundo (Oldeman *et al.*, 1991).

Como procesos secundarios:

- Reducción de la materia orgánica en el suelo. Lo ocasiona la pérdida de vegetación que es la que provee de nutrientes orgánicos;
- Encostramiento y compactación originados por el golpeteo de la lluvia, por procesos de disolución-precipitación, uso de maquinaria pesada en el campo y pisoteo del ganado;
- Acumulación de sustancias tóxicas en los suelos agrícolas, por uso excesivo de fertilizantes y biocidas químicos;
- Sellado o recubrimiento del suelo agrícola y forestal, a consecuencia del desarrollo urbano e infraestructuras viarias que crece a un ritmo mayor que la población;
- La globalización y el forzamiento de la producción agrícola para la exportación afecta directa o indirectamente a la resistencia de los ecosistemas de las tierras secas y agrava la desertificación. Las subvenciones a la agricultura y a la ganadería en los países de la Unión Europea y en Estados Unidos causan el desplome de los precios de los productos agrícolas y el consiguiente empobrecimiento de los productores de los países en vías de desarrollo,
- La búsqueda de un resultado económico inmediato, en el sector primario de producción;

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- El escaso conocimiento de los agricultores de las consecuencias, a largo plazo, que tiene aplicar métodos y técnicas inadecuadas;
- La contribución del calentamiento global a la desertificación agrava el calentamiento ya que cuanto menos CO<sub>2</sub> sea incorporado en forma de masa vegetal, más hay en la atmósfera y, con ello, se incrementa el efecto invernadero.

Continente	Superficie total 10 <sup>6</sup> has	Suelo estable (%)	Suelo con alto riesgo de degradación (%)	Suelo degradado por el hombre (%)	Suelo inservible (%)
África	2966	15	43	17	25
Asia	4256	33	38	18	11
América C. y S.	2074	19	62	15	4
América del N., Europa y Australia	3717	38	46	11	5
<b>Mundo</b>	<b>13013</b>	<b>28</b>	<b>46</b>	<b>15</b>	<b>11</b>

Tabla nº 2. Estado global de los suelos en el mundo (Oldeman *et al.*, 1991).

El Human Development Report de 2003 (UNDP, 2003), señalaba que la mitad de la población de zonas rurales viven en áreas marginales donde la degradación ambiental amenaza la producción agrícola. Las personas, forzadas a aprovechar al máximo el suelo, el agua y la vegetación para comer, para vivir y para generar recursos contribuyen a las causas de la desertificación y al mismo tiempo sufren sus consecuencias. La población tala árboles y rotura tierras marginales para cultivar o para la ganadería. Estas prácticas dejan el suelo desprotegido y expuesto al viento y al agua y desencadena la erosión del suelo. Y, sin recursos naturales, sin tierras que cultivar, emigran a territorios más fértiles que suelen durar poco debido a las prácticas agrícolas inadecuadas. La elección y puesta en práctica de políticas o tecnologías inadecuadas, la ignorancia y los errores humanos han conducido a la degradación de tierras en muchos países desarrollados y en desarrollo.

Las consecuencias de la desertificación dependen de cuatro factores que varían según la región, el país y el año (FAO, 1993, 2002; López Bermúdez, 2001):

- La gravedad de la degradación y su extensión;
- La dureza de las condiciones climáticas, especialmente de la pluviometría anual y de recurrencia de las sequías;
- El número y la situación económica de las poblaciones afectadas;

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

- Del nivel de desarrollo del país o región afectados.

Cuanto más subdesarrollado sea un país y más pobre su población, más graves serán las consecuencias de los efectos de la desertificación. Cuanto más difíciles sean las condiciones naturales, especialmente las climáticas, más crítica será la situación. La desertificación ocasiona la ruptura del equilibrio de los ecosistemas y de los procesos físicos, químicos y biológicos que los mantenían en vigor, desencadenando una serie de fenómenos autodestructivos de todos los elementos que antes favorecían los procesos vitales.

En síntesis, las implicaciones o consecuencias ambientales y socio-económicas más relevantes de la desertificación se expresan en (López Bermúdez, 2001):

- Alteración del sistema acoplado atmósfera-suelo-planta.
- Perturbación en la regulación del ciclo hidrológico.
- Cambios y deterioro en la ecodiversidad terrestre. La degradación de la tierra en las tierras áridas y semiáridas es una seria amenaza para la biodiversidad y la resiliencia de las plantas (IPED, 1994).
- Reducción de la biomasa y degradación de la cubierta vegetal. Deterioro del patrimonio forestal. El bosque es sustituido por formaciones secundarias de arbustos y matorral, cada vez más abiertas, que pueden dejar de existir. Modificaciones aerodinámicas con el paso de una superficie cubierta, donde la vegetación introduce cierta rugosidad, a un suelo desnudo que será vulnerable a la erosión. Biológicamente hablando “vivimos en este mundo como huéspedes de las plantas verdes” (Bie e Imevbore, 1994) y algunas de las más importantes tienen su origen en las tierras secas: trigo, cebada, sorgo, mijo, algodón.
- Se manifiesta en ambientes que combinan los altos grados de estrés (climático, hidrológico, edáfico, geomorfológico) y perturbación (acciones humanas) que han de soportar las plantas y la fauna. Modifica la composición florística, favorece la invasión de especies vegetales específicas de suelos degradados, la expansión del xerofitismo y la tendencia hacia las comunidades de eremófitos.
- Deterioro, incluso pérdida, de la estabilidad estructural del suelo y tendencia a la formación de compactaciones y costras. Disminución de la porosidad, de la capacidad de infiltración y del contenido en humedad del suelo, a la vez que se incrementan los valores de las escorrentías superficiales y de su potencial erosivo.
- Degradación biológica del suelo: pérdida de nutrientes en cantidad y calidad, relación C/N, etc.
- Aceleraciones de la erosión hídrica y eólica. Decapitación de los horizontes edáficos superiores y acumulación de sedimentos al pie de las laderas, vaguadas, lechos fluviales y embalses.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Aumento de la pedregosidad del suelo. Afloramiento en superficie del material parental. “Cuando el suelo muere (es erosionado) las piedras nacen”. Los procesos erosivos en los ambientes más o menos áridos se caracterizan por ser recurrentes, intermitentes, progresivos e irreversibles (Morgan, 1986; Boardman *et al.*, 1990. López Cadenas, 1994; Porta *et al.*, 1994; López Bermúdez, 1996). Bajo estas condiciones, la estructura de la cubierta vegetal se degrada y sólo especies vegetales particularmente adaptadas pueden sobrevivir, aquellas con mayor resiliencia (Puigdefábregas, 1995b; Boer, 1999).
- Pérdida de la base de sustentación de las plantas.
- Incisiones de diversa magnitud en el terreno: surcos, regatos, rigolas, cárcavas, barrancos y ramblas.
- Acentúa los riesgos de movimientos en masa en laderas.
- Acelera los procesos de hundimientos y socavones por remoción y evacuación de suelo y regolito por conductos subsuperficiales (piping).
- Generalización de la topografía abarrancada; badlands.
- Salinización en las áreas irrigadas con aguas de mala calidad química. Aumento de la salinidad en los cursos de agua.
- Acidificación (pH, exceso de Al, Cu, Co, Fe, Mn, Zn).
- Degradación de los recursos hídricos e incremento de la variabilidad en el régimen de los cursos de agua (avenidas, inundaciones y estiajes).
- Reducción del agua disponible debido al deterioro de los flujos hídricos y a la sobreexplotación de las aguas subterráneas. El bombeo excesivo en los acuíferos costeros ocasiona la intrusión de agua marina.
- Degradación e incluso desaparición de humedales, fuentes y manantiales y de la vegetación y fauna a ellos asociados.
- Reducción de la biodiversidad. Alteraciones de la biomasa (productividad primaria neta, relación biomasa radicular/biomasa aérea...).
- Modificaciones aerodinámicas en la vegetación. El bosque es sustituido por formaciones secundarias de arbustos y matorral cada vez más abiertas. Con el tiempo pueden incluso desaparecer.
- Puede producir alteraciones climáticas por el incremento del albedo y del contenido de aerosoles y polvo en la atmósfera.
- Cambios en el microclima del suelo por modificaciones en la absorción de energía solar, flujos de calor sensible, temperatura, evaporación, etc.
- Incremento de la aridificación. Expansión del xerofitismo en la vegetación (estructura, composición, morfología, patrones espaciales, tipos biológicos, sistemas radiculares, ratios de germinación, etc.) (Guerrero, 1998).

Finalmente, la desertificación, y como consecuencia de lo anterior, registra importantes implicaciones socio-económicas, probablemente las más graves y preocupantes son:

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

- Reducción de la superficie y del valor de la tierra fértil.
- Necesidad de adaptaciones regionales y sectoriales a los nuevos escenarios.
- Modificación de las reservas y los flujos de recursos naturales.
- Reducción del agua disponible debido al deterioro de los flujos hídricos.
- Desequilibrios en los rendimientos y producción de los agrosistemas.
- Disminución o pérdida de ingresos económicos.
- Ruptura del equilibrio tradicional entre las actividades pastorales y agrícolas.
- Deterioro del patrimonio natural y paisajístico.
- Degradación de las condiciones de vida rural debido a la depreciación de los sistemas soporte de la producción y de la vida.
- Abandono de tierras de cultivo y prácticas de conservación.
- Emigración de la población rural y acentuación de los desequilibrios regionales.
- Necesidad de grandes inversiones en la recuperación de geoecosistemas que no hayan traspasado el umbral de la irreversibilidad.

La desertificación es un proceso que se autoalimenta. Por este motivo, las consecuencias de la desertificación son muy graves para las poblaciones pobres en los países en desarrollo. Además, la desertificación agrava el impacto de las sequías y de los conflictos armados, en los países de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, ocasionando hambrunas, sufrimientos y muertes a centenares de miles de seres humanos (López Bermúdez, 2006).

Las manifestaciones de la desertificación pueden ser interpretadas, también, como indicadores de la degradación de los geosistemas por un uso no sostenible de los recursos naturales. Globalmente constituyen un paradigma del fenómeno de la desertificación que afecta al frágil equilibrio que sostiene a los ecosistemas de las tierras secas, pero a la vez muestran el camino hacia el futuro, hacia lo que se debe y no se debe hacer. La evaluación de la desertificación, como fenómeno de crisis ambiental (puesto que se trata de una ruptura del equilibrio hombre-medio), es necesaria y está más que nunca justificada, porque en la actualidad se tienen suficientes conocimientos sobre sus causas, mecanismos y consecuencias, así como sobre los medios que se pueden disponer para evitarla y mitigarla, cuando la degradación de la tierra no haya sobrepasado umbrales críticos (López Bermúdez, 2001).

### **2.1.2. La desertificación en el mundo**

La desertificación es un fenómeno en rápida progresión a pesar de la detección del problema y de la puesta en marcha de planes de acción desde los años setenta del siglo XX. Desde 1977, año en que se celebró la primera Conferencia de las Naciones

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Unidas sobre Desertificación (Nairobi, Kenya), alrededor de 105 millones de hectáreas (dos veces la superficie de España) han sido esterilizadas (Agrasot, 1995). Las estimaciones varían según las fuentes y no se disponen de datos fiables que permitan determinar con exactitud el grado de velocidad de la desertificación en las diferentes regiones amenazadas: en 1991 se evaluaba que unos 10 millones de hectáreas por año se convertían en no aptas para el cultivo y el pastoreo (PNUE, 1991). Algunos años después, estas cifras se revisaban a la baja, estimándose que la superficie degradada por año oscilaba entre 3,5 y 4 millones de ha (PNUE, 1995).

Pese a esta incertidumbre sobre la información, se dispone de datos que dan idea aproximada de la gravedad del problema (Agenda 21, 1992; UNEP, 1992a; INCD, 1994a) que se extiende por las tierras secas del planeta:

- Afecta al 70% de todas las tierras áridas, equivalente a 3.600 millones de ha, aumentando con ello su marginalidad.
- Aflige a unos 1.000 millones de seres humanos (la sexta parte de la población mundial), sus medios de subsistencia se hallan comprometidos, porque sus tierras están en peligro de convertirse en desierto.
- La pérdida en capacidad productiva de las tierras afectadas es estimada en 26 billones de dólares por año. Entre 1978 y 1991, la desertificación ocasionó, en el mundo, una pérdida de ingresos estimada entre 300 y 600 billones de dólares (UNEP, 1996).
- Desde la II Guerra Mundial, una superficie de alrededor de 1.200 millones de ha están en proceso de degradación de sus suelos, que van desde un grado moderado a extremo, como resultado de las actividades humanas (Earth Action, 1994).

Continente	Superficie (10 <sup>6</sup> has)	Porcentaje del total (%)
África	1286	43
América del Norte	732	33
América del Sur	516	29
Asia	1672	39
Australia	663	>75
Europa	300	31
<b>Total mundial</b>	<b>5169</b>	<b>40</b>

Tabla nº 3. Extensión y distribución porcentual de las tierras secas por continentes, excluidas las hiperáridas (desiertos) (UNEP, 1992b; Martín y Balling, 1994).

- En África, el 73% de las tierras secas cultivadas están degradadas, aquí la degradación está más acentuada que en los demás continentes porque sus

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

condiciones socio-económicas son netamente más desfavorables. La cifra para Asia es del 70% (UNCED, 1992; Agenda 21, 1992). El problema se agrava con el paso del tiempo.

- En las zonas áridas y semiáridas del planeta, el 30% de las tierras de cultivo de regadío, alrededor de 500.000 ha, se desertifican cada año a causa, sobre todo, de la salinización del agua y del suelo (UNCED, 1992). Son tierras con elevada densidad de población y alto potencial agrícola. Esta superficie equivale, aproximadamente, a las nuevas superficies que cada año se ponen en regadío.
- Según el PNUMA (1991) (*Plan de Naciones Unidas para el Medio Ambiente*), más de 100 países presentan riesgo de desertificación. De ellos, sólo 18 industrializados o productores de petróleo disponen de recursos financieros para hacer frente, por ellos mismos, a los problemas. Aquí, desertificación es sinónimo de hambre y marginación.
- Se estima (INCD, 1994b; López Bermúdez, 1994) que alrededor de 150 millones de personas están en riesgo de ser desplazadas a consecuencia de la desertificación. El número de emigrantes se incrementa en unos 3 millones cada año, de los cuales, aproximadamente, la mitad pertenecen a África.
- Algunas regiones de América Latina conocen el problema, el cual se agrava rápidamente con la sobreexplotación forestal.

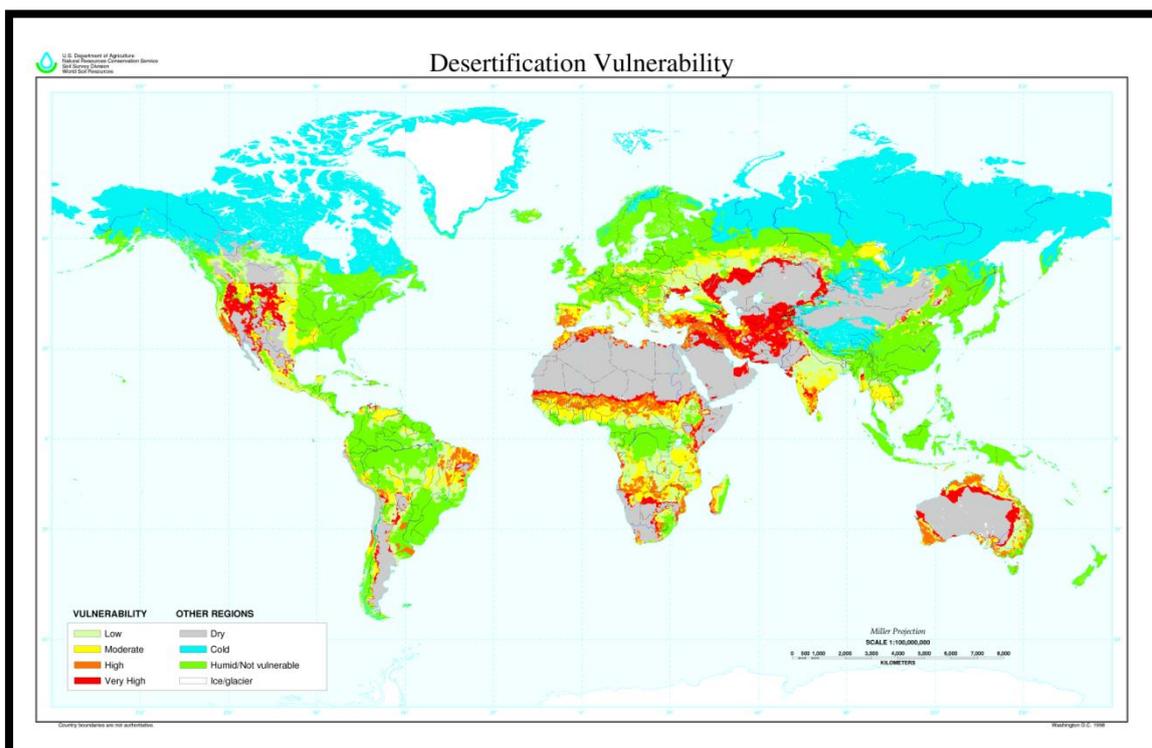


Figura nº 2. Mapa mundial de vulnerabilidad a la desertificación (USDA-NRCS, 2012).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

- En América del Norte, del total de tierras agrícolas de las zonas secas, el 74% están afectadas por algún tipo de degradación.
- En Australia, la desertificación en diversos grados, sobre todo por sobrepastoreo, es el problema ambiental más grave e importante (Pickup *et al.*, 1994).
- De los aproximadamente medio centenar de conflictos armados que se contabilizan en el mundo a lo largo de los años ochenta y noventa, la mitad se registran en países áridos y semiáridos con procesos de desertificación muy avanzados o en camino de estarlo (Bächler, 1994). La sobreexplotación y degradación de los recursos naturales produce turbulencia social y política y probablemente se convierta, cada vez más, en uno de los principales factores de inestabilidad geopolítica en las regiones con aridez más o menos acusada. Es la dimensión política de la desertificación (López Bermúdez, 1996).
- Europa no escapa al proceso, en las tierras mediterráneas del Sur la erosión del suelo y el riesgo de desertificación amenazan al 60% de los paisajes (UNEP, 1992a), lo que constituye uno de los más importantes riesgos ambientales de la Unión Europea (Fantechi y Margaris, 1986; CORINE, 1992; Brandt y Thornes, 1996; García-Ruiz y López García, 1997; Mairota *et al.*, 1998). Los países europeos más amenazados son España, Grecia (Islas Cícladas, Oeste de Creta, Sur de Eubea y algunas zonas de Ática), Portugal (Alentejo y Algarve) e Italia (Cerdeña, Sicilia y algunas zonas de Calabria y la Basilicata).

### **2.1.3. La desertificación en España**

El desarrollo actual de los procesos de desertificación en España es consecuencia de una combinación de factores naturales y humanos, presentándose a continuación una breve síntesis de dichos factores y de los procesos que desencadenan, como punto de partida necesario para el análisis y evaluación de acciones de control y la formulación de estrategias.

Como hemos visto, la desertificación constituye un proceso muy complejo, que no presenta una relación unívoca de causa a efecto, sino que es el resultado de múltiples factores estrechamente relacionados entre sí, que inciden sobre el sistema y desencadenan un conjunto de procesos y acciones por parte de los agentes naturales y antrópicos que devienen en una degradación más o menos progresiva del medio.

La Figura nº 3 trata de representar los factores que contribuyen a la desertificación.

El análisis de estos factores y procesos se basa en las condiciones particulares de la región del Mediterráneo norte, recogidas en el artículo 2 del Anexo IV de la CLD, todas ellas de plena incidencia en España:

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Condiciones climáticas semiáridas que afectan a grandes zonas, sequías estacionales, extrema variabilidad de las lluvias y lluvias súbitas de gran intensidad.
- Suelos pobres con marcada tendencia a la erosión, propensos a la formación de cortezas superficiales.
- Un relieve desigual, con laderas escarpadas y paisajes muy diversificados.
- Grandes pérdidas de la cubierta forestal a causa de repetidos incendios de bosques.
- Condiciones de crisis en la agricultura tradicional, con el consiguiente abandono de tierras y deterioro del suelo y de las estructuras de conservación del agua.
- Concentración de la actividad económica en las zonas costeras como resultado del crecimiento urbano, las actividades industriales, el turismo y la agricultura de regadío.
- Explotación insostenible de los recursos hídricos, que es causa de graves daños ambientales, incluidos la contaminación química, la salinización y el agotamiento de los acuíferos.

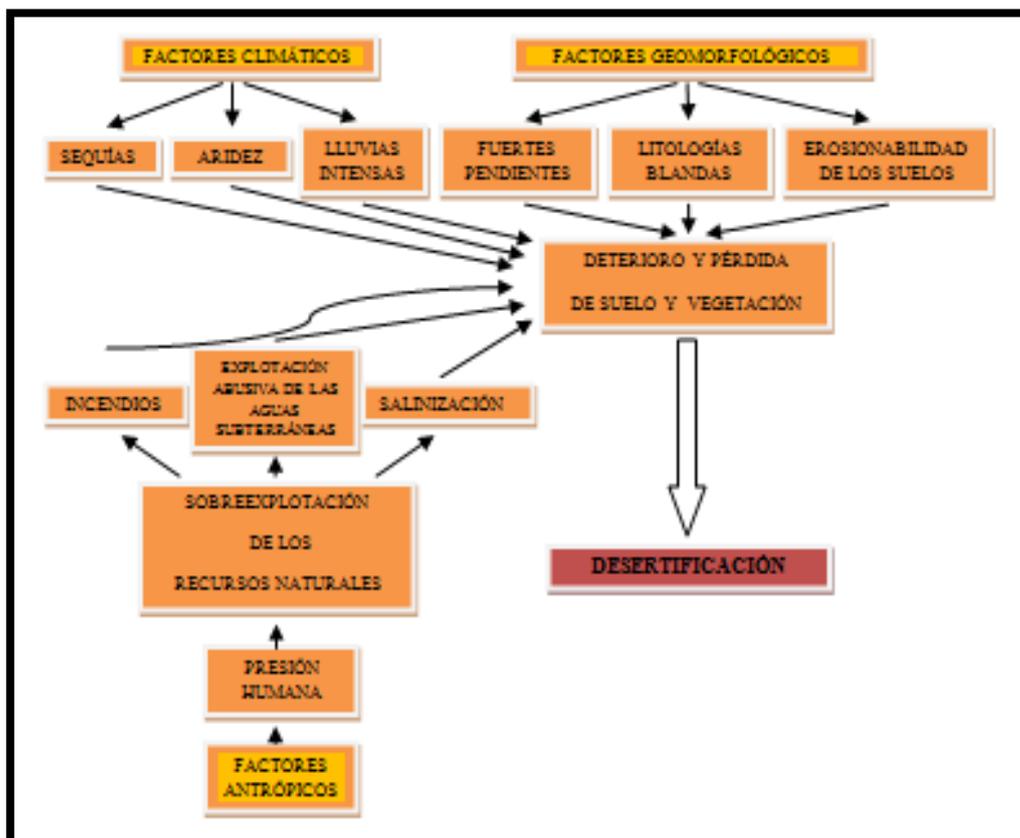


Figura nº 3. Factores que contribuyen a la desertificación (López Bermúdez, 2002).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

### **2.1.3.1. Factores y procesos de origen natural y físico**

El concepto fundamental que permite entender la situación española, es su carácter mediterráneo. Todos los países de este entorno presentan como notas principales la fragilidad de sus ecosistemas y la prolongada explotación a que han sido sometidos por el hombre. Dentro de los factores naturales que inciden en el fenómeno, los factores geomorfológicos (suelos, litología, relieve), la precipitación y la cubierta vegetal presentan condiciones particularmente desfavorables en la vertiente mediterránea española.

El relieve de la península es muy accidentado, constituyendo un rasgo importante la disposición periférica de los relieves más destacados, que envuelven por el norte, este y sur, el centro peninsular. Esta circunstancia, con consecuencias bioclimáticas notables, constituye además un factor relevante de cara al desarrollo. Las consecuencias, tanto ambientales como económico-sociales, de nuestra orografía han influido sobremanera en el proceso de desertificación de la vertiente mediterránea española.

Los suelos como recurso de la actividad de la mayor parte de los seres vivos, presentan en el área mediterránea una dispar calidad para mantener sistemas naturales más o menos antropizados, así como para recuperar capacidades naturales cuando cesa un determinado uso sobre ellos. Dicha variabilidad está en función de determinadas características que hacen que presenten cualidades favorables o limitantes a los distintos usos que pueden soportar: agrícola, forestal, conservación ambiental, urbano, industrial y recreativo. Entre las cualidades limitantes presentes en el área mediterránea, se pueden citar la abundante pedregosidad, pequeño espesor, contenido de carbonato de moderado a alto, perfiles esqueléticos o con horizontes antiguos resistentes, texturas y estructuras erosionables o compactas y pesadas. No obstante, como cualidades favorables son frecuentes texturas y estructuras equilibradas, riqueza en nutrientes y perfiles profundos.

Estas cualidades limitantes, o las propiedades que las determinan, están definidas a veces por factores antrópicos, como la fuerte y dilatada presión de uso a que han sido sometidos históricamente en el área que nos ocupa, y otras, por factores naturales como la climatología (estaciones con gran contraste térmico y pluviométrico que favorece el encostramiento de carbonatos), o la litología, como por ejemplo: litologías con altos contenidos en sales como las originadas durante el Terciario en cuencas marinas someras y casi cerradas, litologías de gran dureza que impiden su meteorización y/o el enraizamiento de las especies vegetales, como los potentes bancos calizos y dolomíticos del Mesozoico, o formaciones litológicas no consolidadas (margas y arcillas) que favorecen el desarrollo de manifestaciones erosivas de gran intensidad (regueros, acaravamientos) una vez iniciado el proceso erosivo.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

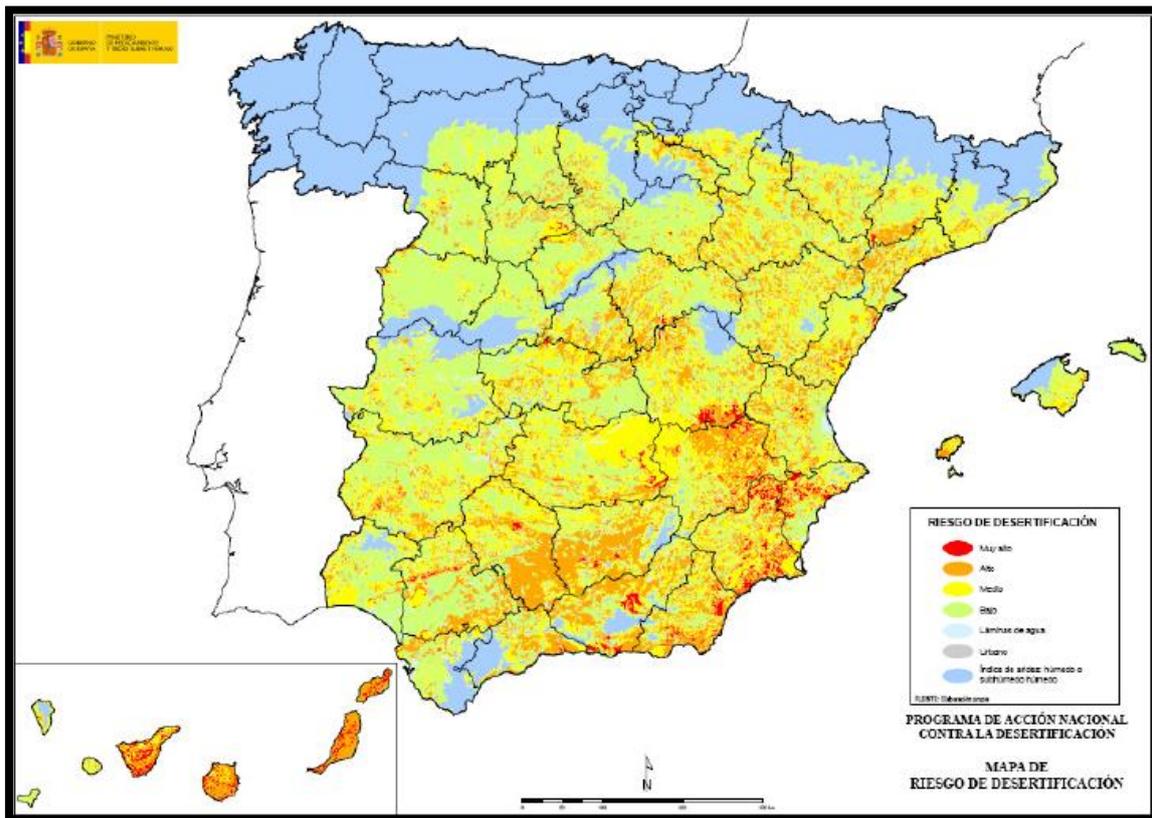


Figura nº 4. Mapa de riesgo de desertificación en España (PAND, 2008).

Las precipitaciones son escasas en general, e irregularmente repartidas. La media anual del país es de 650 mm anuales, pero un 32 % del territorio recibe únicamente de 300 a 500 mm de precipitación anual y, en el sureste español, la media anual es inferior a 300 mm. La convergencia de una serie de factores, derivados de la situación geográfica de la Península, así como su orografía, determinan el carácter irregular del ciclo hidrológico y el déficit hídrico que registra la mayor parte del territorio. La alta variabilidad pluviométrica, la reiteración de dilatadas sequías estivales y plurianuales y la generación de frecuentes aguaceros de alta energía, crean condiciones muy favorables para los procesos de desertificación.

La distribución de superficies por categorías de riesgo de desertificación se muestra en la tabla siguiente:

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

<b>Riesgo de desertificación</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Proporción (%)</b>
Muy alto	1.029.517	2,03
Alto	8.007.906	15,82
Medio	9.718.040	19,20
Bajo	18.721.141	36,99
<b>Total zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas</b>	<b>37.476.605</b>	<b>74,05</b>
Zonas húmedas y subhúmedas húmedas	12.773.820	25,24
Láminas de agua y urbano	356.937	0,71
<b>Total nacional</b>	<b>50.607.361</b>	<b>100,00</b>

Tabla nº 4. Distribución de superficies por categorías de riesgo de desertificación en España (PAND, 2008).

De acuerdo a los resultados, se observa que el problema de la desertificación se puede considerar grave (grados muy alto y alto) en un 17,85 % de la superficie española, lo que indica la magnitud del problema al que nos enfrentamos.

En lo referente a la cubierta vegetal, en un país de historia tan dilatada, las acciones humanas sobre el tapiz vegetal han dejado una huella profunda. Sólo desde esta perspectiva histórica puede entenderse la realidad presente del paisaje y los procesos a que se ve sometido.

Situándose en el contexto de la vegetación potencial del territorio, entendiéndola como vegetación primitiva, aún no alterada por el hombre, se estima en un 5% la superficie del país con vegetación potencial no arbórea. El resto estaría dominado de forma natural por el arbolado, el 8% por coníferas, 4% por bosques de ribera y el 83% por bosques de fagáceas: encinares, alcornoques, hayedos, robledales y quejigares. Una breve comparación de estas cifras con los datos de vegetación actual resumidos en la Figura nº 5, proporciona una idea de los profundos cambios acaecidos durante la larga historia de España.

Naturalmente, en estos cambios se incluyen la puesta en cultivo de las tierras de vocación agrícola, inherente al proceso de desarrollo económico. Sin embargo, las difíciles condiciones socioeconómicas del pasado, unidas a la fragilidad de los ecosistemas originales, han determinado una excesiva transformación y degradación del medio original.

Así, a lo largo de la historia y particularmente durante los períodos de condiciones socioeconómicas desfavorables, se ha producido un desplazamiento de usos del suelo en sentido ascendente.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

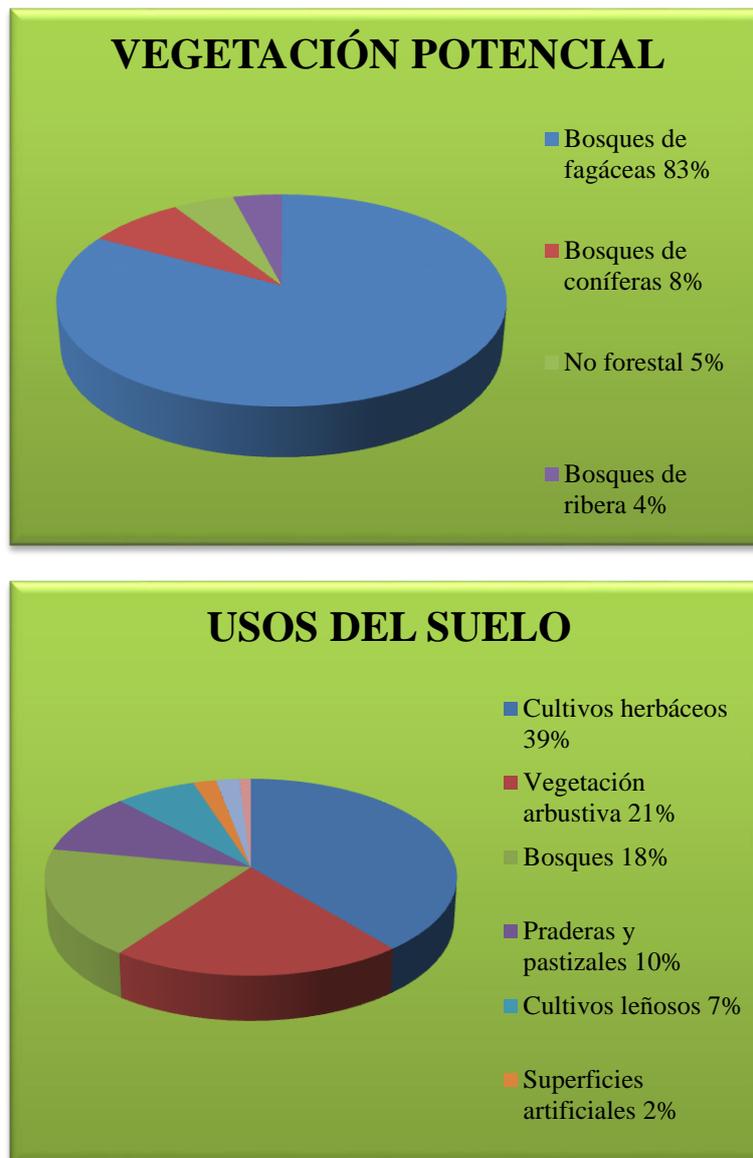


Figura nº 5. Evolución de la cubierta vegetal en España (PAND, 2008).

Los usos agrícolas han invadido la zona de vocación ganadera y ésta la de vocación forestal, presentándose unos desequilibrios ecológicos cuya expresión más relevante son los procesos erosivos, consecuencia de los desequilibrios socioeconómicos. La reiteración de períodos desfavorables ha determinado pulsaciones en la invasión ascendente y en el uso inadecuado del suelo, de forma que, aún cuando algunos ecosistemas están en equilibrio más o menos estable, otros se encuentran sometidos a tensión ecológica.

En las áreas de mayor fragilidad ecológica original, que están, además, sometidas a mayor presión humana, se presenta la resultante de daños acumulados más importante. Esta situación se da en una buena parte de la vertiente mediterránea

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

española, aunque también está presente en otras áreas geográficas del país. Este proceso histórico se ha desarrollado mediante talas, roturaciones, incendios, sobrepastoreo y cultivos marginales. A menudo estas acciones han sido consideradas causas de la desertificación, no siendo sin embargo más que instrumentos de la respuesta humana a unas condiciones socioeconómicas.

En un periodo reciente, las últimas décadas, se observa, dependiendo de la localización geográfica, una progresiva paralización, e inversión del proceso general descrito. Ello es consecuencia de una coyuntura socioeconómica actual mucho más favorable. Sin embargo, en algunas áreas persiste el proceso de degradación iniciado tiempo atrás que espontáneamente tiende a continuar, y en otras, todavía están activos algunos de sus factores desencadenantes, como por ejemplo los incendios forestales, que han aumentado considerablemente. Procesos como el abandono de tierras agrícolas en los casos en que no se llevan a cabo las medidas de conservación que la situación requiera, o la inadecuada intensificación de algunas explotaciones agrícolas, acentuados en las últimas décadas, contribuyen en determinadas circunstancias a la degradación de las tierras, aún cuando no siempre exista consenso en los diversos sectores acerca del grado de influencia en dicha degradación. Más adelante, al describir los procesos actuales se volverá a incidir sobre este aspecto.

### **a) Aridez**

La aridez climática es una de las principales causas de vulnerabilidad de los suelos frente a los agentes de su degradación, pues determina en el territorio características como, por ejemplo, una cobertura vegetal poco densa, favorecedora de procesos de erosión, o un mayor riesgo de salinización en las zonas irrigadas, que, como veremos más adelante, son dos de los principales problemas de nuestros suelos.

España es un país cuyas dos terceras partes aproximadamente corresponden a climas subhúmedo seco, semiárido o árido.

En el mapa de aridez se definen las clases de clima según el índice de aridez, que es la proporción entre la precipitación real y la evapotranspiración potencial, es decir, aquella parte del agua que las plantas pueden aprovechar y evaporar que es cubierta por la precipitación.

Puede decirse que la aridez va aumentando desde el extremo NO hacia el SE, donde sólo llueve de un 5 a un 20% del agua que se evaporaría o se aprovecharía, con zonas húmedas intermedias en las áreas montañosas, cuando la latitud es elevada.

Puesto que las áreas susceptibles de desarrollar la desertificación son las áridas, semiáridas y subhúmedas secas, la atención se debe centrar en ellas, que ocupan casi todo el país, quedando fuera del ámbito de la lucha contra la desertificación tan sólo la

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Cornisa Cántabro-Pirenaica y las grandes alturas de los Sistemas Central e Ibérico y de los sistemas montañosos de la mitad sur de la Península.

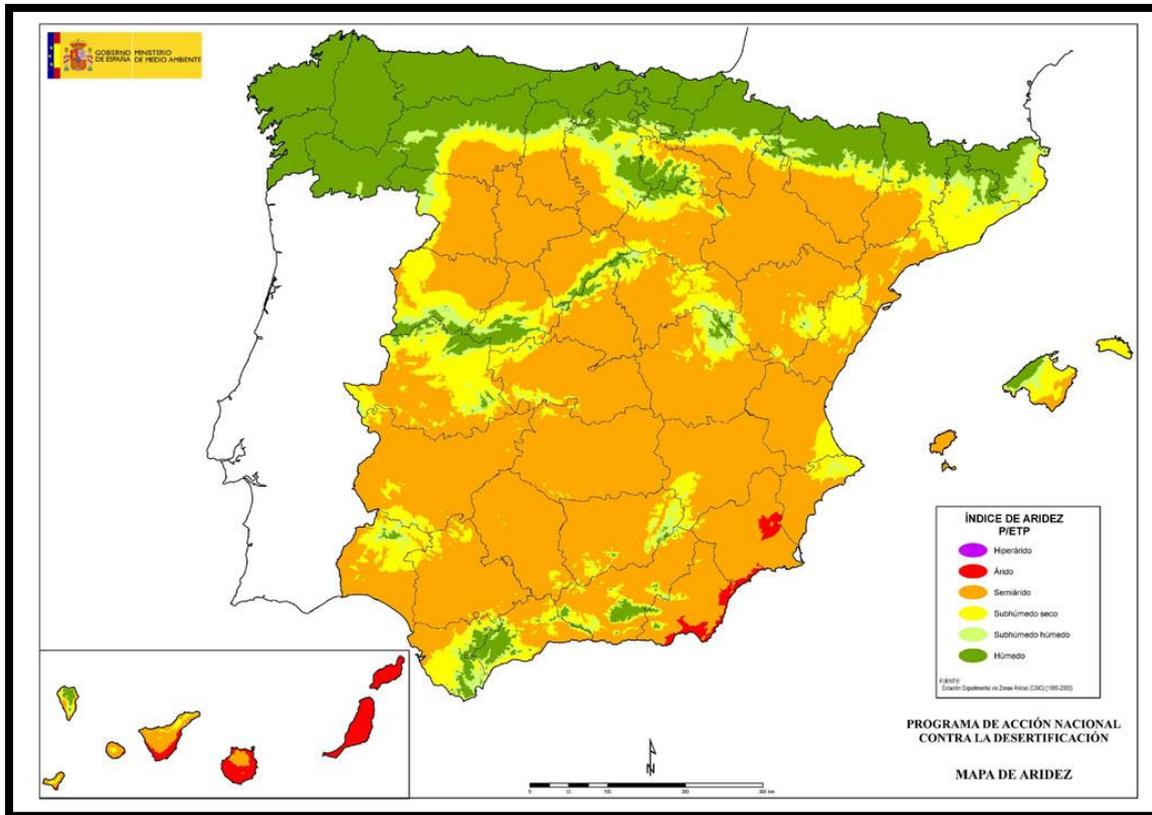


Figura nº 6. Mapa de aridez de España (PAND, 2008).

### b) Sequía

Las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas se caracterizan por precipitaciones escasas en años normales, desigualmente repartidas a lo largo del año, lo que produce en el suelo un déficit hídrico de varios meses de duración. Además, se hacen notar con frecuencia periodos de una mayor escasez de lluvias, que incrementan todavía más el déficit de agua en el suelo.

En el artículo 1, la CLD proporciona una definición de la sequía con un carácter amplio, fruto del consenso en el seno de la negociación de la Convención: fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras. Por su parte, la Organización Meteorológica Mundial adopta el siguiente criterio: hay sequía en una

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

región cuando la precipitación anual es inferior en un 60% con respecto a los valores normales al menos durante dos años consecutivos y en más del 50% de su territorio.

La sequía es recurrente en el Mediterráneo, siendo nuestro país especialmente propenso, por su situación geográfica en relación con la circulación general de la atmósfera, a ser afectado por periodos de larga duración de sequía severa. Cuando la recurrencia, intensidad y persistencia son altas constituye un factor notable de desertificación. Las consecuencias de la sequía afectan tanto al medio ambiente como a los sectores productivos, especialmente la agricultura, la ganadería y el sector forestal.

A pesar de la capacidad de adaptación de las zonas áridas y semiáridas, los largos periodos de sequía afectan negativamente a un medio natural sometido a la acción y explotación humana, destacando entre las más relevantes repercusiones ambientales las siguientes:

- Descenso de niveles piezométricos de los acuíferos, consecuencia tanto de la ausencia continuada de recarga como de altos niveles de extracción motivados por el incremento de la demanda.
- Reducción del flujo mínimo de ríos y de los volúmenes de agua embalsados y desecación de zonas húmedas.
- Contaminación de cauces y embalses por deficiente dilución de los vertidos de agua sin depurar.
- Salinización de aguas y los suelos regados por las mismas.
- Acumulación de fertilizantes y plaguicidas en los suelos.
- Incremento de la erosionabilidad del suelo por la degradación edáfica provocada por la aridez persistente.
- Aumento del riesgo de incendios forestales.
- Deterioro de las masas forestales.

Respecto a este último punto, el elevado déficit de agua en el suelo puede llegar a ocasionar daños en la cubierta vegetal, aún tratándose de vegetación especializada, que posee mecanismos de defensa frente a la sequía. Generalmente, la vegetación se recupera por sí misma cuando deja de existir este fenómeno, siempre y cuando no haya habido otros factores que hayan incidido durante el periodo de sequía, como plagas, enfermedades, etc., lo que es muy frecuente pues el escaso vigor vegetativo en el que se encuentran las plantas durante estos periodos desfavorables aumenta su vulnerabilidad.

En cuanto a los daños de la sequía en la agricultura, las consecuencias pueden llegar a ser dramáticas: reducciones drásticas de cosechas, incluso pérdida total, arranque de cultivos permanentes por falta de agua, etc. A las repercusiones ambientales ya apuntadas se unen las económicas y sociales, sobre todo en términos de pérdida de rentas por la reducción de la producción agraria y su influencia en el empleo agrario,

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

máxime si, por ejemplo en el caso de los cultivos permanentes, significa futuros improductivos de varios años.

El periodo de sequía entre los años 1990 y 1995 afectó en mayor o menor medida a la mayor parte del territorio nacional, y en especial a las CC.AA. de Andalucía, Castilla-La Mancha, Murcia, Comunidad Valenciana, Extremadura y Canarias. Durante 1994, según las organizaciones profesionales del sector, la sequía originó en estas CC.AA. pérdidas por un importe superior a 4.000 millones de euros. Todavía no se había iniciado en este periodo de sequía de mediados de los años noventa la incorporación de la cobertura del riesgo de sequía en los seguros agrarios (salvo en el caso del seguro integral de cereales), cuestión que supone un gran avance en la sostenibilidad económica de los cultivos de secano.

En el año 2004 se inicia otro periodo de sequía en España, que provoca una mayor conciencia, a todos los niveles, de la necesidad de afrontar este problema con la suficiente anticipación.

### **c) Erosión**

El proceso de erosión conlleva la pérdida de material edáfico por la acción del agua de lluvia (erosión hídrica) y/o del viento (erosión eólica). Cuando el agua de lluvia impacta en el suelo va provocando la desagregación de sus componentes estructurales. Esto repercute en la porosidad del suelo, que va disminuyendo progresivamente. Como consecuencia, su tasa de infiltración también disminuye, aumentando así la escorrentía superficial y con ella el poder de remoción y arrastre del suelo. Este mecanismo es más intenso en suelos desprovistos de la acción protectora de la cubierta vegetal, y con características y propiedades poco favorables en cuanto a estructura, textura, permeabilidad, etc., que definen su resistencia a ser desagregado y arrastrado por el agua de lluvia y la escorrentía.

La erosión del suelo es en sí un fenómeno natural que permite el rejuvenecimiento del relieve y la formación de nuevos paisajes, pero la intervención humana hace que el proceso se intensifique como consecuencia de usos y/o prácticas inadecuadas del suelo.

Puede decirse que la erosión es un problema global en nuestro país, pero que se concentra en unas zonas más que en otras. El Resumen Nacional de los Mapas de Estados Erosivos, publicados entre 1987 y 2002 por el ICONA y luego por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, muestra que la intensidad del proceso de erosión es superior a los límites tolerables, situando éstos en 12 toneladas de suelo por hectárea y año, en cerca del 46% del territorio nacional (23 millones de hectáreas), y que un 12% del territorio nacional (6 millones de hectáreas) está sometido a erosión muy severa, con arrastres superiores a 50 toneladas de suelo por hectárea y año. Si se

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

tiene en cuenta que la tasa de formación de suelo se estima en una variación entre 2 y 12 toneladas por hectárea y año, se reparará en la magnitud problema. La Figura nº 8 muestra el Mapa de Estados Erosivos para el conjunto del territorio español.

Estos seis millones de hectáreas con procesos erosivos graves se sitúan en su mayoría dentro de las cuencas hidrográficas de clima mediterráneo-continental, principalmente en las cuencas del Sur, Guadalquivir, Ebro, Tajo y Júcar. En particular, en las cuencas del Guadalquivir y del Sur, el porcentaje de terrenos con pérdidas superiores a 50 t/ha·año supera respectivamente el 31% y el 22% de su superficie.

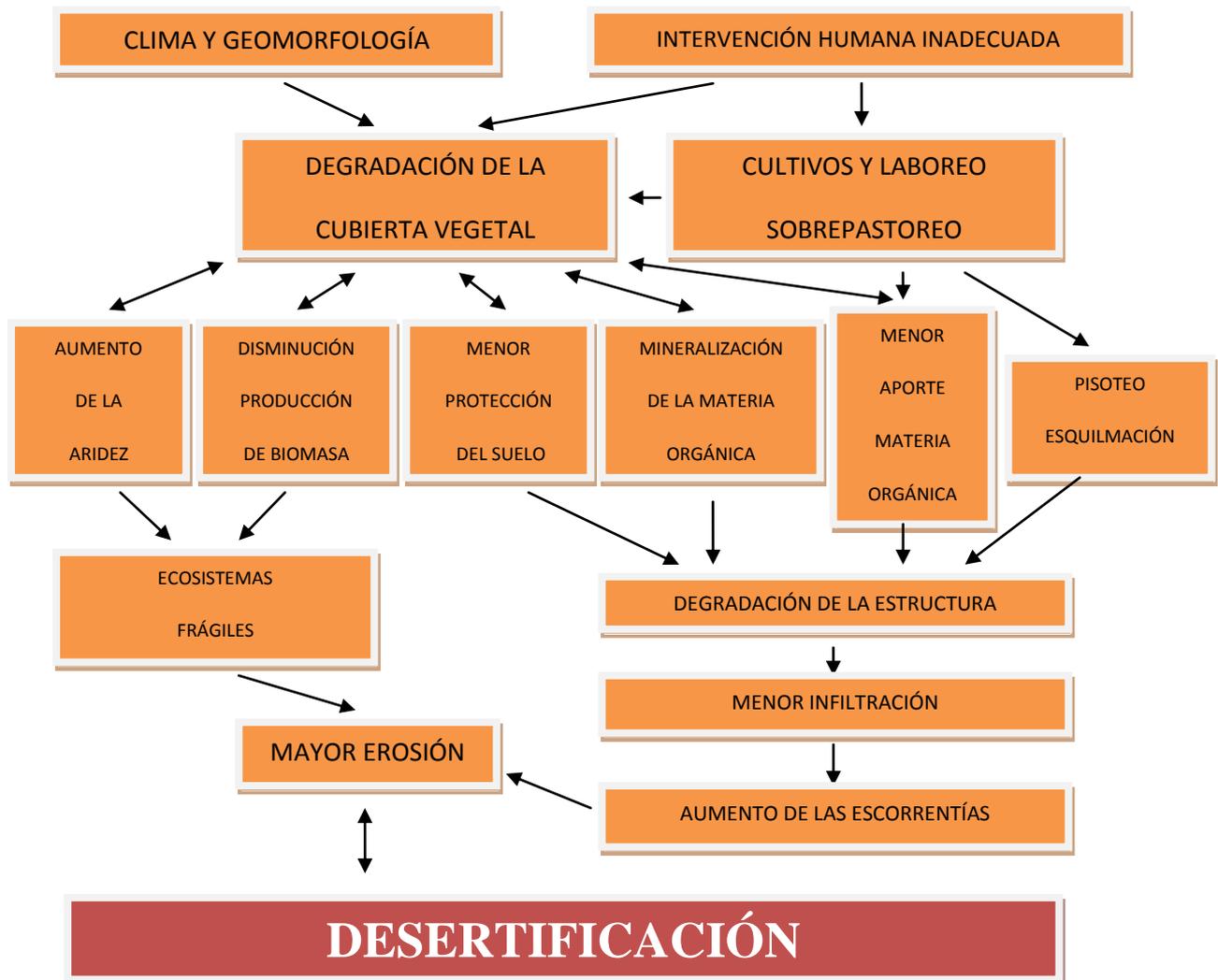


Figura nº 7. Flujos causa-efecto implicados en las tasas de erosión hídrica del suelo que influyen en la desertificación (López Bermúdez, 2002).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

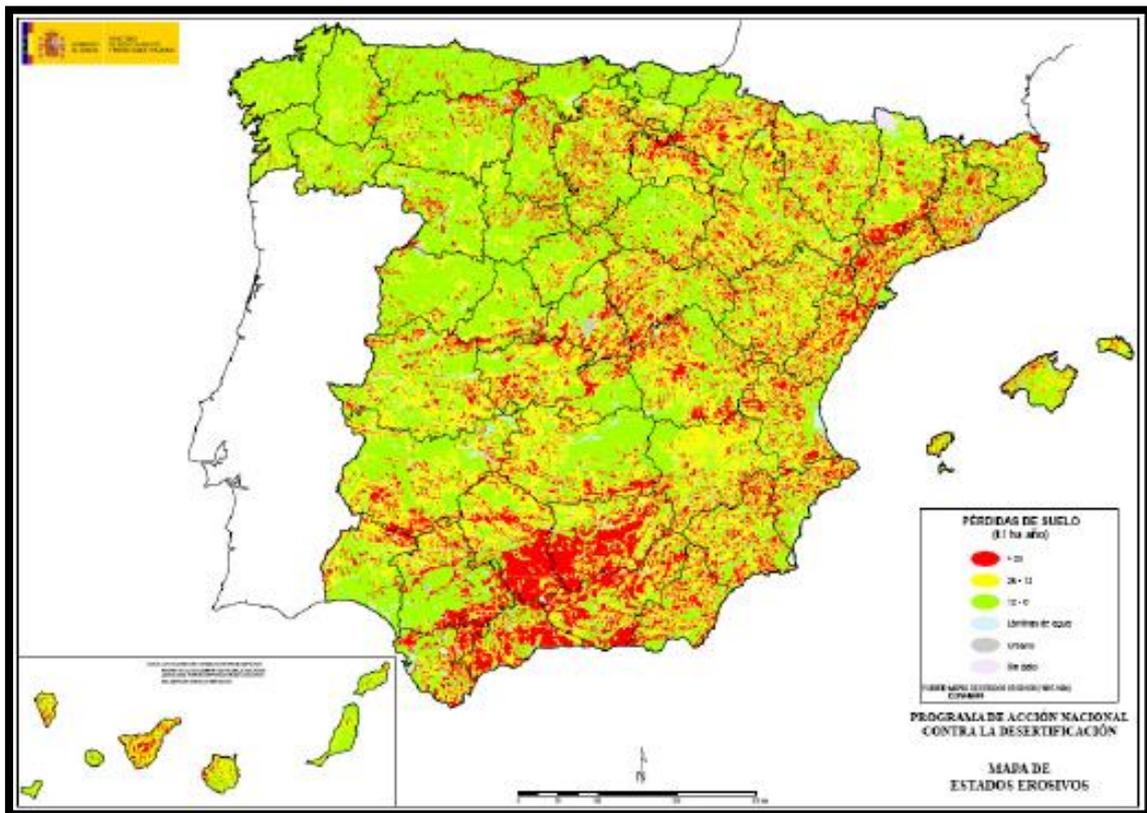


Figura nº 8. Mapa de estados erosivos de España (PAND, 2008).

En el año 2001 se iniciaron los trabajos de realización del Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES) con el objetivo de mejorar y actualizar el estudio de la erosión en España y determinar la evolución en el tiempo de los procesos de erosión mediante su inventariación de forma continua.

La finalización de los trabajos para inventariar todo el territorio nacional está prevista para 2012, por lo que en la actualidad se cuenta únicamente con resultados parciales que no permiten todavía utilizar esta información con el objetivo de extraer conclusiones para todo el país.

En la tabla siguiente se recoge el valor medio de las pérdidas de suelo en los distintos usos del suelo considerados en la elaboración de los Mapas de Estados Erosivos.

A la vista de las cifras que, como se ha dicho, son valores medios, calculados para el conjunto del territorio nacional, se puede decir que, en general, los usos con mayor tasa de erosión son los cultivos arbóreos y viñedos de secano y los usos con menor tasa las cubiertas arbóreas de mayor cobertura, con excepciones a ambos casos en determinadas zonas.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Estrato	Superficie (ha)	Pérdidas medias (t/ha·año)
Cultivos de regadío	3.054.078	10,35
Cultivos arbóreos y viñedos de secano	5.113.437	78,93
Cultivos herbáceos de secano	14.804.776	30,53
Erial a pastos, matorral disperso y arbolado con cabida cubierta < 0,2	8.231.174	17,46
Pastizales permanentes	2.141.306	8,08
Arbustos y matorral	5.200.907	19,14
Arbolado con cabida cubierta entre 0,2 y 0,7	5.984.709	8,36
Arbolado con cabida cubierta > 0,7	4.535.843	5,16

Tabla n° 5. Valor medio de las pérdidas de suelo en los distintos estados erosivos (PAND, 2008).

Y es que no es tanto el propio tipo de uso del suelo como su ubicación, en particular en lo que se refiere a la pendiente del terreno, y las prácticas de manejo lo que condicionan fundamentalmente el potencial erosivo desde el punto de vista de la acción antrópica. Este potencial de riesgo de erosión es máximo en cultivos leñosos y herbáceos de secano situados sobre fuertes pendientes, sin prácticas de conservación de suelos ni de manejo adecuadas, a los que se unen formaciones de bosques degradados con cubierta arbolada defectiva, matorrales degradados con muy poca espesura y pastizales degradados y eriales en zonas de pendiente.

Respecto a los efectos del fenómeno erosivo, a los daños producidos sobre el propio suelo erosionado, que disminuyen su capacidad productiva hasta límites que hacen muy difícil y lenta su recuperación, hay que añadir la potenciación de las avenidas catastróficas y de la irregularidad del régimen fluvial, la sedimentación de embalses y la degradación de la calidad de las aguas, como efectos más relevantes. Todos estos efectos, íntimamente relacionados entre sí y, a su vez, estrechamente implicados en el proceso de desertificación, hacen que la erosión se pueda considerar como una de sus principales causas y, al mismo tiempo, síntoma.

### **d) Incendios forestales**

Los incendios forestales son un fenómeno que en sí mismo es natural en las áreas mediterráneas, cuyo clima y composición florística los favorecen. No obstante, el abandono de los aprovechamientos tradicionales de los montes, causados sobre todo por la despoblación rural, la presión turística y urbanística y otros factores de tipo socioeconómico han hecho crecer su número y superficie afectada, superando

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

ampliamente los límites normales de un fenómeno natural. La relación con el concepto de desertificación tal y como es considerado por la CLD es clara: los incendios forestales recurrentes son el principal agente de la degradación del suelo por pérdida duradera de la vegetación natural que lo protege y sostiene.

En efecto, los incendios forestales causan la eliminación repentina de la cubierta vegetal del suelo. Si son muy intensos o reiterados sobre la misma superficie, la recuperación de la vegetación resulta muy difícil y el suelo queda desnudo y sometido a la erosión, que si es muy intensa, no permite la regeneración del monte quemado. Aparece entonces en su lugar una agrupación vegetal empobrecida, simplificada, degradada, cuya evolución natural es extremadamente lenta.

Los periodos de sequía, propios de las zonas áridas y semiáridas, elevan considerablemente el riesgo de incendio. La interacción de la sequía con los incendios consiste en que aquélla provoca la pérdida de agua contenida en los tejidos y la leña seca y la materia vegetal muerta acumuladas en el suelo determinan circunstancias explosivas; en estas condiciones la presencia de viento puede ser suficiente para provocar grandes incendios.

La Figura nº 9 muestra los efectos del incendio en el proceso de erosión del suelo. La figura a) muestra los efectos de la lluvia antes del incendio. La vegetación intercepta la energía de las gotas de lluvia, parte del agua es retenida por el suelo y absorbida por las raíces de las plantas, otra fracción de la lluvia se infiltra hasta alcanzar el nivel freático. Las raíces del suelo sujetan las partículas del mismo, la escorrentía es reducida y la erosión de escasa importancia. La figura b) muestra los impactos de la lluvia después del incendio. La vegetación ha desaparecido. Las gotas impactan directamente contra el suelo desnudo destruyendo los agregados y obturando los poros de superficie, la capacidad de infiltración se reduce, el suelo absorbe menos agua y, la mayor parte del agua de lluvia se pierde por escorrentía superficial que desmantela y erosiona el suelo (López Bermúdez, 2002).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

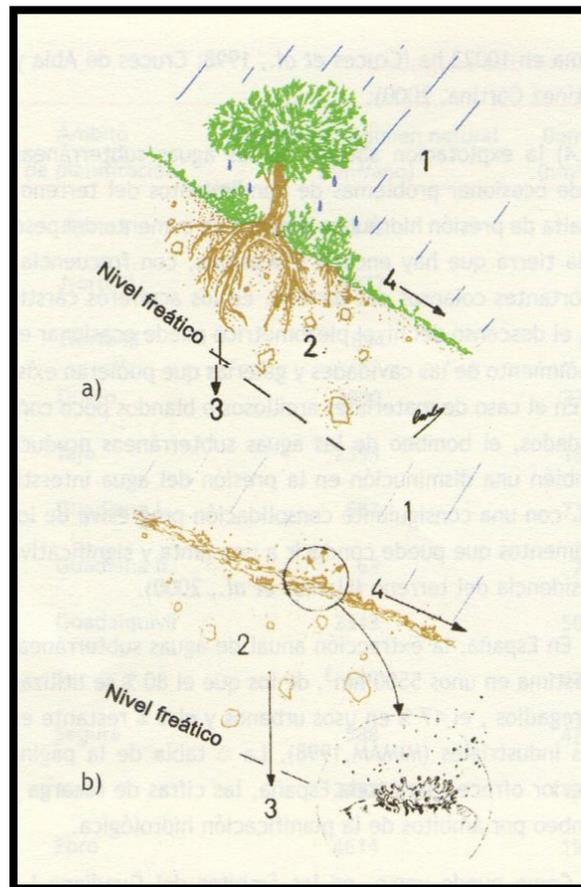


Figura n° 9. Efectos del incendio en el proceso de erosión (Sanroque *et al.*, 1983).

El mapa de la Figura n° 10 refleja el porcentaje de superficie acumulada recorrida por el fuego durante 10 años en el periodo 1986-1995, y en él se observa que, además de la zona NO y N, en que la incidencia es altísima, pero que, como se ha señalado, queda fuera del ámbito de la desertificación por razones climáticas, el área mediterránea muestra también el efecto de los fuegos, con la particularidad de que en esa zona y en los límites con Portugal se produjeron incendios superiores a 500 ha con frecuencia. Este mapa muestra que hay muchas cuadrículas que presentan más del 10% de superficie quemada, lo que da una idea de la magnitud del problema, sobre todo si se tiene en cuenta la escasez en ciertas zonas de cubierta vegetal que haga de combustible.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

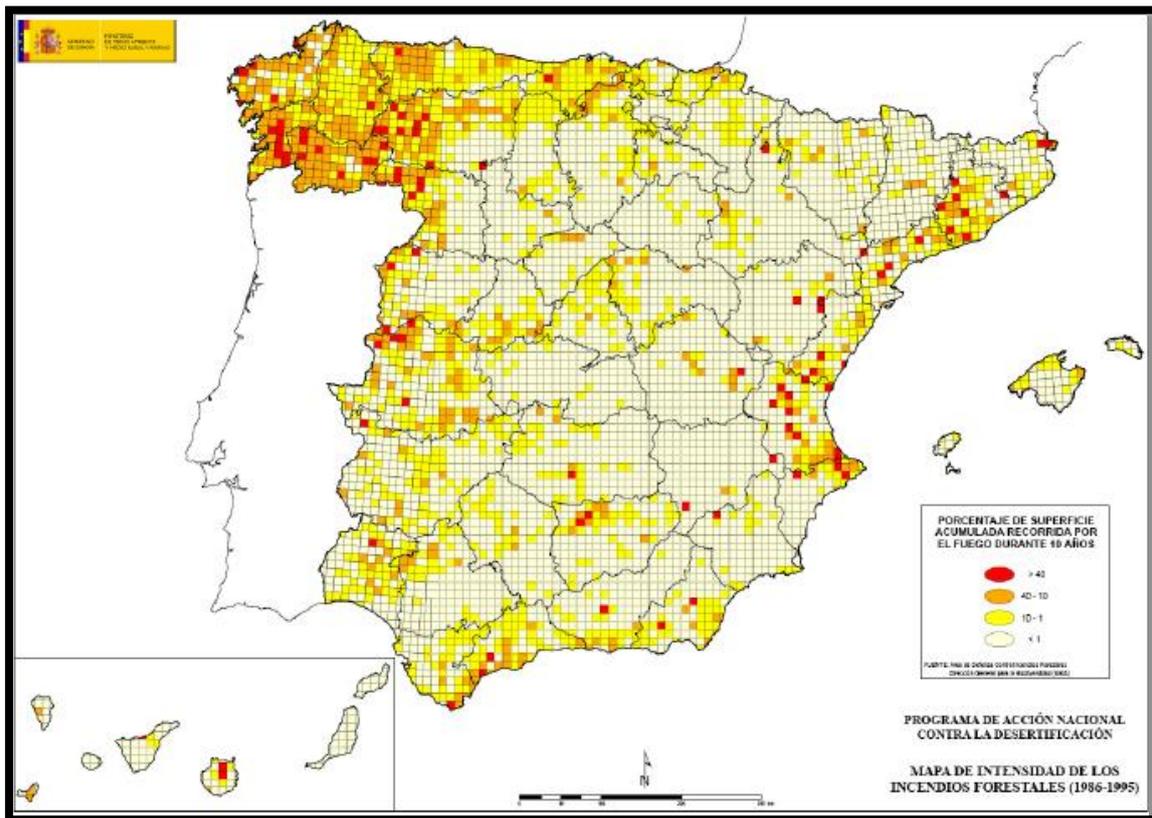


Figura nº 10. Mapa del porcentaje de superficie acumulada recorrida por el fuego durante 10 años. Década 1986-1995 (PAND, 2008).

Esta situación empeora dramáticamente cuando la sequía aparece en el escenario, como sucedió en 1994, en el que los incendios afectaron a 4.322 km<sup>2</sup> de superficie con unas pérdidas de 1.325 millones de euros.

En el mapa de la Figura nº 11 se recoge el porcentaje de superficie acumulada recorrida por el fuego entre los años 1996 y 2005, y puede apreciarse una reducción significativa en la incidencia de incendios en el área mediterránea respecto a la década anterior. Se considera especialmente importante el descenso en el número de grandes fuegos (superiores a 500 ha) en esta zona.

Sin embargo, en esta misma década se han mantenido la enorme frecuencia de incendios y las grandes extensiones quemadas en el N y NO de la península. En concreto, comparando ambos decenios, el número medio de incendios por año en la década 1986-1995 fue de 14.805 mientras que entre 1996 y 2005, esta cifra alcanzó los 20.887 siniestros de los cuales, casi el 54% tuvieron lugar en la Comunidad Autónoma de Galicia.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

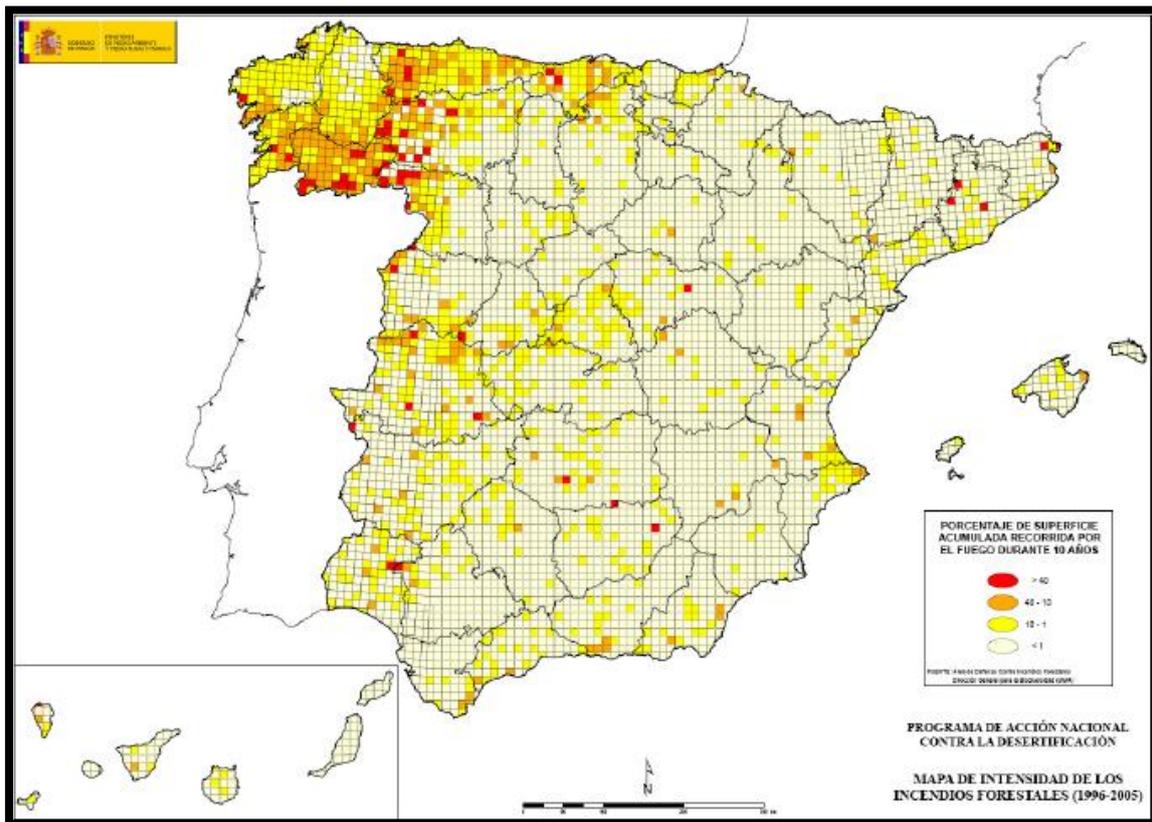


Figura nº 11. Mapa del porcentaje de superficie acumulada recorrida por el fuego durante 10 años. Década 1996-2005. (PAND, 2008).

Es de destacar que, a pesar del aumento en el número de siniestros, la superficie forestal recorrida por el fuego ha disminuido considerablemente de un decenio al otro.

Así, en la década de 1986-1995, el fuego arrasó una media anual de 2.215 km<sup>2</sup> de superficie forestal, mientras que en la década de 1996-2005 los incendios en España afectaron a una media de 1.234 km<sup>2</sup> cada año, lo que representa unas pérdidas medias anuales (considerando tales pérdidas de productos primarios como beneficios ambientales), de 242,95 millones de euros en tal periodo.

A pesar de la disminución de la superficie recorrida por el fuego en el decenio 1996-2005 respecto al decenio anterior, la tendencia que muestra tanto la superficie forestal recorrida por el fuego como el número de siniestros registrados en el área mediterránea (que considera las Comunidades y Provincias Autónomas costeras con el Mar Mediterráneo incluyendo sus provincias interiores) dentro de la década, es creciente, lo que se explica por gran número de incendios que se registraron en el año 2005, que ha sido el segundo año con mayor número de siniestros de la serie estadística que se inició en 1961. De no haberse producido este hecho, es de suponer que las líneas

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

de tendencia mostrarían que el número de siniestros, tanto conatos como incendios, tendría una tendencia casi horizontal.

### **e) La degradación de tierras vinculada al uso no sostenible de los recursos hídricos**

Los procesos de degradación de tierras vinculados al uso no sostenible de los recursos hídricos que se señalan como más característicos de la desertificación en el ámbito mediterráneo son la sobreexplotación de los acuíferos y la salinización de suelos, estando la salinización muy ligada a la sobreexplotación de acuíferos. La salinización, constituye uno de los principales impactos de la escasez de recursos hídricos sobre los suelos. A continuación se describe la situación de las aguas subterráneas y su explotación, de acuerdo al análisis efectuado en el Libro Blanco del Agua en España (Ministerio de Medio Ambiente, 1998).

Según los datos contenidos en dicho documento, se explotan unos 5.500 hm<sup>3</sup> anuales de aguas subterráneas, con los que se atiende al 30% de los abastecimientos urbanos e industriales y el 27% de la superficie de riego. En el conjunto nacional destacan por una mayor utilización de las aguas subterráneas las cuencas del Júcar y del Guadiana. En estas cuencas las extracciones son, en valor medio, superiores a la recarga natural, y en otras, como las del Sur, Segura, Júcar, Cuencas Internas de Cataluña y las Islas, la relación entre el bombeo y la recarga alcanza valores elevados, entre el 50 y el 80%.

Refiriéndonos a las distintas unidades hidrogeológicas delimitadas dentro de los ámbitos territoriales de los Planes Hidrológicos, lo usual es que la extracción sea mucho menor que la recarga, pero existe un número importante de unidades, más de un 20% respecto al total, en que la extracción supera la recarga (ratio > 1) o está próxima a ella (ratio entre 0,8 y 1). La distribución espacial del fenómeno es muy clara: además de en las islas, se produce en todo el mediterráneo español y Andalucía, concentrándose fundamentalmente en el sureste (Murcia, Almería y Alicante) y en la llanura manchega (Ciudad Real y Albacete). Del resto, sólo aparece como problemática la situación de la región de los Arenales, en la cuenca del Duero.

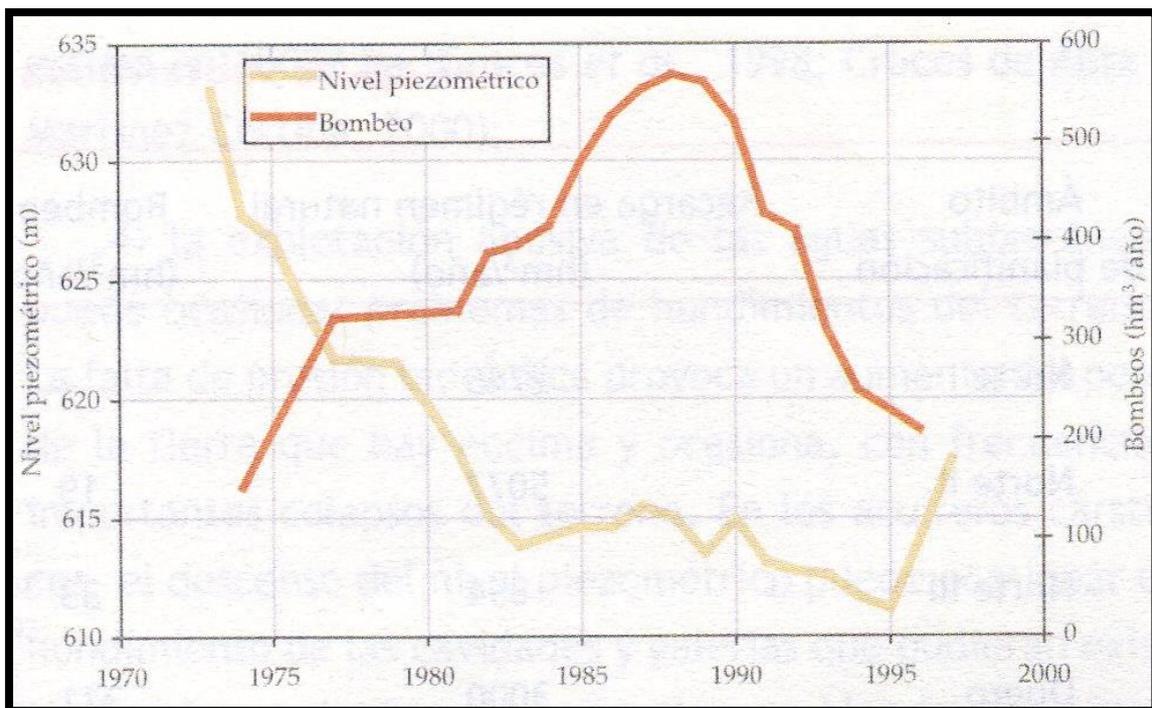
En la evaluación realizada en el Libro Blanco del Agua, el total de las unidades consideradas en principio problemáticas soporta unas extracciones totales del orden de 3.900 hm<sup>3</sup>/año, lo que supone más de la mitad de las extracciones totales en todas las unidades hidrogeológicas de España.

El déficit hídrico resultante del primer grupo (ratio > 1) es de unos 2.000 hm<sup>3</sup>/año. Esos volúmenes que exceden el recurso renovable, y que por tanto provienen de las reservas se extraen mediante decenas de miles de captaciones, y se aplican básicamente al regadío y, en mucha menor medida, al abastecimiento (archipiélagos, las

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

ciudades de Almería y Albacete, etc.). Con frecuencia, al problema cuantitativo se superponen problemas de calidad por intrusión marina (Campo de Dalías) o movilización de aguas profundas salobres lixiviadas (cuenca del Segura).

La explotación de los acuíferos produce descensos en sus niveles piezométricos y en los caudales de ríos y manantiales que los drenan. Si los acuíferos son pequeños este efecto puede apreciarse transcurridos algunos meses o pocos años. En el caso de bombeos discontinuos, como sucede con los riegos, una parte importante de la afección se puede trasladar a los meses en los que se demanda menos agua superficial, con lo que es posible aumentar las disponibilidades reales del recurso. En el caso de acuíferos grandes, en los que la inercia es mayor, el efecto puede tardar años en manifestarse.



Gráfica nº 1. Evolución de los niveles piezométricos y bombeos en el acuífero de La Mancha Occidental (Manzanares, Ciudad Real) (MIMAM, 1998).

Salvo excepciones planificadas y coordinadas, la explotación correcta de las aguas subterráneas debe basarse, teniendo en cuenta su valor estratégico, en la utilización de los recursos renovables y no en la extracción continuada de reservas, es decir, en que los bombeos no superen la recarga del acuífero. Ahora bien, esta consideración no debe llevar al extremo de condenar toda gestión hídrica que implique extracción de reservas. De hecho, cualquier explotación de aguas subterráneas requiere fases transitorias de desequilibrio, en las que parte del volumen aprovechado procede de

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

reservas. Sólo si la disminución de las reservas se prolonga excesivamente, sin que se haya planificado su estabilización o recuperación, cabría presumir que existe una sobreexplotación.

El concepto de sobreexplotación aplicado a acuíferos no es fácil de definir. Algunas veces se asocia a una explotación que hace disminuir las reservas, y otras, más genéricamente, a una explotación excesiva con consecuencias indeseables para los usuarios del acuífero o para terceros, línea conceptual que es la seguida por nuestra reglamentación.

Los tipos de efectos desfavorables que podrían hacer presumir una sobreexplotación son variados: a) hidrológicos, derivados de un descenso continuado de los niveles, que puede conllevar una reducción en el caudal de los pozos, b) en la calidad del agua, deteriorada por contacto con niveles de peor calidad o por intrusión salina en acuíferos costeros, c) económicos, por aumento del coste de energía de bombeo, al tener que elevar desde mayores profundidades y con menores caudales, y de costes de inversión por reperforación de pozos y sustitución de equipos de bombeo, d) medioambientales, inducidos en manantiales, ríos, zonas húmedas, masas freatófitas, y ecosistemas asociados, por el descenso de niveles en acuíferos vinculados a dichos espacios y e) morfológicos y geotécnicos, por fenómenos de subsidencia o hundimientos, ocasionados por el descenso de los niveles.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

Ámbito de planificación	Recarga en régimen natural (hm <sup>3</sup> /año)	Bombeo (hm <sup>3</sup> /año)	Porcentaje de bombeo respecto a la recarga natural (%)	Porcentaje de bombeo respecto al total de España (%)
Norte I	2745	-	-	-
Norte II	5077	19	0,4	0,3
Norte III	894	33	3,7	0,6
Duero	3000	371	12,4	6,7
Tajo	2393	164	6,9	3,0
Guadiana I	687	738	107,4	13,3
Guadiana II	63	76	120,6	1,4
Guadalquivir	2343	507	21,6	9,2
Sur	680	420	61,8	7,6
Segura	588	478	81,2	8,6
Júcar	2492	1425	57,2	25,8
Ebro	4614	198	4,3	3,6
C.I. Cataluña	909	424	46,6	7,7
Galicia Costa	2234	-	-	-
<b>Península</b>	<b>28719</b>	<b>4853</b>	<b>16,9</b>	<b>87,7</b>
Baleares	508	284	55,9	5,1
Canarias	681	395	58,0	7,1
<b>España</b>	<b>29908</b>	<b>5532</b>	<b>18,5</b>	<b>100</b>

Tabla nº 6. Las aguas subterráneas y su explotación en España (Ministerio de Medio Ambiente, 1998).

En la legislación española, el concepto de sobreexplotación se define en el artículo 171.2 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico. Hasta la fecha, en las cuencas intercomunitarias se han declarado provisional o definitivamente como sobreexplotadas 15 unidades hidrogeológicas (sólo 2 de ellas han alcanzado la declaración definitiva, las de los Campos de Montiel y La Mancha Occidental).

Por otro lado, con objeto de analizar las unidades hidrogeológicas en las que se han detectado problemas de sobreexplotación o salinización, y con la finalidad de que se pudiese definir y programar la ordenación de las extracciones en tales acuíferos, en el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas en España se planteó un programa sobre “Acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización”.

En el mapa de la Figura nº 12 se localizan las zonas con problemas de sobreexplotación definidas por este programa. Los trabajos realizados para la elaboración de este Catálogo de Acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización permitieron identificar hasta 77 unidades hidrogeológicas en las cuencas intercomunitarias. Para el total de España habría que añadir a las anteriores otras unidades con problemas en las Cuencas Internas de Cataluña y en las Islas Canarias.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

En cumplimiento de lo dispuesto en la Directiva Marco de Aguas en 2005 se concluyó la “Caracterización inicial de las masas de agua subterráneas”. En la actualidad se está iniciando la “Caracterización adicional de las masas declaradas en riesgo”.

En relación con la calidad de las aguas subterráneas los principales problemas detectados son la contaminación debida a nitratos, metales pesados y compuestos orgánicos y la salinización, siendo este último el que se encuentra más vinculado a la desertificación.

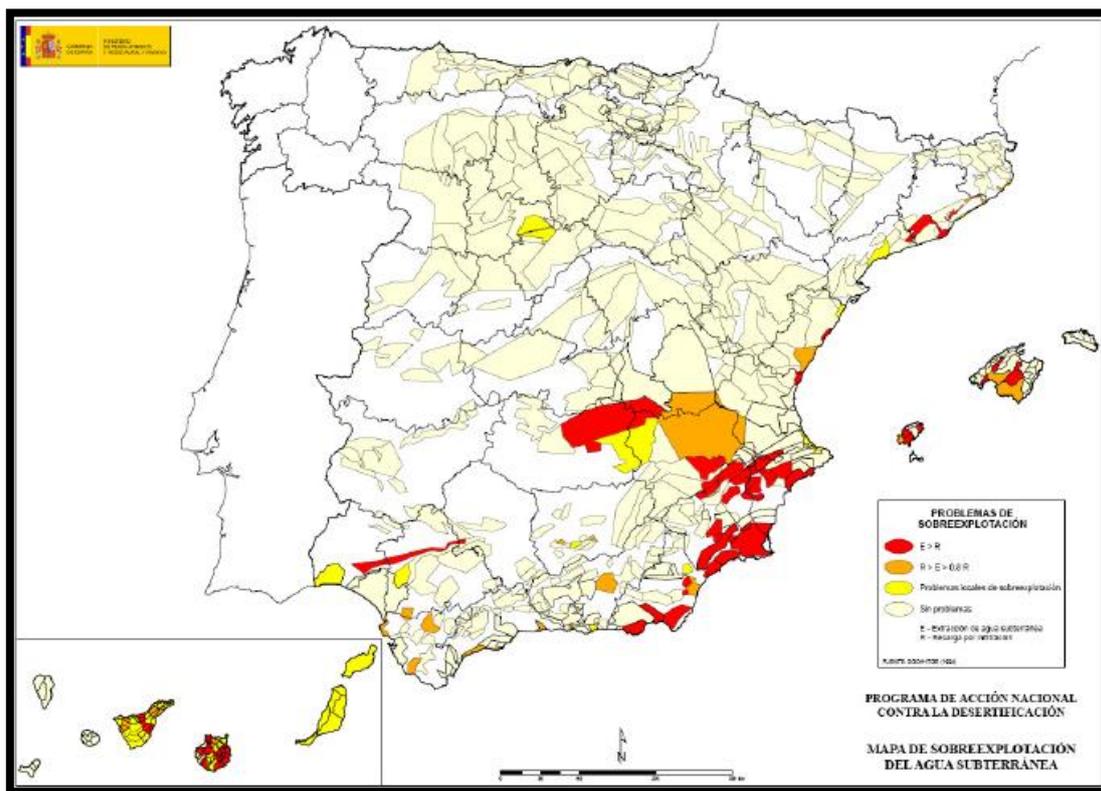


Figura nº 12. Mapa de acuíferos con problemas de sobreexplotación de España (PAND, 2008).

El origen del problema de la salinización de acuíferos puede ser debido a la influencia de los materiales por los que circula el agua (yesos o evaporitas), a la recirculación de aguas de riego, cargadas de sales añadidas en los tratamientos agrícolas a las que se suman las sales disueltas del suelo, o a la intrusión marina, provocada por la invasión del agua de mar en los acuíferos costeros cuando se realizan bombeos excesivos.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

En el Mediterráneo oriental la intrusión se presenta de forma bastante generalizada. En otros casos la contaminación salina es meramente local y afecta a zonas concretas muy próximas a los bombeos.

### **2.1.3.2. Factores socioeconómicos**

La desertificación es la resultante de un desequilibrio de las interacciones dinámicas entre los cuatro elementos que forman el sistema desertificado: clima-suelo-vegetación-hombre. El hombre aparece en el sistema en su doble vertiente de componente del medio natural y beneficiario/explotador del mismo. Así, tiene dimensión de actor desencadenante del problema (como explotador del sistema) y al mismo tiempo es víctima (como parte del sistema). Pero lo que debe quedar claro es que, si bien el hombre es el centro del problema, también lo es de las soluciones.

En efecto, el territorio de nuestro país se caracteriza porque el hombre adquirió muy pronto el conocimiento de su dimensión de beneficiario/explotador pero ha tardado algo más en darse cuenta de que también forma parte del sistema. Así, nuestros paisajes han sido fuertemente modelados por las actividades humanas desde tiempos muy remotos, imprimiendo cada etapa de nuestra historia sus propios patrones de uso sobre el territorio, pero sin llegar a destruir totalmente el patrón de la etapa precedente, produciéndose así una acumulación de estos patrones en un mismo marco geográfico.

Dicho de otro modo, el paisaje actual es el fruto de una situación social, económica y cultural muy diferente de la que hoy existe, particularmente en lo que respecta a las relaciones entre el hombre y el medio.

Las tierras áridas y semiáridas se han caracterizado históricamente por ser objeto de un uso de tipo extensivo (nomadismo, trashumancia, rotación de cultivos, pastoreo extensivo, etc.), lo que permitía el mantenimiento del equilibrio, si bien altamente inestable, del sistema tierras-población. No obstante, las frecuentes guerras y las políticas inadecuadas que han incidido sobre las formas de uso del suelo a lo largo de la dilatada historia de nuestro país han ido dejando sus huellas, superponiéndose los distintos patrones de uso; los periodos en que no se han dado estas circunstancias han permitido el avance hacia equilibrios que, si bien no eran los mismos que existían antes, regulaban las relaciones hombre-medio.

Sin embargo, el desarrollo económico y la progresiva industrialización que España ha experimentado en la segunda mitad del siglo XX han introducido un abanico de cambios cuya velocidad no ha podido ser igualada por la velocidad de adaptación del medio, produciéndose un estado de desequilibrio permanente. Una de las consecuencias de estas transformaciones socioeconómicas de estas últimas décadas es el proceso simultáneo de litoralización/despoblamiento de zonas interiores.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

En efecto, en España se ha producido una progresiva “litoralización” de la riqueza, es decir, el traslado a las áreas costeras de las actividades económicas de mayor pujanza. Un litoral muy desarrollado, con un sector servicios muy importante, generalmente ligado al turismo, con una alta concentración industrial y una agricultura de regadío altamente productiva y competitiva, provoca la demanda creciente de recursos naturales, tanto para satisfacer las necesidades del aumento de población como para mantener estos usos del suelo de tipo intensivo. Es evidente que en las zonas áridas y semiáridas este rápido aumento de la demanda de recursos naturales no puede ser compensado por un aumento paralelo de la oferta por parte del territorio.

Por otro lado, en las zonas interiores se produce el fenómeno contrario, es decir, el progresivo despoblamiento y envejecimiento de la población, el abandono de los métodos tradicionales de explotación del medio natural, basados en la presencia constante de un gran número de brazos, lo que provoca una degradación progresiva de los paisajes tradicionales hechos y mantenidos por el hombre desde tiempos remotos. La falta de trabajos sobre el medio natural puede tener, dependiendo de la situación de partida, consecuencias muy directas en los procesos de degradación de las tierras, fundamentalmente por el abandono de determinadas prácticas tradicionales de utilización del territorio que eran beneficiosas para el medio (conservación de suelos, recogida de leñas, ...) y que contribuían a evitar la aparición de elementos destructivos (pérdidas de suelo, incendios, plagas,...).

En la actualidad, este proceso pretende ser ralentizado en estas zonas mediante diversas actuaciones, principalmente por parte de la Unión Europea, relacionadas tanto con políticas de desarrollo rural como con las sucesivas reformas de la política agraria común. Se trata de mantener la población utilizando, entre otras, la vía de la política de rentas, una vez reconocido el hecho de que esta población rural desempeña, o al menos, podría y debería desempeñar, dos funciones principales de forma simultánea: una actividad productiva y, al mismo tiempo, una actividad de protección del medio ambiente y de desarrollo rural.

En definitiva, en el presente, la situación de la dinámica de la desertificación está regida por la actual coyuntura socioeconómica, como ha sido siempre a lo largo de la Historia, de tal forma que cualquier incidencia sobre el territorio que determine una pérdida de recursos (incendios, sobreexplotaciones, ...), o bien una regeneración de los mismos (incremento de la cobertura vegetal, ...), se explica y tiene su raíz en una situación socioeconómica determinada, ya sea individual, colectiva o ambas. Entender estas situaciones nos dará las claves para diseñar las medidas a adoptar para mitigar el problema.

Dado que las fuerzas motrices son de carácter socioeconómico, se entiende entonces la complejidad de los procesos que afectan a la desertificación, porque el

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

panorama socioeconómico depende de una enorme cantidad de factores: situación internacional, crisis económicas, etc.

Esta visión tan amplia del problema, nos llevaría a la conclusión de que todo está relacionado con la desertificación, pero es tarea del PAND (Programa de Acción Nacional Contra la Desertificación) el delimitar los escenarios, los ámbitos, los mecanismos más directamente implicados, que identifiquen el núcleo más influyente en los procesos de degradación, para poder actuar sobre ellos.

Parece claro entonces que unos procesos tan sumamente complejos como los descritos no pueden ser representados en toda su dimensión mediante unos parámetros simples que caractericen, desde la perspectiva socioeconómica, las zonas afectadas por el problema de la desertificación.

Y es por ello por lo que, en la elaboración del PAND se considera prioritario profundizar en la selección de ciertos indicadores que permitan aproximarse al problema desde el ángulo de la socioeconomía, partiendo de examinar las distintas líneas de investigación abiertas en este campo.

### **2.1.4. Desertificación y salinización**

Los suelos salinos se encuentran principalmente en zonas de clima árido y semiárido, debido básicamente a la concentración de sales en el suelo como consecuencia del desequilibrio en el balance hídrico del perfil del suelo, ya que la evapotranspiración supera ampliamente a la precipitación en estas zonas climáticas. El agua del suelo es absorbida y transpirada por las plantas y a la vez se evapora directamente del suelo, sin embargo las sales solubles que contiene el agua no se evaporan y se van concentrando en la superficie, llegando a formarse una película blanquecina en la capa externa del suelo. Así, en las tierras áridas y semiáridas, donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación, se generan suelos salinos de forma natural (Paniza-Cabrera, 2002).

Generalmente las regiones salinas más grandes del mundo se encuentran en zonas relativamente bajas y mal drenadas de las tierras áridas y semiáridas. En estas áreas se acumulan las aguas provenientes del drenaje de aguas arriba al no presentar una buena red de drenaje superficial, lo que puede incrementar los niveles freáticos e incluso llegar a la superficie de las tierras bajas, formando a veces lagos salados de tipo temporal o permanente, pues el agua acumulada suele haber arrastrado en su desplazamiento sales solubles. Por ello los movimientos ascendentes del agua subterránea y/o la evaporación del agua superficial dan origen a los suelos salinos. Estos campos salinos pueden tener una extensión variable desde unas cuantas hectáreas hasta cientos de kilómetros cuadrados.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

En las regiones húmedas no se suelen dar estos procesos de concentración salina ya que las sales son lavadas de la superficie por la mayor precipitación y llevadas fuera del alcance de las raíces y de los ascensos de capilaridad del suelo. Sin embargo en estas regiones suele haber áreas salinas en zonas que estuvieron expuestas al agua del mar en los deltas de los ríos y tierras cercanas al mar.

La implantación de oasis de riego, con un mal manejo del agua, lleva a importantes procesos de salinización. Esta es la llamada salinización secundaria, causa de la mayor pérdida de tierra fértil de las áreas bajo riego, de donde se deriva que la salinización es la causa principal de los procesos de desertificación en las tierras regadas (Paniza-Cabrera, *op. cit.*).

Según la FAO en el mundo se salinizan de 2 a 3 millones de hectáreas de superficie regada cada año, siendo el ritmo de crecimiento igual o mayor que el de las nuevas tierras bajo riego que es de 2 millones de hectáreas por año. De los 5 a 7 millones de hectáreas de tierra que se degradan en el mundo al año, la salinización representa la segunda causa en magnitud tras la erosión, pero es la primera en las tierras bajo riego.

La estimación de la superficie afectada por la salinización secundaria es difícil por diferentes problemas. Entre ellos se encuentra la naturaleza dinámica del problema, la falta e inconsistencia de los datos provenientes de diferentes fuentes referentes tanto a la extensión de la superficie regada, cultivada o afectada por la sal. Kovda (1983) estimó la superficie afectada por salinización natural o antrópica entre 20 y 30 millones de hectáreas.

Postel (1990) estimó que de los 250 millones de hectáreas regadas que existen, 60 millones están afectadas por la sal (Tabla nº 7).

País	Área Perdida (Mhas)	Porcentaje sobre la superficie regada (%)
India	20,0	36
China	7,0	15
Estados Unidos	5,2	27
Pakistán	3,2	20
Unión Soviética	2,5	12
<b>Total</b>	<b>37,9</b>	<b>24</b>
<b>Total Mundial</b>	<b>60,2</b>	<b>24</b>

Tabla nº 7. Tierras irrigadas perdidas por salinización en los cinco países con mayor superficie irrigada, estimación para mediados de los ochenta (Postel (1990) en Ghassemi *et al.*, 1995).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Sin embargo Ghassemi *et al.* (1995) consideran que en esta estimación hay algunos errores, pues para la India el valor real sería aproximadamente de 7 millones de hectáreas que es algo más cercano a los datos facilitados por la FAO 1991, para ese país que es de 4,7 millones de hectáreas y junto a ello que la superficie real bajo riego esta sobre 230 millones de hectáreas.

Oldeman *et al.* (1991) estiman en 76,6 millones de hectáreas las afectadas por la salinización, pero según Ghassemi *et al.* (1995) no diferencia entre las áreas salinas regadas y no regadas.

Dregne *et al.* (1991) consideran que alrededor de 43 millones de hectáreas están afectadas por diferentes procesos de degradación principalmente por anegación, salinización y alcalinización.

Ghassemi *et al.* (1995), estiman que existen 76,6 millones de hectáreas afectadas por salinización inducida por el hombre de las que 31,2 millones de hectáreas corresponden a áreas no regadas y 45,5 millones de hectáreas a áreas regadas (Tabla n°8).

País	Superficie cultivada (Mhas)	Superficie regada (Mhas)	Porcentaje de la tierra irrigada sobre el total cultivado (%)	Superficie regada afectada por salinización (Mhas)	Porcentaje de superficie afectada por salinidad respecto al total regado (%)
China	96,97	44,83	46,2	6,70	15,0
India	168,99	42,10	24,9	7,00	16,6
Commonwealth de Estados Independientes	232,57	20,28	8,8	3,70	18,1
Estados Unidos	189,91	18,10	9,5	4,16	23,0
Pakistán	20,76	16,08	77,5	4,22	26,2
Irán	14,83	5,74	38,7	1,72	30,0
Thailandia	20,05	4,00	19,9	0,40	10,0
Egipto	2,69	2,69	100,0	0,88	33,0
Australia	47,11	1,83	3,9	0,16	8,7
Argentina	35,75	1,72	4,8	0,58	33,7
Sudáfrica	13,17	1,13	8,6	0,10	8,9
Subtotal	842,80	158,70	18,8	29,62	20,0
<b>Total</b>	<b>1473,70</b>	<b>227,11</b>	<b>15,4</b>	<b>44,5</b>	<b>20,0</b>

Tabla n° 8. Estimación de la salinización secundaria de los países irrigados (Ghassemi *et al.*, 1995).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

El 23% de los 1500 millones de hectáreas cultivadas son salinas y otro 37% son sódicas. Dentro de la cuenca Mediterránea, se encuentran afectadas por salinización 16 millones de hectáreas de las cuales casi 840.000 hectáreas se encuentran en la Península Ibérica. Szabocs (1992), estima que cerca de 10 millones de hectáreas de superficie regada se abandonan al año por problemas de salinidad y anegamiento de los suelos.

El problema de la salinización de los suelos es uno de los más graves que afectan a los sistemas agronómicos de regadío siendo muy característico de climas áridos y semiáridos. En España, se estima que de los 35.000 km<sup>2</sup> actualmente transformados y en uso, un 3% aproximadamente presentan un grado de salinización severo que restringe fuertemente su utilización económica, además de otro 15% que presenta un riesgo creciente de salinización que empieza a ser limitativo para su utilización en la producción de los tipos de cultivo más sensibles a este fenómeno (PAND, 2008).

La zona hortofrutícola costera del sureste peninsular, sufre una pérdida de sostenibilidad debido al aumento de la demanda de recursos hídricos, por encima de los recursos disponibles, y al reducido coste del agua, que representa menos del 5% de los insumos totales. En estas condiciones, la disponibilidad y la calidad del agua son los únicos factores retroactivos, capaces de limitar el aumento de la superficie irrigada.

En estas zonas, calificadas como de alto riesgo de desertificación por la complejidad de los impactos que producen los modelos agrarios intensivos, se ha observado en los últimos años un cambio en la situación, en gran medida por la adopción de medidas de ahorro de agua, implantación de medidas agroambientales, desarrollo de los cultivos sin suelo, producción integrada y ecológica de cultivos y cultivos con lucha biológica. No obstante, continúan sufriendo una relativa pérdida de sostenibilidad debido a que la demanda de recursos hídricos se sitúa por encima de los recursos naturales disponibles, que provienen en su mayoría de los acuíferos de la zona. Ello ha obligado a promover nuevos yacimientos de agua, que si bien en un principio tenían como referencia básica las transferencias entre cuencas (en el caso de la zona del SE), en la actualidad están basados en las tecnologías de desalación y reutilización, lo que implica unos consumos energéticos importantes.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura n° 13. Actualmente, uno de los más importantes riesgos de desertificación es debido a la salinización del suelo. Se registra en las tierras de regadío que utilizan agua con elevado contenido en sales (AGE, 2012).

Las sales que contiene el agua de riego, aún en pequeña cantidad, cuando no son absorbidas por las plantas y el drenaje es deficitario, se acumulan en el suelo tras la evaporación y la transpiración en concentraciones que pueden llegar a ser fuertemente limitantes. Aún con drenaje suficiente, la salinización puede producirse al ascender sales por capilaridad desde el subsuelo provenientes de la composición mineral de éste o de la acumulación de sales por lavado del suelo superficial. De esta manera, la salinización provoca pérdidas de productividad que pueden llegar a inhabilitar los suelos para el cultivo.

En definitiva, los tres principales factores que influyen en el proceso de salinización son el clima, la composición química del agua de riego y las condiciones del suelo y su capacidad de drenaje.

El problema radica pues en la extensión inadecuada de cultivos irrigados en áreas con substratos inadecuados para el cultivo, y en el deficiente manejo de las técnicas de regadío como la utilización de aguas con exceso de sales, aguas que pueden provenir tanto de aguas superficiales salinas como de acuíferos con problemas de sobreexplotación y/o intrusión marina.

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

## 2.2. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS SALINAS

### 2.2.1. Restauración ecológica. La necesidad de restaurar para conservar

Los ecosistemas de la cuenca mediterránea padecen desde hace varios miles de años una presión antrópica que ha ido influyendo sobre ellos hasta tal punto que muchos autores consideran la acción humana como una característica ambiental más, que ha acarreado una evidente coevolución entre el hombre y los ecosistemas mediterráneos. Por este motivo, la interpretación del paisaje vegetal resulta una cuestión delicada, sobre todo en el SE ibérico tratándose de ecosistemas áridos. En efecto, la acción transformadora del hombre y sus animales ha borrado casi completamente toda huella de vegetación no alterada, especialmente los de aquellas formaciones que alcanzan un mayor desarrollo en lo que a biomasa se refiere, como son las caracterizadas por nanofanerófitos, macrocaméfitos y algún fanerófito. Entre los principales aspectos socioeconómicos que inciden en la actualidad o lo han hecho en otras épocas de una manera más o menos fuerte, Mota *et al.* (1997) destacan:

- El asentamiento humano ya que, aunque se ha producido un despoblamiento generalizado de los territorios rurales, en los últimos años se ha visto incrementada la presión poblacional en algunos puntos. Es el caso de los Campos de Níjar por la instauración de cultivos bajo plástico, y del Cabo de Gata por el crecimiento turístico.
- La agricultura está aumentando su ocupación de manera alarmante, repercutiendo sobre la gestión del recurso agua y destruyendo las poblaciones y comunidades vegetales. A parte de los cultivos bajo plástico, las subvenciones oficiales a ciertos cultivos (olivo, almendro, etc.) y a la reforestación de terrenos agrícolas marginales están repercutiendo de manera negativa sobre los ecosistemas naturales.
- La recolección de tomillos (*Thymus sps.*) y otras plantas aromático-medicinales es otra labor ampliamente extendida. Aunque en la actualidad hay proyectos para controlar, planificar y mejorar esta actividad, no existe tal control ni planificación de recursos por parte de la administración, ni selección de las especies, ni estudios sobre el método de extracción, ni de la época de recolección, etc.
- La minería fue muy importante en las sierras de Alhamilla, Cabrera y del Cabo de Gata; en las dos primeras el plomo constituyó el principal material que se extrajo durante el s. XIX, mientras que en la última fueron muy famosas las minas de oro de Rodalquilar, en abandono desde hace unas décadas.
- Otras actividades de menor incidencia ambiental en esta área son: los antiguos cultivos de esparto o *Stipa tenacissima* (de los que aún hoy día se observan sus «huellas» en muchas laderas), las actuaciones forestales (poco abundantes gracias al bioclima limitante para una producción

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

masiva de coníferas), los incendios forestales (en escaso número pero con devastadoras consecuencias), etc.

En Almería, las actividades socioeconómicas de las últimas décadas, los cambios de uso del suelo, su explotación agrícola intensiva e irracional y, en general, la mala gestión y uso del suelo, han acelerado los procesos de degradación y salinización del mismo. La necesidad de invertir esta dinámica y restaurar zonas de suelos salinos es de vital importancia.

La restauración ecológica es el proceso de alteración intencional de un hábitat para establecer un ecosistema definido, natural e histórico local. El objetivo de este proceso es imitar la estructura, función, diversidad y dinámica del ecosistema original (Jackson *et al.*, 1995).

El proceso de restauración es inducido por el hombre para recuperar las condiciones ambientales de un ecosistema perturbado. El principal objetivo de la restauración es generar como resultado un sistema altamente diverso y similar, en cuanto a composición y estructura, al original. Este sistema debe ser autosustentable no sólo en términos ecológicos, sino también sociales, garantizando así su conservación.

La ordenación y restauración ecológica de áreas salinas se configura como un instrumento primordial para la gestión integral de recursos y el control de la desertificación, dado que se fundamenta en un análisis integrado de los recursos naturales básicos (clima, suelo, agua y vegetación) y de su estado de degradación, y en la formulación de una o varias propuestas de uso del suelo sostenibles, en particular en cuanto a la conservación de los recursos suelo y agua y el equilibrio natural del ciclo hidrológico. Las propuestas de usos del suelo sostenibles se realizan de acuerdo con la capacidad de las distintas unidades homogéneas de la zona de actuación para acoger usos y aprovechamientos compatibles con la conservación del suelo y el agua. Así formulada, la ordenación implica o conlleva la prevención de la degradación de tierras y la restauración de aquéllas que en su estado actual no cumplen el umbral de sostenibilidad, es decir, la lucha contra la desertificación y la salinización de los suelos (PAND, 2008).

Las propuestas u opciones de usos del suelo sostenibles deben satisfacer las demandas de carácter ambiental y socioeconómico de los habitantes del área de actuación y su entorno. De la multiplicidad de alternativas de usos y aprovechamientos que pueden satisfacer el criterio anterior de sostenibilidad (conservación de suelo-vegetación y agua) sólo una es seleccionada para su implementación. La selección de esta alternativa final debe realizarse sobre la base de la participación e implicación de los grupos de interés, propietarios de terrenos privados e instituciones implicadas. La formalización de dicha participación admite múltiples aproximaciones, desde la información pública hasta la constitución de comités de participación y seguimiento permanentes.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

La ordenación y restauración hidrológico-forestal de cuencas en zonas áridas y semiáridas degradadas ha constituido la actividad pionera de lucha contra la desertificación en España, y la que aporta resultados concretos de mayor relevancia cualitativa y cuantitativamente. Algunas de las cuencas y sierras rescatadas de la desertificación mediante la aplicación de esta disciplina son actualmente objeto de protección de sus valores naturales a través de alguna de las diversas figuras jurídicas existentes para la declaración de espacios naturales protegidos. Quizá el ejemplo más conocido sea el de la Sierra de Espuña en Murcia, cuya restauración se inició en 1889, con el objetivo de proteger frente a las avenidas los pueblos y fértiles cultivos de la vega del Guadalentín. Más de un siglo después, los principios básicos siguen siendo válidos cuando se aplican incorporando los conocimientos y criterios técnicos, sociales y medioambientales del presente.



Figura nº 14. Seguimiento de una restauración ecológica en una zona semiárida (El futuro es nuestro, 2012).

Las principales acciones que se pueden considerar en la ordenación y restauración ecológica de áreas salinas degradadas, aplicada con criterios actualizados y teniendo como objetivo principal la lucha contra la desertificación son (PAND, *op. cit.*):

- Repoblación forestal con especies autóctonas del mayor nivel evolutivo que permita la potencialidad de la estación, con el fin de crear una cubierta protectora del suelo e invertir la dinámica de degradación a que están sometidos suelo y vegetación, y propiciar una progresión hacia suelos más maduros y comunidades vegetales más evolucionadas. La repoblación forestal con estas premisas se aplica a áreas cubiertas de

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

matorral muy degradado y pobre, incapaz de proteger el suelo, así como a áreas de cultivos marginales ya abandonados. El objetivo de las repoblaciones forestales desarrolladas en el marco de la lucha contra la desertificación es contribuir a la reconstrucción de una vegetación estable y madura con respecto a las condiciones del lugar como solución frente a la desertificación de áreas degradadas con vocación forestal. Dentro de la mejora de la regulación hidrológica que ello supone, es preciso resaltar los efectos positivos para la recarga de acuíferos, en especial si se consideran las particulares circunstancias que concurren en algunos de los acuíferos de la cuenca mediterránea.

Debe tenerse en cuenta de forma preferente la utilización de la repoblación forestal para la recuperación de la vegetación en áreas en que ésta ha sido destruida por el fuego y no se produce la adecuada regeneración natural, hecho muy frecuente en áreas ya muy degradadas, por incendios recurrentes, o por extremas condiciones de aridez.

- Tratamientos selvícolas de las masas forestales protectoras existentes en la zona, tanto arbóreas como de formaciones arbustivas y de matorral. El propósito es mejorar el tamaño, la densidad y la cobertura del suelo que proporciona la vegetación, garantizando su estabilidad, calidad y diversidad.
- Gestión del matorral mediterráneo (conservación, protección y/o restauración). La correcta gestión del matorral es una de las piezas claves en la lucha contra la desertificación. Es de enorme importancia el correcto conocimiento de los matorrales y de las especies que los componen, así como su estructura, función, dinámica y nichos ecológicos que ocupan dentro del ecosistema, con vistas a conservarlas y/o utilizarlas como alternativa en la restauración hidrológico-forestal.
- Ordenación del pastoreo. Consiste en la regulación del pastoreo extensivo en áreas naturales y en particular en pastizales semiáridos con el fin de adaptar la carga ganadera y el programa de pastoreo a las disponibilidades del pastizal.
- Prácticas de conservación de suelos agrícolas. Aplicadas donde sean necesarias para proteger buenos suelos productivos o para el mantenimiento de suelos en cultivos de áreas de montaña mantenidos por razones sociales. Incluye técnicas de restauración de suelos agrícolas y la mejora de los sistemas de riego para proteger el suelo frente a la erosión.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- La aplicación de métodos y técnicas de recuperación de suelos salinizados puede también ser contemplada en el marco de la restauración de zonas o cuencas degradadas por la desertificación.
- Diques y otras obras de estabilización de cauces torrenciales. De acuerdo a la propia doctrina de la restauración ecológica su empleo debe limitarse al máximo y aplicarse en aquellos casos en que la seguridad de bienes y personas requieren la estabilización de cauces con clara tendencia torrencial. Estas obras, en determinadas circunstancias, también pueden actuar como elementos que estimulan la infiltración y la recarga de acuíferos.

Con el fin de preservar y restaurar las comunidades vegetales presentes en marismas o áreas salinas, los estudios biológicos y ambientales son necesarios para entender su estructura y función. La germinación y el establecimiento de las plántulas de las especies vegetales y su integración en estas comunidades son aspectos clave (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006).

Conocer la dispersión y la germinación es importante para el establecimiento de plantas, sobre todo las especies anuales y la colonización de poblaciones tanto anuales como perennes en zonas de perturbación o sitios de restauración y en particular en las marismas porque tienen un banco de semillas transitorio. Mediante el examen de múltiples factores que suceden después de la dispersión de las semillas, la salinidad y el éxito de la germinación, podemos considerar las condiciones y el medio ambiente para tener éxito en la restauración y hacer predicciones sobre la colonización natural de especies en áreas salinas (Elsey-Quirk *et al.*, 2009).

En los suelos salinos de Almería, se desarrollan comunidades vegetales compuestas por especies como *Anabasis spss.*, *Arthrocnemum spss.*, *Atriplex spss.*, *Limonium spss.*, *Salsola spss.*, *Sarcocornia spss.*, *Tamarix spss.*, etc. Estas especies autóctonas adaptadas al medio, en su mayoría halófitas, podrían emplearse en la restauración de zonas con suelos salinos y en el diseño de jardines en aquellos lugares en los que la presencia de sales en el suelo limita el desarrollo de otras especies. Muchas de estas especies son una buena alternativa a especies ornamentales usadas tradicionalmente en climas semiáridos debido a su buena resistencia a plagas y enfermedades, elevada tolerancia a la salinidad, alta eficiencia en el uso del agua y pautas de crecimiento bien adaptadas a las condiciones edafoclimáticas existentes en estas zonas (Martínez-Sánchez *et al.*, 2008).

En el manejo de especies vegetales autóctonas es importante tener en cuenta la singularidad y la legislación específica en cuanto a protección de la flora y vegetación de un territorio. Mediante la utilización de plantas autóctonas con fines ornamentales, paisajísticos o de restauración se puede contribuir a su conservación y aumentar el

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

conocimiento sobre su biología, pudiendo servir de apoyo para futuros planes de conservación de hábitats naturales y recuperación de especies vegetales (Peña *et al.*, 2006).

El empleo de planta autóctona con fines ornamentales es una alternativa interesante frente al empleo de material vegetal foráneo con mayores exigencias medioambientales, peor adaptación a nuestras condiciones ambientales, problemas de contaminación de nuevas plagas y enfermedades, dependencia de otros países y mayores inversiones económicas.

Desde el punto de vista agronómico, el uso ornamental de especies autóctonas mediterráneas en jardinería y proyectos de revegetación es de interés creciente dada su capacidad para adaptarse a condiciones medioambientales adversas y su potencial ahorro de agua en el riego, pudiendo sobrevivir largos períodos de tiempo con baja disponibilidad hídrica una vez establecidas (Burés, 1993).

### **2.2.2. Salinidad del suelo**

La salinidad a nivel mundial, a menudo es un problema muy importante en las tierras degradadas, causada por la entrada de cloruro sódico y otras sales y la falta de drenaje (Breckle *et al.*, 2001). Estos ambientes de excesos de sales solubles en los suelos tienen una gran influencia en los ecosistemas y el crecimiento de las plantas y reduce la productividad en extensas áreas.

La salinización consiste en la acumulación de sales solubles sobre el suelo, o a diversas profundidades de este, en el aumento del contenido de minerales en el agua y el afloramiento de rocas salinas. Esto se traduce en la disminución de la capacidad de producción de la tierra, la aparición de vegetación salina y la desaparición definitiva de la vegetación. En esta categoría se incluye la concentración de sodio intercambiable así como de boro en la capa superior del suelo (FAO, 1984).

Aunque la salinización es un proceso que se da extensivamente bajo condiciones naturales, los problemas de mayor importancia se presentan cuando suelos agrícolamente productivos se salinizan como consecuencia de las actividades del hombre resultado de un mal manejo de los sistemas de riego y drenaje de las explotaciones, esta es la llamada salinización secundaria (Paniza-Cabrera, 2002). Las aguas que se infiltran desde canales no revestidos que atraviesan suelos permeables, los métodos de riego superficiales, ocasionan importantes recargas de las capas freáticas. Según Prieto Celi (1995) del 30 al 70% del agua utilizada para riego se infiltra. Estos importantes volúmenes de agua infiltrados van aumentando el nivel freático, que cuando se encuentra cercano a la superficie va a provocar la salinización del suelo. Esta salinización es tanto más rápida cuanto menos profundo sea el nivel freático, más

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

capacidad de transmisión capilar ascendente tenga el suelo, más salina sea el agua de la capa freática y cuanto menos lixiviación se produzca en el suelo bien por lluvia o por riego.

Existen sin embargo algunos factores naturales que pueden facilitar la rápida formación y elevación del nivel freático como consecuencia del riego, entre ellos la existencia de una capa impermeable poco profunda y la existencia una capa freática.

En la naturaleza se pueden encontrar diferentes tipos de suelos salinos. En general, suelos salinos son los que presentan una conductividad del extracto de saturación mayor de 4 mmhos/cm a 25°C y tienen un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15%; suelen presentar un pH menor de 8.5.

Suelos sódicos son aquellos que presentan un porcentaje de sodio intercambiable mayor del 15% y una conductividad menor a los 4 mmhos/cm a 25°C, su pH puede oscilar entre 8.5 y 10.

Podemos encontrar también suelos sódicos y salinos, que son aquellos en los que la conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25°C y el porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15%.

Las sales solubles del suelo están formadas principalmente por varias proporciones de los cationes sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) y de los aniones cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) y sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ). El catión potasio ( $\text{K}^+$ ) y los aniones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) se presentan normalmente en cantidades menores. La fuente original de sales son los minerales primarios que se encuentran en los suelos y rocas expuestas de la corteza terrestre.

Las causas que contribuyen a la formación de suelos salinos son las siguientes:

- **Climáticas**

Los suelos salinos son propios de climas áridos, donde predomina la evaporación a la precipitación. No se da la suficiente precipitación como para lavar las sales y estas permanecen acumuladas, incrementándose su proporción por los continuos aportes de aguas salinas o no que llegan de otros lugares.

- **Topográficas**

En zonas de clima no árido se pueden llegar a desarrollar procesos de salinización, debido a la existencia de un relieve deprimido, cóncavo de muy escasa pendiente, asociado con problemas hidrogeológicos. En estos casos el agua, escurre muy lentamente en superficie, o se queda estancada en cuencas endorréicas, no

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

pudiendo evacuar las sales que lleva disueltas y que quedan en el suelo al evaporarse el agua.

- **Hidrogeológicas**

La presencia en el suelo a escasa profundidad de capas impermeables, constituidas por materiales finos como arcillas, mezclados a veces con calcáreo y yesos (toscas y caliche) constituyen barreras naturales que impiden el paso del agua. El agua se infiltra en el suelo hasta que al llegar a estas capas impermeables se acumula y asciende por capilaridad, llegando a la superficie, donde se evapora dejando las sales en el perfil del suelo, formando incluso costras superficiales. En este sentido también influye la existencia de una capa freática, formada generalmente sobre los estratos impermeables, esa influencia de la capa freática se manifiesta a distintas profundidades según su tenor salino.



Figura nº 15. Costras salinas superficiales en una rambla subsidiaria de la Rambla de Tabernas en el paraje de “Las Salinas”. Paraje Natural del Desierto de Tabernas (Almería).

- **Antrópicas**

Son las causas debidas a la acción del hombre, considerado como agente modificador de los suelos. La acción del hombre con un manejo adecuado del suelo puede impedir que el suelo se salinice o sufra cualquier otro tipo de degradación, e

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

incluso puede conseguir que situaciones edáficas desfavorables sean cambiadas y conseguir un suelo edáficamente bueno. Pero normalmente lo que ocurre es que por un desconocimiento edafológico, se ve precisado a corregir los problemas que el mismo genera. Así un mal manejo del suelo y del agua de riego, contribuye a la salinización de la tierra. Un ejemplo de ello es cuando utiliza agua excesivamente salina para el riego, sin tener en cuenta el volumen en exceso que se debe aplicar para obtener una buena lixiviación, o simplemente al regar con un agua de salinidad normal durante muchos años sin tener un buen drenaje bien natural o artificial, que permita la evacuación del agua excedente. Igualmente cuando el deficiente mantenimiento del sistema de drenaje impide el control de la capa freática, permitiendo que su nivel se incremente.

En los procesos de ampliación de las zonas cultivadas en las áreas incultas una de las labores que normalmente el hombre realiza es el desmonte, amontonamiento y quema de la vegetación natural. Si esta acción se desarrolla en terrenos salinos donde la vegetación es halófitas, y por lo tanto rica en sales, al quemarla estas quedan en sus cenizas y concentradas en los lugares de amontonamiento, apareciendo posteriormente en estas áreas sectores salinizados con las consiguientes fallas en los cultivos.

Otro de los mecanismos de salinización causados por el hombre está constituido por una defectuosa nivelación del terreno, ya que las partes altas al no regarse bien se van salinizando progresivamente.

Existen otros factores aunque no tan generales que van a afectar a la salinización como los vientos que portan sales desde el mar, las intrusiones marinas que dejan depósitos de sales, y la existencia de grandes acumulaciones de agua que ocurrieron a finales del cuaternario, en la época postglacial y que al extinguirse las masas acuíferas por falta de alimentación o por un cambio climático de un período frío y húmedo a otro seco y cálido, quedaron los depósitos salinos al descubierto.

Las sales del suelo presentan dos tipos de efectos sobre las plantas uno relacionado con la cantidad de sales disueltas, el “efecto osmótico” y otro relacionado con la toxicidad del tipo de sal disuelta, el “efecto específico”.

El efecto más importante que ejercen las sales sobre las plantas es la reducción de su crecimiento y rendimiento debido principalmente a las siguientes causas:

**1º** Disminución del potencial osmótico de la solución del suelo (efecto osmótico). La presencia de sales disueltas en el suelo disminuye el potencial osmótico de la solución del suelo en el área de las raíces de las plantas. Este proceso genera una disminución de la capacidad de las plantas para absorber agua del suelo, por ello las plantas tienen que realizar un sobre gasto de energía en la absorción del agua, y en los ajustes bioquímicos que esta realiza para sobrevivir. Este gasto energético se traduce en un menor crecimiento de la planta que al final ve afectado su rendimiento.

**2º** Toxicidad iónica específica, asociada normalmente con un exceso en la absorción del Cl, Na y B (efecto específico). Los efectos más importantes de la

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

acumulación de iones tóxicos en las células de las plantas, serían la presencia de necrosis en las hojas y sobre todo la disminución del crecimiento y desarrollo de las plantas. Se puede afirmar que los cultivos arbóreos generalmente son sensibles a la toxicidad del Cl y Na. Algunos de los síntomas fisiológicos que genera este tipo de toxicidad son entre otros:

- a) Interferencias en el metabolismo y daños en los orgánulos y membranas.
- b) Inhibición o disminución de la actividad enzimática, junto con alteraciones en la funcionalidad de la membrana.
- c) Inhibición de la fotosíntesis.
- d) Repercute en los mecanismos de transporte y selectividad.
- e) Desvío de parte de la energía metabólica de las plantas para su uso en procesos diferentes al crecimiento

**3º** Interferencia de algunas sales disueltas con nutrientes esenciales (efecto nutricional). Este efecto se produce de dos formas, la primera de ellas esta generada por la fuerza iónica del sustrato que tiene un efecto directo en la absorción y traslocación de los nutrientes, que se manifiesta en la absorción y acumulación de P en ciertas especies. La segunda interferencia de la salinidad en la nutrición de las plantas es la interferencia del Cl y Na en la absorción y traslocación de los nutrientes dentro de la planta.

**4º** Combinación de los efectos antes indicados sobre ciertos procesos de las plantas (efecto fisiológico y bioquímico).

El crecimiento de las plantas en medios salinos se ve afectado desfavorablemente, con una intensidad que varía de unas plantas a otras, para un mismo valor de la CEs (Conductividad Eléctrica) o del PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable) (Porta *et al.*, 2003). Se puede decir que las plantas tienen respuestas diferentes a la salinidad, así las halófitas pueden vivir en suelos con abundante salinidad, mientras que otras plantas son muy poco resistentes a la salinidad.

En las plantas no halófitas la presencia de sales en el suelo provoca una sintomatología relacionada con una inhibición irreversible del crecimiento:

- Un retraso en la nascencia, que con salinidades elevadas puede no tener lugar.
- Una menor área foliar y talla de la planta: el crecimiento es más lento y no llega a ser completo.
- Menor producción de materia seca.
- Quemaduras en los bordes de las hojas: necrosis.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Hojas de un color verde más oscuro que en las plantas normales. En algunas gramíneas y en crucíferas puede aparecer una capa engrosada de cera superficial que puede dar una impronta verde-grisácea (Bresler *et al.*, 1982).

- Disminución de los rendimientos de los cultivos.

- Muerte de la planta antes de completar su desarrollo, si las condiciones son extremas.

Para una mejor comprensión Porta *et al.* (2003), suelen individualizar tres efectos debidos a la salinidad y a la sodicidad, que en muchos casos actúan simultáneamente y pueden resultar difíciles de identificar de forma separada en la práctica:

### - **Salinidad:**

#### Efectos osmóticos:

- Las sales hacen disminuir el potencial osmótico del agua del suelo (en valor absoluto va siendo cada vez mayor).
- Se inhibe el crecimiento y puede haber paso de agua de la planta al suelo (plasmólisis).

#### Efectos ión-específico:

- Aumenta la concentración de algunos iones que afectan a la fisiología de la planta, por resultar tóxicos o provocar desequilibrios en el metabolismo de nutrientes.

### - **Sodicidad:**

#### Efecto del sodio de cambio:

- La acción dispersante del sodio sobre las arcillas y solubilización de la materia orgánica afecta a las propiedades físicas del suelo, los agregados son poco estables, y el medio será menos apto para el crecimiento de las raíces de las plantas.
- Se puede favorecer el sellado y encostramiento del suelo y la disminución de la conductividad hidráulica.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

Estos efectos deben servir de base para explicar la sintomatología descrita, que está relacionada con la inhibición del crecimiento que provocan las sales. Los efectos a nivel fisiológico han sido descritos por Breckle (1990).

Los efectos osmóticos llevaron a plantear la teoría de la disponibilidad de agua o de la sequía fisiológica. Esta postula que en condiciones de salinidad, a pesar de que el suelo contenga agua, la planta no es capaz de absorberla y, por consiguiente, el protoplasma de sus células tiene una baja hidratación: la planta sufre estrés hídrico, se seca y acaba muriendo. La suma del potencial osmótico y del potencial matricial, como componentes del potencial total expresa la energía requerida por la planta para extraer agua.

La disminución de las disponibilidades de agua no describe completamente los efectos adversos de la salinidad sobre el crecimiento. Los síntomas de sequía no se manifiestan, ya que las plantas, aunque de menor talla, tienen sus tejidos turgentes a pesar de crecer en un suelo salino.

La teoría del ajuste osmótico (Bernstein, 1961) supone que las plantas, al aumentar la presión osmótica del agua del suelo, se ven obligadas a realizar una adaptación osmótica en sus células para poder seguir absorbiendo agua. Este ajuste requiere un consumo de energía, que se hace a costa de un menor crecimiento. No obstante, una vez realizado el ajuste que se hace aumentando la concentración del jugo celular, la planta no consigue recuperar su crecimiento normal.

El efecto ión-específico da lugar a la teoría específica, con alteración de la actividad metabólica de la planta.

La teoría de la división y el crecimiento celular (Aceves, 1979) atribuye la inhibición del crecimiento a que las sales afectan a la división celular y producen un engrosamiento prematuro de las paredes celulares, lo que impide su crecimiento de forma irreversible, a pesar del ajuste osmótico o que el medio deje de ser salino.

Los efectos de la salinidad sobre el crecimiento de las plantas no se limita a una menor disponibilidad de agua, sino que se puede afirmar que es un fenómeno bastante más complejo (Jurinak, 1988).

### **2.2.3. Efecto de la salinidad y la temperatura en la germinación de especies halófitas**

La germinación es una etapa importante en el ciclo de vida de las especies que crecen en ambientes salinos, ya que las condiciones del suelo determinan las condiciones a las que se expondrán en las etapas posteriores de su ciclo de vida (Sen y Rajpurohit 1982, Ungar 1991).

La germinación y los períodos de establecimiento son estados cruciales en el ciclo de vida de las plantas bajo condiciones salinas (Khan y Gulzar, 2003; Pérez *et al.*, 1998; Waisel, 1972).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Diferentes factores abióticos tales como la temperatura, la salinidad del suelo, el fotoperíodo y la humedad del suelo afectan a la germinación de las halófitas (Noe y Zedler, 2000; Khan, 2003). Sin embargo, el efecto de la salinidad del suelo parece ser dominante sobre todos los otros factores (Keiffer y Ungar, 1997a; Baskin y Baskin, 1998).

Numerosos estudios sobre la influencia de la salinidad en la germinación de diferentes especies vegetales ponen de manifiesto que ésta produce un descenso y un retraso en la germinación (Pujol *et al.*, 2001; Khan y Zia, 2004; Khan y Zia, 2008; Redondo-Gómez *et al.*, (2008). Incrementando la salinidad se produce un retraso en el comienzo y finalización de la germinación y se reduce el porcentaje final de germinación.

Experimentos que determinan el efecto de la salinidad en la germinación de las halófitas son normalmente conducidos con cloruro sódico (NaCl) o sal común como fuente de salinidad. En el caso de las plantas costeras, tales pruebas no pueden ser relevantes a las condiciones de campo porque la fuente de humedad para estas plantas es normalmente el agua marina, que es una combinación de diferentes cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Sr}^{+2}$ ) y aniones ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), sin embargo, las concentraciones de iones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  son mayores (86%).

Ungar (1991) señaló que la mayoría de las semillas de especies tolerantes a la sal exhibían su mayor germinación en agua dulce. Esto sugiere que potenciales osmóticos reducidos no son necesarios para la germinación de las semillas. Similares resultados fueron obtenidos para los táxones *Limonium stocksii* (Zia y Khan, 2004), para *Halocnemum strobilaceum* (Pujol *et al.*, 2001) y *Sarcocornia* sp. (Redondo *et al.*, 2004). Generalmente, las semillas de halófitas germinan mejor en ausencia de salinidad o en bajas salinidades, pero las respuestas a la germinación de semillas en altas salinidades son variables entre las especies de halófitas (Ungar, 1978; Woodell, 1985). Así, por ejemplo, mientras la germinación de semillas de *Plantago crassifolia* ha demostrado ser drásticamente inhibida en concentraciones de NaCl muy por debajo del nivel normal presente en su hábitat natural (Vicente *et al.*, 2004), las semillas de los taxones *Arthrocnemum macrostachyum*, *Salicornia ramosissima* (Rubio-Casal *et al.*, 2003), y *Sarcocornia* (Redondo *et al.*, 2004) tienen una exitosa germinación en 6% de salinidad. Las semillas de halófitas extremas, tales como *Salicornia stricta*, pueden germinar en concentraciones de NaCl del 10% (Chapman, 1974). Mariko *et al.*, (1992) demostraron que la tolerancia a la sal en la germinación de semillas de plantas costeras está estrechamente relacionada con las condiciones de salinidad de sus hábitats. Espinar *et al.* (2005) señaló que la viabilidad de las semillas dependía del nivel de salinidad al que las semillas estaban expuestas y el período de exposición a la salinidad.

Sin embargo, la tolerancia a la salinidad en estados posteriores del desarrollo no siempre es correlativa con la tolerancia a los estados tempranos de desarrollo bajo similares condiciones ambientales (Waisel, 1989). La habilidad de las semillas para permanecer latentes bajo potenciales de agua extremadamente bajos y para germinar

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

después de la inhibición en condiciones hipersalinas indica que pueden ser más tolerantes a la salinidad que plantas creciendo activamente (Ungar 1991, 1996). Osmond *et al.*, (1980) señalaron que la transición de germinación al establecimiento de las plántulas puede ser la fase más crítica del crecimiento de la planta. La tolerancia a la sal en germinación parece no tener relación a los niveles de tolerancia durante el crecimiento de las plántulas (Al-Khateed, 2006). La alta tolerancia a la salinidad en la etapa de desarrollo de germinación no sería de ninguna utilidad si los demás estados de desarrollo no tuvieran niveles similares de tolerancia a la salinidad, especialmente las plántulas, que representan uno de los estados más sensibles en el crecimiento de las halófitas. Similar a la germinación de semillas, el crecimiento de algunas halófitas es definitivamente estimulado por concentraciones salinas relativamente altas (0.1 a 0.2 M NaCl); sin embargo, la mayoría de las halófitas alcanza un crecimiento óptimo en condiciones no salinas o con niveles de micronutrientes de NaCl (Ungar, 1991).

Pujol *et al.*, (2001), comprobaron que *Halocnemum strobilaceum*, una rara halófito suculenta del sureste de España, acumula iones  $\text{Na}^+$ , que, combinados con  $\text{Cl}^-$ , contribuyen al potencial osmótico interno. La acumulación de ambos iones aumenta claramente con un incremento del estrés salino. En contraste, la acumulación de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , y  $\text{Ca}^{2+}$  decrece con un incremento del estrés salino. Incrementos en la salinidad también indujeron un aumento en la acumulación de glicinabetaína y prolina. Los contenidos de glicinabetaína son aproximadamente 100 veces mayores que los contenidos de prolina, aunque su contribución fue significativa solamente si la compartimentación de las células es considerada. La acumulación de iones junto con los componentes osmoprotectores glicinabetaína y prolina permite a las plántulas mantener un menor potencial osmótico interno que el crecimiento medio, que es necesario para la absorción de agua en suelos salinos.

Hay poca información disponible sobre los efectos del agua marina en la germinación de halófitas (Rivers y Weber, 1971; Joshi e Iyengar, 1982, 1985; Woodell, 1985; McMillan, 1988; Joshi *et al.*, 1995; Houle *et al.*, 2001) y en la tolerancia relativa del agua del mar y las soluciones de NaCl durante la germinación de semillas (Tirmizi *et al.*, 1993; Joshi *et al.*, 1995). Sin embargo, entre las semillas que fueron capaces de germinar en concentraciones de NaCl superiores al agua del mar se incluyen especies como *Cressa cretica*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Salsola imbricata* (Khan, 1991; Khan y Gul, 1998; Mehrum-Nisa *et al.*, 2007) mientras otras como *Suaeda fruticosa*, *Haloxylon recurvum*, *Aleuropus lagopoides*, *Urochondra setulosa*, y *Sporobolus ioclados* (Khan y Ungar, 1996, 1998; Gulzar y Khan, 2001, 2002; Gulzar *et al.*, 2001) podrían germinar sólo hasta 500 mmol/L de NaCl. *Atriplex stocksii* y *Zygophyllum simplex* podrían solamente germinar hasta 250 mmol/L de NaCl (Khan y Rizvi, 1994; Khan y Ungar, 1996). La germinación de semillas de *Salvadora persica* (Joshi *et al.*, 1995) y *Salicornia brachiata* (Joshi e Iyengar, 1982) fue inhibida más por agua marina en comparación a diferentes cloruros de Na, K y Mg. Ellos atribuyeron estos efectos a la

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

composición del agua del mar, que incluye una combinación de diferentes sales con altas concentraciones de NaCl (Joshi *et al.*, 1995). Sin embargo, Tirmizi *et al.*, (1993), encontraron que el NaCl inhibió la germinación de *Hipophae rhamnoides* más que el agua del mar. Khan (dato inédito) comparó la germinación de varias semillas de halófitas tanto en agua marina como en NaCl y encontró que el efecto es específico de la especie.

Los efectos de la interacción de la temperatura con el agua del mar sobre la germinación de semillas no están ampliamente difundidos. Weber y D'Antonio (1999) investigaron las respuestas de germinación de tres taxones de *Carpobrotus* en agua del mar y concluyeron que la velocidad y porcentaje de germinación fueron reducidos con agua del mar en comparación al control no salino. Resultados similares se obtuvieron para *Suaeda nudiflora* (Joshi e Iyengar, 1985) y para *Crithmum maritimum* (Okusanya, 1977). La germinación de *Salicornia bigelovii* fue inhibida en el agua de mar más fuerte (4.02 %) (Rivers y Weber, 1971) y fue atribuido al efecto combinado del agua de mar y temperatura.

La velocidad de germinación, fue mayor en todas las soluciones no salinas y aumentos del NaCl y salinidad del agua del mar descendió la velocidad de germinación. Varios estudios han indicado que la velocidad de germinación es más sensible a la salinidad que el porcentaje de germinación en general (West y Taylor, 1981; Dudeck y Peacock, 1985; Marcar, 1987). La germinación muy rápida se constató para *Haloxylon recurvum* y *Haloxylon salicornicum* (Sharma y Sen, 1989) y *Limonium axillare* (Mahmoud *et al.*, 1983), y se consideró que era una estrategia para utilizar el breve periodo de disponibilidad de agua después de la lluvia. Rogers *et al.*, (1995), sugirió que una rápida germinación asegura un rápido establecimiento de las plántulas, minimizando así la competencia.

Experimentos de recuperación mostraron que la exposición de semillas a varias salinidades y regímenes de temperatura tienen un pequeño efecto en la viabilidad de semillas. Los pretratamientos de salinidad tuvieron un efecto estimulador en la germinación y la velocidad de germinación fue mayor para el experimento de recuperación que para el experimento de germinación de semillas.

La recuperación de la germinación de halófitas subtropicales demostró alguna variabilidad en su tolerancia a la sal cuando se expusieron a alta salinidad y estrés térmico en el suelo (Khan y Gul, 2002). *Arthrocnemum macrostachyum* mostró una sustancial recuperación en 1000 mmol/L de NaCl (Khan y Gul, 1998) y otras como *Aeluropus lagopoides* (Gulzar y Khan, 2001), *Atriplex stocksii* (Khan, 1999), *Limonium stocksii* (Zia y Khan, dato inédito) y *Urochondra setulosa* (Gulzar *et al.*, 2001) mostraron una alta recuperación en 600 mmol/L de NaCl. Mientras *Cressa cretica* (Khan, 1999), *Haloxylon stocksii* (Khan y Ungar, 1996), *Salsola imbricata* (Khan, dato

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

inédito), *Suaeda fruticosa* (Khan y Ungar, 1998) y *Sporobolus ioclados* (Khan y Gulzar, 2003) mostraron una pobre respuesta a la recuperación.

Las semillas no germinadas de ambas soluciones de NaCl y agua de mar cuando se transfirieron a agua destilada se recuperaron completamente. La habilidad de las semillas de halófitas para sobrevivir a condiciones hipersalinas y germinar cuando la salinidad es reducida les proporciona múltiples oportunidades para el establecimiento de cohortes en ambientes salinos impredecibles (Khan y Ungar, 1997a). Su tolerancia a la salinidad durante el almacenamiento en el banco de semillas confiere una exitosa estrategia reproductiva en estas condiciones impredecibles. La supervivencia de las semillas bajo condiciones extremas ofrece a estas especies una estrategia para el reclutamiento con éxito en un duro ambiente.

La temperatura es otro de los factores críticos involucrados en la modulación de las respuestas de la germinación de semillas bajo condiciones salinas (Khan, 2003). Las reservas de semillas se enfrentan a la alta salinidad y estrés térmico durante su almacenamiento en el suelo. Las semillas de las especies exitosas deben ser capaces de tolerar altas condiciones térmicas e hipersalinas y mantener su viabilidad.

La salinidad y la temperatura interactúan para afectar a la germinación de las halófitas (Khan y Rizvi, 1994; Khan y Ungar, 1997a, 1998; Khan y Gul, 1998). Los efectos adversos de la alta salinidad son además agravados por cualquier incremento o descenso de temperatura (Khan y Rizvi, 1994; Khan, 2002). La germinación de algunas halófitas se produce a veces cuando hay una combinación óptima de la duración del día, régimen de temperatura, y salinidad (Naidoo y Naicker, 1992; Gutterman *et al.*, 1995; Khan, 2002).

La latencia forzada para las semillas de halófitas en respuesta a condiciones salinas es una ventaja selectiva para el crecimiento de las plantas en hábitats altamente salinos porque las semillas podrían resistir altos estreses de salinidad y proporcionar una alternativa viable al banco de semillas para el reclutamiento de nuevos individuos, pero la germinación de semillas podría estar limitada a períodos cuando los niveles de salinidad del suelo están dentro de los límites de tolerancia de las especies (Ungar, 1982). Sin embargo, las semillas de halófitas difieren en su habilidad para recuperarse del estrés salino y germinar después de estar expuestas a condiciones hipersalinas. El incremento de la duración de la latencia de las semillas fue previamente observado en estudios de otras especies de hábitats salinos (Ungar, 1978; Marañón *et al.*, 1989; Espinar *et al.*, 2004). Esta capacidad para evitar la germinación en hipersalinidad podría ser una estrategia usada por estas plantas para evitar la sequía estival. Este tipo de respuesta ha sido relacionada con la necesidad de tomar ventaja en los períodos con condiciones ideales para el establecimiento (*i.e.*, “ventanas de germinación”, Noe y Zedler, 2001; o “ventanas de oportunidad”, Eriksson y Fröborg, 1996). En un clima mediterráneo, las semillas mantienen la latencia durante el verano, y descensos de

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

salinidad después de las primeras lluvias, permite la germinación durante el otoño e invierno (Chapman, 1974).

La mayoría de semillas están localizadas cerca de la superficie del suelo, donde la concentración salina cambia por la continua evaporación de agua del suelo (Ungar, 1991). La lluvia puede lixiviar rápidamente las sales de la superficie del suelo y suministrar agua a las semillas. Por tanto, para el éxito del establecimiento de plantas en ambientes salinos, las semillas deben permanecer viables en alta salinidad y germinar cuando la salinidad desciende (Khan y Ungar, 1997a). Se sabe que las semillas de halófitas mantienen la viabilidad de las semillas por extensos periodos de tiempo durante exposiciones a alta salinidad, e inician la germinación cuando la salinidad se reduce (Keiffer y Ungar, 1995; Khan y Ungar, 1998, 1999; Khan, 2002). La recuperación de la germinación de semillas de condiciones hipersalinas está afectada por el régimen de temperaturas al que las semillas están expuestas (Khan y Ungar, 1997a). Las especies halofíticas muestran un amplio rango de respuesta a la recuperación de la germinación cuando el estrés salino es aliviado (Khan, 2002). La estimulación de la elongación de la raíz por la presencia de sales probablemente juega un papel importante en evitar el estrés salino de los suelos a nivel superficial, dentro de las concentraciones salinas donde aún se produce la germinación.

Por último, los requerimientos de luz para la germinación de las semillas de halófitas son bastante variados (Baskin y Baskin, 1998) y van desde no tener ningún efecto a ser un requerimiento obligado para la germinación (Thanos *et al.*, 1991; DeVilliers *et al.*, 1994; Khan y Rizvi, 1994; García *et al.*, 1995; Andrews, 1997; Khan y Ungar, 1997b, 1998, 1999).

### **2.2.4. Las halófitas: herramientas útiles para la rehabilitación de tierras degradadas y la protección del suelo en ambientes áridos y semiáridos**

Las halófitas se distribuyen en zonas costeras y hábitats salinos interiores alrededor de todo el mundo (Adam, 1990; Ungar, 1991), y sus poblaciones están sujetas a riesgos altos de mortalidad por la acción directa de alto estrés salino u otros factores abióticos asociados (Ungar, 1991). Las semillas de las halófitas normalmente muestran un óptimo de germinación en agua dulce similar a los glicófitos, pero se diferencian en su habilidad para germinar en altas salinidades (Ungar, 1995).

Las halófitas perennes varían en su habilidad para tolerar la salinidad (Khan, 2002, 2003), y esta variación podría deberse a factores tales como la luz, la temperatura, y el estrés hídrico (Baskin y Baskin, 1998; Mahmoud *et al.*, 1983; Noe y Zedler, 2000). La tolerancia también varía con el estado de su ciclo de vida, que podría ser expresado como: 1) La habilidad para tolerar alta salinidad sin perder viabilidad mientras están almacenadas en el suelo (banco de semillas), 2) La capacidad para germinar en altas

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

salinidades y 3) La habilidad para completar sus ciclos de vida en altas salinidades (Khan y Gul, 2002).



Figura nº 16. *Arthrocnemum macrostachyum* habita en marismas y saladares mediterráneos sometidos a una cierta estacionalidad o estiaje, soportando condiciones de salinidad extremas (Florasilvestre, 2012).

Las halófitas poseen mecanismos de tolerancia que incluyen combinaciones de: **1)** exclusión de la sal, **2)** disolución de concentraciones iónicas por incremento de la succulencia, **3)** consumo y compartimentación de sales, y **4)** extrusión activa de sales (Keiffer y Ungar, 1997b). El consumo de solutos inorgánicos por las plantas, lo que reduce el potencial de agua interno, puede contrarrestar un bajo potencial hídrico del suelo. Al mismo tiempo, altas concentraciones iónicas internas en las plantas puede alterar o dañar el metabolismo o funciones fisiológicas (Rozema, 1991). Así, la exclusión de iones y el balance entre varios iones puede representar importantes mecanismos de tolerancia a la salinidad en halófitas (Watah *et al.*, 1991), así como la presencia de diferentes solutos osmóticamente compatibles (Cavalieri y Huang, 1981).

Las plantas, atendiendo a su adaptación a los medios salinos, se pueden agrupar en:

- **No halófitas:**

Son aquellas que no han desarrollado mecanismos de adaptación. La mayoría de plantas cultivadas.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- **Halófitas:**

Están adaptadas a vivir en medios salinos. Las halófitas pueden agruparse en:

- a) Euhalófitas: acumulan sales en sus tejidos. Son las más tolerantes a las sales. Ejs.: *Salicornia sp.*, *Arthrocnemum sp.*
- b) Crinohalófitas: tienen glándulas excretoras que les permiten eliminar soluciones altamente salinas, por lo general en el envés de las hojas. Ejs.: *Limonium sp.*, *Frankenia pulverulenta*.
- c) Glicohalófitas: tienen la capacidad de realizar una absorción selectiva frente a las sales.
- d) Locahalófitas: localizan sales en estructuras especiales, con lo que controlan su distribución en los tejidos.

La existencia de plantas adaptadas a medios salinos puede servir para mejorar estos suelos. El cultivo de plantas de este tipo puede resultar efectivo para hacer disminuir la salinidad o la sodicidad del suelo (fitorremediación) (Qadir *et al.*, 2002; Ghaly, 2002).

Al existir una relación estrecha entre las comunidades vegetales y los niveles y tipos de salinidades de los suelos, resulta posible llevar a cabo interpretaciones acerca del tipo y nivel de salinización de los suelos a partir del estudio de la vegetación.

### 2.3. XEROJARDINERÍA: JARDINERÍA DE AMBIENTES ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS

Espacio de juegos, lugar de encuentro, oportunidad para el contacto con la naturaleza... Los parques y jardines facilitan la posibilidad de desarrollar un atractivo conjunto de actividades en un escenario agradable y relajante, constituyendo uno de los equipamientos más apreciados por los ciudadanos. De hecho, la superficie de espacio verde público por habitante se ha convertido en uno de los parámetros básicos para valorar la calidad de un asentamiento urbano (Heras, 2003).

Pero los espacios verdes se han convertido también en los grandes consumidores de agua en las ciudades. Ello se debe al incremento de las superficies verdes públicas, pero también a los cambios en el diseño de los jardines. Muchos parques y jardines de nueva creación, a diferencia de los jardines históricos, cuentan con menos árboles y arbustos y más superficie cubierta de césped. Y es precisamente el césped el principal destino del agua en los jardines. Los estudios realizados en un conjunto de parques públicos de la zona de San Francisco (EEUU) revelaron que, en un parque “tradicional”, el agua empleada para el riego del césped suponía el 90% del total consumido, mientras que los céspedes cubrían sólo el 40% de la superficie de los parques (Heras, *op cit.*).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

El auge de las viviendas unifamiliares con jardín es también causa de importantes incrementos de consumo de agua en las ciudades. Un estudio realizado hace unos años en una población de la periferia madrileña concluía que las viviendas con jardín consumían, por término medio, entre 2,5 y 4,5 veces más agua que los pisos y viviendas sin jardín de la misma localidad.

En la sociedad española, la progresiva conciencia de la escasez del recurso agua se está traduciendo en un interés cada vez mayor sobre las posibilidades de ahorro y uso eficiente.

Actualmente existen opciones que permiten combinar el diseño, instalación y mantenimiento de jardines con un uso responsable del agua. Estos jardines utilizan técnicas de xeriscape o xerojardinería, también denominada jardinería sostenible, naturación o jardinería de bajo mantenimiento o de bajo consumo, una modalidad de jardinería que pretende el uso eficiente del agua en los jardines, adaptándose a las condiciones climáticas del entorno (Agua-Dulce, 2012).

Xeriscape, fusión de los términos “xérico” (seco) y “landscape” (paisaje), que quizás podríamos traducir en nuestra lengua por “xerojardín” o “xerojardinería”, significa jardinería eficiente en el uso del agua. El término xeriscape fue introducido en los Estados Unidos en 1981 en el estado de Colorado siendo más tarde adoptado por el National Xeriscape Council (Consejo Nacional para el Xeriscape) en Austin, Texas, desde donde se dio a conocer de una forma generalizada (Burés, 1991).

El agua es uno de los principales recursos naturales y el tema de la conservación de este recurso ha alcanzado en los últimos años a la jardinería y horticultura estadounidense y, por ende, del resto de países.

El xeriscape requiere la implementación de una serie de pautas de ahorro de agua en todas las fases de planificación del paisaje, desde la fase de diseño del jardín hasta la instalación o su mantenimiento.

Aunque el término parece indicar lo contrario, xeriscape no significa jardines de cactus ni jardines despojados de plantas; no significa tampoco una merma en la calidad de la jardinería. El xeriscape no es más que un paisaje tradicional transformado de forma que sea eficiente en el uso del agua. Tampoco requiere la introducción de especies nuevas o exóticas; muchas de las plantas nativas de cada zona poseen una elevada tolerancia a la sequía y/o salinidad y pueden ser utilizadas con éxito en el xeriscape (Burés, *op. cit.*).

Los conceptos básicos para conseguir un jardín con unas mínimas necesidades de riego son las siguientes:

1. Planificación y diseño adecuados.
2. Análisis del suelo.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

3. Selección de especies.
4. Zonas de césped y tapices verdes.
5. Uso de recubrimientos del suelo.
6. Sistemas de riego eficientes.
7. Mantenimiento adecuado.

A continuación se detallan cada uno de estos conceptos básicos.

### **2.3.1. Planificación y diseño adecuados**

Un buen diseño previo nos proporcionará orientación a lo largo de todas las fases de la creación del jardín y asegurará que las diferentes técnicas de ahorro de agua estén bien coordinadas y resulten eficaces.

Todo diseño debe comenzar por un cuidadoso reconocimiento de los rasgos del clima local y de las características ambientales del terreno con el que contamos: debemos identificar cuáles son las zonas más húmedas y las más secas, cuáles son las más soleadas o las más sombrías, qué espacios se encuentran más expuestos al viento y cuáles están más resguardados. Este reconocimiento del terreno es muy útil a la hora de diseñar el jardín, porque permite:

- adaptarse a sus características: por ejemplo, las zonas más soleadas (aquellas expuestas al sol de mediodía y al de la tarde) serán las más idóneas para las plantas que aprecian la luz y resisten mejor la sequedad;
- efectuar correcciones: por ejemplo, disponiendo barreras vegetales que sirvan de cortavientos o colocando árboles que proporcionen sombra en los puntos más soleados.

Si nuestro terreno posee un buen suelo y un perfil suave, lo más recomendable es adaptarse a él tanto como sea posible para evitar deteriorar su estructura natural. No obstante, si tiene pendientes fuertes, puede resultar oportuno realizar algunas rectificaciones para prevenir la erosión y la pérdida de agua por escorrentía. Una opción consiste en realizar terrazas o abancalamientos en las zonas de mayor pendiente, tal y como muestra la Figura nº 17.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

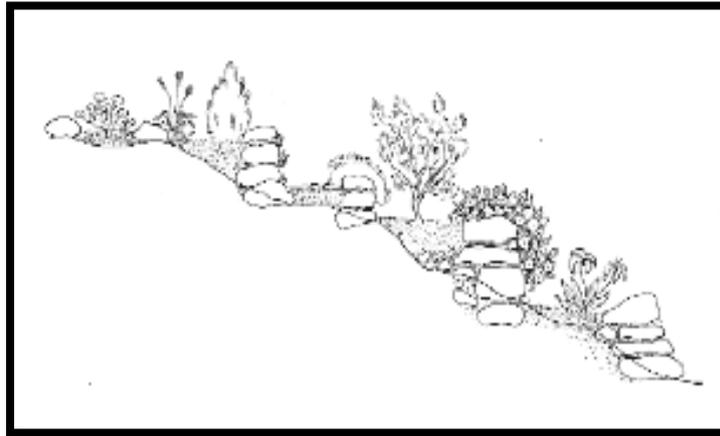


Figura n° 17. Control de la erosión de una ladera mediante terrazas (Agua-Dulce, 2012).

Las terrazas sujetas por muros de piedra no sólo evitan que los taludes se desmoronen; también sirven para crear fondos de gran belleza.

La definición del jardín, de acuerdo con el xeriscape, implica la separación de tres zonas diferenciadas con respecto al uso del agua, llamadas hidrozonas: de consumo bajo, moderado y alto.

Las zonas de bajo consumo hídrico requieren muy poca o ninguna aplicación suplementaria de agua después del establecimiento. Las zonas de uso moderado contienen aquellas especies que requieren algún suministro adicional de agua durante los períodos más secos y cálidos. Las zonas de elevado consumo constituyen áreas limitadas del jardín, donde se proporciona a las especies vegetales los requerimientos óptimos durante todo el año. El concepto de xeriscape limita las zonas de alta demanda de agua.

Esta división obliga a agrupar las plantas en hidrozonas de acuerdo con sus necesidades hídricas, lo que implica un conocimiento de las necesidades de las distintas especies a utilizar.

### 2.3.2. Análisis del suelo

Un elemento esencial de todo jardín es su suelo. Debemos destacar que una de las medidas más eficaces es elegir las especies vegetales que se adapten mejor a las condiciones del suelo (pH, textura, tipo de drenaje...) en lugar de corregir y enmendar unas y otras.

El éxito de la xerojardinería está fuertemente relacionado con la gestión del suelo y de sus propiedades. Por tanto, es obligado conocer las características y

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

propiedades del suelo que se ajardina o la zona que se restaura. Todos los esfuerzos en la gestión del suelo no tienen otro objetivo que garantizar a las raíces de las plantas el acceso al agua, los nutrientes y el oxígeno para que se desarrollen saludablemente (Cifuentes, 2001).

Las características del suelo condicionarán las especies que resultan viables y también influirán en el consumo de agua. De hecho, la velocidad a la que se infiltra el agua en el suelo, así como la capacidad que éste tiene para retenerla dependen en buena medida de su textura, es decir, de la proporción de arenas (partículas que tienen entre 0,05 y 2 mm de diámetro), limos (entre 0,002 y 0,05 mm) y arcillas (partículas menores de 0,002 mm) que contiene. En los suelos arcillosos (que son aquellos que contienen más de un 55% de arcillas) el agua penetra con dificultad y tiende a extenderse en superficie, produciendo encharcamientos y escorrentías. Por el contrario, en los arenosos (con más del 85% de arenas) el agua penetra muy fácilmente y se pierde en el subsuelo, ya que la capacidad de retención de la humedad es muy baja. Por lo tanto, aunque por razones diferentes, ni los suelos muy arenosos ni los muy arcillosos son idóneos para el jardín. Resultan mucho más adecuados los suelos denominados francos (con menos de un 25% de arcillas y proporciones parecidas de arenas y limos) o franco arcillosos.

Si el suelo del terreno que deseamos ajardinar no posee una mínima calidad, será necesario realizar enmiendas o correcciones.

En ocasiones el terreno ha sido rellenado con escombros procedentes de construcciones cercanas. En este caso hay que añadir una capa de suelo, retirando, si es necesario, parte de los materiales depositados previamente.

Si el suelo es pobre en materia orgánica es muy recomendable añadirla, especialmente en las zonas dedicadas a flores o arbustos. Así se mejora la capacidad del suelo para absorber y almacenar agua que estará disponible para las plantas.

Si el suelo es excesivamente arcilloso, conviene instalar un drenaje y aportar frecuentemente materia orgánica.

### **2.3.3. Selección de especies**

La selección de las especies que plantemos en el jardín va a condicionar, no sólo la cantidad de agua consumida, sino también el mantenimiento que debemos realizar. Además, determinadas especies son especialmente exigentes en cuanto al aporte de fertilizantes, productos fitosanitarios, poda, etc. generando un elevado consumo de estos productos y aumentando el gasto de implantación y mantenimiento.

Teniendo en cuenta la gran diversidad de especies vegetales existentes, podemos orientar nuestra elección hacia especies autóctonas, las cuales cuentan con la ventaja de que se encuentran totalmente adaptadas a las condiciones climáticas de la

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

zona en la que vivimos. Muchas de estas especies son una buena alternativa a especies ornamentales usadas tradicionalmente en climas semiáridos debido a su buena resistencia a plagas y enfermedades, elevada tolerancia a la salinidad, alta eficiencia en el uso del agua y pautas de crecimiento bien adaptadas a las condiciones edafoclimáticas existentes en estas zonas (Martínez Sánchez *et al.*, 2008).



Figura nº 18. *Cistus albidus* es una especie que habita en ambientes soleados, soporta bien la sequía estival y cualquier tipo de suelo, aunque prefiere los ricos en cal. Tiene un gran valor ornamental y es además muy interesante en ajardinamientos de bajo mantenimiento.

La cantidad necesaria de riego va a disminuir notablemente, ya que su ciclo de crecimiento se regula en función de las características meteorológicas de cada época del año.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura nº 19. *Chamaerops humilis* es apropiada por sus características de zonas secas y de fuerte insolación, principalmente en las regiones costeras o próximas a la costa. Tiene un gran valor estético.

Por otra parte, todas las especies que crecen en nuestro medio habitual van a ser mucho menos sensibles a plagas o enfermedades, ya que llevan mucho tiempo conviviendo con ellas y han desarrollado mecanismos de protección.



Figura nº 20. *Cistus salvifolius* habita en lugares secos y soleados sobre terrenos de cualquier naturaleza. Florece de marzo a junio, o incluso más tarde, hasta noviembre. Se cultiva como ornamental, al igual que su híbrido con *C. populifolius*, el *Cistus x hybridus* Pourr., comercializado como *Cistus x corbariensis* Pourr. ex Dunal (López-González, 2004).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Sin ir más lejos, los árboles, arbustos y matas propios de la región mediterránea son ampliamente apreciados en jardinería por su belleza y sus aromas, siendo especies que requieren poco riego y están adaptadas a soportar condiciones edafoclimáticas extremas como salinidad, yesos, calizas, altas temperaturas, insolaciones y períodos de sequía.



Figura nº 21. *Anabasis hispanica* crece en matorrales abiertos sobre laderas secas y soleadas o taludes descarnados, en terrenos margosos, yesosos o salobres, al nivel del mar o a escasa altitud (López-González, 2004). Además de su rusticidad, su valor estético le confiere un indudable potencial como planta ornamental.

De las casi 250.000 especies de plantas vasculares descritas hasta la fecha, alrededor de unas 25.000 habitan en la Región Mediterránea, y el 60% son endémicas. Dicha región, que cuenta con una superficie superior a los dos millones de kilómetros cuadrados, tiene una de las floras más ricas del mundo, configurándose como uno de los santuarios de la conservación de la diversidad biológica mundial. La flora mediterránea, comparándola por ejemplo con la eurosiberiana es pobre en especies arbóreas, pero mucho más rica en arbustos, matas y herbáceas, mucho más útiles en jardinería.

La Península Ibérica alberga la mayor riqueza florística europea con 7.500 especies vegetales (8.500 taxones contando las subespecies) de las que cerca del 20% son endémicas (Devesa, 2006).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura nº 22. *Helianthemum almeriense* se desarrolla en matorrales heliófilos, en lugares semiáridos, sobre sustratos micacíticos, calizos, yesíferos, volcánicos e incluso en arenas litorales consolidadas, entre el nivel del mar y los 1000 (1300) m de altitud (Blanca *et al.*, 2009).

En la Comunidad Autónoma de Andalucía están presentes cerca de 4.000 especies o subespecies con un porcentaje de endemismos muy alto, con aproximadamente unos 400 táxones de endemismos exclusivos de Andalucía, entre ellos *Limonium tabernense*, que se distribuyen especialmente en las zonas montañosas y semiáridas de la mitad oriental.

En este contexto, Almería cuenta con aproximadamente 2.800 táxones vegetales entre especies y subespecies, solamente superada por la provincia de Granada que cuenta con 3.500 táxones. A ellos se une un alto número de taxones íberonorteafricanos, que encuentran en nuestro territorio sus únicas localidades europeas (Sáinz *et al.*, 1994).

El catálogo florístico mediterráneo incluye plantas para zonas frías, cálidas, hiperxéricas, húmedas, de altura o cercanas a la costa, para terrenos calizos, silíceos, salinos o gípsicos. Es decir, incluye plantas para la inmensa mayoría de situaciones posibles. Hay plantas mediterráneas con floración llamativa, aromas agradables, follaje de tonos azules, grises, rojizos y toda la gama de verdes. Con la abundancia y variedad señaladas no se comprende que no sean las plantas de los ecosistemas mediterráneos las protagonistas en los jardines de nuestro entorno.

La propuesta no es nueva. La vegetación que utilizaban los maestros jardineros hispano-árabes era numerosa en especies, aunque el elenco incluía sólo las mediterráneas. El *Libro de Agricultura del Doctor Excelente Abu Zacaríá*, escrito en el siglo XII, describe cuál es la óptima disposición de huertos y jardines y reseña los árboles que se cultivaban: olivo, algarrobo, laurel, castaño, alfónsigo, cerezo, níspero, granado, palmera, bananero, morera, cinamomo, encina, pino, ciprés, plátano, almez, fresno, sauce y acacia; entre los arbustos y plantas de flor menciona el arrayán, la

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

adelfa, los jazmines de flor blanca y amarilla, el espino majuelo, la hiedra y alhelíes, azucenas, narciso, nenúfar, lino, matricaria, peonía, violeta, albahaca, etc. (Cifuentes, 2001).

El ambiente mediterráneo tiene limitaciones climáticas y edáficas y su flora no es tan exuberante ni frágil como las plantas tropicales o subtropicales pero con composiciones equilibradas y armónicas pueden alcanzar el protagonismo que en otros tiempos tuvieron en los jardines de los palacios hispano-árabes.



Figura nº 23. De izqda. a dcha.: *Anthyllis cytisoides*, *Lavandula stoechas* y *Thymus hyemalis*. No es necesario adquirir plantas poco comunes o exóticas para tener un jardín de bajo mantenimiento. La mayoría de nuestras plantas autóctonas pueden sobrevivir largos períodos de disponibilidad limitada de agua y nutrientes una vez se han establecido en el jardín.

Uno de los tesoros de la jardinería mediterránea lo constituyen ese conjunto de matas y arbustos genéricamente denominados plantas aromáticas debido a su intensa fragancia propia de sus aceites esenciales. En su mayoría son especies pertenecientes a la familia *Lamiaceae*, llamadas vulgarmente labiadas. El romero (*Rosmarinus officinalis*), los tomillos (*Thymus* spss.), las salvias (*Salvia* spss.), el espliego (*Lavandula* spss.) y el cantueso (*Lavandula stoechas*) son algunas de las especies de este grupo, cuya resistencia a la sequía es notable. En jardinería se utilizan a menudo en composiciones mixtas, formando islas o arriates. Algunas especies, como el romero, también pueden emplearse para componer setos.

Los arbustos mediterráneos siempreverdes se han plantado en los jardines de toda Europa, apreciados por su lustre y frugalidad. Podemos citar entre ellos el madroño (*Arbutus unedo*), el durillo (*Viburnum tinus*), las jaras y jaguarzos como la jara blanca o estepa (*Cistus albidus*) o la jara pingosa (*Cistus ladanifer*), y el lentisco (*Pistacia lentiscus*).

Entre los árboles hay también especies que han encontrado lugar en los mejores jardines, como el almez (*Celtis australis*), el laurel (*Laurus nobilis*), el olivo (*Olea europea*), la higuera (*Ficus carica*), etc.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

Conocer la vegetación natural de nuestra región, sus requerimientos y características ecológicas y fisiológicas, así como sus aptitudes y potencialidades es de gran utilidad en este sentido. Se trata de un buen método para descubrir plantas autóctonas que pueden cultivarse bien en nuestro jardín.

Una adecuada selección de las especies basada en su conocimiento previo deberá tener en cuenta la función que cada especie tendrá en el jardín. ¿Deseamos crear una zona de sombra densa? ¿Queremos crear una pantalla verde para crear un rincón con intimidad? ¿Necesitamos controlar la erosión en un pequeño talud? A la hora de elegir hay que valorar las aptitudes de las diferentes especies para jugar el papel que le hemos reservado en nuestro jardín.

Por último, es necesario seleccionar grupos de especies con requerimientos similares. Las especies que deban compartir un mismo espacio deberán tener requerimientos similares de luz, suelo, necesidades hídricas, etc.

### **2.3.4. Zonas de césped y tapices verdes**

El césped es el gran consumidor de agua en los jardines modernos y requiere un mantenimiento frecuente e intenso. Normalmente, el césped es en la mayoría de los casos el principal consumidor de agua del jardín y representa más de dos terceras partes del agua total consumida en ellos para su mantenimiento. Por lo tanto, limitar su extensión en el jardín es una forma segura de reducir el consumo de agua de forma estable. Sin embargo, una selección adecuada de especies (existen especies cespitosas de baja demanda hídrica) y un buen mantenimiento puede permitir obtener un césped de calidad con un mínimo consumo de agua.

Las áreas de césped deberán situarse en aquellos puntos del jardín donde ofrezcan un mayor beneficio funcional, tales como en zonas de recreo o en pendientes para evitar la erosión. El césped debe estar separado de las plantas ornamentales para poder regar de forma diferenciada.

Cabe también la posibilidad de establecer un césped “estacional”, que entre en estado de latencia durante los períodos de baja pluviometría, dejando que se recupere cuando empiecen las primeras lluvias. Obviamente esta práctica no puede ser generalizada.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

Nombre científico	Nombre común	Altura aproximada (cm)	Exposición recomendada
<i>Ajuga reptans</i>	Consuelda media	10	Semisombra
<i>Armeria maritima</i>	Armeria de mar	15	Sol
<i>Carpobrotus edulis</i>	Hierba del cuchillo	10	Sol
<i>Cerastium tomentosum</i>	Nieve de verano	15	Sol
<i>Dianthus deltoides</i>	Clavelina	15-30	Sol
<i>Hedera helix</i>	Hiedra	10	Sol y/o sombra
<i>Hypericum calycinum</i>		15	Sol y/o sombra
<i>Iberis sempervirens</i>	Carraspique	15	Sol
<i>Origanum vulgare</i>	Orégano	30	Sol
<i>Sedum acre</i>	Pan de cuco	5	Sol
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Carrasquilla	10-30	Semisombra
<i>Vinca major</i>	Vinca mayor	15-30	Semisombra
<i>Vinca minor</i>	Vinca menor	5-10	Semisombra

Tabla nº 9. Algunas plantas tapizantes de uso común (Agua-Dulce, 2012).

En el caso de las piscinas el césped representa uno de los mayores atractivos para realizar las actividades propias de esta, como por ejemplo tumbarse al sol, por ello hay que plantearse diferentes acciones que minimicen estos aspectos:

- Diseñar las zonas de césped de manera sencilla, ya que son más fáciles de regar (círculo, cuadrado, rectángulo).
- Valorar la variedad a plantar, ya que podemos encontrar céspedes muy resistentes y con unas necesidades hídricas mucho menores que de otro tipo más ornamental y con mayores necesidades. Por ejemplo, existen en el mercado especies resistentes a la sequía como la grama o bermuda grass (*Cynodon dactylon*), kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), gramón, hierba de San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), zoysia (*Zoysia japónica*) y hierba de bahía (*Paspalum notatum*) entre otras.
- Tener en cuenta que los céspedes que requieren un menor consumo suelen ser de hoja más ancha, siendo muy adecuados para climas cálidos.
- Seleccionar el tipo de césped según el tipo de suelo, clima, precipitaciones, temperatura, humedad, predominancia de sol y sombra, resistencia al pisoteo intenso, usos, etc. Por ejemplo, en climas frescos las más resistentes a la escasez de agua son la *Festuca arundinacea* y la *Festuca ovina*, siendo adecuado que predominen en la mezcla.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Evitar plantar césped en todas aquellas zonas alejadas de sus lugares de uso y disfrute, así como aquellas zonas con pendientes fuertes, mejor optar por otras plantas tapizantes.
- Valorar la posibilidad de emplear césped artificial en algunas zonas específicas como terrazas, bordes de piscinas, instalaciones deportivas como pistas de fútbol, paddle, hockey, zonas de juego, etc., su consumo de agua es muy inferior.

Afortunadamente, es posible lograr atractivas alfombras verdes en el jardín sin necesidad de recurrir al césped. Para ello contamos con una serie de plantas «cubresuelos» o tapizantes, que resultan muy interesantes porque:

- son capaces de profundizar más con sus raíces, fijando mejor el suelo y aprovechando mejor el agua;
- requieren muy pocos cuidados (no precisan siegas periódicas);
- proporcionan bonitos efectos visuales gracias a sus flores o frutos.

A la hora de elegir las especies, es importante tener en cuenta que no todas las plantas tapizantes admiten el pisado.

Las plantas tapizantes se pueden emplear en aquellos lugares de pendiente pronunciada para evitar la erosión del suelo, entre losas, en los caminos, entre grietas de muros, bajo los árboles o en alfombras verdes para pisar o contemplar.

### 2.3.5. Uso de recubrimientos del suelo

Una de las técnicas más eficaces para reducir las pérdidas de agua por evaporación, y que al mismo tiempo consigue un agradable efecto estético, es el acolchado o mulching. Esta técnica consiste en recubrir superficies del suelo del jardín con materiales como piedras, gravas, cortezas de árbol, astillas, escorias, picón, etc.

Estos acolchados o recubrimientos, evitan la pérdida de agua porque:

- Impiden el calentamiento excesivo del suelo.
- Protegen contra el viento.
- Evitan la formación de costras en la superficie del suelo.
- Obstaculizan la erosión y la escorrentía superficial.

Además, los recubrimientos evitan la aparición de malas hierbas, disminuye la frecuencia de riegos, protegen contra las heladas y facilitan la ocultación de los sistemas de riego.

Los cuidados culturales, mantenimiento, son menores y el ahorro de tiempo y dinero en estas partidas compensa el gasto inicial que supone el suministro e incorporación de las cubiertas. El amplio catálogo de materiales que cumplen esta función nos ofrece la posibilidad de seleccionar el más adecuado a las características del

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

especie que se ajardina o restaura por la variada oferta de colores y texturas (Cifuentes, 2001).

Algunos tipos de recubrimientos de uso común son:

### **De origen orgánico:**

- Corteza de pino
- Acícula de pino
- Paja de cereal
- Restos de podas

### **De origen inorgánico:**

- Piedras
- Gravas
- Arena de albero
- Tierras volcánicas
- Escorias

Los recubrimientos orgánicos tienen la ventaja añadida de que, al irse descomponiendo, enriquecen el suelo y lo fertilizan.

Los restos de las podas y las siegas realizadas en el jardín pueden emplearse como materia prima para los recubrimientos. Para ello será necesario utilizar una trituradora mecánica, o bien separar los restos leñosos más gruesos. También pueden realizarse acolchados a base de corteza de pino, que reducen de forma muy eficaz la evaporación, aligeran el suelo y facilitan la emisión de raíces por parte de las plantas. Tienen una larga duración, ya que la corteza se degrada muy lentamente. Su color oscuro resalta las plantas del jardín, produciendo un agradable efecto estético.

Para realizar un acolchado orgánico, se extiende una capa de 10 a 15 cm de espesor, que deberá irse reponiendo a medida que se descomponga. Los recubrimientos hechos con materiales muy menudos, como la acícula de pino, deben ser repuestos anualmente, mientras que los formados por cortezas o madera son mucho más duraderos.

El mejor momento para extender el acolchado orgánico es el final de la época de lluvias, cuando la tierra se encuentra bien empapada de agua.

Los recubrimientos inorgánicos pueden realizarse con materiales de diferentes coloridos y texturas, lo que permite lograr efectos estéticos muy notables. El espesor recomendable de la capa es inferior al del acolchado orgánico, siendo casi siempre suficiente con 5 cm.

Hay que tener en cuenta que los recubrimientos con materiales muy finos en superficies que no sean planas pueden desplazarse por efecto del riego o del viento.

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

## 2.3.6. Sistemas de riego eficientes

Practicar una jardinería con menos agua tiene algunas ventajas añadidas a la satisfacción de estar realizando un uso responsable de un recurso escaso. Los jardines de bajo consumo de agua tienen unas menores necesidades de mantenimiento (un menor riego se traduce en una menor necesidad de tareas como cortar el césped, recortar setos o controlar malas hierbas) y también significa menores requerimientos de productos fitosanitarios. Ambas cuestiones se traducirán también en ahorros económicos que pueden ser muy significativos. Por otra parte, la estética de los jardines puede verse mejorada; de hecho, los jardines históricos son, en su mayoría, jardines que requieren riegos muy modestos.

La aplicación de los principios de la jardinería con poca agua es ya una realidad en numerosos parques y jardines de nuestra geografía y está demostrando la viabilidad y el interés de estas propuestas. En la mayoría de los casos se han estimado reducciones del consumo de agua superiores al 50% respecto a los jardines al uso.

Uno de los principios básicos para un riego eficiente es diferenciar en el jardín sectores de riego o hidrozonas, en función de las dosis de riego. Éstas pueden ser de riego elevado, de riego moderado y de bajo consumo, distribuyendo las especies y diseñando los sistemas de riego de forma que el agua pueda ser suministrada independientemente a cada zona. Sólo así cada grupo de especies podrá recibir la cantidad de agua que necesita (véase la Figura nº 24).

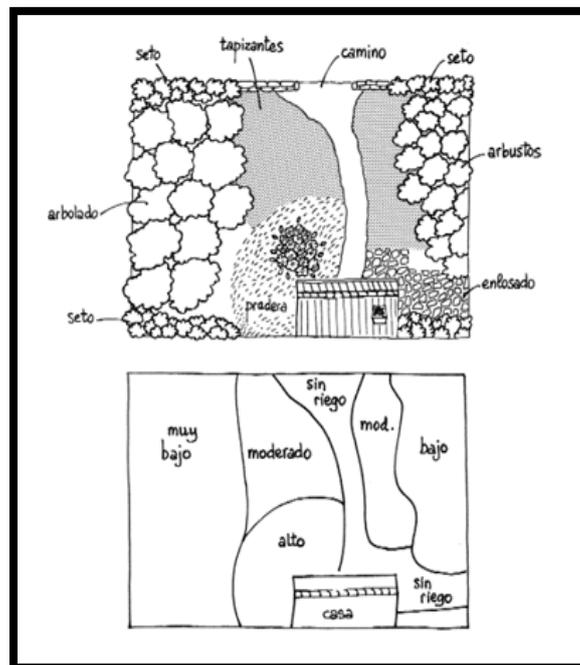


Figura nº 24. Esquema de un jardín dividido según zonas de riego o hidrozonas (Agua-Dulce, 2012).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

El riego debe adecuarse a las necesidades de las plantas y debe ser manejado de forma eficaz. Los sistemas de goteo o microaspersión son más eficientes en el uso del agua que los aspersores y deben utilizarse siempre que sea posible. El riego diario no es recomendable, puesto que favorece un sistema radicular superficial y provoca un aumento en las necesidades de aporte de agua.

Los tres sistemas de riego más empleados en la jardinería de bajo consumo de agua son:

- Riego localizado (goteo y microaspersión).
- Riego por aspersión.
- Riego por superficie o por inundación.

En el **riego localizado** el agua se aplica a la planta mediante goteros, aplicándose gota a gota, a baja presión.

### **Ventajas:**

- Se produce una menor evaporación de agua que con otros sistemas de riego.
- Permite aportar a cada planta la cantidad exacta de agua, con lo cual el ahorro es considerable (de 2 a 5 veces menos que la aspersión).
- Exige poca presión (de 0,5 a 1,5 atmósferas) de 5 a 15 m.c.a. (metros de columna de agua).

### **Inconvenientes:**

- El coste de la instalación es mayor.
- La cal provoca problemas de obturación de los goteros.
- En terrenos salinos, el sistema de goteo puede provocar afloramiento de sales en los puntos de riego.

Los microaspersores y microdifusores tienen un funcionamiento similar al de aspersores y difusores, pero son mucho más pequeños y su radio de alcance es menor. Por eso permiten repartir el agua de forma mucho más precisa.

### **Microaspersores:**

- Proyectan el agua en pequeños chorros.
- Giran.

### **Microdifusores:**

- Proyectan el agua nebulizada.
- No giran.

En ambos casos los radios de acción oscilan entre 1 y 3 metros, y los caudales suministrados entre 10 y 50 litros por hora (véase la Figura nº 25).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

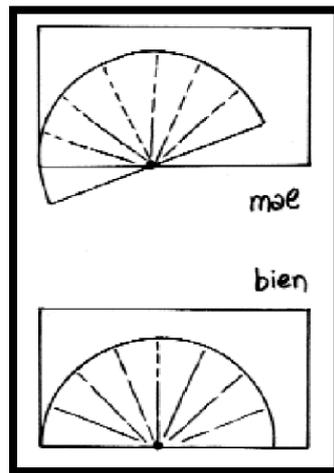


Figura n° 25. El riego debe adecuarse a la superficie a regar. Arriba puede verse un riego mal efectuado e ineficiente que deja parte de la superficie a regar sin riego mientras que riega otra superficie que no necesita riego. Abajo un riego adecuado a la superficie a regar (Agua-Dulce, 2012).

Microaspersores y microdifusores pueden colocarse directamente sobre el tubo que conduce el agua o bien instalarse sobre una corta derivación de éste, tal y como muestra la Figura n° 26 o bien pueden instalarse sobre las mismas conducciones que el goteo, lo que permite alternar ambos sistemas en un mismo tubo.

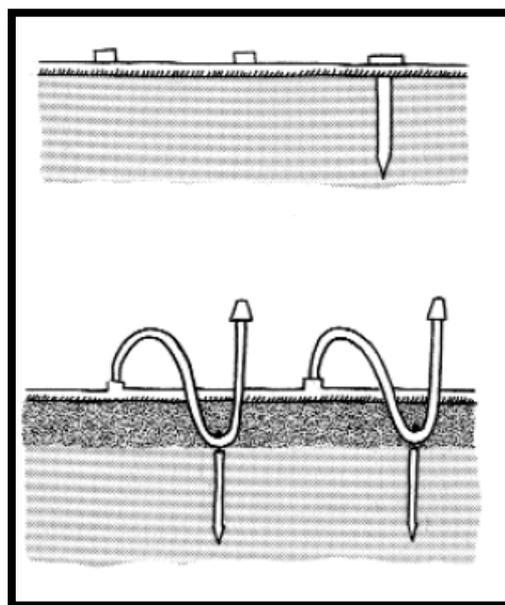


Figura n° 26. Microdifusores instalados sobre tubo de polietileno (Agua-Dulce, 2012).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

El **riego por aspersión** distribuye el agua como una lluvia de pequeñas gotas y es aconsejable en zonas de césped o similares. Dependiendo de la superficie del terreno a regar, optaremos por difusores o aspersores. La diferencia entre ambos es que los aspersores tienen movimiento giratorio y alcanzan más distancia, y los difusores no son giratorios y tienen menor alcance.

### **Ventajas:**

- Es eficaz en suelos con alta velocidad de infiltración.
- Permite controlar fácilmente los caudales a aplicar y los momentos de aplicación.
- Distribuye el agua de forma bastante homogénea.

### **Inconvenientes:**

- Cuando hay viento, el riego no es uniforme.
- Una parte del agua se queda mojando las superficies y se evapora.
- Se mojan las hojas y esto provoca, a veces, problemas sanitarios.

Los difusores tienen como ventaja una menor exposición del arco de riego al viento. Por el contrario, en superficies grandes el coste de la instalación puede ser un inconveniente importante.

El **riego de superficie o por inundación** tiene el inconveniente de que es más difícil calcular la cantidad de agua que se está aportando en cada zona. Además, es difícil acoplarse a la velocidad de infiltración de agua en el suelo y la eficiencia en el uso del agua es muy reducida perdiéndose grandes volúmenes de agua por evaporación y lixiviación por lo que es desaconsejable emplear este método de riego. Sin embargo, esta forma de riego es útil para zonas que necesitan aportaciones puntuales de agua en las épocas más secas.

Si el jardín es grande, es importante colocar un número suficiente de bocas de riego. Hay que procurar que la distancia entre bocas no sea mayor de 25 metros.

Para un notable ahorro de agua y un riego eficiente, son especialmente recomendables los sistemas de riego por aspersión y, fundamentalmente, de riego localizado. Estos sistemas son más eficientes si están acoplados a un programador, que permite aportar a las plantas las cantidades exactas deseadas, en los días y a las horas fijados.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

	<b>Aspersión y difusión</b>	<b>Riego localizado: goteo, microaspersión, microdifusión</b>	<b>Riego de superficie o por inundación</b>
<b>Características principales</b>	<b>Riego en forma de lluvia</b>	<b>Humedecimiento localizado por conductos superficiales y/o enterrados</b>	<b>Inundación de toda la superficie</b>
<b>Pendiente del terreno</b>	<b>Adaptable a todas las pendientes</b>	<b>Adaptable a todos los terrenos y pendientes</b>	<b>Nivelación con pendiente 0-1%</b>
<b>Permeabilidad</b>	<b>Cualquiera</b>	<b>Cualquiera</b>	<b>No recomendado para suelos de alta permeabilidad</b>
<b>Naturaleza del suelo</b>	<b>Muy adecuado en suelos muy ligeros</b>	<b>Cualquiera</b>	<b>Suelos con buena permeabilidad</b>
<b>Oscilación de caudales</b>	<b>Ajuste riguroso</b>	<b>Ajuste muy riguroso</b>	<b>Ajuste muy débil</b>
<b>Adaptabilidad al cultivo</b>	<b>Adaptable a la mayoría de los cultivos</b>	<b>Sólo válida para determinados cultivos</b>	<b>Utilizable en todos los cultivos</b>
<b>Acción del viento</b>	<b>Puede afectar a la eficiencia de aplicación</b>	<b>Afecta escasamente</b>	<b>No afecta</b>
<b>Riesgo de erosión</b>	<b>Débil</b>	<b>Nulo</b>	<b>Débil</b>
<b>Coste de las obras de puesta de riego</b>	<b>Elevado o muy elevado</b>	<b>Elevado</b>	<b>Depende del terreno</b>
<b>Pérdidas de agua</b>	<b>Reducidas</b>	<b>Muy reducidas</b>	<b>Depende mucho de la habilidad del regante; pueden ser elevadas</b>
<b>Cultivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Todas las especies de jardín</b>	<b>Variables</b>

**Tabla nº 10. Las alternativas de riego (Agua-Dulce, 2012).**

Además de lo expuesto anteriormente, es conveniente recordar una serie de consejos fáciles y útiles a tener en cuenta a la hora de efectuar el riego:

- Es conveniente evitar regar en las horas centrales del día cuando la temperatura es mayor y hace más calor; así se perderá menos agua por evaporación.
- Los árboles y arbustos recién plantados requieren riegos frecuentes. Sin embargo, una vez que han desarrollado bien sus raíces (lo que supone aproximadamente un par de años), los riegos serán cada vez menos necesarios.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

En muchos casos bastará con tres o cuatro riegos en el verano, y algunas especies no necesitarán riego alguno.

- Es preferible regar árboles y arbustos pocas veces aunque con generosidad. Las plantas desarrollarán así mejor las raíces y se harán más resistentes a las sequías.
- El riego debe plantearse con flexibilidad, adaptándolo a la meteorología. Es recomendable comprobar el grado de humedad del suelo antes de regar y evitar el riego con fuertes vientos para evitar el riego no uniforme en el sistema de riego por aspersión y evitar el incremento de pérdida de agua por evaporación.
- Tanto los difusores como los aspersores y goteros tienen diferentes tipos de caudales, alcances y recorridos. Es importante elegir los que mejor se ajusten a cada necesidad y regularlos cuidadosamente.
- Si se cuenta con un sistema de riego automatizado, pueden incorporarse un sensor de lluvia y un sensor de humedad para evitar riegos innecesarios.
- Hay que tener en cuenta que un riego superior a las necesidades de las plantas provoca un desarrollo superficial de las raíces, una mayor sensibilidad a los cambios climáticos y una debilidad general frente a las enfermedades.
- La limitación del empleo de fertilizantes en verano permite disminuir la demanda de agua de las plantas.

### 2.3.7. Mantenimiento adecuado

Un adecuado mantenimiento es fundamental para mantener la funcionalidad, la belleza, y el atractivo de nuestro jardín o restauración ecológico-paisajística, así como su eficiencia en el uso del agua.

De manera resumida las prácticas necesarias para el mantenimiento del xerojardín o de la restauración son las siguientes:

- Riego. Además de estar atentos a las condiciones meteorológicas, para evitar riegos innecesarios, es necesario prestar atención al sistema de riego, comprobando periódicamente la ausencia de fugas y su buen funcionamiento.
- Poda. Los árboles, en principio, no necesitan ser podados; la planta equilibrada con su porte natural, está más sana y aprovecha el agua más eficientemente.
- Reposiciones de aquellas plantas que no han arraigado o se han secado.
- Escardados. Para evitar la aparición de malas hierbas es conveniente entrecavar las zonas de alcorques y los parterres. No obstante, el empleo de recubrimientos nos ahorrará en buena medida esta pesada actividad.
- Siegas. Los céspedes muy cortos consumen más agua que los que se mantiene muy altos. Además, una siega alta y poco frecuente favorece el endurecimiento del césped, poseyendo a la larga una mayor resistencia a plagas, enfermedades y sequías.
- Cubiertas o “mulch”. Cada año es necesario sustituir las camas hechas con recubrimientos orgánicos finos y comprobar que los demás acolchados cubren adecuadamente los suelos, reponiendo lo perdido por nuevos materiales.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

### **2.4. GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y PROPÁGULOS BAJO ESTRÉS SALINO**

La germinación es un complejo fenómeno que involucra muchos cambios fisiológicos y bioquímicos y conduce a la activación del embrión. Sin embargo, durante las fases iniciales de germinación, los propágulos pueden comportarse de forma diferente en comparación con las semillas, pero fundamentalmente los tejidos embrionarios en ambos muestran más o menos el mismo patrón de crecimiento. Cualquier cambio desfavorable puede poner en peligro el proceso de germinación en gran medida (Wahid *et al.*, 1999).

La salinidad, entendida como un peligro abiótico, induce numerosos trastornos en semillas y propágulos durante la germinación. Inhibe completamente la germinación en altos niveles o bien induce un estado de latencia en bajos niveles. El primero reduce la imbibición de agua por el bajo potencial osmótico del medio. El segundo, causa toxicidad; es decir, que cambia la actividad enzimática, dificulta el metabolismo de las proteínas, altera el equilibrio de los reguladores del crecimiento vegetal y reduce la utilización de reservas de las semillas. Esto puede originar cambios en la ultraestructura celular y de tejido, o incluso a nivel de órganos.

La salinidad interactúa con ciertas plantas y factores ambientales durante la germinación. Entre los factores de la planta, la cubierta de la semilla, la latencia, la edad de la semilla, el polimorfismo de las semillas y el vigor de las plántulas ocupan un lugar destacado. Los factores ambientales incluyen la temperatura, la luz, la disponibilidad de agua y el oxígeno.

Se han hecho esfuerzos para mejorar los efectos adversos de la salinidad en la germinación mediante el empleo de ciertos agentes químicos y bioquímicos. El ácido giberélico inicia la germinación rompiendo la latencia inducida por la sal, mientras que la kinetina la estimula. De manera similar, las poliaminas, la tiourea, los aminoácidos, las betaínas y los azúcares han sido exitosamente usados para lograr una mayor velocidad de germinación y crecimiento de las plántulas. El papel del calcio ha sido bien documentado en la mitigación de la toxicidad iónica y la regulación de procesos de membrana durante la germinación. Por otra parte, el amonio, nitrato, potasio, y magnesio también han demostrado su poder en la germinación y desarrollo de las plántulas.

A continuación se detallan los cambios inducidos por la sal en los procesos de germinación, interacción de algunos factores con la germinación de semillas (incluyendo la cariopsis) y propágulos (e.g., yemas, tubérculos, estacas), y el impacto de algunos tratamientos para mejorar la germinación bajo salinidad.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

### **2.4.1. Proceso de germinación bajo salinidad**

La germinación de una semilla viable o propágulo comienza con la imbibición de agua y termina con la emergencia de tejidos embrionarios. Esto implica la hidratación de proteínas, cambios en la estructura subcelular, respiración, síntesis de macromoléculas, y elongación de las células. Mientras, Chong y Bible (1995) han considerado el crecimiento de tejidos embrionarios como un paso importante en la finalización de la germinación, algunos investigadores han dado la debida importancia al establecimiento de plántulas bajo condiciones estresantes. La segunda parece crucial bajo salinidad, ya que sin una buena cosecha destacan simple emergencia de tejidos embrionarios será inútil. El proceso de germinación está muy influenciado por la naturaleza y extensión de la salinidad y, sobre todo, en el comportamiento de semillas y propágulos. Para un mejor conocimiento de los efectos adversos de la salinidad, Wahid *et al.* (1999) han clasificado el proceso de germinación en cuatro eventos: (a) imbibición, (b) metabolismo activo, (c) emergencia y elongación de tejidos embrionarios y (d) establecimiento de las plántulas (Tabla nº 11).

#### **2.4.1.1. Imbibición de agua**

La hidratación de los materiales almacenados es el paso inicial para el comienzo de la germinación. El componente osmótico de la salinidad plantea un fuerte efecto inhibitor en la hidratación del embrión, cotiledón, y endospermo. Esto es independiente de los tipos de salinidad y medios de crecimiento absoluto, como el uso de cualquier sal induce un efecto osmótico.

#### **2.4.1.2. Metabolismo activo**

Los iones son inevitablemente tomados por las semillas, durante la exposición a la salinidad, que causa toxicidad a varios procesos fisiológicos y bioquímicos. Las actividades de enzimas son obstaculizadas, conduce a la alteración y reducción de la síntesis de micro y macromoléculas y su reducida movilización a los tejidos en desarrollo. La síntesis de nuevas proteínas en respuesta al estrés salino fue observada en embriones de trigo que cesó a su regreso al agua. Este patrón de síntesis fue atribuido al efecto específico de iones en la actividad de enzimas. La salinidad también causa la acumulación de azúcares solubles, prolina libre, y proteínas solubles. Estos metabolitos pueden llegar a ser beneficiosos para la germinación; en primer lugar porque producen una reducción de la inhibición osmótica y segundo porque proporcionan sustratos para el crecimiento de tejidos embrionarios.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

Evento de germinación	Salinidad aplicada	Respuestas producidas
Imbibición	NaCl	Reduce la hidratación del embrión y cotiledón.
	NaCl + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + CaCl <sub>2</sub> MgCl <sub>2</sub>	Reduce la absorción de agua.
Metabolismo activo	NaCl	Desagregación de partículas intermembranales: alguna fuga de solutos; reduce la movilización de reservas; inhibición de actividades de carbohidratos y del metabolismo de los ácidos grasos de las enzimas; alteración del patrón de síntesis de proteínas; producción de solutos osmóticamente activos.
Emergencia y elongación de tejidos embrionarios	NaCl	Retraso y reducción en la emergencia de la radícula y la plúmula; reducción en la elongación de tejidos embrionarios.
	CaCl <sub>2</sub>	Reducción de la emergencia de las plántulas.
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + CaCl <sub>2</sub> + MgCl <sub>2</sub> + NaCl	Inhibición de la emergencia de la radícula.
	NaCl + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + MgCl <sub>2</sub> n + CaSO <sub>4</sub> (Ψ desde -2.5 hasta -15.0 bares)	Retraso de la emergencia y supresión final del crecimiento de los tejidos embrionarios.
	NaCl + CaSO <sub>4</sub>	Obstaculiza la emergencia de los cotiledones.
	Agua de mar	Retraso en la velocidad y emergencia de las plántulas.
	NaCl + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + MgSO <sub>4</sub>	Inhibición del crecimiento de las plántulas.
Establecimiento de plántulas	NaCl	Aumenta la mortalidad de las plántulas; reduce el crecimiento de las plántulas.
	NaCl + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + MgCl <sub>2</sub> + CaSO <sub>4</sub> (Ψ desde -2.5 hasta -15.0 bares)	Reduce el crecimiento, vigor y establecimiento de las plántulas.

Tabla nº 11. Efecto de diferentes tipos de salinidad en el proceso de germinación de semillas y propágulos (Wahid *et al.*, 1999).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

### **2.4.1.3. Emergencia y elongación de tejidos embrionarios**

Las reservas de las semillas son utilizadas en el crecimiento del embrión y la elongación de jóvenes tejidos e involucrar la entrega y la nueva síntesis de macromoléculas. La germinación de semillas en medios salinos exhibe una baja producción y retraso de la radícula y la plúmula. El cloruro sódico afecta a la emergencia de jóvenes tejidos más adversamente que otras salinidades.

### **2.4.1.4. Establecimiento de plántulas**

El éxito del arraigo de los cultivos depende del establecimiento de las jóvenes plántulas. La exposición prolongada a sustratos salinos resulta en una posición extremadamente pobre causada por la mortalidad de las plántulas. Esto puede ser más pronunciado en el caso de glicófitos debido a su alta sensibilidad a la salinidad. Una buena posición de cultivo se logró en *Sorghum halepense* bajo una leve salinidad debido a la rápida velocidad de germinación. Plantas que tienen un mayor vigor de sus plántulas también muestran mejor estado bajo salinidad.

## **2.4.2. Germinación de semillas bajo salinidad**

### **2.4.2.1. Germinación y salinidad- ¿Efecto osmótico o toxicidad?**

La interacción entre germinación y salinidad es a menudo estudiada en la premisa de que tienen una doble acción; es decir, acciones osmóticas y tóxicas. Los intentos para separar los componentes de salinidad usando soluciones isotónicas de sales no permiten arrojar datos osmóticos contradictorios. Algunos consideran el efecto osmótico como el factor paralizante, mientras la mayoría considera el ión de toxicidad como un componente nocivo, o que ambos componentes son igualmente perjudiciales para la germinación. Wahid *et al.* (1998) informaron que la incubación de semillas en solución salina seguido por una reducida germinación en agua dio crédito al mayor papel de toxicidad de iones.

### **2.4.2.2. Metabolismo de los materiales almacenados**

Las semillas, ya sean de monocotiledóneas o dicotiledóneas, están formadas en parte de los tejidos de almacenamiento (endospermo y cotiledones respectivamente) y un embrión. La naturaleza y extensión de los materiales almacenados puede ser diferente en diferentes especies. Los principales materiales almacenados incluyen proteínas, glúcidos, y lípidos, mientras los ácidos nucleicos, reguladores del crecimiento

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

de las plantas, componentes nitrogenados que no sean proteínas, y algunos nutrientes pueden formar un pequeño componente. El estrés salino dificulta el metabolismo de los materiales almacenados y el crecimiento del embrión. En el comienzo de la germinación, se inicia la síntesis de enzimas y se producen cambios en los patrones del metabolismo, pero el estrés salino o los altera o no permite la síntesis de metabolitos específicos requeridos para la germinación. La aplicación de salinidad dificulta la utilización y movilización de materiales requeridos para la producción de plántulas afectando las actividades enzimáticas de las semillas esenciales para estas reacciones (Tabla nº 12).

### **Proteínas**

La salinidad crea un impacto en las actividades de las enzimas para el metabolismo de las proteínas. La proteasa, que cataliza el retorno y solubilización de proteínas a nitrógeno soluble en semillas es en gran parte inhibida por la salinidad. Esto interfiere con la incorporación de [<sup>3</sup>H] leucina y [<sup>35</sup>S] metionina durante la síntesis de proteínas en el embrión de trigo y modula la producción de un seleccionado grupo de proteínas no sintetizadas de otra manera. Ramagopal (1990) ha encontrado la diferencia cualitativa y cuantitativamente en la síntesis de ocho nuevas proteínas en la germinación del embrión de la cebada bajo estrés salino y siete durante la recuperación.

### **Carbohidratos**

Los carbohidratos (como el almidón) constituyen el mayor volumen de material almacenado en algunas semillas (e.g., cariopsis). Las amilasas principalmente regulan el metabolismo de los carbohidratos, y su actividad está muy atenuada por la salinidad. La actividad de  $\alpha$ -amilasa es reducida bajo salinidad en una concentración de manera dependiente, deprimiendo el crecimiento de las plántulas. La mayor tolerancia a la sal del sorgo durante la germinación fue atribuida a la actividad mejorada de  $\alpha$ -amilasa. El tratamiento con sal en las semillas de lenteja indicó que no había variación en diferentes contenidos de soluto; sin embargo, la actividad de  $\alpha$ -galactosidasa incrementó y causó la acumulación de sacarosa, galactosa, y manosa en los tejidos embrionarios. Una acumulación de glúcidos osmóticamente activos y prolina fue señalada en diferentes plantas, que jugaron un importante papel durante y después del alivio de la salinidad.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

Actividad metabólica	Efectos de la salinidad
Proteínas	Tóxico para las actividades específicas de la proteína fosfatasa y la proteína quinasa; fuerte inhibición de la captación de metionina y leucina y la incorporación en cadenas de proteínas; la nueva síntesis de ocho nuevas proteínas de choque térmico durante el estrés y siete durante la recuperación; un cambio importante en la fosforilación-defosforilación de proteínas y una disminución en el crecimiento de las plántulas.
Carbohidratos	Reducción en la actividad endospermica de $\alpha$ -amilasa de manera dependiente de la concentración; promoción de la actividad cotiledonar de la $\alpha$ -glucosidasa; disminución en los azúcares reductores y no reductores; la acumulación de azúcares como osmótica.
Ácidos nucleicos	Lento aumento de la actividad o inhibición de la nueva síntesis de RNasa; inhibición de la incorporación de precursor en los ácidos nucleicos que refleja su suprimida biosíntesis; disminución del nivel de ADN durante todo el período de germinación.
Lípidos	Reducción en la actividad de las enzimas glioxisomales; reducción en la utilización de todos los lípidos y triacilglicéridos.
Poliaminas	La inducción de la síntesis de putrescina con la activación de la arginina descarboxilasa; ningún efecto sobre la espermina; aumento significativo de la espermidina; acumulación de todas las poliaminas.
Otros compuestos (nitrogenados y no nitrogenados)	Aumento de la betaína aldehído deshidrogenasa; aumento en el contenido de betaína; progresiva acumulación de la prolina libre, azúcares y proteínas solubles; descenso en el nivel de nitrógeno amino soluble.

Tabla n° 12. Cambios fisiológicos y bioquímicos en la germinación de semillas bajo salinidad (Wahid *et al.*, 1999).

### Ácidos nucleicos

El factor más importante en el metabolismo de los ácidos nucleicos es la síntesis y activación de ribonucleasa (RNasa). La salinidad retrasa la nueva síntesis y/o activación de RNasa en los cotiledones de *Vigna* debido a su efecto tóxico. Un ligero incremento en el nivel de ARN en los cotiledones durante el primer día de germinación fue observado, pero descendió posteriormente hasta 7 días; sin embargo, el ADN descendió continuamente durante este período. Petruzzelli *et al.* (1991) sugirieron que la supresión de la biosíntesis del ácido nucleico en el embrión de trigo fue debida a la inhibición inducida por la sal de la incorporación de precursores en ácidos nucleicos.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

### **Lípidos**

Las enzimas glioxisomales son las responsables del metabolismo de almacenamiento de lípidos. La salinidad ejerce un efecto inhibitorio en la catalasa glioxisomal, malato sintasa, e iso-citrato liasa, descendiendo los niveles de triacilglicerol, diacilglicerol, y monoacilglicerol e incrementando los niveles de ácidos grasos libres y lípidos polares.

### **Poliaminas**

Las poliaminas han ganado importancia recientemente en la evasión de las plántulas del efecto adverso de la salinidad. Ellas promueven el crecimiento de las plántulas por la producción de etileno formador de enzimas. Lin y Kao (1995) señalaron un incremento en el nivel de espermidina bajo salinidad pero un bajo nivel de putrescina en el tallo y raíces de plántulas de arroz. La acumulación de putrescina y espermidina, con la actividad de la arginina decarboxilasa en plántulas de arroz, juega un papel específico en la tolerancia a la sal debido a la producción de etileno.

### **Otros componentes orgánicos**

Varios componentes endógenos son diferencialmente metabolizados durante la germinación y crecimiento de las plántulas. La glicina betaína, un soluto compatible, o bien desaparece, sin exhibir ningún cambio, o se acumula como resultado de la actividad de la betaína aldehído deshidrogenasa estimulada por la sal y rescata las semillas del efecto adverso de la sal. Similarmente, el arroz en el nivel de prolina libre y glúcidos solubles de semillas o plántulas también juega un papel beneficioso.

### **Nutrientes de semillas**

El mayor contenido de nutrientes de semillas es de vital importancia para la germinación, pero la salinidad suprime su papel en el metabolismo de las semillas y la producción de plántulas. Durante la germinación de la cariopsis del sorgo, un mayor contenido de potasio, calcio, fósforo, y nitrógeno fueron repartidos entre la plúmula y la radícula como una estrategia de tolerancia a la salinidad. Guerrier (1986) atribuyó la reducida tolerancia a la salinidad del tomate a su incapacidad para acumular y transportar pequeñas cantidades de calcio y potasio.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

### **2.4.3. Germinación de propágulos bajo salinidad**

Los eventos iniciales de la germinación de propágulos pueden ser diferentes de las semillas. Sin embargo, la activación de las yemas, elongación, y establecimiento de plántulas parece casi similar. La germinación de la caña de azúcar (estacas) exhibe una reducción significativa en la velocidad y porcentaje de germinación debido al daño producido por el NaCl. Estas plantas tienen un mejor contenido de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , una forma de concomitar reduciendo el contenido de potasio, calcio, nitrógeno, y fósforo y reduce la elongación y la materia seca de las plántulas. Portainjertos de cítricos usados para elevar las plántulas tienen una correlación negativa de  $\text{Cl}^-$  con ciertos nutrientes. Las yemas latentes de álamo sometidas a estrés salino, creciendo in vitro, no acumulan glicinabateína y prolina y así tienen un reducido crecimiento de plántulas. Similarmente, tubérculos de *Hydrilla* indican las señales de los daños por sal y la reducida germinación. Hay una escasez de información particularmente sobre la tolerancia a la sal de propágulos durante la germinación.

### **2.4.4. Regulación de iones en semillas y plántulas**

La exposición de semillas o plántulas a la salinidad resulta en la afluencia de iones con la imbibición de agua, que ejerce un efecto adverso en el crecimiento del embrión. Esto puede conducir a un marcado descenso en la concentración interna de potasio, un nutriente vital para la síntesis de proteínas y el crecimiento de la planta. Las plántulas expuestas a salinidad son altamente propensas a excesivos iones, algunas veces conduciendo a su muerte poco después de la emergencia. La habilidad de las plantas para hacer frente a la toxicidad de iones está principalmente relacionada con el mayor transporte de iones a los tallos. Las gramíneas muestran una estrategia de tolerancia a la sal mediante almacenamiento de iones tóxicos en el mesocotilo hasta cierto límite. Esto tiene importancia en que el epicotilo e hipocotilo evitan la toxicidad de los iones, asegurando así su mejor crecimiento.

### **2.4.5. Cambios estructurales en semillas y plántulas bajo condiciones salinas**

La salinidad desencadena cambios estructurales en varios niveles de organización en semillas y plántulas (Tabla nº 13). A nivel subcelular, los mayores cambios se encuentran en (a) la cromatina nuclear, que fue condensada indicando supresión de la biosíntesis de ácidos nucleicos; (b) formación de pequeñas provacuolas en lugar de un gran vacuola; y (c) aparatos mitocondriales dañados y reducido consumo de oxígeno. La salinidad causa la contracción del plasmalema lejos de las paredes celulares, que puede ser debido a la disgregación de partículas intramembranas. La

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

pared celular de raíces de algodón y mesocotilo de sorgo con tratamiento salino se engrosaron considerablemente.

A nivel celular y de tejidos, la salinidad redujo el área de las células corticales y como resultado el mesocotilo de sorgo fue considerablemente constreñido y pareció actuar como un depósito de iones. Además, hubo la inducción de la exodermis con la banda de Caspari con laminillas de suberina cerca de la base de la raíz y en la zona de transición del hipocotilo del algodón. Esto protegió la raíz de la pérdida de agua y/o la fuga de solutos importantes para el ajuste osmótico. La salinidad también estimuló el desarrollo y lignificación de tejidos secundarios y mejoró el número de células que almacenan agua en la epidermis y la capa cortical del hipocotilo.

### **2.4.6. Factores que interaccionan con la salinidad durante la germinación**

#### **2.4.6.1. Factores de la planta**

##### **Cubierta de la semilla**

La cubierta de la semilla es la primera barrera para la entrada de agua e iones en el interior de la semilla. La dureza y espesor de la cubierta de la semilla ofrece resistencia a la entrada de agua en el interior de la semilla y minimiza el contacto de iones con el embrión. Esto también actúa como un agente tampón para la toxicidad iónica y mejora la germinación.

##### **Latencia**

Uno de los primeros impactos de la salinidad es la inducción de latencia en las semillas debido o bien a la inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos o al desequilibrio regulador del crecimiento de la planta. Aunque la latencia no lleva una relación consistente con la salinidad, es importante para las halófitas, ya que permite a la semilla permanecer viable por un período hasta que el ambiente se convierte en favorable para la germinación.

##### **Edad de la semilla**

El envejecimiento o almacenamiento prolongado de una semilla afecta a su capacidad de germinación. Esto ha sido probado como prueba y predicción del potencial de tolerancia a la salinidad durante la germinación. Smith y Dobrenz (1987) encontraron una fuerte relación negativa entre la tolerancia a la salinidad y la edad de la semilla en

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

un delicado pero significativo rechazo en el lixiviado de solutos durante la imbibición de agua en un genotipo tolerante de alfalfa.

Nivel de organización	Cambios inducidos por la salinidad
Subcelular	Formación de pequeñas provacuolas en células coleorriza. Difusión y condensación de material cromatina en el embrión. Reducción del tamaño del plasmalema y las mitocondrias. Lignificación y engrosamiento de la pared celular.
Celular	Reducción del tamaño de las células corticales en mesocotilo de sorgo. Inducción de la endodermis con banda de Caspari y láminas de suberina cerca de la base de la raíz.
Tejido	Primeras fases del desarrollo y diferenciación del xilema secundario en hipocotilo. Constricción del tejido cortical de mesocotilo. Aumento de la lignificación de tejidos secundarios.

Tabla nº 13. Cambios inducidos por la sal en las características anatómicas de varios tejidos durante la germinación (Wahid *et al.*, 1999).

### Polimorfismo de la semilla

El tamaño de la semilla de una especie también muestra una diferente respuesta a la salinidad. Cuanto mayor sea el tamaño de la semilla, mayor es la tolerancia a la salinidad. Las semillas pequeñas contienen un alto contenido de iones tóxicos y un bajo contenido de reservas por unidad de peso muestran mayor latencia-retraso en la germinación y reduce el peso de las plántulas.

### Crecimiento de plántulas y vigor

El crecimiento y vigor de las plántulas es un factor importante para el establecimiento de las plantas. El crecimiento de la raíz, siendo el más importante factor, determina el establecimiento de un estado bajo salinidad. Este problema puede ser parcialmente solventado o mediante una mayor tasa de semillas para obtener una alta densidad de plántulas o al seleccionar el cultivo por alto vigor de las plántulas, especialmente en cultivos herbáceos.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

### **2.4.6.2. Factores ambientales**

#### **Temperatura**

Una pequeña variación en la temperatura puede cambiar mucho la germinación. El efecto adverso de la alta salinidad es además agravado por mayores regímenes de temperatura, que pueden prolongar el tiempo necesario para la emergencia de las plántulas. Sin embargo, un efecto sinérgico de baja temperatura y alta salinidad ha sido señalado en semillas de cebada halófitica.

#### **Luz**

La luz posee un gran efecto en la germinación de muchas especies. La luz puede ser efectiva en la ruptura de la latencia y la promoción de la germinación en algunas especies halófitas. Esto puede derivar en un mejor establecimiento en áreas salinas marginales.

#### **Agua**

La salinidad induce la bajada del potencial hídrico de los medios de germinación mejorando la toxicidad, considerando que la escasez de agua se agrava aún más. La mayor interacción de estrés hídrico bajo condiciones salinas incluye un patrón diferencial de síntesis de proteínas, retrasa la emergencia de tejidos embrionarios, y un descenso en la tasa final y porcentaje de germinación. El suministro de agua a las semillas o plántulas reserva estos procesos en gran medida, ya que minimiza la toxicidad iónica.

#### **Oxígeno**

La latencia inducida por la salinidad reduce la disponibilidad de oxígeno al embrión para actividades metabólicas. La alta salinidad junto con hipoxia reduce significativamente tanto la emergencia como la elongación de la radícula y la plúmula. La anoxia restringe completamente el proceso de germinación; sin embargo, no se percibían diferencias específicas con respecto a la tolerancia a la salinidad y anoxia. *Spartina alterniflora* podría tolerar mejor la salinidad y anoxia que *Phragmites australis*, ya que el primero mostró una rápida tasa de crecimiento de coleoptilo y mesocotilo.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

### **2.4.7. Reducción del estrés salino**

Varios agentes químicos han sido empleados para mejorar los efectos adversos de la salinidad. Los reguladores del crecimiento de las plantas son ampliamente utilizados. Algunos compuestos nitrogenados, glúcidos, y ciertos nutrientes también han sido empleados (Tabla nº 14).

### **Implicación de los reguladores del crecimiento vegetal**

Tanto derivados naturales como sintéticos de los reguladores del crecimiento vegetal están siendo empleados separadamente o en combinación. Khan (1960) sugirió que la primera acción de inhibición osmótica es la reducción en el consumo de agua, y los reguladores del crecimiento vegetal pueden compensar esta inhibición y promover el proceso de germinación. La inmersión previa en giberelina después de estrés salino libera la semilla de la latencia fisiológica, mejorando el consumo de agua, moviliza almidón, y mejora la tasa y el porcentaje de germinación. Auxinas como el ácido indolbutírico y el ácido indolacético promueven la germinación y el crecimiento de las plántulas mejor que la kinetina para la eliminación del efecto osmótico de la salinidad.

Bozcuk (1981) señaló que la kinetina libera las semillas de la latencia inducida por la salinidad y mejora la síntesis de proteínas de la semilla. La kinetina aplicada a semillas en estrés salino promueve la germinación por una mayor producción de etileno antes de la germinación con la síntesis de 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico. El uso de kinetina en combinación con giberelina no solamente promueve la germinación sino que también estimula el crecimiento de las plántulas bajo salinidad. Es probable que la salinidad suprima los reguladores del crecimiento vegetal a nivel endógeno, y su suministro exógeno cumple este requerimiento para la iniciación de la germinación.

### **Poliaminas**

Las poliaminas compiten con la ruta del etileno, como S-adenosilmetionina es un precursor común. La aplicación exógena de putrescina a las semillas no solamente contrarresta el efecto adverso de la salinidad, sino que también induce tolerancia hasta el estado de plántula debido a su nueva síntesis en respuesta a la salinidad. Lin y Kao (1995), encontraron un incremento en el nivel de putrescina mediante aplicación exógenamente de precursores de la biosíntesis de putrescina (L-arginina y L-ornitina), pero no indujo una mitigación significativa de la toxicidad de la sal.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

Agentes químicos	Clase	Papel en la aliviación del estrés salino
Hormonas de crecimiento	Giberelinas	Actúan contra la inhibición de la actividad de la $\alpha$ -amilasa en la semilla; rompen la latencia; estimulan la velocidad y porcentaje de germinación; promueven el crecimiento de plántulas y su desarrollo.
	Auxinas	Rompen la latencia; eliminan de la inhibición osmótica; mejoran la absorción de agua.
	Citoquininas	Rompen la latencia; mejoran la síntesis de proteínas; promueven la emergencia de la radícula, contrarrestan los daños producidos por la sal; incrementan la absorción de agua.
	Etileno	Promueve la germinación por producción endógena.
Otros agentes orgánicos	Fusicoccina	Contrarresta el descenso del potencial hídrico; mejora la síntesis de proteínas; promueve el crecimiento de las plántulas.
	Poliaminas	Estimulan la germinación por su biosíntesis endógena; mejoran la tolerancia a la sal; promueven el crecimiento de las plántulas.
	Glutamina y ácido glutámico	Aumentan la glutamina sintasa y la actividad de la glutamina sintetasa y contrarrestan la inhibición del crecimiento debido a la sal.
	Tiourea	La inversión de sal inhibe la germinación.
	Azúcares	Promueven el crecimiento de las plántulas.
	Prolina	Mejora el crecimiento del hipocotilo; promueve el crecimiento de las plántulas.
Agentes inorgánicos	Calcio	Promueve de la actividad de la membrana; estimula la aparición de la plúmula.
	Magnesio	Contrarresta el crecimiento de las raíces; mejorar la toxicidad del $\text{Na}^+$ .
	Amonio	Promueve la actividad de la proteasa y mejora la solubilización de proteínas endospermicas.
	Nitrato	Mayor efecto supresor de la salinidad que el calcio; mejora la germinación y emergencia de las plántulas.
	Potasio	Contrarresta la inhibición del crecimiento de raíces.

Tabla n° 14. Papel desempeñado por distintos agentes químicos orgánicos e inorgánicos en la atenuación de los efectos adversos de la salinidad (Wahid *et al.*, 1999).

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

### **Otros compuestos orgánicos**

Algunos productos químicos orgánicos también han sido empleados para disminuir el efecto adverso de la salinidad. La aplicación de sacarosa y glucosa reserva parcialmente la inhibición de la salinidad de la germinación. Noor y Khan (1995), señalaron la eficacia de una baja cantidad de tiourea para romper la latencia inducida por la salinidad. La aplicación de glicinabetaína y prolina incrementó el crecimiento de la raíz pero no afectó al crecimiento del hipocotilo. La fusicoccina también contrarrestó el efecto inhibitor del NaCl en el proceso de germinación por el relajamiento de la pared celular, promoviendo la actividad de transporte, incorporando aminoácidos en la cadena de proteínas, y la mejora del consumo de potasio debido a la estimulación del flujo de protones. La adición de metionina sulfoximina se encontró que reducía el crecimiento de las plántulas de plantas sometidas a estrés salino, que fue invertido mediante estimulación de la actividad de glutamina sintetasa y glutamato sintasa, y con la adición de glutamina y ácido glutámico en el medio de crecimiento.

### **Agentes inorgánicos**

El calcio ha sido ampliamente usado para aliviar la toxicidad de la sal debido a su papel crucial en el mantenimiento de procesos de membrana, la modulación de las actividades enzimáticas, y el almacenamiento de Na<sup>+</sup> tóxico. A pesar de la inmersión previa de semillas en CaCl<sub>2</sub> no se inicia la germinación, esta aplicación a medios salinos mejora significativamente la tasa y el porcentaje de germinación. Además, suministrando calcio se estimula la emergencia de la plúmula y también el crecimiento de la raíz.

La aplicación de amonio promueve la actividad de la proteasa en el endospermo, mientras el nitrato mejora la capacidad de germinación de las semillas debido a la solubilización y disponibilidad de catabolitos para la síntesis de estructuras embrionarias. Además, el uso de potasio y magnesio también contrarresta la inhibición del NaCl del crecimiento de la raíz de plántulas de arroz.

Todos los eventos de germinación a partir de la imbibición de agua hasta el establecimiento de las plántulas son adversamente afectados por aumentos en los niveles de salinidad. Esto paraliza la tasa y porcentaje de germinación, parcialmente a través del efecto osmótico en la imbibición de agua y es principalmente debido a su toxicidad para el metabolismo de las reservas de semillas. La salinidad también induce cambios estructurales a nivel intracelular, celular, de tejidos, y órganos y afecta a la tasa de respiración, transporte de materiales, e inducción de nuevos tejidos en las semillas o plántulas.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

Ciertos factores internos y externos interactúan sustancialmente con la germinación y crecimiento de plántulas bajo salinidad. La cubierta de la semilla minimiza el acceso de los iones al embrión. La latencia permite a las halófitas eludir los efectos adversos de la salinidad. El envejecimiento ha sido usado para probar la viabilidad de las semillas y para predecir su capacidad para tolerar la salinidad. Las semillas de gran tamaño exhibieron una gran germinación y vigor de las plántulas debido a un mayor contenido de reservas de semillas y la absorción de un escaso contenido de iones tóxicos por unidad de peso. El estrés hídrico y térmico además agrava el impacto de la salinidad en la germinación, mientras la luz puede romper la latencia en ciertas halófitas. La latencia inducida por la salinidad crea una condición anóxica e inhibe la germinación de semillas. Las plántulas con crecimiento vigoroso pueden eludir la salinidad satisfactoriamente.

Los efectos osmóticos y tóxicos de la salinidad pueden ser aliviados exitosamente con la ayuda de reguladores del crecimiento vegetal, poliaminas, glúcidos, y ciertos nutrientes. Entre los reguladores del crecimiento vegetal y algunos nutrientes, incluyendo calcio, amonio, nitrato, potasio, y magnesio, han sido empleados con éxito para promover el proceso de germinación.

### **2.5. ÁREA DE ESTUDIO**

#### **2.5.1. Situación geográfica**

El sureste de Almería (Andalucía Oriental, España) presenta una ubicación estratégica para el estudio y la comprensión de las características bioclimáticas, biogeográficas y de la vegetación del ambiente mediterráneo árido frente al resto de ambientes mediterráneos de la Península Ibérica (Mota *et al.*, 1997).

El extremo SE peninsular se encuentra geográficamente aislado por el mar Mediterráneo, al sur y este, y por una barrera orográfica hacia el interior, constituida por alineaciones montañosas como la Sierra de Gádor y Sierra Nevada por el oeste y la Sierra de Los Filabres por el norte (Figura nº 27). Este hecho hace que exista una importante sombra de lluvias procedentes del oeste, por lo que la mayor parte de sus precipitaciones se originan en el mar Mediterráneo producto de la formación en altura de gotas frías. La cercanía del mar y la escasa altitud general de la región configuran un ambiente de gran termicidad, que junto a la acusada aridez es una combinación que marca la originalidad de su flora y su vegetación. Añadido a esto, tenemos el enriquecimiento biológico causado por las anteriores conexiones con el continente africano, con el que existe una importante relación paleoflorística, especialmente en lo referente a las zonas más áridas.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

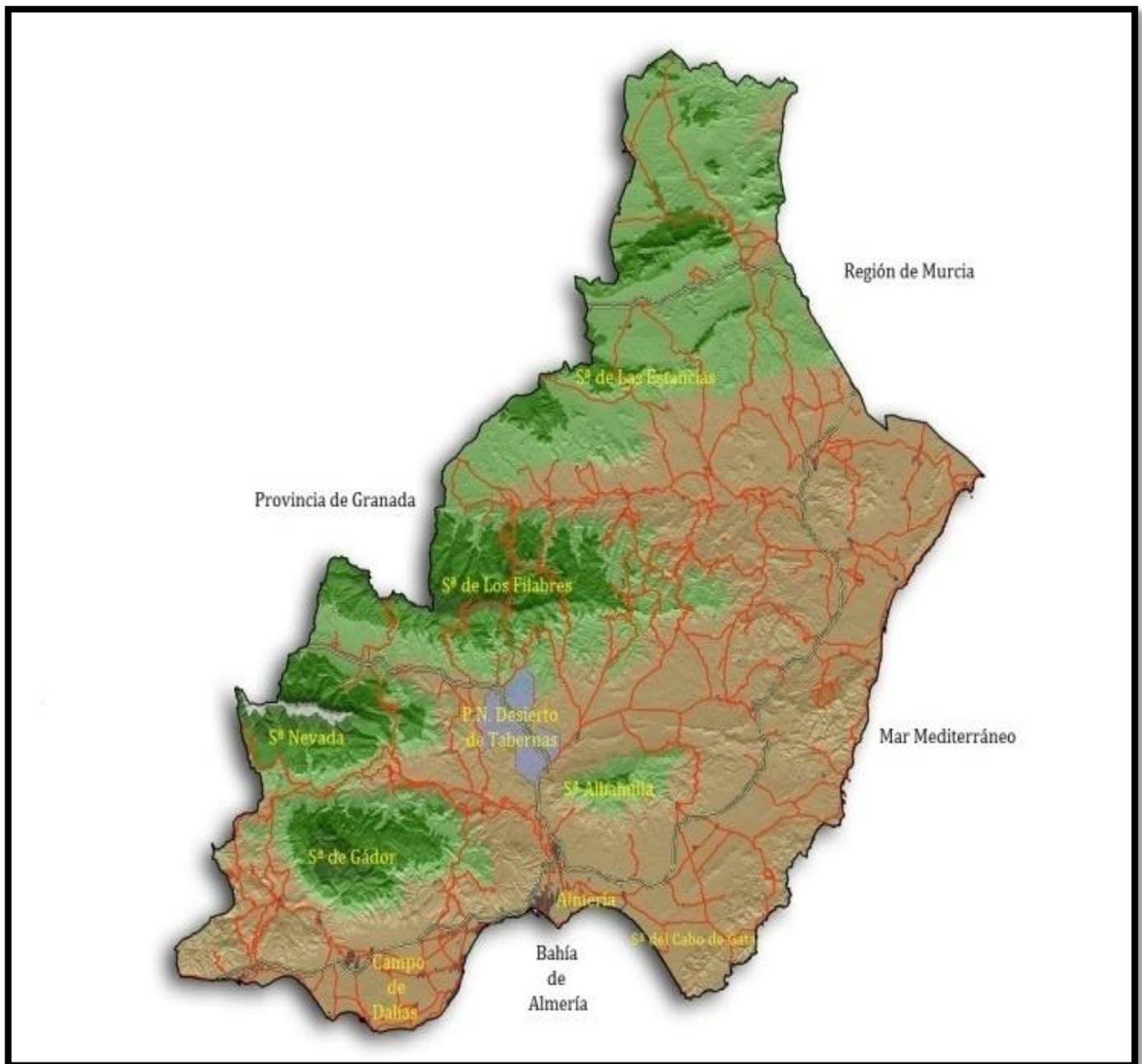


Figura nº 27. Mapa de Situación del Paraje Natural del Desierto de Tabernas (Almería).

El Paraje Natural del Desierto de Tabernas se sitúa sobre la depresión neógeno-cuaternaria de los Campos de Tabernas, formando parte de los términos municipales de Alboloduy, Gádor, Gérgal, Tabernas y Santa Fé. Ocupa una superficie de 11.624 ha, con una altitud máxima de 925 m y una mínima de 260 m. Es de resaltar el importante papel ecológico que presenta la rambla de Tabernas, que atraviesa el espacio natural protegido actuando como vía natural de comunicación interior. La villa de Tabernas con

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

3.200 habitantes es el único núcleo de población próximo al espacio, localizándose a 30 kilómetros de Almería. Sus recursos económicos, muy reducidos, están condicionados por la hostilidad del medio físico. La aridez minimiza al máximo las actividades humanas, quedando reducidas a una agricultura tradicional marginal de subsistencia en pequeños enclaves del área que desapareció en la primera mitad del siglo XX. El único aprovechamiento tradicional que se mantiene es la caza y la ganadería. En la actualidad en Tabernas perdura una modesta actividad artesanal de la madera, herencia de un pasado más próximo (Pascual *et al.*, 1995). El cultivo del esparto llegó a constituir una industria floreciente en décadas anteriores, y probablemente al apogeo de esta actividad corresponden los momentos de más auge del pueblo de Tabernas. El Paraje Natural del Desierto de Tabernas es una Zona de Especial Protección para las Aves (Z.E.P.A.), y su enorme valor natural se pone de manifiesto por la posibilidad que existe de que sea declarado junto a otros parajes, Parque Nacional, posibilidad que ya fue estudiada en el pasado como refleja Rueda (1979) (Mota *et al.*, 1997).

### **2.5.2. Geología y edafología**

El área del Paraje Natural del Desierto de Tabernas (Almería) se localiza desde el punto de vista geológico en el sector suoriental de la Cordillera Bética. De acuerdo con Baena y Voermans (1977), García-Monzón *et al.* (1973 y 1974), IGME (1980) y Fernández-Soler (1996), en el área que nos ocupa (Figura nº 28), afloran materiales geológicos que pueden ser agrupados en dos grandes unidades: los que pertenecen a las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas y constituyen las estructuras plegadas; y los que forman parte de las estructuras postorogénicas y dan lugar a pasillos y áreas de relleno o cuencas sedimentarias neógenas que enmascaran y recubren parte de las estructuras plegadas (Mota *et al.*, 1997 y 2004).

#### **a) Estructuras plegadas**

Dentro de las Zonas Internas se diferencian tres unidades tectónicas, que de abajo a arriba son Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide, que forman conjuntos de mantos de corrimientos constituidos fundamentalmente por materiales muy antiguos, de edad Precámbrico-Paleozoico a Triásico (entre 200 y más de 550 millones de años). En dos de los complejos (Nevado-Filábride y Alpujárride) los materiales (mesozoicos, paleozoicos y posiblemente más antiguos) están intensamente metamorfizados y tectonizados.

##### *a.1. Complejo Nevado-Filábride*

Aflora en ventanas tectónicas (Sierra Nevada, Sierra de Los Filabres) según anticlinales E-O de gran amplitud, formados durante el Mioceno Superior y Plioceno.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

En las montañas del sureste tiene representación en Sierra Alhamilla donde, compuesto por esquistos cristalinos, constituye su núcleo.

### *a.2. Complejo Alpujárride*

Está constituido por varias unidades alóctonas y situado sobre el complejo Nevado-Filábride. Estas unidades han sufrido también un metamorfismo de edad alpina. Los materiales de este complejo que forman las montañas del sureste de la provincia de Almería, pertenecen a lo que se denomina Unidad Aguillón, y son fundamentalmente de dos tipos, micaesquistos y cuarcitas que afloran en las cumbres de Sierra Alhamilla y Sierra de Cabrera, y calizas y dolomías que en las dos sierras citadas constituyen la orla carbonatada que rodea a los materiales silíceos.

### *a.3. Complejo Maláguide*

Está constituido exclusivamente por pizarras, argilitas, cuarcitas y, ocasionalmente, intercalaciones de conglomerados. Sólo tres pequeños afloramientos de este Manto se han encontrado en la parte occidental de la Sierra Alhamilla. Tectónicamente están superpuestos a los materiales que pertenecen a la Unidad o manto alpujárride más alto, y bajo los depósitos neógenos post-manto.

## **b) Estructuras post-orogénicas**

Están formadas por materiales postorogénicos que forman una serie de pasillos y cuencas sedimentarias neógenas o áreas de relleno (con una antigüedad máxima de unos 10 millones de años) que enmascaran y recubren parte de las estructuras plegadas. Estas unidades están constituidas por materiales básicamente detríticos, depositados en un medio marino primero y continental después, que en su base están datados en el mioceno inferior, cuando las elevaciones de Sierra de Gádor, Alhamilla y Cabrera constituían islotes rodeados por mar. Ello supone una importante laguna estratigráfica entre ambos dominios, ya que las estructuras plegadas están coronadas por el triás y quizás el Jurásico.

Durante este hiato tuvo lugar la disposición definitiva de las unidades que hoy aparecen plegadas y el comienzo de su erosión, de manera que sobre ellas, en clara discordancia, están depositados los materiales neógenos y cuaternarios, autóctonos, que en parte engloban materiales arrastrados procedentes de las montañas colindantes como arenas, areniscas y margas, con intercalaciones de materiales propios de ambientes restringidos como yesos y carbonatos (Mota *et al.*, 1997 y 2004).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

### b.1. *Materiales neógeno-terciarios*

Se distinguen dos grandes tipos que corresponden a épocas de sedimentación distinta, el Mioceno y el Plioceno. Los primeros se depositaron en un período de transgresión marina seguido de un inmediato descenso del nivel de las aguas coincidente con condiciones críticas de salinidad, hasta la desecación final de la cuenca por evaporación. Dentro de este grupo es fácil reconocer por la gran extensión que ocupan los siguientes:

- Formaciones margosas: compuestas por margas con intercalaciones de areniscas, yesos, conglomerados y secuencias turbidíticas, que constituyen el material básico sobre el que se han modelado los relieves y geomorfología actual que constituyen los «malpaíses» del «Desierto» de Tabernas.
- Formaciones conglomeráticas: aunque pueden variar en su estructura y naturaleza, son frecuentes. Corresponden a la formación de la base de la transgresión marina que tuvo lugar durante el Tortoniense (Mioceno superior).
- Calizas arrecifales: afloran en los bordes norte y sur de la cuenca de Sorbas y en los alrededores de Níjar, donde presentan una morfología clásica. Estos arrecifes calcáreos con algas, corales y el material clásico que incluye, indican un depósito en un mar de poca profundidad.
- Yesos: con la desecación final de la cuenca tiene lugar la formación de grandes depósitos salinos en el fondo del Mediterráneo (Evaporita inferior). En los márgenes de la cuenca, la evaporita inferior pasaría gradualmente a yesos y carbonatos. Comprende este término a algunos depósitos de yeso cristalino de los cuales los de mayor importancia son los que afloran entre los km 153-155 de la carretera de Sorbas-Tabernas; en Yesón Alto; en las proximidades del Molino del Río Aguas; en los Juanorros y en Polopos.

Los materiales pliocenos están bien representados y corresponden a una etapa de transgresión marina y a otra de regresión. Los más representativos son:

- Margas «con lepra»: constituyen los materiales más abundantes en la cuenca pliocena de Almería. Presentan una tonalidad amarillenta que los diferencia de las margas miocenas, mucho más claras.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Conglomerados, arenas y limos arenosos: muy frecuentes entre el borde suroeste de Sierra Alhamilla y el Río Andarax.
- Margas y Areniscas: se encuentran en la cuenca de Sorbas, encima de las calcarenitas.
- Calizas masivas: discordantes sobre los materiales alpujárrides y miocenos más antiguos, forman un pasillo de enlace entre la cuenca de Sorbas y la depresión de Almería.

### b.2. *Materiales Pliocuaternarios*

El límite Neógeno/Cuaternario resulta difícil de delimitar. Se trata de una formación muy monótona constituida por arenas y conglomerados marinos fosilíferos. Generalmente se trata de conglomerados endurecidos, con bolas de cuarzo y cemento arenoso, después arenas y en la parte alta un nuevo conglomerado idéntico al de la base.

### b.3. *Materiales y formaciones cuaternarias*

Las formaciones cuaternarias ocupan gran extensión. Son fundamentalmente de conglomerados poco cementados de origen continental, de costras calcáreas correspondientes al Pleistoceno, y de depósitos de distinta granulometría de antiguas y actuales ramblas y abanicos aluviales y del delta reciente del río Andarax.

En cuanto a la edafología del área de estudio, los ambientes áridos y semiáridos se caracterizan por presentar una gran diversidad de suelos como consecuencia de la variabilidad de las condiciones climáticas, geológicas, tectónicas, geomorfológicas, hidrológicas y ecológicas, así como por herencias paleoambientales distintivas de cada territorio. La zona analizada se ajusta a esta conceptualización de suelos áridos: gran variabilidad de tipologías de suelos con estrechas relaciones con la litología y geomorfología, y alta fragmentación espacial (Mota *et al.*, 2004).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

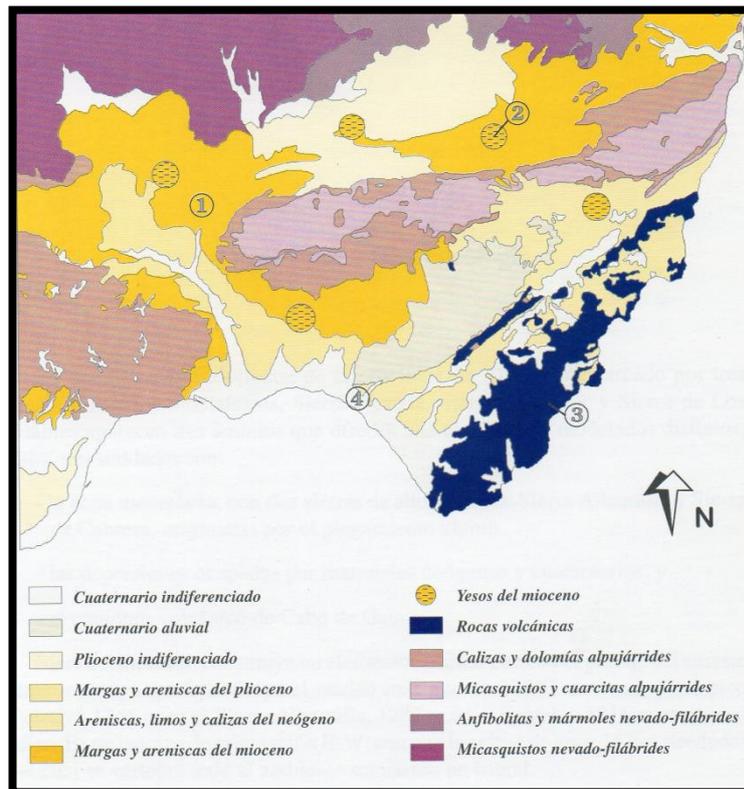


Figura nº 28. Mapa geológico del SE de Almería (Mota *et al.*, 1997).

Un primer aspecto a destacar es la variedad de tipologías de suelos. En un repaso a las unidades taxonómicas de suelos encontramos, según el sistema FAO, las siguientes categorías: Litosoles, Regosoles, Cambisoles, Fluvisoles, Solonchaks, Rendzinas, Phaeozems, Luvisoles, Xerosoles y Yermosoles. Esto supone la existencia de 16 unidades taxonómicas diferentes pertenecientes a 10 categorías. Esta diversidad se debe tanto a una compleja litología y relieve ya comentada, como a los progresivos cambios de usos del territorio que han modificado procesos edafogénicos generales, y la existencia de diversos ciclos genéticos, pudiéndose distinguir entre suelos “actuales” y “heredados”, o policíclicos.

No todas las tipologías de suelos están igualmente representadas, existiendo una clara dominancia de suelos pertenecientes a los Litosoles, Regosoles y Cambisoles.

Las tipologías de suelos citadas no se distribuyen al azar, sino que la diversidad topográfica y geológica de la región mediterránea y la consiguiente actividad geomorfológica que tiene lugar en ella, han dado lugar a mosaicos de tipos distintos de suelo, con distinto grado de madurez. Esta variabilidad se ve aumentada en los ambientes mediterráneos semiáridos por varios motivos: las actuales condiciones climáticas determinan que los ritmos biológicos y geológicos que intervienen en la formación del suelo sean lentos y que la roca madre tenga especial importancia en la

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

definición de las características de los suelos en formación, condiciones que pueden ser muy distintas de las de épocas pasadas, por lo que suele ser frecuente la aparición de suelos heredados con propiedades muy bien diferenciadas.

Los paisajes geomorfoedáficos de las zonas áridas raramente ocupan superficies extensas y la fragmentación del paisaje edáfico dificulta su representación mediante técnicas cartográficas.

En las áreas montañosas destaca la existencia de tipologías con menor grado de evolución, “suelos jóvenes”, como son los Litosoles y Regosoles, la presencia de un tipo de suelo u otro va a estar relacionada con la compacidad del material original. En los materiales carbonatados del Complejo Alpujárride que afloran en Sierra de Gádor y Alhamilla los suelos dominantes en las unidades cartográficas son los Litosoles, incluyéndose en zonas de vegetación conservada, las Rendzinas. En puntos concretos protegidos de los procesos de erosión se describen suelos policíclicos, frecuentemente Phaeozems lúvicos. En las litologías menos compactas de este Complejo (margo-calizas y filitas) la tipología dominante corresponde a los Regosoles calcáreos.

En los afloramientos del Complejo Nevado-Filábride de Sierra Alhamilla, fundamentalmente esquistos, los suelos más frecuentes son los Regosoles eútricos. En zonas muy puntuales estos suelos evolucionan dando lugar a Rendzinas o Cambisoles eútricos.

En las diferentes serratas localizadas al norte de Sierra Alhamilla, de materiales carbonatados, los suelos más frecuentes son los Regosoles calcáreos, incluyéndose también Litosoles y Rendzinas, estas últimas cuando se conserva la cobertura vegetal.

La Depresión de Tabernas, cuyo material geológico está constituido por margas miocénicas, presenta mayoritariamente suelos pertenecientes a la clase Solonchaks y Yermosoles gípsicos. En ocasiones aparecen pequeñas extensiones de Litosoles o Rendzinas, ambos suelos relacionados con formaciones geológicas de materiales compactos localizados en la parte alta del relieve.

Los llanos localizados entre Tabernas y Sorbas concentran los suelos pertenecientes a las tipologías más evolucionadas presentes en el área, siendo esta zona donde mejor se conservan las características edáficas que reflejan un claro policiclismo. La morfología de los suelos pertenece a las clases de los Luvisoles cálcicos o a los Cambisoles cálcicos, sin embargo el marcado carácter árido del clima condiciona la existencia de un régimen de humedad arídico, y por tanto, las tipologías dominantes son los Xerosoles lúvicos y cálcicos. Al ser ésta un área con un relieve menos erosivo y tener los suelos con mejores aptitudes agrícolas, la práctica totalidad de la superficie se encuentra cultivada, en estas condiciones de clima y vegetación los niveles de materia orgánica son muy bajos, apareciendo en ocasiones la clase de los Yermosoles (en ocasiones Yermosoles gípsicos).

Toda el área presenta innumerables cauces temporales de agua, a los que se asocian los Fluvisoles calcáreos de diferente granulometría.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

### 2.5.3. Bioclimatología

Junto con el suelo, el clima constituye el factor natural condicionante más importante para la vegetación; por lo tanto, las discontinuidades fitocenóticas que se producen en la Tierra al cambiar de latitud, longitud o altitud se correlacionan perfectamente con los cambios del medio físico (clima y suelo). En concreto, existe una estrecha correspondencia entre el clima y la vegetación, hasta el punto de que los climatólogos han usado algunas veces la vegetación como el mejor índice climático o se han basado en ella para construir modelos fitoclimáticos (*e.g.* Allue, 1990).

La Bioclimatología es la ciencia ecológica que estudia la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos y sus comunidades en la Tierra. Principalmente relaciona las especies vegetales y fitocenosis con determinados valores de clima por lo que también podría llamarse Fitoclimatología (Rivas Martínez, 2010). Esta disciplina comenzó a estructurarse en base a relacionar los valores medios del clima (temperatura y precipitación) con los areales de las plantas y de sus formaciones vegetales, para incorporar en las últimas décadas información de las biogeocenosis y conocimientos procedentes de la Fitosociología Dinámico-Catenal. De todos los factores climáticos, la temperatura y las precipitaciones son los principales responsables de la distribución de los biomas sobre la Tierra (Holdridge, 1947). Los intentos para expresar la relación entre las variables ambientales y la vegetación se remontan, al menos, hasta Schimper (1898) y ha sido continuada casi ininterrumpidamente hasta la actualidad (Rübel, 1930; Troll y Paffen, 1964; Mather y Yoshioka, 1966; Walter y Lieth, 1960-67; Box, 1978; etc.).

El conocimiento cada vez más detallado de la distribución de la vegetación sobre la Tierra, así como las modificaciones en el aspecto y composición de la vegetación potencial y de sus etapas de sustitución, está permitiendo que cada día puedan reconocerse con mayor precisión y objetividad las fronteras bioclimáticas y vegetacionales. De este modo, progresivamente, se han ido delimitando y ajustando los espacios correspondientes a las unidades bioclimáticas (bioclimas, termotipos y ombrotipos). Los modelos biofísicos así establecidos han demostrado tener una elevada reciprocidad en el binomio clima-vegetación, lo que está permitiendo realizar mapas bioclimáticos y biogeográficos bastante precisos en todo el mundo (Rivas Martínez, 2010).

Aunque existen numerosos sistemas de clasificación de los climas, podemos separarlos en dos grandes grupos: 1) clasificaciones climáticas, delimitadas según criterios exclusivamente meteorológicos, que utilizan un limitado conjunto de conceptos: calor, frío, lluvia, nieve, sequía; 2) clasificaciones bioclimáticas o fitoclimáticas, elaboradas por botánicos y biogeógrafos, que intentan establecer divisiones que se relacionen con los patrones de distribución de los seres vivos. Una

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

clasificación bioclimática tienen la ventaja de que, una vez establecida y si está bien diseñada, es decir, si presenta buena correlación con la distribución de los tipos de vegetación, podremos predecir con cierta precisión las características climáticas de una localidad sin más que observar su vegetación, utilizando a esta como bioindicadora (Peinado Lorca *et al.*, 2008).

Una de las clasificaciones bioclimáticas más interesante es la de Salvador Rivas-Martínez (1987b). Este sistema, basado fundamentalmente en tres parámetros (macroclima, termoclima y ombroclima) tenía la gran ventaja de su sencillez y facilidad pedagógica, además de una buena adaptación a la realidad bioclimática de España (Peinado Lorca *et al.*, 2008). En trabajos sucesivos, Rivas Martínez (1993, 1994, 1996, 2004, 2008, 2010) ha tratado de poner a punto una “Clasificación Bioclimática de la Tierra” con el objetivo de disponer de una tipología de los bioclimas fácilmente aplicable, que muestre una relación ajustada entre los modelos vegetacionales y los valores del clima (Rivas Martínez, 2010).

El sistema de Rivas-Martínez está basado en la caracterización de cada localidad mediante tres niveles fundamentales: macrobioclima, bioclima y piso bioclimático. Los cinco macrobioclimas que constituyen la base del sistema responden a una concepción zonal y a un criterio de continuidad espacial en cada hemisferio, excepto el macrobioclima Mediterráneo, el más fragmentado de todos ellos, pero que también puede situarse dentro de una franja latitudinal (Peinado Lorca *et al.*, 2008).

El macrobioclima es la unidad tipológica suprema de éste sistema de clasificación bioclimática. Se trata de un modelo biofísico delimitado por determinados valores climáticos y vegetacionales, que posee una amplia jurisdicción territorial y que está relacionado con los grandes tipos de climas, de biomas y de regiones biogeográficas que se admiten en la Tierra. Los macrobioclimas definidos en la clasificación de Rivas-Martínez son los siguientes: Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar.

Cada macrobioclima se subdivide en un número variable de zonas bioclimáticas o bioclimas, que oscilan desde un mínimo de cuatro en el macrobioclima Templado hasta un máximo de ocho en el Mediterráneo, hasta sumar 28 bioclimas a escala mundial. A su vez, dentro del macrobioclima se distinguen pisos bioclimáticos, definidos mediante unos rangos termoclimáticos (termotipos) y ombroclimáticos (ombrotipos) propios, los cuales van a caracterizar a su vegetación por un conjunto de formaciones vegetales, biocenosis y comunidades vegetales propias. Los termotipos se basan en índices térmicos, mientras que los segundos se basan en el índice pluviométrico anual. Mientras que la denominación y los límites de los ombrotipos son comunes para todos los macrobioclimas, tanto el nombre como los rangos que delimitan las fronteras de los termotipos son diferentes en cada macrobioclima. Por otro lado, conviene tener en cuenta que aunque la denominación “piso bioclimático” induce a

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

pensar exclusivamente en la distribución altitudinal de los mismos, la variación latitudinal de las temperaturas hace que los pisos tengan una jurisdicción tanto altitudinal como latitudinal. Además de ello, hay que tener también conceptualmente en cuenta que el piso bioclimático no es otra cosa que el marco y/o contingente físico o climático, artificialmente concebido, que delimita el contenido o realidad biológica que son las series, cinturas o pisos de vegetación (Peinado Lorca *et al.*, 2008; Rivas Martínez, 2010 ).

El bioclima representa la unidad básica de referencia tipológica, debajo de la de mayor rango que es el macrobioclima. Los bioclimas son cada uno de los tipos de clima que influyen en el desarrollo y distribución de las especies y comunidades vegetales, los cuales, teóricamente, se pueden ajustar atendiendo al índice ombrotérmico anual y al régimen estacional de precipitaciones, así como –en el caso de los extratropicales- a la continentalidad. Se reconocen 28 tipos de bioclimas distribuidos en los cinco macrobioclimas. En cada bioclima, a su vez, se ha reconocido un cierto número de variaciones en los ritmos estacionales de la precipitación (variantes bioclimáticas) y en los valores térmicos u ombrotérmicos (pisos bioclimáticos: termotipos y ombrotipos), lo que supone se eleve a más de trescientos el número de los bioclimas básicos.

Uno de los hechos más característicos de cualquier territorio altitudinalmente heterogéneo es la posesión de una secuencia en la que diferentes tipos de vegetación se sustituyen altitudinalmente. Desde el punto de vista de la Bioclimatología ese reemplazamiento no es más que la respuesta de la vegetación a las condiciones climáticas cambiantes; dicho de otro modo, la adaptación de la vegetación a sucesivos pisos bioclimáticos. Entendemos como pisos bioclimáticos cada uno de los tipos o grupos de medios que se suceden en una cliserie altitudinal o latitudinal. Se delimitan en función de termotipos y ombrotipos. Para una correspondencia más afinada con la vegetación, a veces es necesario distinguir en los pisos bioclimáticos la mitad inferior y superior de sus intervalos térmicos y ómbricos, que se denominan horizontes bioclimáticos termotípicos y ombrotípicos.

Cada piso bioclimático posee unas determinadas formaciones y comunidades vegetales: los pisos de vegetación. Es conveniente también subrayar que, a diferencia de lo que se ha considerado en la Geobotánica tradicional, cada macrobioclima posee unos particulares pisos bioclimáticos. Si bien la demostración más notable de los pisos bioclimáticos es la zonación de los pisos de vegetación en las montañas que posibilita la existencia paisajística de cliseries altitudinales, resulta claro que de las relaciones altitud-latitud se deduce que los pisos bioclimáticos se sustituyen unos a otros no sólo en franjas altitudinales sino también latitudinales. Las respuestas altitudinales de la vegetación son similares a las que se producen latitudinalmente, con la desaparición progresiva de los tipos de vegetación propios de las tierras bajas y su reemplazamiento por tipos adaptados a condiciones más frías o más lluviosas, generalmente semejantes a

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

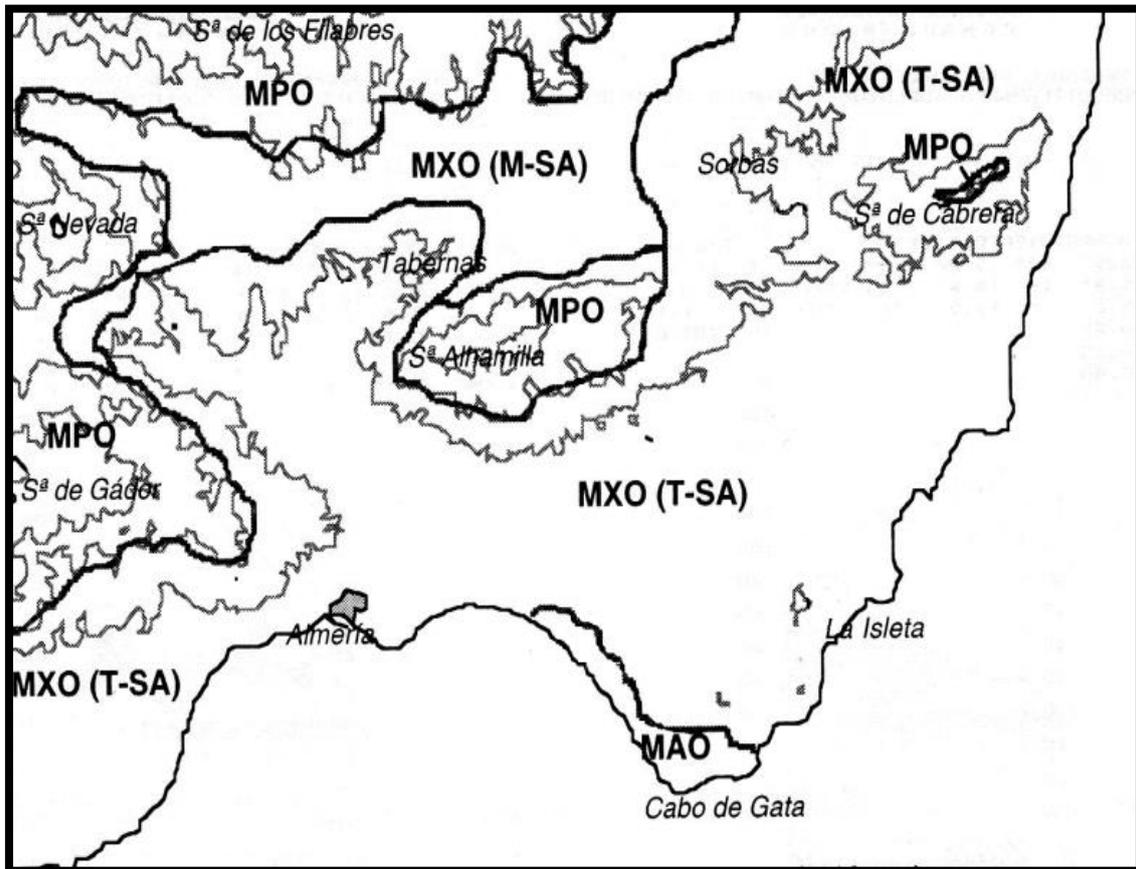
los que encontramos al dirigirnos hacia el norte. Por ejemplo, en la Europa mediterránea el bosque esclerófilo de la llanura es sustituido en altitud por bosque caducifolio y este por bosques de coníferas, que a su vez son reemplazados por pastos alpinos y por nieves perpetuas en las altas cumbres. Este es un gradiente altitudinal climático similar al que aparece en Europa, desde España en el sur hasta el Ártico (Peinado Lorca *et al.*, 2008).

El piso bioclimático se define como hemos dicho por intervalos térmicos y ómbricos, últimos responsables de las grandes franjas o cinturas con que acostumbramos a relacionar los pisos de vegetación. Sin embargo, no hay que olvidar que dentro de esas cinturas fácilmente apreciables hay modificaciones internas causadas bien por: a) variaciones climáticas locales (heladas, persistencia de la nieve o del hielo); b) variaciones edáficas (sustrato, hidromorfismo, paleosuelos, etc); c) variaciones topográficas (solanas, umbrías, crestas, valles angostos, etc); d) variaciones históricas o culturales (vegetación relictas, utilización tradicional del territorio, repoblaciones antiguas hoy naturalizadas, etc). Por ello más allá de la modelización en función de intervalos térmicos y ómbricos, la realidad biológica obliga a delimitar sobre el terreno, y dentro de un mismo piso, modificaciones internas, solapamientos y cambios ecológicos a nivel de hábitat local que componen el mosaico paisajístico de un determinado territorio.

El área de estudio se presenta bajo un macrobioclima Mediterráneo, caracterizado por tener las precipitaciones centradas en el periodo menos favorable para el desarrollo vegetal y presentar en la época estival más de dos meses cuyas precipitaciones están por debajo del doble de la temperatura ( $P < 2T$ ), lo que supone un largo déficit de agua gran parte del año. Siguiendo la aproximación a la clasificación bioclimática global de Rivas Martínez (2010), se distinguen tres tipos de bioclimas con los siguientes termotipos y ombrotipos:

- La mayor parte de las zonas litorales, subcontinentales y bases de las sierras del SE ibérico presentan un bioclima Mediterráneo xérico-oceánico, con ombrotipo semiárido y termotipos termo y mesomediterráneo;
- De manera puntual, como es el caso del Cabo de Gata o los cabos Cope y Tiñoso, aparece el Mediterráneo desértico-oceánico caracterizado por un ombrotipo árido y un termotipo termomediterráneo.
- Mientras que en las zonas más elevadas de algunas montañas el bioclima es Mediterráneo pluviestacional-oceánico, con ombrotipo seco y termotipo mesomediterráneo.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**



MPO: Mediterráneo Pluviestacional-Oceánico; MXO (T-SA): Mediterráneo Xérico-Oceánico (Termomediterráneo-Semiárido); MXO (M-SA): Mediterráneo Xérico-Oceánico (Mesomediterráneo-Semiárido); MAO: Mediterráneo Árido-Oceánico.

**Figura nº 29. Mapa de los Bioclimas del SE de Almería (Mota *et al.*, 1997).**

En la Tabla nº 15 se encuentra resumida la diagnosis bioclimática del SE almeriense, en la que se muestran los límites altitudinales de los bioclimas y de sus pisos bioclimáticos.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

BIOCLIMAS	PISOS BIOCLIMÁTICOS	
	TERMOTIPO	OMBROTIPO
Mediterráneo Árido-Oceánico (Puntual en ciertos cabos, como Gata, Cope y Tiñoso)	Termomediterráneo	Árido
50 m		50 m
100 m	600-700 m 700-800 m	100 m
Mediterráneo Xérico-Oceánico		Semiárido
800-900 m	Mesomediterráneo	800-900 m
900-1000 m		900-1000 m
Mediterráneo Pluviestacional- Oceánico		Seco

Tabla nº 15. Límites altitudinales de los Bioclimas y Pisos Bioclimáticos (Mota *et al.*, 1997).

Almería se encuentra situada en el extremo suroriental de la Península Ibérica, en la Región Mediterránea Occidental, en un territorio caracterizado por su marcada aridez, carácter mediterráneo y temperaturas suaves. Las precipitaciones anuales son muy escasas, con valores medios inferiores a los 300 mm. Según los índices de aridez Pluvifactor de Lang, Índice de Martonne, Coeficiente de Emberger, etc. es el área más árida de la Península Ibérica y de todo el flanco meridional de Europa, alcanzándose un mínimo de 135 mm en cabo de Gata. El máximo pluviométrico tiene lugar en otoño, seguido de un máximo secundario en primavera. La temperatura media anual está comprendida entre 17 y 21 °C, alcanzándose los valores medios más elevados de la península y los valores máximos corresponden a los meses de julio y agosto (Capel Molina, 1981, 1990, 2000).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

A continuación se muestran los datos climáticos (Tabla nº 16) y diagrama bioclimático (Figura nº 30) pertenecientes a la estación meteorológica de Tabernas (Almería).

ESP ALMERIA ( TABERNAS )		Altitude: 500 m.					
Latitude: 37°04'N		Longitude: 002°22'W					
Temperature observation period.: 1955-1970(16)		Rainfall observation period....: 1955-1970(16)					
(C°/mm)	Ti	Mi	mi	M'i	m'i	Pi	PEi
Jan	11.4	16.7	6.1	22.3	1.5	16.0	23.4
Feb	11.0	16.0	6.1	21.7	1.4	24.0	21.6
Mar	13.1	18.4	7.9	25.0	2.6	20.0	36.4
Apr	15.7	21.6	9.8	28.6	5.3	28.0	54.8
May	20.3	27.4	13.3	32.9	8.7	22.0	99.0
Jun	23.6	30.0	17.1	35.6	12.9	5.0	132.9
Jul	26.5	33.4	19.7	39.4	16.5	2.0	168.3
Aug	26.8	33.1	20.5	38.1	17.6	1.0	161.3
Sep	23.3	29.3	17.3	33.7	13.5	29.0	108.6
Oct	19.0	24.1	14.0	28.7	9.1	43.0	69.5
Nov	13.8	18.8	8.8	23.5	3.5	26.0	33.2
Dec	10.4	15.7	5.2	23.3	-0.3	29.0	18.9
<b>Year</b>	<b>17.9</b>	<b>23.7</b>	<b>12.2</b>	<b>29.4</b>	<b>7.7</b>	<b>245.0</b>	<b>928.0</b>

Tabla nº 16. Datos climáticos pertenecientes a la estación meteorológica de Tabernas (Almería) (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2009).

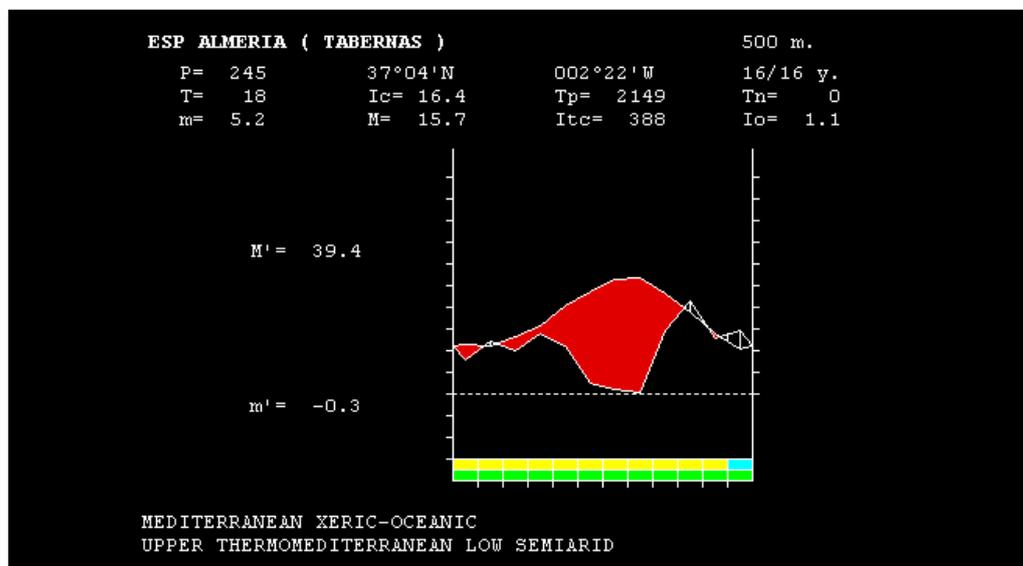


Figura nº 30. Diagrama bioclimático de la estación meteorológica de Tabernas (Almería) (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2009).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

### 2.5.4. Biogeografía

En cuanto a la Biogeografía se refiere, que podría denominarse Fitogeografía, es la ciencia de la vegetación natural y de las especies que estudia la distribución de las biocenosis y especies en la Tierra. En los sistemas de clasificación de los primeros biogeógrafos las áreas geográficas se clasificaban según las semejanzas de sus características botánicas y zoológicas, con la pretensión no de descubrir las causas, sino con el objetivo de establecer una jerarquización sistemática (Peinado Lorca *et al.*, 2008). En base a los areales actuales de taxones y sintáxones, así como los conocimientos y modelos procedentes de otras ciencias de la naturaleza (Geografía Física, Edafología, Bioclimatología, etc) establece una tipología global de la biosfera (Rivas Martínez, 2010). Sin embargo, bajo esta definición se oculta una gran complejidad, especialmente si se pasa del aspecto descriptivo a la búsqueda de las causas que rigen esas distribuciones. Desde un punto de vista descriptivo o convencional, la Biogeografía se ha ocupado del estudio de la distribución de la flora y fauna, de la estructura de las áreas de distribución, así como por las afinidades o diferencias presentadas por los taxones de diferentes regiones (Blondel, 1979). Como consecuencia de la combinación de diversas causas, entre las que cabe destacar sus puntos de origen, sus requerimientos ecológicos, sus capacidades de dispersión y la competencia o la colaboración con otros organismos, la distribución de las plantas sobre la Tierra no es homogénea (Peinado Lorca *et al.*, 2008). Este enfoque condujo hacia la definición de centros de origen y dispersión así como a la noción de “unidades biogeográficas” que podían aplicarse a amplios territorios. Esto nos conduce al primer aspecto a considerar en los análisis biogeográficos, la escala espacial (Mota *et al.*, 1997).

De Candolle (1820) fue el primer autor que distinguió entre Biogeografía Ecológica y Biogeografía Histórica. De acuerdo con sus planteamientos la primera depende de causas físicas que operan en la actualidad, mientras que la segunda se rige por causas que no se dan hoy en día. Por otro lado, la Biogeografía Histórica trata de procesos evolutivos que tuvieron lugar durante millones de años, mientras que la denominada Biogeografía Ecológica se ocupa de procesos históricos que transcurren en escalas temporales cortas. Esta separación temporal, no ha perdido vigencia en opinión de muchos autores (Rivas Martínez *et al.*, 1993; Blondel, *op. cit.*) que tratan de separar el análisis de los hechos pretéritos del ajuste de la flora y la vegetación a las condiciones ambientales actuales. En este doble gradiente espacio-temporal en que se pueden enmarcar los procesos biogeográficos, los efectos de las glaciaciones del Pleistoceno podrían situarse entre ambos extremos (Blondel, *op. cit.*).

Otro de los rasgos en los que coinciden los biogeógrafos es en su consideración de campo multidisciplinar. No puede ser de otra manera en una ciencia que trata de la distribución de los seres vivos y de la puesta en evidencia de las causas que rigen estas distribuciones y que, por lo tanto, debe recurrir a procesos ecológicos y evolutivos. Tal

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

vez por ello, Mac Arthur y Wilson (1967) se declararon incapaces de descubrir la mínima distinción entre Biogeografía y Ecología. Otros, sin embargo, consideran a la Biogeografía como una rama de la Geografía (Ferrera y Fidalgo, 1991).

Las plantas, por su inmovilidad, constituyen un sujeto ideal para la Biogeografía puesto que son fácilmente cartografiables. Por este motivo, la Fitogeografía ha cobrado ventaja doble a la Zoogeografía, ayudada por el gran número de endemismos vegetales que se presentan en la mayoría de las unidades corológicas. Esta tradición florística ha hecho que la mayor parte de los estudios sobre Biogeografía sólo recurran a la distribución de los taxones. Este enfoque, que sin duda es de gran validez, puede completarse con los tipos de vegetación con los que la Biogeografía puede quedar más ajustada a las condiciones ambientales actuales. Esta es una de las ambiciones de la Fitosociología que ha tratado de relacionar las unidades básicas de la Biogeografía (*e.g.* el distrito) con las comunidades vegetales (Braun-Blanquet, 1964; Bolós, 1962 y 1963; Rivas Martínez, 1987b, etc.).

Cada taxón o cada sintaxon tiene un área de distribución, entendiendo como tal al conjunto de lugares en los que se hallan individuos del mismo taxón (Autocorología) o comunidades pertenecientes al mismo sintaxon (Sincorología). A pesar de que las áreas de distribución de los organismos o de las comunidades no sean idénticas, cuando se comparan las áreas de muchas de ellas se observan semejanzas que permiten definir y delimitar territorios en función de sus elementos comunes. Es por ello que uno de los criterios tradicionalmente utilizados en el reconocimiento y delimitación de áreas es la cartografía de aquellos taxones (familias, géneros, especies y subespecies) que tienen una distribución territorial ceñida a un área concreta (Peinado Lorca *et al.*, 2008).

El conjunto de las plantas que son características de cualquier territorio constituye su elemento florístico. Naturalmente, los componentes fundamentales de cualquier elemento florístico son los endemismos, pero no son necesariamente los únicos. Dado que determinadas condiciones medioambientales pueden estar presentes en un determinado territorio y faltar en los colindantes, algunas plantas de distribución amplia pueden presentarse en aquel y no presentarse en los vecinos, por lo que al elemento florístico propio hay que añadir el denominado elemento diferencial, que sirve para reforzar la personalidad florística de cualquier territorio. De la misma forma que se han usado tradicionalmente a los taxones, pueden usarse también los sintaxones y los geosintaxones como diferenciadores de las unidades fitogeográficas.

Teniendo como fundamento a los conocimientos autocorológicos y sincorológicos, así como a la información suministrada por otras ciencias (Geología, Geografía, Edafología, Climatología, Paleobotánica, Historia, etc) el sistema de clasificación biogeográfico más actual y de mayor uso se basa en una serie de unidades jerárquicas de mayor o menor amplitud, que en orden decreciente de extensión y peculiaridades florísticas y fitocenóticas son: Reino, Región, Provincia, Sector, Distrito, Comarca, Célula de Paisaje y Tesela (Peinado Lorca *et al.*, 2008).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Salvo la tesela, unidad biogeográfica que puede repetirse de modo disyunto, todas las unidades biogeográficas deben ser territorios de superficie continua que incluyan los accidentes orográficos y la diversidad litológica que pueda existir en su demarcación geográfica. A veces, en estas unidades geográficas aparecen introgresiones de otras adyacentes, y en ocasiones tales islas pueden llegar a ser frecuentes en comarcas de litología variada o en territorios próximos a fronteras regionales o provinciales.

El Reino floral o florístico es la unidad biogeográfica de más alto rango y está caracterizada por poseer una flora y vegetación propias con al menos algunas familias endémicas. Los reinos se dividen en regiones, que se caracterizan por poseer muchas especies, algunos géneros e incluso familias endémicas. La Provincia es la unidad inmediatamente subordinada a la Región. Los criterios para considerar a un determinado territorio como provincia son los siguientes: tener especies endémicas; poseer dominios climáticos, series y comunidades permanentes particulares, así como poseer una cliserie altitudinal diferenciada. Una provincia agrupa a uno o más sectores. El Sector suele ser un territorio bastante extenso que posee algunas especies, asociaciones y catenas propias, si bien éstas raramente a nivel climático. El Distrito define a un territorio bien delimitado geográficamente, que posee un conjunto de especies, asociaciones y, sobre todo, geoserias topográficas y cliseries peculiares. La Comarca biogeográfica es la unidad tipológica intermedia entre célula de paisaje y distrito. La comarca es un territorio, por lo general no muy extenso, que presenta algunas peculiaridades en su vegetación que lo distinguen de comarcas vecinas. La Célula de paisaje reúne a un conjunto de pluriteselas unidas territorialmente por sus correspondientes topogeoserias (valles fluviales, cuencas endorreicas, redes lagunares, deltas, relieves montañosos, etc.) (Peinado Lorca *et al.*, 2008).

Las particularidades florísticas del sureste ibérico, así como las originales formaciones vegetales que constituye esta flora, llamaron la atención de numerosos investigadores desde el inicio de la ciencia Geobotánica en España.

Lázaro é Ibiza (1895), primer biogeógrafo ibérico, incluyó los territorios del sureste en lo que definió como Región Sudoriental, caracterizada por ser bastante rica en especies endémicas y presentar un marcado carácter africano en su continente florístico. Con posterioridad, Braun Blanquet (1923) sitúa el territorio de estudio en la provincia Mediterránea Occidental de la Región Mediterránea. Takhtajan (1986) incluye el sureste árido peninsular en la provincia Suroeste-Mediterránea y el resto de la Península en la provincia Ibérica (Mota *et al.*, 1997).

Toda el área mediterránea al sur de Alicante dominada por el *Oleo-Ceratonion* fue integrada por Bolós (1957) en el territorio Subestepárico Murciano-Almeriense, incluido en lo que denominó Sector Estepario Ibero-Mauritánico. A finales de la década de los años sesenta del pasado siglo XX, Rivas Goday y Rivas Martínez fueron los

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

primeros autores en otorgar el rango jerárquico biogeográfico de provincia Murciano-Almeriense a este territorio del SE peninsular.

Con posterioridad, Rivas Martínez (1973) y Rivas Martínez *et al.* (1977) fueron los que sentaron las bases de la reordenación biogeográfica peninsular, estableciendo divisiones territoriales hasta nivel de sector. En concreto, la provincia Murciano-Almeriense fue dividida (Rivas Martínez *et al.*, *op.cit.*) en los sectores Alicantino, Murciano y Almeriense, perteneciendo a este último el territorio que consideramos. Multitud de trabajos posteriores han incidido en el estudio de las unidades corológicas ibéricas, centrándose muchos de ellos en las del sur peninsular (Alcaraz, 1984; Alcaraz y Peinado, 1987; Rivas Martínez, 1987 a y b; Alcaraz *et al.*, 1989 y 1991; Rivas Martínez *et al.*, 1991, Peinado *et al.*, 1992, etc).

De acuerdo con la tipología biogeográfica de Rivas Martínez *et al.* (2004), esta zona del sureste ibérico se enmarca, dentro del reino Holártico, en la región Mediterránea, subregión Mediterránea Occidental. La delimitación biogeográfica del área estudiada hasta el nivel de subsector se corresponde a la siguiente jerarquización:

### **REINO HOLÁRTICO**

#### **REGIÓN MEDITERRÁNEA**

##### **SUBREGIÓN MEDITERRÁNEA OCCIDENTAL**

###### **\* Provincia Murciano-Almeriense**

###### **+ Sector Almeriense**

###### **1.- Distrito Almeriense Occidental**

La provincia Murciano-Almeriense es, sin lugar a dudas, una de las unidades biogeográficas con mayor identidad en el contexto peninsular. Comprende una franja, más o menos amplia, de territorios litorales y subcontinentales entre las estribaciones orientales de la sierra de Bernia en Alicante y el Cabo de Sacratif en Granada (Mota *et al.*, 1997).

Gran parte de la provincia de Murcia, la totalidad de Almería salvo algunas sierras interiores (Sierra Nevada, Filabres, Gádor, María, etc., incluidas en la provincia biogeográfica Bética), el sur de Alicante desde las laderas meridionales de las montañas Diánicas en los alrededores de Benidorm hacia el sur, parte del litoral granadino y algunas zonas del sureste de Albacete pertenecen a esta provincia corológica que, situada en el sureste peninsular, se caracteriza por la preponderancia de los ombroclimas

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

semiárido y árido, lo que, unido a la gran extensión del piso termomediterráneo, a lo variado de su geología, a la existencia de una topografía abrupta y, en definitiva, al aislamiento geográfico y ecológico, la convierten en una de las provincias con flora más especializada, rica en edafismos o endemismos edáficos.

La aridez climática que caracteriza a esta provincia es el resultado de su posición geográfica en la sombra de lluvias de sistemas montañosos que impiden la entrada de los frentes atlánticos y mediterráneos septentrionales (Peinado Lorca *et al.*, 2008).

En la mayor parte de la provincia Murciano-Almeriense se presenta el piso bioclimático termomediterráneo semiárido, estando tan sólo los territorios del interior bajo el mesomediterráneo semiárido. Puntualmente aparecen ombrotipos árido (como en los cabos de Gata, Tiñoso y Cope) y seco (en lo alto de las sierras de Alhambilla, de Cabrera, de Carrascoy y Almenara). Rivas Martínez (1987b) señaló las diferencias bioclimáticas respecto a otras zonas adyacentes; frente al área valenciano-catalana, aparte de la aridez, las máximas precipitaciones que se dan en la época otoñal se ven amortiguadas cuando no equilibradas en el occidente almeriense por las lluvias de primavera; frente a las áreas bética y mariánica se independiza por su ritmo ómbrico invernal, acusadamente menor en proporción relativa (Mota *et al.*, 1997).

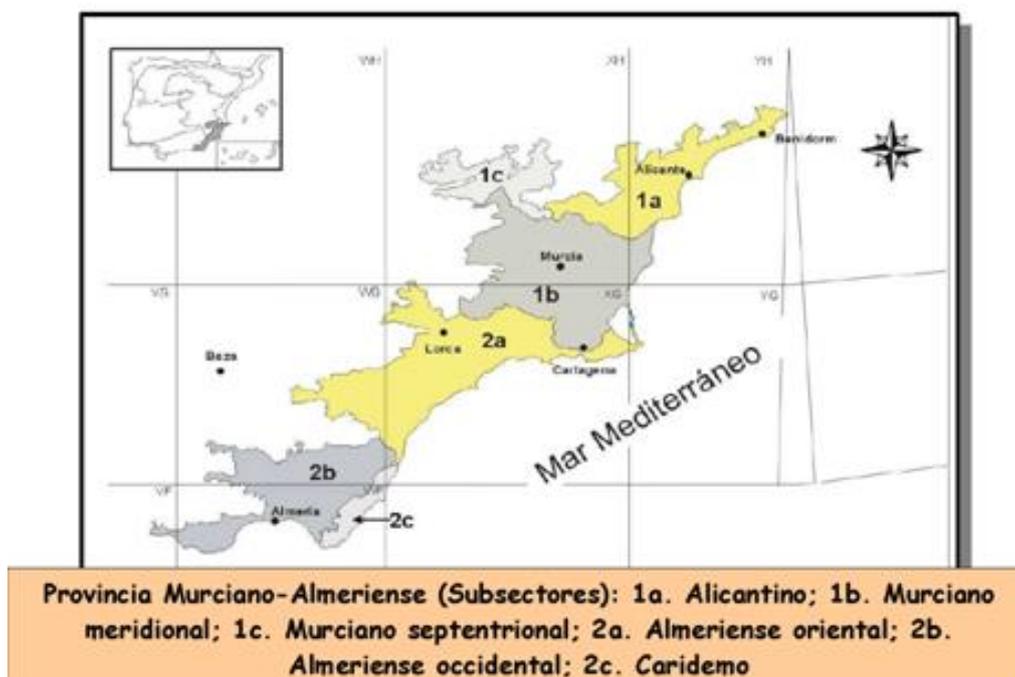


Figura nº 31. Esquema biogeográfico de la provincia Murciano-Almeriense (Alcaraz, 2011).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Fitosociológicamente se caracteriza por el dominio potencial de espinares y bosquetes de la alianza *Periplocion angustifoliae*, junto a los que destacan los tomillares del orden *Anthyllidetalia terniflorae* (que sólo van más allá de esta provincia al penetrar en el distrito o subsector Manchego-Murciano –sector Manchego, provincia Mediterránea-Ibérica-Central-). También son originales y características las comunidades nitrófilas de las alianzas *Hammado articulatae-Atriplicion glaucae* y *Carrichtero annuae-Amberboion lipii*, que desbordan muy poco el área Murciano-Almeriense, la primera de forma puntual se halla en los sectores Guadiciano-Bacense y Alpujarreño-Gadoreño (de la provincia Bética) y Setabense (de la provincia Catalano-Provenzal-Balear), y la segunda alcanza empobrecida los territorios manchegos meridionales.

Son muchos los *taxa* que, con su área de distribución restringida, van a definir biogeográficamente la unidad Murciano-Almeriense, como puede observarse en la Tabla nº 17. En total se han recopilado 29 endemismos que se presentan en sus dos sectores, 24 elementos murciano-almerienses-norteafricanos y 13 elementos endémicos o ibero-norteafricanos cuya área supera ligeramente esta unidad pero que en ella encuentran su óptimo; entre todos, destacan por su abundancia taxones de Quenopodiáceas, Labiadas, Compuestas, Leguminosas y Crucíferas, familias muy bien adaptadas a las presiones selectivas que se ejercen en este ambiente mediterráneo árido. Es manifiesta la importancia de las comunidades de matorrales en el sureste ibérico como fuente de especiación y refugio de endemismos y taxones vicariantes con el Norte de África, ya que la mayor parte de éstos caracterizan a sintáxones de la clase *Rosmarinetea* (Mota *et al.*, 1997).

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

Unidad Biogeográfica	Taxones endémicos	Táxones compartidos con el N de África	Táxones con óptimo en este territorio
Provincia Murciano- Almeriense	<i>Allium melananthum</i>	<i>Achillea santolinoides</i>	<i>Artemisia barrelieri</i>
	<i>Anabasis hispanica</i>	<i>Brassica cossoniana</i>	<i>Astragalus grossi</i>
	<i>Anthyllis terniflora</i>	<i>Caralluma europaea</i>	<i>Astragalus pauciflorus</i>
	<i>Anthyllis x media</i>	<i>Centaurea maroccana</i>	<i>Avenula murcica</i>
	<i>Artemisia lucentica</i>	<i>Brassica tournefortii</i>	<i>Diploaxis harra</i>
	<i>Avena hirtula</i>	<i>Cutandia memphitica</i>	subsp. <i>lagascana</i>
	<i>Carduus valentinus</i>	<i>Dactylis hispanica</i>	<i>Echium humile</i>
	<i>Centaureum rigualii</i>	subsp. <i>santai</i>	<i>Herniaria fruticosa</i>
	<i>Centaurea saxicola</i>	<i>Eryngium ilicifolium</i>	var. <i>erecta</i>
	<i>Coris monspeliensis</i>	<i>Frankenia corymbosa</i>	<i>Lafuentea rotundifolia</i>
	subsp. <i>rivasiana</i>	<i>Filago mareotica</i>	<i>Launaea lanifera</i>
	<i>Erucastrum virgatum</i>	<i>Galactites duriaei</i>	<i>Limonium</i>
	subsp. <i>pseudosinapsis</i>	<i>Halocnemom</i>	<i>cossonianum</i>
	<i>Galium boisserianum</i>	<i>strobilaceum</i>	<i>Limonium eugeniae</i>
	<i>Genista cinerea</i>	<i>Hammada articulata</i>	<i>Sideritis lasiantha</i>
	subsp. <i>murcica</i>	<i>Ifloga spicata</i>	(= <i>S. foetens</i> )
	<i>Guiraoa arvensis</i>	<i>Lasiopogon muscoides</i>	<i>Teucrium capitatum</i>
	<i>Helianthemum</i>	<i>Leucanthemum</i>	subsp. <i>Gracillimum</i>
	<i>almeriense</i>	<i>paludosum</i>	
	var. <i>scopulorum</i>	subsp. <i>decipiens</i>	
	<i>Helianthemum</i>	<i>Limonium lobatum</i>	
	<i>marmironense</i>	<i>Lobularia líbica</i>	
	<i>Helichrysum</i>	<i>Notoceras bicorne</i>	
	<i>decumbens</i>	<i>Periploca laevigata</i>	
	<i>Limonium caesium</i>	subsp. <i>angustifolia</i>	
	<i>Limonium</i>	<i>Plantago ovata</i>	
	<i>santapolense</i>	<i>Suaeda pruinosa</i>	
	<i>Linaria oligantha</i>	<i>Volutaria lippi</i>	
	<i>Lycocarpus fugax</i>	<i>Ziziphus lotus</i>	
	<i>Salsola genistoides</i>		
	<i>Satureja obovata</i>		
subsp. <i>canecens</i>			
<i>Senecio auricula</i>			
subsp. <i>major</i>			
<i>Sideritis murgetana</i>			
subsp. <i>murgetana</i>			
<i>Suaeda x genesiana</i>			

Tabla nº 17. Caracterización florística de la unidad biogeográfica superior del área de estudio (Mota *et al.*, 1997).

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

<b>Unidad Biogeográfica</b>	<b>Taxones endémicos</b>	<b>Táxones compartidos con el N de África</b>	<b>Táxones con óptimo en este territorio</b>
Provincia Murciano-Almeriense	<i>Teucrium carolipau</i> subsp. <i>fontqueri</i> <i>Teucrium murcicum</i> subsp. <i>murcicum</i> <i>Thymus hyemalis</i> subsp. <i>hyemalis</i>		

Tabla nº 17. (Continuación).

<b>Unidad Biogeográfica</b>	<b>Taxones endémicos</b>	<b>Táxones compartidos con el N de África</b>	<b>Táxones con óptimo en este territorio</b>
Sector Almeriense	<i>Calendula exilis</i> <i>Chaenorrhinum grandiflorum</i> subsp. <i>grandiflorum</i> <i>Coris hispanica</i> <i>Helianthemum almeriense</i> var. <i>almeriense</i> <i>Limonium delicatulum</i> <i>Limonium insigne</i> <i>Linaria nigricans</i> var. <i>nigricans</i> <i>Maytenus senegalensis</i> subsp. <i>europaeus</i> (óptimo) <i>Moricandia foetida</i> (óptimo) <i>Rhamnus velurtinus</i> subsp. <i>almeriensis</i> <i>Reseda stricta</i> subsp. <i>funkii</i> <i>Salsola papillosa</i>	<i>Androcymbium gramineum</i> <i>Campanula fastigiata</i> <i>Euphorbia dracunculoides</i> subsp. <i>inconspicua</i> <i>Galium ephedroides</i> <i>Herniaria fontanesi</i> subsp. <i>almeriana</i> <i>Leysera leyseroides</i> <i>Linaria pedunculata</i> subsp. <i>lutea</i> <i>Logfia clementei</i> <i>Plantago notata</i> <i>Pteranthus dichotomus</i> <i>Rosmarinus eriocalyx</i> <i>Salsola webbi</i> <i>Senecio flavus</i> <i>Serratula flavescens</i> subsp. <i>leucantha</i> <i>Serratula flavescens</i> subsp. <i>mucronata</i>	<i>Antirrhinum hispanicum</i> subsp. <i>mollissimum</i> <i>Chaenorrhinum grandiflorum</i> subsp. <i>carthaginense</i> <i>Phlomis purpurea</i> subsp. <i>almeriensis</i> <i>Rhamnus oleoides</i> subsp. <i>angustifolia</i> <i>Sideritis pusilla</i> subsp. <i>pusilla</i>

Tabla nº 18. Caracterización florística de las unidad biogeográfica superior del área de estudio (Mota *et al.*, 1997).

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

Unidad Biogeográfica	Taxones endémicos	Táxones compartidos con el N de África	Táxones con óptimo en este territorio
Sector Almeriense	<i>Santolina viscosa</i> <i>Sideritis pusilla</i> subsp. <i>alhamillensis</i> <i>Silene littorea</i> subsp. <i>adscendens</i> <i>Teucrium erioccephalum</i> subsp. <i>almeriense</i> <i>Teucrium lanigerum</i> <i>Teucrium hieronymi</i> <i>Thymus hyemalis</i> subsp. <i>milleflorum</i> <i>Thymus x indalicus</i>		

**Tabla nº 18. (Continuación).**

El sector biogeográfico Almeriense se localiza en el área meridional de la provincia Murciano-Almeriense, ocupando la mayor extensión de ésta. En él se presenta toda la variabilidad bioclimática de la provincia corológica, lo que junto a su buena caracterización florística, fitosociológica y sinfitosociológica, hace que sea el sector biogeográfico mejor definido.

El sector Almeriense posee la alianza propia *Helianthemo-Siderition pusillae* que define los tomillares calcícolas, frente a la al. *Thymo moroderi-Siderition leucanthae* que se presenta en el resto de los territorios murciano-almerienses (sector Alicantino-Murciano). También son discriminantes los tomillares gipsícolas de la subal. *Gypsophylo-Santolinenion viscosae*, así como las asociaciones de la al. *Anthyllido-Salsolion papillosae: Limonio insignis-Anabasetum hispanicae* y *Salsolo papillosae-Limonietum carthaginensis* (Mota *et al.*, 1997).

Una de las particularidades sinfitosociológicas del sector Almeriense, frente al Alicantino-Murciano, es la aparición de las series de vegetación *Zizipheto loti S.*, *Mayteno europaei-Zizipheto loti S.* y *Arisaro simorrhini-Tetraclinideto articulatae S.* Además, el piso mesomediterráneo bajo ombroclima seco se caracteriza también por la aparición de dos series con óptimo bético, *Adenocarpo-Querceto rotundifoliae S.* sobre sustratos silíceos y *Paeonio-Querceto rotundifoliae S.* sobre sustratos calcáreos.

La riqueza en endemoflora de este sector queda reflejada en la Tabla nº 18, destacando entre sus 20 *taxa* endémicos por su área más localizada o por su

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

especificidad de hábitat: *Chaenorrhinum grandiflorum* subsp. *grandiflorum*, *Coris hispanica*, *Helianthemum almeriense* var. *almeriense*, *Limonium insigne*, *Linaria nigricans* var. *nigricans*, *Salsola papillosa*, *Santolina viscosa*, *Silene littorea* subsp. *adscendens*, etc. También es importante el gran número de elementos almerienses-norteafricanos, como *Androcymbium gramineum*, *Campanula fastigiata*, *Herniaria fontanesi* subsp. *almeriana*, *Leysera leyseroides*, *Pteranthus dichotomus*, *Rosmarinus eriocalyx*, *Salsola webbi*, *Senecio flavus*, etc. (Mota *et al.*, 1997).

Debido a la heterogeneidad ambiental que existe en el sector Almeriense y al extenso territorio que ocupa, se ha dividido en tres subunidades: Almeriense Occidental, Caridemo y Almeriense Oriental, que han sido tratadas en la bibliografía bien como subsectores o bien como distritos. A continuación, describiremos el subsector biogeográfico Almeriense Occidental por ser éste, y no otro, el que incluye de forma exclusiva el raro endemismo xerohalófito *Limonium tabernense*, objeto de nuestro estudio.

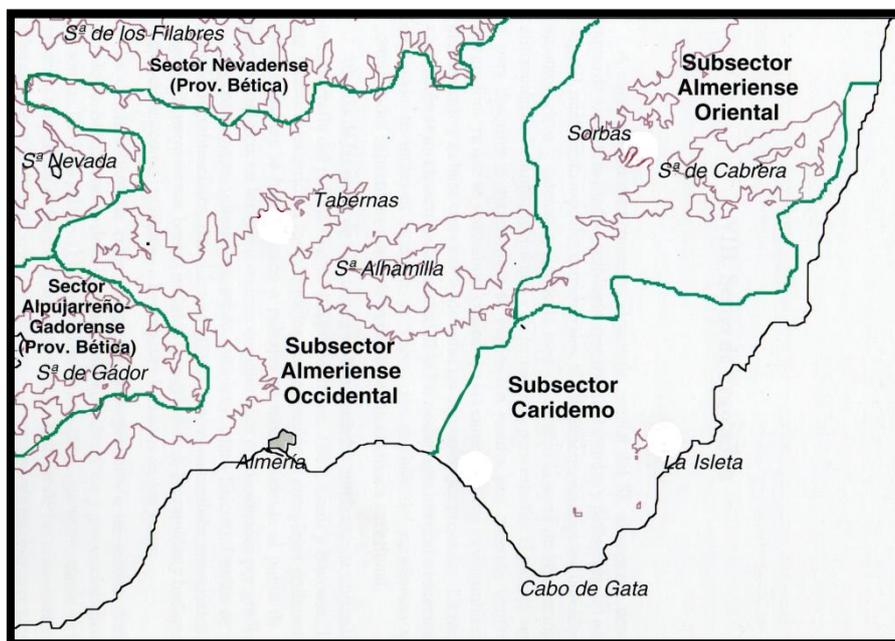


Figura nº 32. Mapa de las unidades Biogeográficas del SE de Almería (Mota *et al.*, 1997).

El subsector biogeográfico Almeriense Occidental se extiende desde el granadino Cabo de Sacratif, por una franja litoral penetra en la provincia Almeriense, rodeando la base sur y este de la Sierra de Gádor hacia las faldas orientales de Sierra Nevada y las meridionales de la Sierra de Los Filabres, ocupando los Campos de Tabernas, hasta la Sierra Alhamilla. Está caracterizado por recibir una mayor influencia

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

de las precipitaciones procedentes del Atlántico, siendo menos importantes las precipitaciones otoñales frente a las primaverales.

En este subsector aparecen de forma exclusiva las series de vegetación *Mayteno europaei-Zizipheto loti* S. y *Bupleuro-Pistacieto lentisci* S., así como los complejos de vegetación tabernense sobre margas subsalinas y sobre yesos.

También son característicos del subsector Almeriense Occidental varios sintáxones propios, como: las arbustadas espinosas de la as. *Mayteno europaei-Ziziphetum loti*, los matorrales gipsícolas de la as. *Santolino viscosae-Gypsophyletum struthii*, los matorrales calcícolas de la as. *Helianthemo almeriensis-Sideritetum pusillae*, las comunidades camefíticas desarrolladas sobre las margas miocénicas de Tabernas de la as. *Anabasio-Euzomodendretum bourgeani*, y los pastos sabulícolas de la as. *Wahlenbergio-Loeflingietum pentandrae* (Mota *et al.*, 1997).

Florísticamente presenta una cierta influencia bética con algunos taxones que llegan de manera finícola, como *Festuca scariosa*, *Lavandula lanata*, *Linaria verticillata*, *Teucrium compactum*, *Thymus longiflorus*, etc., especialmente a los territorios de S<sup>a</sup> Alhamilla; aunque esta unidad no parece ser muy sólida por la presencia de tan sólo cuatro elementos exclusivos (*Euzomodendron bourgeanum*, *Salsola x masclansii*, *Teucrium intricatum* y nuestra especie objeto de estudio, *Limonium tabernense*), si lo es al sumarse los muchos otros taxones de área reducida que son diferenciales frente al resto de subsectores (Tabla nº 19), entre los que destacamos a *Koelpinia linearis*, *Forsskaolea tenacissima*, *Sideritis luteola*, *Wahlenbergia nutabunda*, etc.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

<b>Unidad Biogeográfica</b>	<b>Táxones endémicos</b>	<b>Táxones diferenciales frente al resto de subsectores</b>
<b>Subsector Almeriense Occidental</b>	<i>Euzomodendron bourgeanum</i> <i>Limonium tabernense</i> <i>Salsola x masclansii</i> <i>Teucrium intricatum</i> <i>Asteriscus pygmaeus</i>	<i>Astragalus edulis</i> <i>Doronicum plantagineum</i> <i>Evax lusitanica</i> <i>Festuca scariosa</i> <i>Forsskaolea tenacissima</i> <i>Frankenia thymifolia</i> <i>Koelpinia linearis</i> <i>Lavandula lanata</i> <i>Lepidium subulatum</i> <i>Linaria verticillata</i> <i>Nepea amethystina</i> subsp. <i>mallophora</i> <i>Ophioglossum lusitanicum</i> <i>Saxifraga granulata</i> <i>Scrophularia frutescens</i> <i>Sideritis leucantha</i> subsp. <i>bourgeana</i> <i>Sideritis luteola</i> <i>Teucrium compactum</i> <i>Thymus longiflorus</i> <i>Thymus mastichina</i> <i>Thymus x enicensis</i> <i>Wahlenbergia nutabunda</i>

Tabla nº 19. Caracterización florística de la unidad biogeográfica inferior del área de estudio (Mota *et al.*, 1997).

## 2.6. EL GÉNERO *Limonium*

### 2.6.1. Generalidades

El género *Limonium* Mill. pertenece a la familia *Plumbaginaceae*, la cual se reparte ampliamente por casi todo el globo, sobre todo en las costas y regiones salinas del interior y está muy bien representada en la región mediterránea. Hay en ella plantas medicinales como la belesa, *Plumbago europea* L., que tiene propiedades rubefacientes y vesificantes. Los géneros *Armeria*, *Limonium* y *Plumbago*, así como el exótico *Acantholimon*, contienen muchas especies apreciadas en jardinería, las de los tres últimos especialmente adecuadas para parterres, rocallas y dibujos. Los tallos floridos de la siempreviva azul, *Limonium sinuatum* (L.) Mill., y los de otras especies de

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

*Armeria* y *Limonium* se usan en decoración para formar ramos secos con que adornar los centros de mesa (López-González, 2004).

El nombre de *Limónium*, del griego *leimónion*, y del latín *limonium*, según Dioscórides, planta que nace por los prados y cenagales (gr. *leimón* = sitio húmedo, prado), con hojas semejantes a las de la *beta* (acelgas y otras plantas similares del género *Beta* L., quenopodiáceas), pero más largas y tenues. Muchos autores han creído ver en ella la acelga salvaje (*Limonium vulgare* Miller), (Castroviejo *et al.*, 1995).

Este género incluye unas 400 especies con una presencia de al menos 107 en la Península Ibérica e Islas Baleares, con un total de 87 táxones de carácter endémico. El género *Limonium* quizá sea uno de los más ricos en microendemismos (endemismos de área muy reducida y normalmente escasa diferenciación morfológica), ya que cada saladar o acantilado presenta sus propios *Limoniums* exclusivos (Crespo y Lledó, 1998). El género *Limonium*, se puede considerar como el género con un mayor número de táxones amenazados en España. En la lista roja de la flora vascular española de 2008, considerando las especies canarias, se incluyen un total de 73 táxones amenazados, de los que 32 se encuentran en peligro crítico (CR), 17 en peligro (EN) y 24 como vulnerables (VU) (Moreno, 2008).

Por ello, los estudios en especies silvestres de *Limonium* pueden suponer no sólo la obtención de nuevas formas de cultivo, sino que además pueden facilitar una información muy valiosa para asegurar la conservación de poblaciones casi extinguidas. De este modo, en la Universidad de Almería se han llevado a cabo diversos Trabajos Monográficos con especies de *Limonium* como *Limonium insigne* (Marrero Martínez-Carlón, 2011), *Limonium cossonianum* y *Limonium delicatulum* (de Paz Sánchez, 2011), u otras especies xerohalófitas de interés como *Arthrocnemum macrostachyum*, *Juncus acutus* y *Phragmites australis* (Molina García, 2010) o *Salicornia ramosissima* y *Juncus maritimus* (Nieto Berenguel, 2011).

La mayor parte de las especies de *Limonium* son plantas perennes con rosetas cortamente ramificadas (hemicriptófitos rosulados) que emiten tallos reproductivos o florales de desarrollo estacional, llamados escapos florales. Más raramente son plantas perennes con tallos robustos portadores de hojas dispuestas helicoidalmente, que a veces se elevan unos decímetros del suelo (caméfitos) como el *Limonium estevei*, o incluso alcanzan casi tres metros de altura (fanerófitos), como el endemismo canario *Limonium dendroides*. Finalmente, se pueden encontrar plantas anuales de ciclo estacional (terófitos) como *Limonium echioides* (Alfonso Martí, 2010).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura nº 33. *Limonium estevei*. Planta (izqda.) y detalle de sus flores (dcha.) (Almerinatura, 2012).

La mayor parte de los táxones se distribuyen en las regiones mediterráneas y macaronésica. La mayoría de las especies del género *Limonium* se han venido considerando tradicionalmente como halófitos estrictos, que colonizan ambientes salinos y frecuentemente húmedos. No obstante, dado que crecen con igual vitalidad en suelos ricos no estrictamente salinos, puede decirse que han desarrollado la habilidad de combinar la resistencia a ambientes muy secos con la halotolerancia (Llorens *et al.*, 1992).



Figura nº 34. *Limonium cossonianum*. Planta (izqda.) y detalle de su inflorescencia (dcha.) (Florasilvestre, 2012).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Los hábitats de desarrollo de este género pueden ser muy amplios, abarcando desde los saladares continentales y costeros hasta zonas peninsulares del interior con climatología continental más fría.

Una característica común para muchas especies de *Limonium* es su adaptación a suelos salinos. En los saladares continentales las depresiones del terreno y la impermeabilidad edáfica dan lugar a encharcamientos de agua que tras la evaporación se convierten en grandes afloramientos salinos con elevada concentración de cloruros y sulfatos, permitiendo el desarrollo de vegetación halófila (Masvidal y Ruiz, 1992).



Figura nº 35. Detalle de las flores de *L. delicatulum* (izqda.) (Almerinatura, 2012) y planta de *L. echioides* (dcha.) (Florasilvestre, 2012).

De hecho, muchas de las especies son capaces de absorber agua salina y evaporarla a través de los estomas, recubriendo la superficie foliar de cristales salinos dando una coloración blanquecina característica.

Dentro de la península, la mayor concentración de especies (alrededor de 20 sp.) se da en la región costera del sudeste, y especialmente en las provincias de Granada, Almería y Murcia, con especies de gran desarrollo vegetativo. En Baleares, las especies silvestres de *Limonium* suelen estar muy localizadas en los acantilados rocosos sobre el mar y en general presentan un porte más compacto e inflorescencias más bajas.

Finalmente, las especies canarias (más próximas a los *Limoniums* de origen norteamericano que a los peninsulares) destacan por su exuberante floración y por el gran desarrollo de las hojas. Muchas especies son frecuentemente cultivadas en muchos jardines de Tenerife y Gran Canaria, y algunos de sus ejemplares, como *Limonium perezii*, han sido comercializados por firmas extranjeras como cultivo de flor cortada.

Las especies de *Limonium* son frecuentes y hasta dominantes en acantilados costeros (*Limonium dufourii* y *Limonium scopulorum*). A su vez, los podemos encontrar en saladares litorales y continentales (*L. caesium* y *L. cavanillesii*). También se

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

desarrollan sobre suelos gípsicos y margosos de áreas semiáridas o muy secas, con alto contenido en sales en la superficie del suelo debido a fuertes procesos de evaporación, como es el caso de *L. sucronicum*, *L. insigne* o el propio *L. tabernense*, objeto de este estudio y del que a continuación expondremos información detallada.



Figura nº 36. *Limonium insigne*. Planta (izqda.) y detalle de su inflorescencia (dcha.) (Almerinatura, 2012).

Desde el punto de vista biogeográfico, la provincia Murciano-Almeriense, por su situación geográfica litoral, su latitud y escasa altitud general, presenta características bioclimáticas de gran termicidad y escasas precipitaciones por situarse a sotavento o en sombra de lluvias de los frentes procedentes del Océano Atlántico. Si a esto añadimos la presencia de numerosos saladares litorales e interiores con suelos ricos en sales, suelos gípsicos y margosos, etc. obtenemos como resultado que, la provincia Murcian-Almeriense, alberga un gran número de especies de *Limoniums*. Así, las provincias de Almería, Murcia y Alicante, se configuran como referente en el contexto nacional en cuanto a poblaciones de éste género.

Nada menos que 14 especies componen la lista de *Limoniums* presentes en la provincia de Almería. Estos son: *Limonium angustebracteatum*, *L. cossonianum*, *L. delicatulum*, *L. echioides*, *L. estevei*, *L. insigne*, *L. lobatum*, *L. majus*, *L. minus*, *L. ovalifolium*, *L. sinuatum*, *L. supinum*, *L. tabernense* y *L. tournefortii* (Anthos, 2012).

Entre éstos, en el Paraje Natural del Desierto de Tabernas (Almería), conviven con *L. tabernense* (nuestra especie objeto de estudio), *L. insigne* y *L. sinuatum* (Anthos, 2012).

### 2.6.2. Cultivo y aprovechamiento

El cultivo de *Limonium* tanto para consumo en verde como para flor seca, está alcanzando día a día niveles de ventas importantes en los mercados nacionales y

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

extranjeros. Cada vez aparecen en los catálogos más variedades de este género, y según algunos estudios de mercadotecnia se estima que este cultivo tiene un buen futuro a corto y medio plazo (Masvidal y Ruiz, 1992).

Curiosamente, la distribución geográfica de las especies silvestres de *Limonium* se centra muy particularmente en la cuenca mediterránea, y España es uno de los países que cuenta con más variedad de estas especies. Este hecho motivó al equipo del IRTA de Cabrils (Barcelona) a desarrollar un programa de recolección y evaluación de especies autóctonas de *Limonium* con el objetivo de introducir en el mercado aquéllas que pudieran ofrecer una alternativa de cultivo con elevado potencial ornamental.

La localización geográfica de *Limonium* en el litoral mediterráneo puede aportar características agronómicas de gran interés para el cultivo, como resistencia a la salinidad, producción al aire libre, bajas exigencias hídricas, etc. Por otro lado, aunque la adaptación al cultivo de este género no cuenta con factores limitantes importantes, hay que prever diferencias de comportamiento agronómico en determinadas especies, por las diferencias en altitud, latitud, orientación, etc. entre el lugar de ubicación del vivero de producción y el hábitat natural, y la alteración de los regímenes térmicos y de humedad que esto pudiera ocasionar.

Por ello, todas las poblaciones recolectadas deben ser propagadas y sometidas a un ciclo de cultivo hasta la primera floración, durante el cual puede observarse la adaptación a las nuevas condiciones ambientales y las diferencias respecto al hábito de desarrollo natural de la especie. Así, especies que en el campo no parecen tener características cualitativas importantes, pueden aparecer con mayor potencial cuando son cultivadas en invernadero; y en sentido contrario, especies que parecían tener grandes cualidades a priori, pueden tener problemas agronómicos importantes cuando son sometidas al cultivo.

Uno de los mayores problemas a resolver, es la puesta a punto del método de propagación. En la germinación de semillas, la dificultad de separar el embrión de los restos de la flor, y el elevado porcentaje de esterilidad en algunas especies, pueden suponer al principio unos bajos porcentajes de germinación que harían inviable este método de propagación. Tras varios ensayos específicos, Masvidal y Ruiz (1992), desarrollaron un sistema manual de limpieza de semillas, evaluaron la duración de la capacidad germinativa y determinaron la cubrición de la misma durante el periodo de germinación; obteniéndose a partir de entonces porcentajes muy satisfactorios.

En determinadas especies de interés potencial y con problemas de viabilidad de las semillas, se llevaron a cabo ensayos de propagación «in vitro» y se estudió la propagación mediante enraizado de los brotes aéreos que aparecen después de la floración.

Durante la fase de evaluación, los criterios de observación aplicados hacen referencia tanto a parámetros cualitativos (color, forma de ramificación, post-cosecha)

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

como cuantitativos (precocidad de floración, productividad, longitud del tallo, etc.) variando éstos en función de la posible utilización de la especie.



Figura nº 37. Plantas repicadas de *Limonium serotinum* preparadas para su comercialización (izqda.) y ensayos bajo invernadero de *Limoniums* procedentes de las Islas Canarias (dcha.) (Masvidal y Ruiz, 1992).

Para especies cultivadas como *flor cortada*, los objetivos prioritarios son aumentar la gama de colores actuales, obtener floraciones escalonadas a lo largo del año y obtener formas que permitan una buena manipulación en composiciones florales (longitud del tallo, turgencia y duración de la flor).

Paralelamente, se estudia la evolución de la senescencia floral y la forma de secado, buscando la utilización alternativa como *flor seca*. En los últimos años, la selección de especies potenciales ha sido ampliada a posibles usos como *planta en maceta*; considerándose en este caso como objetivos la forma de crecimiento de la planta, y la floración simultánea de varios tallos de altura no superior a los 30-40 cm.

En la Tabla nº 20, se relacionan algunas de las especies que han dado mejores resultados hasta el momento, con indicación de sus características principales y su potencial ornamental en las tres formas de comercialización citadas.

La etapa final, aunque no por ello menos importante, en la selección de especies silvestres de *Limonium* con posibilidades de cultivo ornamental, es la de transferencia de conocimientos al sector productivo e introducción en el mercado. Las especies que después de la adaptación al cultivo y primera fase de evaluación ofrecen posibilidades para ser cultivadas comercialmente, deben ser sometidas a ensayos agronómicos a mayor escala en invernaderos convencionales y con las técnicas de producción habituales para los cultivos ornamentales tradicionales. Se trata de

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

contrastar los resultados obtenidos en condiciones reales de cultivo, detectando la incidencia de plagas y enfermedades, la producción de flores a altas densidades de plantación, y cualquier incidencia que pueda surgir durante el cultivo.

En esta fase, se hace imprescindible la colaboración de los agricultores, los cuales deben conocer las características de la planta, como cultivarla a nivel comercial, y a la vez, recoger las primeras impresiones del mercado.

Especie	Período de floración	Producción (tallos/planta)	Longitud del tallo (cm)	Color de la flor	Posibilidades de cultivo		
					Flor cortada	Flor seca	Planta maceta
<i>L. catalaunicum</i>	Jun-Ag	26,7	60-110	Azul claro	*	*	
<i>L. cossonianum</i>	Jun-Ag	3,5	100-130	Blanco	*		
<i>L. dichotomum</i>	May-Ag	10	40-50	Azul-Violeta	*	*	
<i>L. ebusitanum</i>	May-Jul	16,75	50-60	Lila	*		*
<i>L. gougetianum</i>	May-Jul	15,83	20-60	Violeta	*		*
<i>L. grossii</i>	Jun-Ag	26,3	80-100	Violeta	*		
<i>L. insigne</i>	May-Jul	12,5	50-80	Rojo/Fucsia	*	*	
<i>L. serotinum</i>	May-Oct	21,5	40-70	Azul/Lila	*	*	*
<i>L. sinuatum</i>	Feb-Jul	33,7	70-90	Azul/blanco	*	*	
<i>L. cartaginense</i>	May-Jul	7,5	15-40	Lila			*
<i>L. binervosum</i>	Abril-Jun	11,3	20-30	Azul-Lila			*
<i>L. pectinatum</i>	May-Jul	35,5	35-50	Rosado			*
<i>L. imbricatum</i>	May-Jul	30	40-55	Rosado			*
<i>L. fruticans</i>	May-Jul	15	50-65	Morado/blanco	*		*
<i>L. perezii</i>	May-Jul	4,5	50-80	Azul/blanco	*		*
<i>L. rumesifolium</i>	May-Jul	13,5	50-65	Azul/blanco	*		*
<i>L. sinense</i>	Abril-Jul	16	60-80	Amarillo/blanco	*		*

Tabla nº 20. Características agronómicas de diversas especies de *Limonium* cultivadas en invernadero de plástico (Masvidal y Ruiz, 1992).

### 2.6.3. *Limonium tabernense*: taxonomía y descripción botánica

*Limonium tabernense* Erben pertenece a la familia *Plumbaginaceae*.

#### 2.6.3.1. Nombres vernáculos

A *Limonium tabernense* Erben se le denomina en castellano saladilla de Tabernas o simplemente saladilla (Blanca *et al.*, 2009).

#### 2.6.3.2. Morfología

Se trata de un caméfito rosulado perenne, pluricaule, glabro, con una cepa de 5-30 cm, con ramificación laxa y hojas en disposición helicoidal densa. Las ramas de

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

primer orden de hasta 30cm, de erecto-patentes a arqueado-patentes (ángulo de ramificación 45°-60°), de laxa a densamente ramificadas. Hojas 60-170 x 7-25 mm, no marchitas en la antesis; limbo de estrechamente oblanceolado a lanceolado, coriáceo, con 2-4 nervios laterales, con ápice de agudo o levemente acuminado, con un mucrón de 1-2 mm; pecíolo 1,5-3 mm de anchura, de longitud 1-3/2 de la del limbo, glabras, verdes o verde-grisáceas. Escapo 45-95 cm, de erecto a ascendente, casi derecho; ramificación sobre el tercio inferior. Inflorescencia en panícula de espigas; sin ramas estériles. Espigas 5-22 mm, cortas, de rectas a arqueadas. Espiguillas c. 4,5 mm, 3-6 por cm, normalmente no contiguas, con 1-7 flores. Bráctea externa 1-1,5 x 1,3-1,9 mm, de redondeada a triangular-ovada, con ápice romo; margen estrechamente membranáceo; parte central 2,2-3,2 x 1,8-2,7 mm, carnosa, de oblonga a oblongo-obovada, con ápice de 0,5-0,8 mm, triangular, que casi llega hasta el margen. Flores pentámeras, hermafroditas y actinomorfas de 3,8-4,2 mm de diámetro. Cáliz de 3,1-3,8 mm, gamosépalo, tubuloso, con 5 costillas y limbo membranáceo, persistente; que sobrepasa c. 1 mm a la bráctea interna; tubo de escasa a densamente peloso, con pelos largos. Dientes c. 0,4-0,8 mm, semielípticos; costillas que acaban sobre la base de los dientes. Pétalos de 5,1-5,8 x 1,2-1,5 mm, libres, blancos, cuneiformes. Estambres epipétalos, soldados a la base de los pétalos. Ovario súpero, con 5 estilos libres. Fruto seco, monospermo, incluido en el cáliz.  $2n=16$  (Castroviejo *et al.*, 1995; Blanca *et al.*, 2009).



Figura nº 38. *Limonium tabernense*. Planta (izqda.) (Almerinatura, 2012) y dibujo de su morfología (dcha.) (Blanca *et al.*, 2000).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

### 2.6.3.3. Fenología

Las semillas germinan en primavera. A mediados de mayo se inicia el desarrollo de los escapos florales. Aunque en ocasiones en función de la climatología anual es posible que la floración se produzca incluso desde el mes de febrero, el máximo ocurre a final de junio, prolongándose hasta septiembre. La dispersión se inicia a partir de la segunda quincena de septiembre, prolongándose hasta el invierno (febrero). No se interrumpe la actividad vegetativa en todo el año (Blanca *et al.*, 2000; Blanca *et al.*, 2009).



Figura nº 39. Detalle de inflorescencia de *L. tabernense* (Almerinatura, 2012).

### 2.6.3.4. Hábitat

Habita en matorrales camefíticos desarrollados en zonas de rambla, sobre margas, en cubetas arreicas, taludes rocosos secos y romerales y espartales sobre yesos. Crece en un rango altitudinal comprendido entre 50 y 350 m, en el piso bioclimático termomediterráneo, sobre suelos de origen sedimentario, halomorfos, con alto contenido en sales solubles, en ombroclima semiárido, donde convive con otros halófitos adaptados a los medios ricos en sales. Entre las especies más características de la comunidad se encuentran *Limonium cossonianum*, *L. delicatulum*, *Inula crithmoides*, *Sarcocornia fruticosa*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Limonium insigne*, *Frankenia corymbosa*, *Lygeum spartum*, *Scirpus romanus*, *Juncus acutus*, *Atriplex halimus*, *Suaeda vera*, *Diploaxis lagascana*, *Dittrichia viscosa*, *Launaea arborescens*, *Anabasis articulata*, *Salsola genistoides*, *S. papillosa*, *Artemisia barrelieri*, *Asparagus horridus* y *Herniaria fontanesii* subsp. *almeriana*; pertenecientes todas ellas a la asociación vegetal *Anabasio hispanicae-Euzomodendretum bourgeani* (Castroviejo *et al.*, 1995; Blanca *et al.*, 2000; Blanca *et al.*, 2009).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura nº 40. Detalle de las flores de *L. tabernense* (Almerinatura, 2012).

### 2.6.3.5. Distribución

Se trata de un raro endemismo almeriense localizado en el Paraje Natural Desierto de Tabernas, concretamente en la vertiente noroeste de Sierra Alhamilla. Existe una sola población con un área de extensión inferior a 15 km<sup>2</sup>. El número de individuos adultos se estima inferior a 10000 pies (Blanca *et al.*, 2000; Blanca *et al.*, 2009).

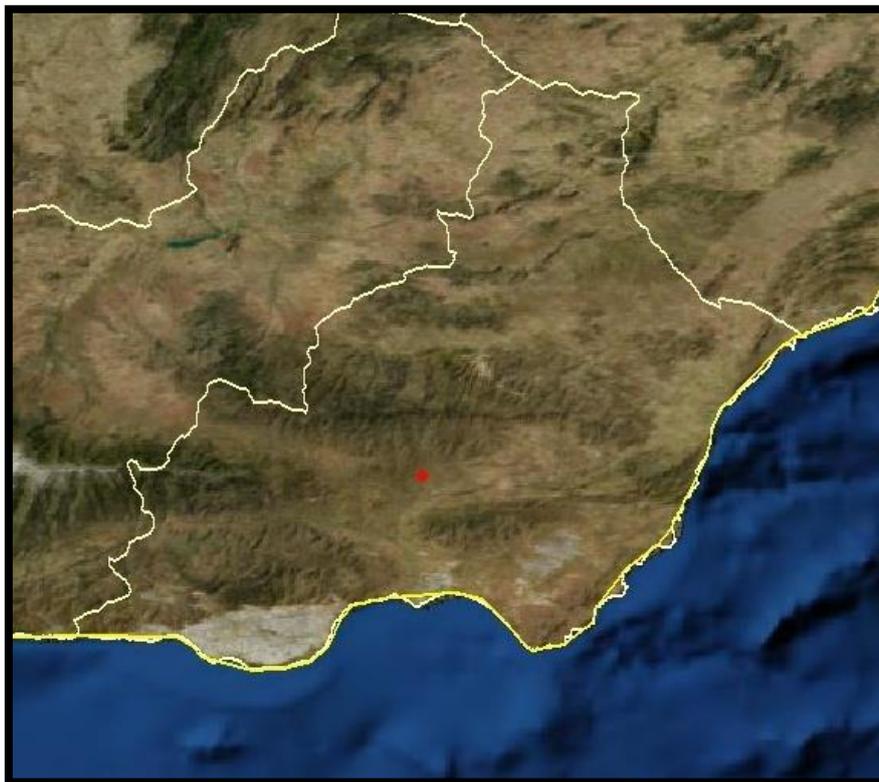


Figura nº 41. Mapa de distribución de *Limonium tabernense* en Almería (Anthos, 2012).

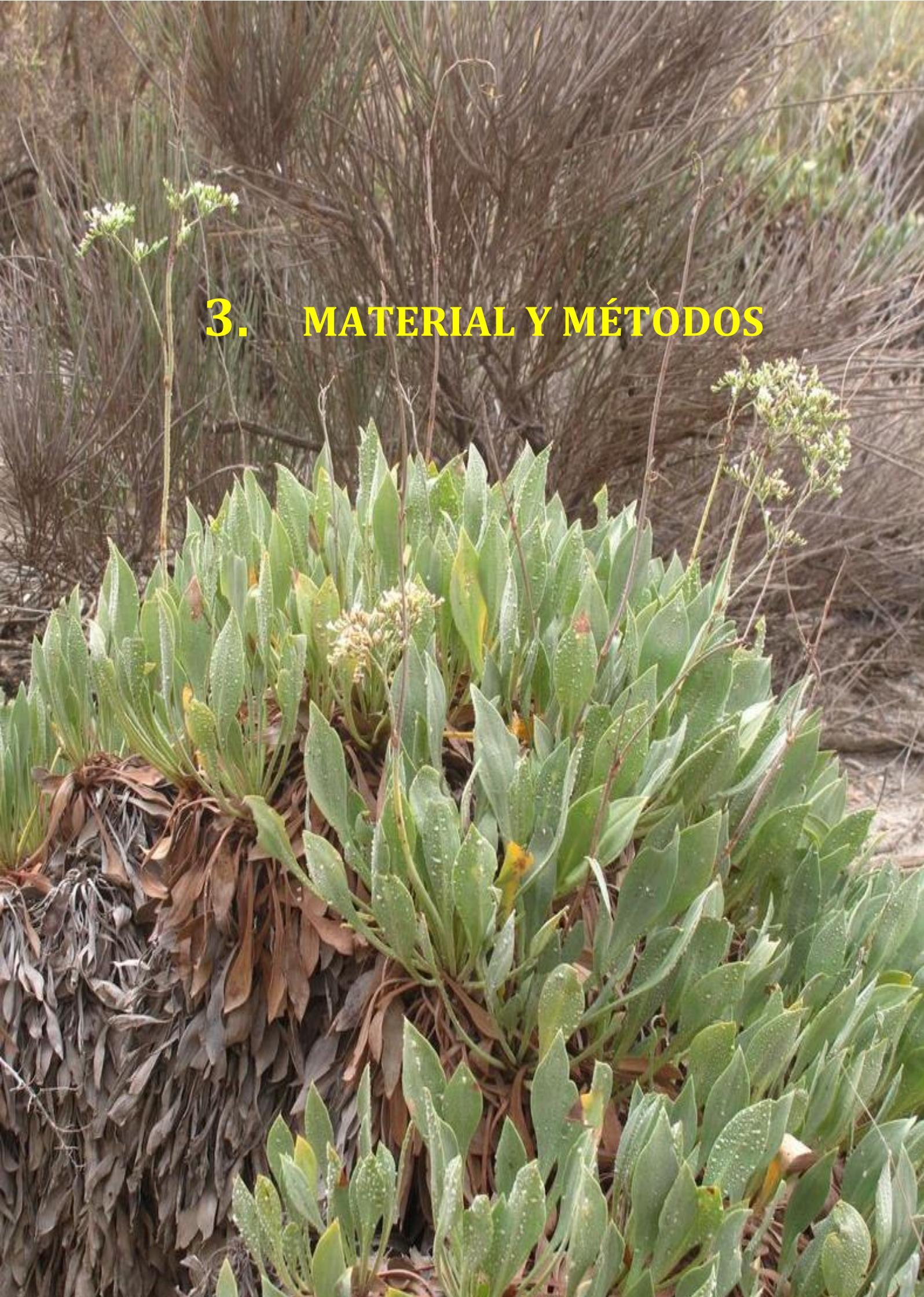
## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

### 2.6.3.6. Etnobotánica e interés económico

*Limonium tabernense* podría ser utilizado en jardinería y explotado económicamente para su uso como flor cortada (Blanca *et al.*, 2000).

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**



**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. MATERIAL VEGETAL

Como material vegetal se recolectaron escapos florales de la especie halófito *Limonium tabernense* (Plumbaginaceae).



Figura nº 42. Material vegetal recolectado en campo.

*Limonium tabernense* Erben, perteneciente a la familia Plumbaginaceae, es un hemicriptófito perenne, pluricaule, glabro, con una cepa de 5-30 cm, con ramificación laxa y hojas en disposición helicoidal densa. Habita en zonas de rambla, sobre margas, en cubetas arreicas, taludes rocosos secos y romerales y espartales sobre yesos. Crece en un rango altitudinal comprendido entre 50 y 350 m, en el piso bioclimático termomediterráneo, sobre suelos de origen sedimentario, halomorfos, con alto contenido en sales solubles, en ombroclima semiárido, donde convive con otros halófitos adaptados a los medios ricos en sales. Se trata de una especie rara, un endemismo almeriense localizado en el Paraje Natural Desierto de Tabernas, concretamente en la vertiente noroeste de Sierra Alhamilla.

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

## 3.2. LUGAR DE RECOGIDA DEL MATERIAL VEGETAL

### 3.2.1. Situación geográfica

Las semillas de *Limonium tabernense* se recolectaron el 2 de noviembre de 2010 en el Paraje Natural Desierto de Tabernas, en la provincia de Almería.

El Paraje Natural del Desierto de Tabernas se sitúa sobre la depresión neógeno-cuaternaria de los Campos de Tabernas, formando parte de los términos municipales de Alboloduy, Gádor, Gérgal, Tabernas y Santa Fé. Ocupa una superficie de 11.624 ha, con una altitud máxima de 925 m y una mínima de 260 m. El Paraje Natural del Desierto de Tabernas es una de las 139 Zonas de Especial Protección para las Aves (Z.E.P.A.s), y su enorme valor natural se pone de manifiesto por la posibilidad que existe de que sea declarado junto a otros parajes, Parque Nacional, posibilidad que ya fue estudiada en el pasado como refleja Rueda (1979) (Mota *et al.*, 1997).

## 3.3. EXTRACCIÓN DE SEMILLAS

### 3.3.1. Material utilizado para la extracción de semillas

El material empleado para la extracción de las semillas fue el siguiente:

- Material vegetal seco
- Lupa binocular
- Pinzas
- Lanceta
- Placas de Petri de 90 mm de diámetro
- Cámara frigorífica

### 3.3.2. Método de extracción

La obtención de las semillas se realizó de forma manual empleando para ello lanceta, pinzas, placa de Petri y por supuesto lupa binocular debido al reducido tamaño de las semillas, que se extrajeron una a una.

El procedimiento para su extracción consistió en sostener cada flor con las pinzas por su parte posterior mientras se eliminaban con la lanceta las envolturas que recubrían y protegían las semillas.

Una vez obtenido el fruto, se hacía una incisión sobre él con el fin de obtener la semilla de su interior, que aparecía rodeada de una membrana protectora que era también retirada con ayuda de las pinzas.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura n° 43. Vista general de la cámara frigorífica empleada para la conservación de semillas de *L. tabernense* después de su extracción.

La proporción de flores que contenían frutos y semillas en su interior era bastante escasa con respecto al total de flores.

Las semillas obtenidas se disponían sobre una placa de Petri que era introducida en una cámara frigorífica a una temperatura aproximada de 8 °C para su adecuada conservación, evitando así la proliferación de microorganismos que pudieran poner en juego la conservación y viabilidad de las semillas.

Dicho procedimiento de extracción de semillas de forma individual, se repitió de forma continuada hasta obtener un total de al menos 1600 semillas para la realización de los distintos ensayos de germinación.

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura n° 44. Semillas de *L. tabernense* extraídas y esterilizadas listas para ser empleadas en los ensayos de germinación.

## 3.4. PREPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE GERMINACIÓN

### 3.4.1. Material utilizado para los ensayos de germinación

El material utilizado para los ensayos de germinación fue el siguiente:

- Sal común o cloruro sódico (NaCl)
- Agua destilada
- Hipoclorito sódico al 5 %
- Etanol al 96 %
- Papel de filtro
- Báscula de precisión
- Cucharilla
- Pinzas
- Lanceta
- Mechero
- Mechero Bunsen
- Vaso de precipitado
- Probeta
- 3 Matraces
- 4 Botes o frascos (uno por cada solución)
- Placas de Petri de 90 mm de diámetro
- Discos de papel de filtro de 90 mm de diámetro

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Frasco lavador
- Mortero de porcelana
- Colador
- Lupa binocular
- Micropipeta
- Tamiz
- 25 semillas de *Limonium tabernense* por cada placa de Petri (400 semillas por ensayo, 1600 semillas en total)
- Autoclave
- Cámara de germinación con fotoperíodo de 14/10 h (luz/oscuridad), iluminada en su interior mediante lámparas fluorescentes ( $25 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ , 400-700 nm)



Figura n° 45. Cámara de germinación utilizada durante los ensayos de germinación de semillas de *L. tabernense*.

### 3.4.2. Soluciones

Para la obtención de las condiciones salinas necesarias para llevar a cabo nuestra experiencia, empleamos sal común o cloruro sódico (NaCl) por ser los iones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$  los más comunes y abundantes en los suelos ricos en sales y, además, se trata probablemente de los iones más perjudiciales para la germinación y crecimiento de las plantas.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura nº 46. Báscula de precisión empleada para la preparación de las soluciones salinas.

Se diseñaron 4 ensayos con distintos termoperíodos cada uno con un testigo o control de agua destilada y 3 concentraciones salinas de 100, 200 y 400 mM de NaCl. Los motivos de la elección de dichas concentraciones salinas atienden a que son las empleadas habitualmente en experiencias similares previas (Zia y Khan, 2004; Redondo-Gómez *et al.*, 2008).

Para el tratamiento testigo o control (0 mM de NaCl), se empleó agua destilada. Sin embargo, para el resto de tratamientos se prepararon soluciones de 100, 200 y 400 mM de NaCl en matraces de 250 ml de capacidad, siendo el procedimiento para su preparación el siguiente:

- Solución 100 mM de NaCl: se pesan, con ayuda de la balanza de precisión 1,461 g de NaCl, se vierten en el interior del matraz y enrasamos con agua destilada hasta 250 ml.
- Solución 200 mM de NaCl: se pesan, con ayuda de la balanza de precisión 2,922 g de NaCl, se vierten en el interior del matraz y enrasamos con agua destilada hasta 250 ml.
- Solución 400 mM de NaCl: se pesan, con ayuda de la balanza de precisión 5,844 g de NaCl, se vierten en el interior del matraz y enrasamos con agua destilada hasta 250 ml.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura n° 47. Material empleado en la preparación de las soluciones salinas.

### 3.4.3. Montaje de los ensayos de germinación

Para llevar a cabo el montaje de los ensayos, se procedió previamente a la desinfección de las semillas de *Limonium tabernense* mediante la inmersión de las mismas en hipoclorito sódico durante 5 minutos, lavándose con abundante agua destilada posteriormente para eliminar los restos de la sustancia desinfectante.

Para la germinación en placas de Petri se realizaron 4 ensayos, en cada uno de los cuales se hicieron los siguientes procedimientos: se dispusieron 25 semillas en cada placa de Petri con papel de filtro, hasta completar un total de 16 placas. Tras esto se realizaron 4 grupos de 4 placas de Petri cada uno, de manera que a cada grupo se le añadieron 5ml de solución de NaCl a distinta concentración 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl, cuya finalidad es la réplica de laboratorio de las distintas condiciones de salinidad a las que se puede ver sometida esta especie halófila en la naturaleza y, por tanto, el conocimiento del rango de tolerancia. Finalmente, todas las placas fueron colocadas en el interior de una cámara de cultivo (25  $\mu$ mol photons m<sup>-2</sup>S<sup>-1</sup>, 400-700 nm con lámparas fluorescentes) que mantuvo controlado el fotoperíodo, siendo éste 14 h luz/10 h oscuridad (14 horas luz y 10 horas oscuridad) y sin humedad ambiental.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

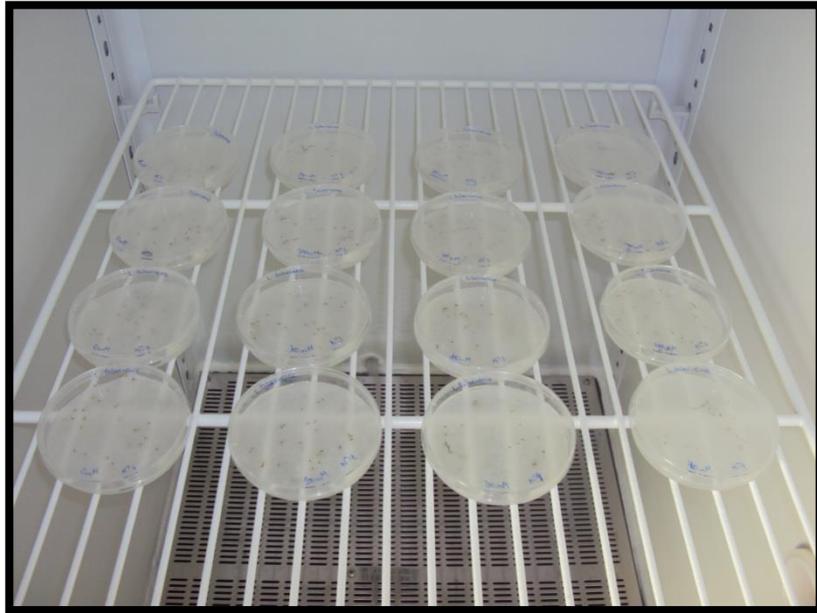


Figura n° 48. Montaje de uno de los ensayos de germinación de *L. tabernense* en el interior de la cámara de germinación.

Cada ensayo tuvo una duración de 25 días, siendo la diferencia entre los ensayos los distintos termoperíodos o intervalos de temperatura que fueron los siguientes:

- Ensayo N°1: 20/10 °C (20 °C día/10 °C noche).
- Ensayo N°2: 25/15 °C (25 °C día/15 °C noche).
- Ensayo N°3: 30/20 °C (30 °C día/20 °C noche).
- Ensayo N°4: 35/25 °C (35 °C día/25 °C noche).

Una vez puesto en marcha cada ensayo, se tomó nota de la germinación de las semillas cada 2 días y durante un total de 25 días que duró cada ensayo. Se admitió la germinación de las semillas cuando emergió la radícula.

Debido a la evaporación del agua de las soluciones de las placas de Petri por las altas temperaturas, se le añadieron 2 o 3 ml de agua destilada o de la solución salina correspondiente a las placas de Petri que así lo requerían.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

### 3.5. PREPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD GERMINATIVA

#### 3.5.1. Material utilizado para los ensayos de recuperación de la capacidad germinativa

El material utilizado para los ensayos de recuperación de la capacidad germinativa de las semillas de *Limonium tabernense* tras su incubación en soluciones salinas fue el siguiente:

- Agua destilada
- Hipoclorito sódico al 5 %
- Etanol al 96 %
- Papel de filtro
- Pinzas
- Lanceta
- Mechero
- Mechero Bunsen
- Vaso de precipitado
- Placas de Petri de 90 mm de diámetro
- Discos de papel de filtro de 90 mm de diámetro
- Lupa binocular
- Micropipeta
- Semillas de *Limonium tabernense* (aquellas que no germinaron durante los ensayos de germinación bajo concentraciones salinas de 100, 200 y 400 mM de NaCl)
- Autoclave
- Cámara de germinación con fotoperíodo de 14/10 h (luz/oscuridad), iluminada en su interior mediante lámparas fluorescentes ( $25 \mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$ , 400-700 nm)

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Figura n° 49. Mesa de trabajo y material empleado para la evaluación de los parámetros medidos.

### 3.5.2. Montaje de los ensayos de recuperación de la capacidad germinativa

En primer lugar, creemos necesario aclarar que cada ensayo de recuperación de la germinación de semillas se realizó, por razones técnicas, inmediatamente después de cada ensayo de germinación de semillas, ya que eran necesarias las semillas no germinadas durante los ensayos de germinación bajo condiciones salinas, para llevar a cabo los ensayos de recuperación de la germinación de semillas en ausencia de salinidad.

De esta forma, se realizaron 4 ensayos de germinación de semillas bajo condiciones de salinidad (100, 200 y 400 mM de NaCl) con sus respectivos controles de agua destilada, cada uno con un termoperíodo distinto (20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 ° C) y 4 ensayos de recuperación de la germinación de semillas en ausencia de salinidad con los mismos termoperíodos, lo que suma un total de 8 ensayos.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

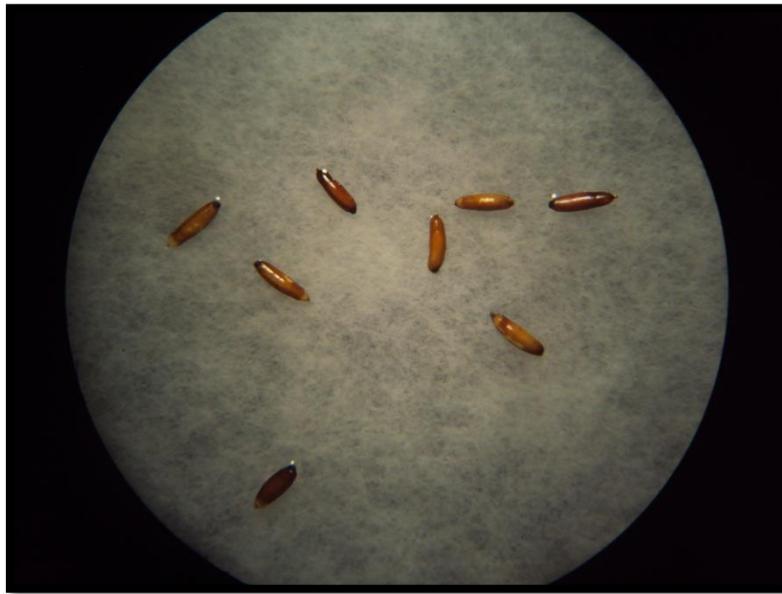


Figura n° 50. Semillas de *Limonium tabernense* puestas en germinación vistas mediante lupa binocular.

Dicho esto, para llevar a cabo el montaje de los ensayos de recuperación de la capacidad germinativa de las semillas de *Limonium tabernense* tras su incubación en soluciones salinas, se procedió en primer lugar a desechar tanto las plántulas como las semillas no germinadas de las placas de Petri del control de agua destilada de cada ensayo de germinación.

A continuación, para el resto de tratamientos salinos de cada ensayo de germinación (100, 200 y 400 mM de NaCl) se extrajeron las semillas no germinadas de cada placa de Petri y se dispusieron en otras placas con papel de filtro y se añadieron 5 ml de agua destilada hasta completar un total de 12 placas por ensayo (4 placas de las semillas que habían estado sometidas a 100 mM de NaCl, 4 placas para aquellas de 200 y otras 4 para las de 400 mM de NaCl).

Finalmente, todas las placas fueron colocadas en el interior de una cámara de cultivo (25  $\mu$ mol photons m<sup>-2</sup>S<sup>-1</sup>, 400-700 nm con lámparas fluorescentes) que mantuvo controlado el fotoperíodo, siendo éste 14 h luz/10 h oscuridad (14 horas luz y 10 horas oscuridad) y sin humedad ambiental.

Cada ensayo de recuperación tuvo una duración de 25 días, siendo la diferencia entre los ensayos los distintos termoperíodos o intervalos de temperatura que fueron los siguientes:

- Ensayo de recuperación N°1: 20/10 °C (20 °C día/10 °C noche).
- Ensayo de recuperación N°2: 25/15 °C (25 °C día/15 °C noche).
- Ensayo de recuperación N°3: 30/20 °C (30 °C día/20 °C noche).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Ensayo de recuperación N°4: 35/25 °C (35 °C día/25 °C noche).

Una vez puesto en marcha cada ensayo de recuperación, se tomó nota de la germinación de las semillas cada 2 días y durante un total de 25 días que duró cada ensayo. Se admitió la germinación de las semillas cuando emergió la radícula.

Debido a la evaporación del agua destilada de las placas de Petri por las altas temperaturas, se le añadieron 2 o 3 ml de agua destilada a las placas de Petri que lo necesitaron.

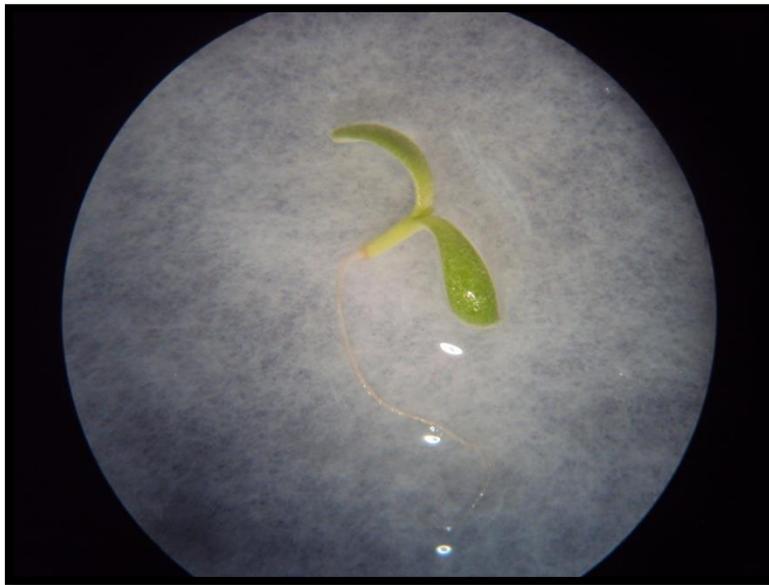


Figura n° 51. Plántula de *Limonium tabernense* recién germinada vista mediante lupa binocular.

### 3.6. PARÁMETROS MEDIDOS

Los parámetros a evaluar son los siguientes: porcentaje de germinación, tiempo medio de germinación, velocidad de germinación y porcentaje de recuperación.

El **porcentaje de germinación** se calcula para cada réplica y viene dado por la relación entre el número de semillas germinadas y el número total de semillas menos las semillas vacías, multiplicado por 100 (Bacchetta *et al.*, 2008):

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas} - \text{Número de semillas vacías}} \times 100 ;$$

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

El porcentaje final del ensayo será calculado haciendo la media entre todas las réplicas sometidas a las mismas condiciones de germinación.

El **tiempo medio de germinación** es la relación entre el número de semillas germinadas cada día y el total de semillas germinadas al final del ensayo (Bacchetta *et al.*, 2008):

$$\text{MGT} = \frac{\sum n_i d_i}{N};$$

La **velocidad de germinación** es estimada usando el índice modificado de Timson de velocidad de germinación:

$$\text{Velocidad de germinación} = \sum G/t;$$

Donde:

$G$  es el porcentaje de germinación de semillas en intervalos de 2 días;

$t$  es el periodo total de germinación (Khan y Ungar, 1997a).

Cuanto mayor sea el valor más rápida es la germinación.

Por último, el **porcentaje de recuperación** es determinado por la fórmula:

$$[(a-b)/(c-b)] \times 100;$$

Donde:

$a$  es el número total de semillas germinadas en la solución salina más aquellas que recuperaron la germinación en agua destilada;

$b$  es el número total de semillas germinadas en la solución salina;

$c$  es el número total de semillas puestas en germinación (Khan y Zia, 2004).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

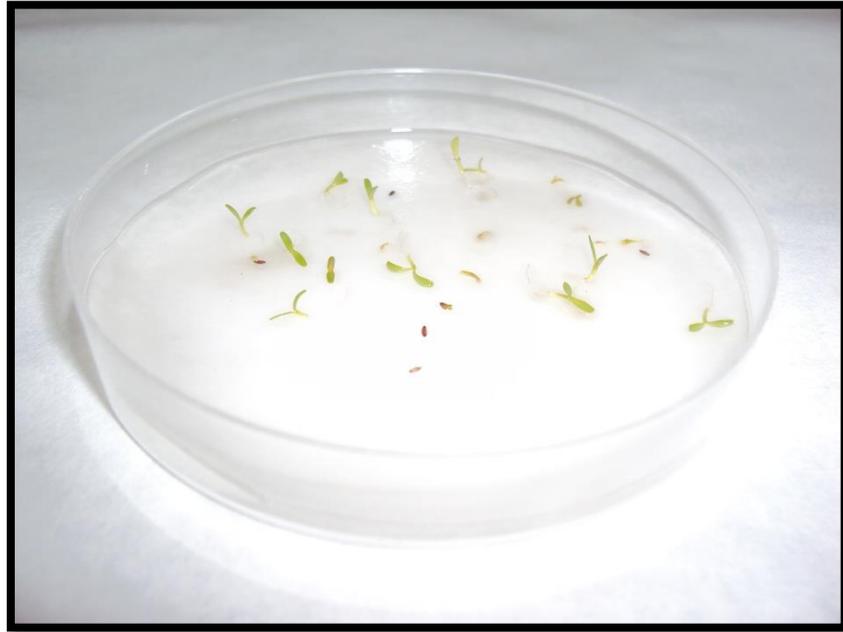


Figura n° 52. Semillas de *Limonium tabernense* y plántulas recién germinadas sobre placa de Petri.

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para la clasificación y ordenación de los datos obtenidos de cada ensayo, se han utilizado tablas de Microsoft Excel que proporciona la configuración de tablas y gráficas y nos da una idea de la tendencia de las semillas durante el proceso germinativo.

Posteriormente se realizó el análisis estadístico de los datos mediante la técnica del Análisis de la Varianza (ANOVA o AVAR), una de las técnicas más empleadas en el análisis de datos de diseños experimentales cuando se persigue contrastar más de dos medias.

El Análisis de la Varianza ANOVA es un método muy flexible que permite construir modelos estadísticos para el análisis de los datos experimentales cuyo valor ha sido constatado en muy diversas circunstancias. Básicamente es un procedimiento que permite dividir la varianza de la variable dependiente en dos o más componentes, cada uno de los cuales puede ser atribuido a una fuente (variable o factor) identificable (Sokal y Rohlf, 1986).

En nuestro caso emplearemos el programa informático IBM SPSS Statistics 20 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) (2011) para realizar el análisis estadístico ANOVA, siendo el modelo utilizado aquel que tiene como criterio el número de factores; de

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

manera que el análisis realizado será el conocido como ANOVA a dos vías puesto que, nuestras variables independientes serán la temperatura y la salinidad del medio de cultivo.

Esto fue así en el caso del estudio del porcentaje final de germinación y para el tiempo medio de germinación (MGT), los cuales, además, fueron considerados como variables dependientes.

Por último, la prueba de Tukey (Tukey, 1949) fue usada para detectar diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) en las comparaciones entre pares de ensayos.

En los casos del porcentaje de germinación y del tiempo medio de germinación, los datos precisaron una transformación arcoseno puesto que no cumplían una distribución normal.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## 4. RESULTADOS



**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

## 4. RESULTADOS

### 4.1. PORCENTAJE MEDIO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Limonium tabernense*

La respuesta de germinación de las semillas de *Limonium tabernense* a distintas condiciones de temperatura y salinidad se muestra en las gráficas n° 2, 3, 4 y 5. El porcentaje medio de germinación de *Limonium tabernense* mostró una disminución significativa con un incremento de la salinidad. Este porcentaje fue mayor para los tratamientos o controles de agua destilada en todos los casos, no siendo inferior al 71 % en ninguno de ellos, mientras que en los dos tratamientos de salinidad más altos (200 y 400 mM de NaCl), no se superó un 20 % de germinación en ninguno de los cuatro ensayos a distintos regímenes de temperatura.

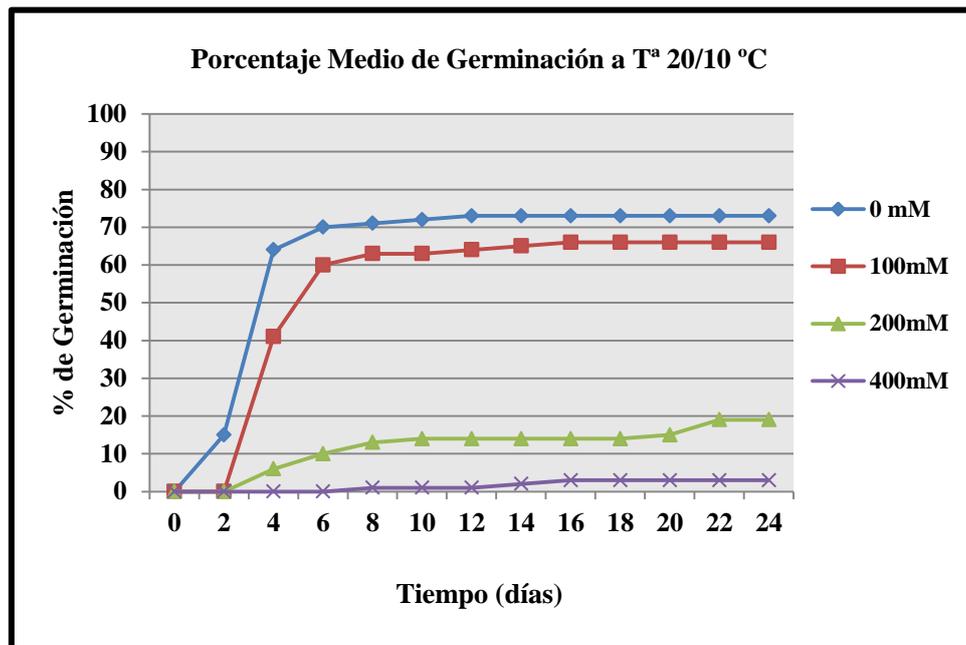
El análisis ANOVA de los datos de porcentaje de germinación indican que existe una correlación significativa con respecto a la temperatura ( $F = 7.377$ ,  $P < 0.005$ ) y la salinidad ( $F = 286.317$ ,  $P < 0.005$ ), así como en la interacción de ambas ( $F = 7.333$ ,  $P < 0.005$ ).

Las siguientes tablas y gráficas muestran la evolución de la germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo. Se muestra el porcentaje medio de germinación de semillas cada 2 días para cada uno de los ensayos realizados a diferentes termoperiodos (20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C de temperatura) y para cada concentración salina (0, 100, 200 y 400 mM de NaCl) a la que fueron expuestas las semillas.

T <sup>a</sup> 20/10 °C	Tiempo (días)												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
0 mM NaCl	0	15	64	70	71	72	73	73	73	73	73	73	73
100 mM NaCl	0	0	41	60	63	63	64	65	66	66	66	66	66
200 mM NaCl	0	0	6	10	13	14	14	14	14	14	15	19	19
400 mM NaCl	0	0	0	0	1	1	1	2	3	3	3	3	3

Tabla n° 21. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo en laboratorio a temperatura 20/10 °C y a las distintas concentraciones salinas

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Gráfica n° 2. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de germinación en laboratorio en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 20/10 °C de temperatura.

En el primer ensayo, en el que utilizamos para el experimento una temperatura de 20/10 °C (Gráfica n° 2), se puede observar que hay una gran diferencia en la evolución del porcentaje de germinación entre las soluciones salinas bajas (0 y 100 mM de NaCl) y las altas (200 y 400 mM de NaCl) a lo largo de los veinticinco días de duración del experimento.

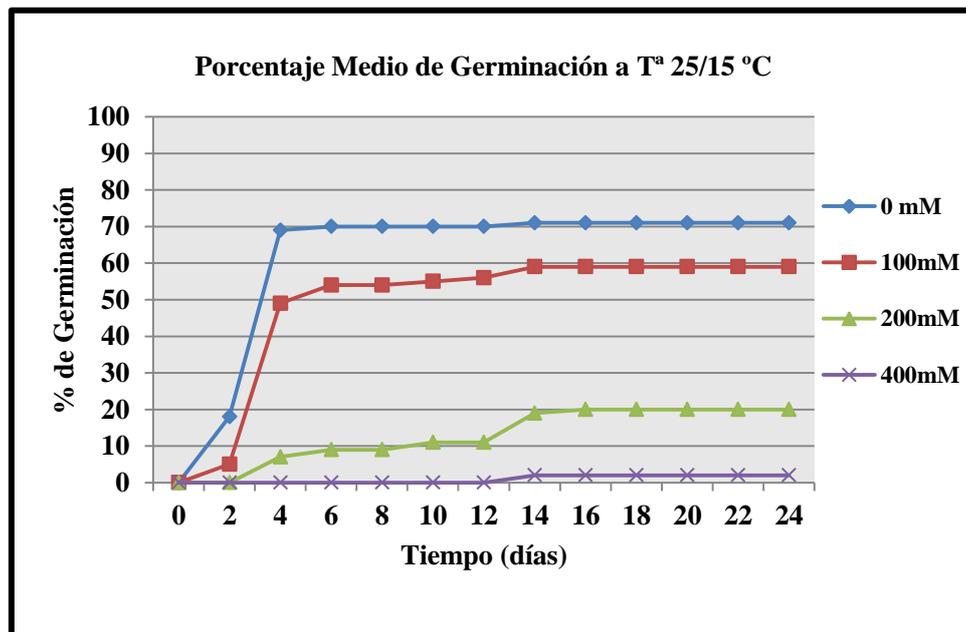
El 15 % de las semillas de *Limonium tabernense* han germinado a los 2 días de comenzar el ensayo en una solución en ausencia de salinidad (0 mM de NaCl), seguida de valores del 0 % en el resto de concentraciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) necesitando más tiempo para poder germinar.

A lo largo de los siguientes días, el porcentaje de germinación aumenta hasta alcanzar el máximo en el día 12 para la solución control, en el 16 para la solución salina de 100 mM de NaCl, en el 22 para la solución de 200 mM de NaCl y en el día 16 para la solución de 400 mM de NaCl.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

T <sup>a</sup> 25/15 °C	Tiempo (días)												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
0 mM NaCl	0	18	69	70	70	70	70	71	71	71	71	71	71
100 mM NaCl	0	5	49	54	54	55	56	59	59	59	59	59	59
200 mM NaCl	0	0	7	9	9	11	11	19	20	20	20	20	20
400 mM NaCl	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2

Tabla n° 22. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo en laboratorio a temperatura 25/15 °C y a las distintas concentraciones salinas.



Gráfica n° 3. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de germinación en laboratorio en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 25/15 °C de temperatura.

En el segundo ensayo, en el que utilizamos para el experimento una temperatura de 25/15 °C (Gráfica n° 3), se puede observar que sigue existiendo una gran diferencia en la evolución del porcentaje de germinación entre las soluciones salinas

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

bajas (0 y 100 mM de NaCl) y las altas (200 y 400 mM de NaCl) a lo largo de los veinticinco días de duración del experimento; aunque dicha diferencia entre soluciones salinas bajas y altas sea menor que en el primer ensayo a temperatura 20/10 °C.

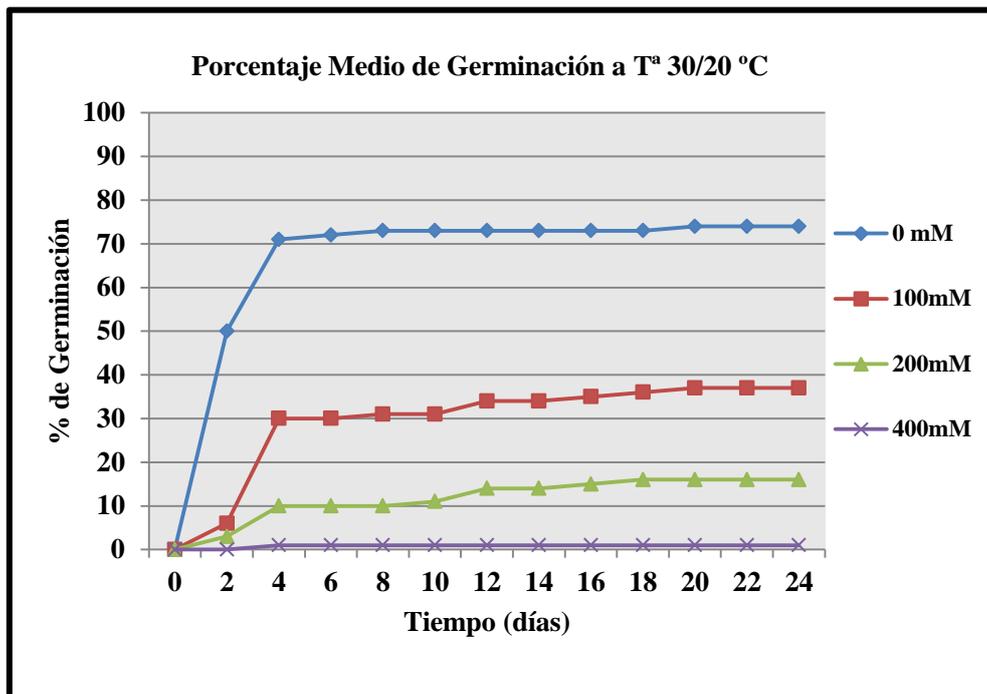
Los porcentajes de semillas germinadas a los 2 días de comenzar el ensayo a temperatura 25/15 °C son muy similares a los obtenidos para el ensayo anterior a temperatura 20/10 °C. El 18 % de las semillas de *Limonium tabernense* han germinado a los 2 días de comenzar el ensayo en una solución en ausencia de salinidad (0 mM de NaCl), seguida de valores del 5 % a baja salinidad (100 mM de NaCl). Mientras que a concentraciones salinas altas de 200 y 400 mM de NaCl no se ha producido germinación alguna a los dos días del ensayo, necesitando más tiempo para poder germinar.

A lo largo de los siguientes días, el porcentaje de germinación aumenta hasta alcanzar el máximo en el día 14 para la solución control y las soluciones salinas de 100 y 400 mM de NaCl, mientras que para la solución de 200 mM de NaCl las semillas de *Limonium tabernense* germinaron a lo largo del periodo del experimento de forma más lenta no alcanzando su máximo de semillas germinadas hasta el día 16 del ensayo.

T <sup>a</sup> 30/20 °C	Tiempo (días)												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
0 mM NaCl	0	50	71	72	73	73	73	73	73	73	74	74	74
100 mM NaCl	0	6	30	30	31	31	34	34	35	36	37	37	37
200 mM NaCl	0	3	10	10	10	11	14	14	15	16	16	16	16
400 mM NaCl	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla n° 23. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo en laboratorio a temperatura 30/20 °C y a las distintas concentraciones salinas.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Gráfica n° 4. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de germinación en laboratorio en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 30/20 °C de temperatura.

En el tercer ensayo, en el que utilizamos para el experimento una temperatura de 30/20 °C (Gráfica n° 4), se puede observar que existe una gran diferencia en la evolución del porcentaje de germinación entre el control de agua destilada por un lado, y las soluciones salinas altas (200 y 400 mM de NaCl) por otro, a lo largo de los veinticinco días de duración del experimento, quedando el porcentaje de germinación de la solución salina de 100 mM de NaCl en un nivel intermedio aunque más próximo a las salinidades más altas.

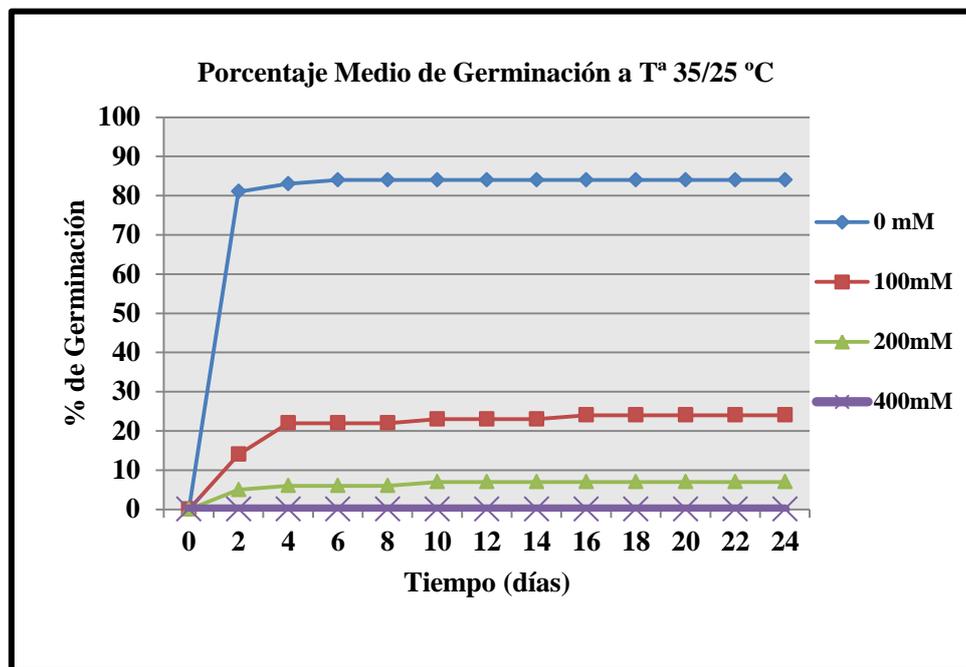
El 50 % de las semillas de *Limonium tabernense* han germinado a los 2 días de comenzar el ensayo en una solución en ausencia de salinidad (0 mM de NaCl), seguida de valores del 6 % a baja salinidad (100 mM de NaCl). Mientras que a una concentración alta de 200 mM de NaCl, al segundo día del ensayo, tan solo ha alcanzado el 3 % de semillas germinadas y una salinidad extrema de 400 mM de NaCl se ha obtenido un 0 % de germinación.

A lo largo de los siguientes días, el porcentaje de germinación aumenta hasta alcanzar el máximo de 74 % y de 37 % el día 20 para la solución control y para la solución salina de 100 mM de NaCl respectivamente, y el máximo de 16 % para 200 mM de NaCl el día 18. Mientras que para la solución de 400 mM de NaCl, el máximo porcentaje de germinación fue del 1 % y se ha alcanzado el día 4.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Tª 35/25 °C	Tiempo (días)												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
0 mM NaCl	0	81	83	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
100 mM NaCl	0	14	22	22	22	23	23	23	24	24	24	24	24
200 mM NaCl	0	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
400 mM NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla n° 24. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo en laboratorio a temperatura 35/25 °C y a las distintas concentraciones salinas.



Gráfica n° 5. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de germinación en laboratorio en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 35/25 °C de temperatura.

En el último ensayo, en el que utilizamos para el experimento una temperatura de 35/25 °C (Gráfica n° 5), se puede observar que existe una gran diferencia en la evolución del porcentaje de germinación entre el control de agua destilada por un lado y

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

el resto de soluciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) por otro, a lo largo de los veinticinco días de duración del experimento.

El 81 % de las semillas de *Limonium tabernense* han germinado a los 2 días de comenzar el ensayo en una solución en ausencia de salinidad (0 mM de NaCl), seguida de valores del 14 % a baja salinidad (100 mM de NaCl). Mientras que a una concentración alta de 200 mM de NaCl, al segundo día del ensayo, tan solo ha alcanzado el 5 % de semillas germinadas y en una salinidad extrema de 400 mM de NaCl, la germinación fue nula.

A lo largo de los siguientes días, el porcentaje de germinación aumenta hasta alcanzar el máximo del 84 % el 6 ° día para la solución control y el máximo de 24 % el día 16 para la solución salina baja de 100 mM de NaCl. La solución salina alta de 200 mm de NaCl, alcanza su máximo porcentaje de germinación el día 10 con un 7 % mientras que a una salinidad extrema de 400 mM de NaCl no se produce la germinación a estas temperaturas.

### **4.2. PORCENTAJE FINAL DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Limonium tabernense***

En este apartado hemos introducido solamente, mediante diagramas de barras, los porcentajes finales de germinación de semillas de *Limonium tabernense* para cada concentración salina en cada uno de los ensayos realizados a diferentes temperaturas.

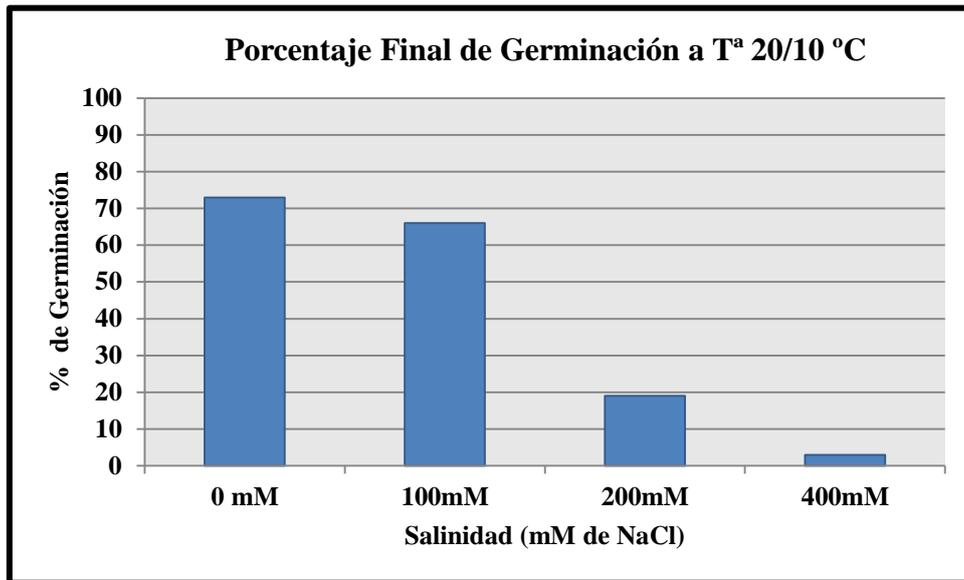
Mediante esta forma de representación de la germinación final de semillas, obtenemos la posibilidad de estudiar la germinación total en cada caso, prescindiendo de la evolución del proceso.

Los resultados obtenidos en los dos primeros ensayos a temperaturas bajas-medias de 20/10 y 25/15 °C son muy similares (Gráficas n° 6 y 7).

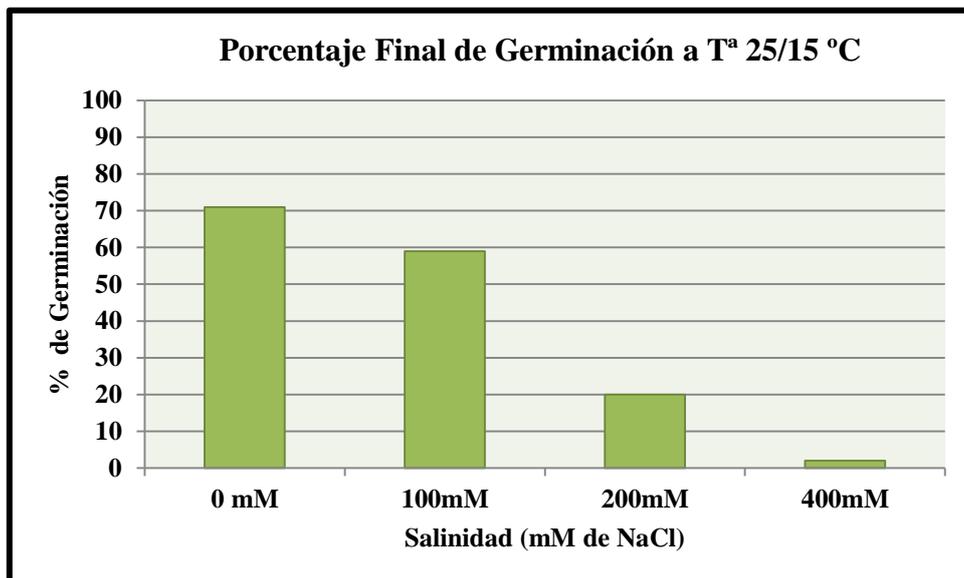
Cuando las semillas de *Limonium tabernense* se encuentran en la solución control de agua destilada, el porcentaje final de germinación es máximo, alcanzándose valores del 73 % y 71 % para el primer y segundo ensayo respectivamente (temperaturas 20/10 °C para el primer ensayo y 25/15 °C para el segundo).

El porcentaje final de germinación disminuye progresivamente conforme aumenta la concentración salina de la solución en la que están inmersas las semillas. Así, se produce una germinación final del 66 %, 19 % y 3 % para las concentraciones salinas de 100, 200 y 400 mM de NaCl en el primer ensayo (Gráfica n° 6) y una germinación final del 59 %, 20 % y 2 % para las concentraciones salinas de 100, 200 y 400 mM de NaCl en el segundo ensayo (Gráfica n° 7).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Gráfica n° 6. Porcentaje final de germinación de semillas de *Limonium tabernense* para 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl a temperatura 20/10 °C.

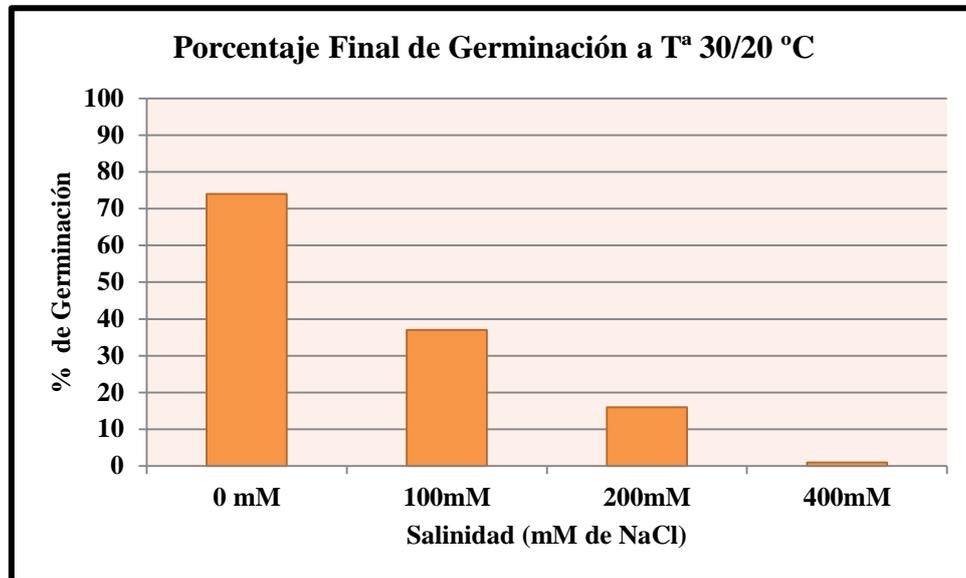


Gráfica n° 7. Porcentaje final de germinación de semillas de *Limonium tabernense* para 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl a temperatura 25/15 °C.

En el tercer ensayo, realizado a 30/20 °C de temperatura (Gráfica n° 8), se produce un descenso del porcentaje final de germinación en comparación con los ensayos anteriores, alcanzándose valores del 37 % de germinación final para 100 mM de NaCl, 16 % para 200 mM de NaCl y de tan sólo 1 % para 400 mM de NaCl.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Sin embargo, no ocurre lo mismo con el control de agua destilada que, lejos de mantener o disminuir el porcentaje final de germinación del ensayo anterior, aumenta alcanzando el 74 %.

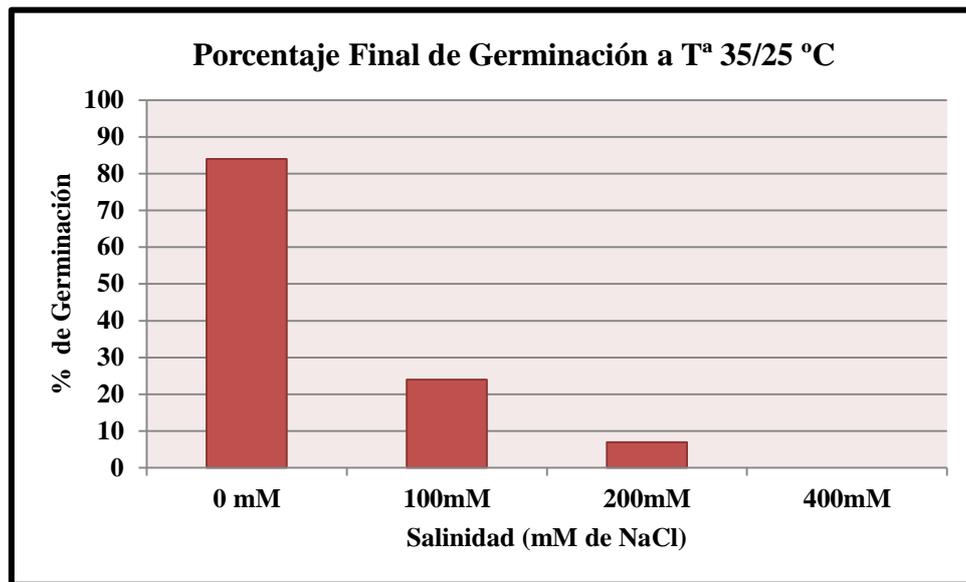


Gráfica n° 8. Porcentaje final de germinación de semillas de *Limonium tabernense* para 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl a temperatura 30/20 °C.

En el cuarto y último ensayo, realizado a 35/25 °C de temperatura (Gráfica n° 9), se produce un descenso del porcentaje final de germinación en consonancia con la tendencia observada en los ensayos anteriores, alcanzándose valores del 24 % de germinación final para 100 mM de NaCl, 7 % para 200 mM de NaCl y de 0 % para 400 mM de NaCl.

Sin embargo, y al igual que ocurre en el ensayo anterior, no sucede lo mismo con el control de agua destilada que, lejos de mantener o disminuir el porcentaje final de germinación del ensayo anterior, aumenta alcanzando el 84 %.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



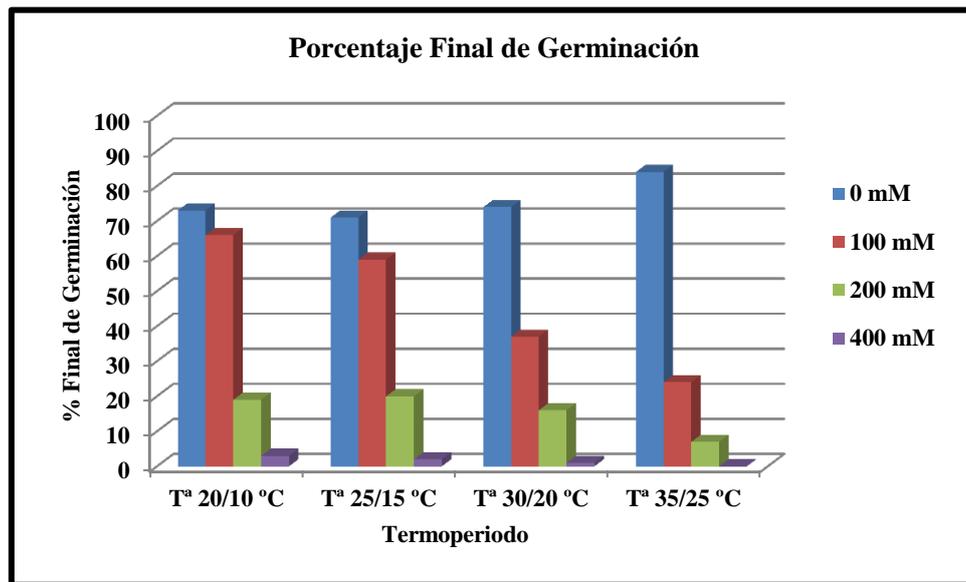
Gráfica n° 9. Porcentaje final de germinación de semillas de *Limonium tabernense* para 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl a temperatura 35/25 °C.

En la Gráfica n° 10, se pueden observar de forma comparada los porcentajes finales de germinación para cada tratamiento de salinidad y en cada ensayo a las diferentes temperaturas ya mencionadas.

Para los tratamientos control de agua destilada (0 mM de NaCl) se produce un aumento en el porcentaje final de germinación conforme aumenta la temperatura. Este aumento del porcentaje final de germinación es más acusado entre el segundo y tercer ensayo y especialmente entre el tercer y último ensayo.

En cuanto a la evolución mostrada en el porcentaje final de germinación por la solución salina baja de 100 mM de NaCl podemos decir, que muestra un acusado descenso conforme aumenta la temperatura de los ensayos, produciéndose el descenso más importante entre el segundo y tercer ensayo que pasa del 59 % al 37 % de germinación final.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Gráfica n° 10. Porcentaje final de germinación de *Limonium tabernense* en 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a temperatura 20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C.

En el caso del porcentaje final de germinación para la solución salina alta de 200 mM de NaCl, la evolución seguida a lo largo de los diferentes ensayos conforme aumenta la temperatura es similar a la seguida para la concentración salina baja de 100 mM de NaCl, aunque con algunas diferencias. En primer lugar, el descenso del porcentaje de germinación es más pausado. Además, en el segundo ensayo a una temperatura de 25/15 °C se produce un repunte del nivel de germinación final (20 %) con respecto al ensayo anterior, el primer ensayo a temperatura 20/10 °C (19 %), aunque éste no sea muy notable.

Por último, en el caso de la solución salina extrema de 400 mM de NaCl, se produce un descenso paulatino del porcentaje final de germinación conforme aumenta la temperatura desde un 3 % para el primer ensayo a temperatura 20/10 °C, seguido de un 2 %, 1 % y 0 % en los siguientes ensayos a temperaturas 25/15 °C, 30/20 °C y 35/25 °C respectivamente.

Tras la observación de la Gráfica n° 10, se deduce que en presencia de salinidad el aumento de la temperatura hace disminuir, de forma generalizada, el porcentaje final de germinación de semillas de *Limonium tabernense*. Sin embargo, no ocurre lo mismo en el control de agua destilada, en cuyo caso, un aumento de la temperatura hace aumentar el porcentaje final de germinación.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

### 4.3. TIEMPO MEDIO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Limonium tabernense*

La respuesta del tiempo medio de germinación de las semillas de *Limonium tabernense* a distintas condiciones de temperatura y salinidad se muestra en la gráfica n° 11. Si comparamos cada concentración salina de forma independiente a lo largo de los cuatro ensayos realizados a diferente temperatura, se evidencia que el tiempo medio de germinación de las semillas disminuye de forma generalizada conforme aumenta la temperatura de los ensayos aunque, como veremos a continuación, con algunos matices.

Además, si examinamos cada ensayo de forma independiente, veremos como a medida que aumenta la concentración salina, aumenta también el tiempo medio de germinación. Es decir, cuanto mayor es la salinidad del medio, mayor es el tiempo necesario por las semillas para que se produzca la germinación de las mismas, aunque no en todos los casos.

El análisis ANOVA de los datos del tiempo medio de germinación indican que existe una correlación significativa con respecto a la temperatura ( $F = 6.549$ ,  $P < 0.005$ ) y la salinidad ( $F = 4.969$ ,  $P < 0.005$ ), pero no en la interacción de ambas ( $F = 7.333$ ,  $P > 0.005$ ).

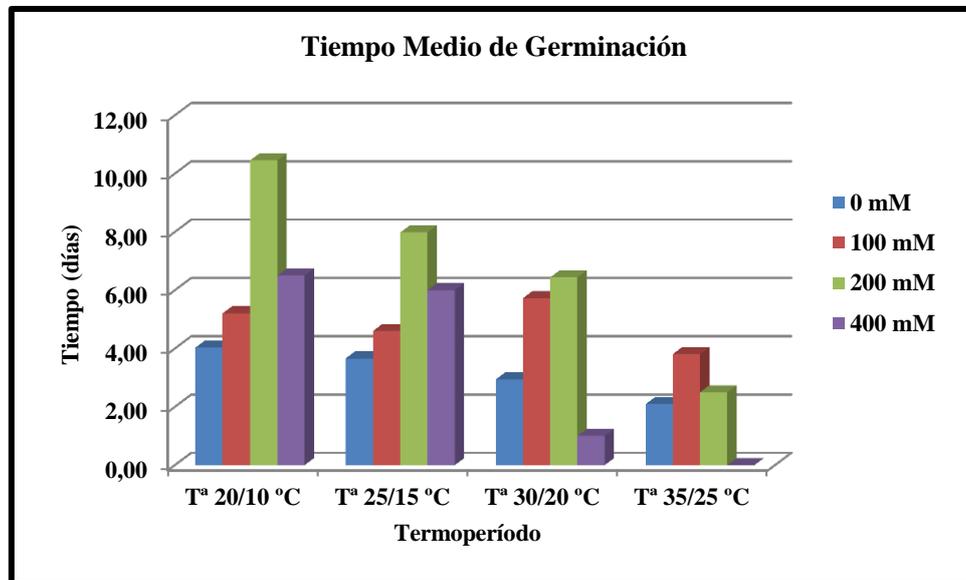
En la realización de la siguiente gráfica se ha aplicado la fórmula del tiempo medio de germinación (MGT) en su correspondiente hoja de cálculo del programa Microsoft Office Excel 2007 a cada concentración salina para cada uno de los ensayos realizados en laboratorio. De estos cálculos se deducen la Tabla n° 25 y la Gráfica n° 11.

	T <sup>a</sup> 20/10 °C	T <sup>a</sup> 25/15 °C	T <sup>a</sup> 30/20 °C	T <sup>a</sup> 35/25 °C
0 mM NaCl	4,03	3,66	2,94	2,09
100 mM NaCl	5,21	4,60	5,73	3,81
200 mM NaCl	10,45	7,98	6,44	2,50
400 mM NaCl	6,50	6,00	1,00	0,00

Tabla n° 25. Tiempo medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C de temperatura.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

La gráfica siguiente, muestra el tiempo medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a cada concentración salina y régimen térmico de cada ensayo.



Gráfica nº 11. Tiempo medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a 0, 100, 200 y 400 mM de NaCl y a 20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C de temperatura.

Dicha gráfica nos ofrece también una idea aproximada de la velocidad a la que germinan las semillas.

En los controles de agua destilada a una concentración salina de 0 mM de NaCl, la germinación de semillas se produce de forma general a mayor velocidad que en el resto de concentraciones salinas de cada ensayo, siendo por tanto su tiempo medio de germinación menor salvo en el tercer y cuarto ensayo (a 30/20 y 35/25 °C de temperatura), en el que el tiempo medio de germinación a 400 mM de NaCl es inferior al control de agua destilada.

En el cuarto y último ensayo a 35/25 °C de temperatura, el tiempo medio de germinación a una salinidad extrema de 400 mM de NaCl es nulo porque la germinación a dicha concentración salina y bajo las altas temperaturas de éste ensayo fue nula.

A una concentración salina baja de 100 mM de NaCl, el tiempo medio de germinación sigue un patrón de comportamiento similar al control de agua destilada, disminuyendo su nivel a medida que aumenta la temperatura. Sin embargo, en el tercer ensayo desarrollado a temperatura 30/20 °C, se produce un ligero aumento del tiempo

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

medio de germinación (5,73) con respecto al ensayo inmediatamente anterior (4,60) a temperatura 25/15 °C.

La concentración salina alta de 200 mM de NaCl, muestra el mejor ejemplo del comportamiento descrito para la evolución seguida por los distintos tratamientos de salinidad respecto al tiempo medio de germinación. En ella, podemos apreciar como a medida que aumenta la temperatura de los ensayos, a la que se encuentran sometidas las semillas, disminuye el tiempo medio de germinación. Este descenso es el más acusado y constante de todas las concentraciones salinas.

Además, el tiempo medio de germinación a 200 mM de NaCl es superior al del resto de concentraciones salinas de cada ensayo y para todos los ensayos salvo el último. En el último ensayo, a temperatura 35/25 °C, el tiempo medio de germinación de 200 mM de NaCl (2,50) sólo es superado por el nivel que alcanza el de 100 mM de NaCl (3,81).

Por último, y para terminar con este apartado, describiremos el comportamiento desarrollado por la concentración salina extrema de 400 mM de NaCl respecto al tiempo medio de germinación.

Como hemos dicho, el comportamiento desarrollado por los diferentes tratamientos de salinidad ha sido disminuir el tiempo medio de germinación conforme aumenta la temperatura, y en éste caso ha sido así.

Sin embargo, el desarrollo de ésta concentración salina ha sido singular. Para empezar, es la única solución que presenta un tiempo medio de germinación más bajo que la solución salina inmediatamente anterior cuando lo normal, en vista de la evolución seguida por el resto de concentraciones salinas, es que el tiempo medio de germinación fuese superior al de concentraciones salinas más bajas.

Además, en el tercer y cuarto ensayo, a temperaturas 30/20 y 35/25 °C, no sólo es inferior el tiempo medio de germinación de 400 mM de NaCl (1,00 y 0,00 respectivamente) a la concentración salina anterior (6,44 y 2,50), sino que es incluso menor que el nivel alcanzado por el control de agua destilada en dichos ensayos (2,94 y 2,09). El tiempo medio de germinación a una salinidad extrema de 400 mM de NaCl y una temperatura también extrema de 35/25 °C fue nulo porque la germinación bajo estas condiciones ambientales fue también nula.

Si realizamos un análisis objetivo de los resultados obtenidos sobre el tiempo medio de germinación con respecto a la temperatura, podemos observar y afirmar que, de forma general (salvo para una concentración salina de 100 mM de NaCl y una temperatura de 30/20 °C que presenta un ligero aumento del tiempo medio de germinación con respecto al ensayo anterior de 25/15 °C) se produce un descenso del tiempo medio de germinación conforme aumenta la temperatura (Gráfica nº 11).

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

## 4.4. VELOCIDAD DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Limonium tabernense*

La respuesta de la velocidad de germinación de las semillas de *Limonium tabernense* a distintas condiciones de temperatura y salinidad se muestra en la gráfica n° 12. La velocidad de germinación de *Limonium tabernense* mostró una disminución significativa con un incremento de la salinidad. La velocidad de germinación fue mayor para los tratamientos o controles de agua destilada en todos los casos, no siendo inferior a 21,06 en ninguno de ellos, mientras que en los dos tratamientos de salinidad más altos (200 y 400 mM de NaCl), no se superó 3,73 de velocidad de germinación en ninguno de los cuatro ensayos a distintos regímenes de temperatura.

El análisis ANOVA de los datos de velocidad de germinación indican que existe una correlación significativa con respecto a la temperatura ( $F = 4.951$ ,  $P < 0.005$ ) y la salinidad ( $F = 308.408$ ,  $P < 0.005$ ), así como en la interacción de ambas ( $F = 13.605$ ,  $P < 0.005$ ).

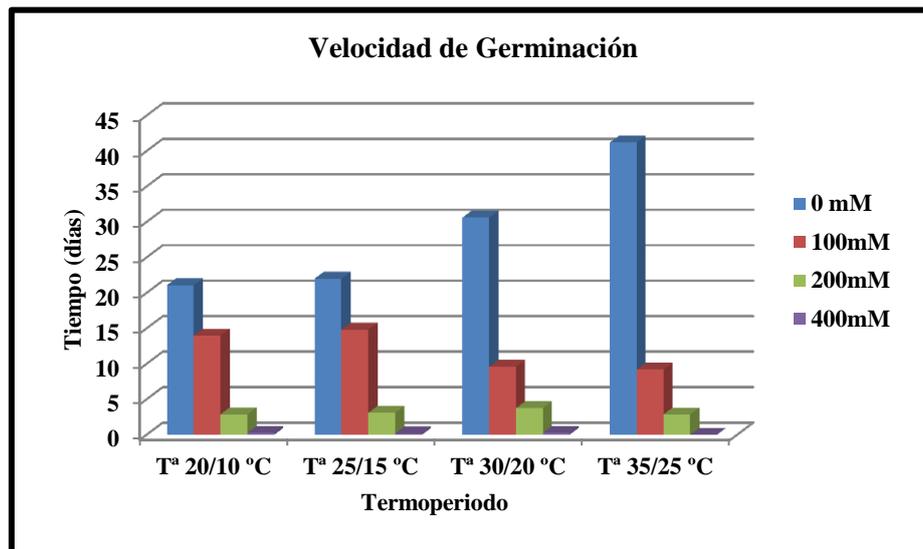
En la Tabla n° 26 se muestran los resultados de la velocidad de germinación de *Limonium tabernense* expresados en días, por temperaturas y concentración salina, calculados usando el índice modificado de Timson. Queremos aclarar que cuanto mayor sea el valor más rápida es la germinación.

	T <sup>a</sup> 20/10 °C	T <sup>a</sup> 25/15 °C	T <sup>a</sup> 30/20 °C	T <sup>a</sup> 35/25 °C
0 mM de NaCl	21,06	22	30,6	41,17
100 mM de NaCl	13,97	14,81	9,56	9,16
200 mM de NaCl	2,87	3,07	3,73	2,85
400 mM de NaCl	0,26	0,17	0,25	0,00

Tabla n° 26. Velocidad de germinación en días agrupada por temperaturas.

En la siguiente gráfica (Gráfica n° 12) aparece la velocidad de germinación (evaluada mediante el índice modificado de Timson) a diferentes concentraciones salinas y en función de la temperatura, que representa los datos de la Tabla n° 26.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Gráfica n° 12. Velocidad de germinación a diferentes termoperíodos y en función de la concentración salina evaluada mediante el índice modificado de Timson.

A la vista de los datos obtenidos, en cuanto al control de agua destilada 0 mM de NaCl, podemos decir que presenta los mejores resultados de velocidad de germinación en los cuatro ensayos realizados a distintas temperaturas.

Sin embargo, a pesar de presentar los mejores resultados, éstos no son los mismos en todos los casos. Así, la velocidad de germinación para una concentración de 0 mM de NaCl, a diferencia del resto de soluciones o tratamientos salinos, aumenta con la temperatura, pasando de 21,06 en el primer ensayo (temperatura 20/10 °C) a 41,17 en el cuarto ensayo (temperatura 35/25 °C). Además, el aumento de la velocidad de germinación es muy acusado en comparación con el resto de tratamientos salinos, sobre todo entre el segundo (temperatura 25/15 °C) y tercer ensayo (temperatura 30/20 °C) y entre éste y el cuarto ensayo (temperatura 35/25 °C).

Para una concentración salina baja de 100 mM de NaCl, la evolución seguida en los distintos ensayos a diferentes temperaturas respecto a la velocidad de germinación es la siguiente. De forma general disminuye conforme aumenta la temperatura pasando de 13,97 en el primer ensayo (temperatura 20/10 °C) a 9,16 en el cuarto ensayo (temperatura 35/25 °C). Sin embargo, en el segundo ensayo (temperatura 25/15 °C) se produce un ligero aumento de la velocidad de germinación (alcanzando 14,81) respecto al primer ensayo.

En el caso de una concentración salina alta de 200 mM de NaCl, la velocidad de germinación aumenta entre el primer ensayo (temperatura 20/10 °C) y el tercero (temperatura 30/20 °C) pasando de 2,87 a 3,73, para volver a descender en el cuarto ensayo (temperatura 35/25 °C) hasta valores de 2,85.

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

Por último, para la concentración salina extrema de 400 mM de NaCl, los valores de la velocidad de germinación varían entre unos ensayos y otros entre el 0 y la unidad pasando de 0,26 en el primer ensayo (temperatura 20/10 °C) a 0,00 en el cuarto ensayo (temperatura 35/25 °C). Es por ello que, a pesar de la evolución seguida, podemos decir, que la velocidad de germinación disminuye con el aumento de temperatura también en la solución salina más alta.

### **4.5. PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD GERMINATIVA DE SEMILLAS DE *Limonium tabernense* TRAS LA INCUBACIÓN EN SOLUCIONES SALINAS**

La respuesta del porcentaje de recuperación de la germinación de las semillas de *Limonium tabernense* que habían estado previamente sometidas a distintas condiciones de temperatura y salinidad se muestra en las gráficas nº 13, 14, 15 y 16. A la vista de los resultados obtenidos en los ensayos de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de *Limonium tabernense* tras ser transferidas a agua destilada, podemos observar como éstas mantienen el poder germinativo.

Estos resultados ponen de manifiesto que la incubación de semillas en un medio salino disminuye, retrasa o incluso impide su germinación pero no altera su capacidad germinativa una vez han desaparecido las condiciones adversas que impedían su germinación.

Al trasladar las semillas no germinadas de un medio salino, a otro medio en ausencia de salinidad, éstas recuperan su actividad para desarrollarse y germinar. Sin embargo, este proceso no ocurre de forma homogénea en todos los casos, sino que existen notables diferencias.

El análisis ANOVA de los datos de recuperación de la germinación indican que no existe una correlación significativa con respecto a la temperatura ( $F = 3.277$ ,  $P > 0.005$ ) pero si existe correlación significativa con respecto a la salinidad ( $F = 13.918$ ,  $P < 0.005$ ), así como en la interacción de ambas ( $F = 5.996$ ,  $P < 0.005$ ).

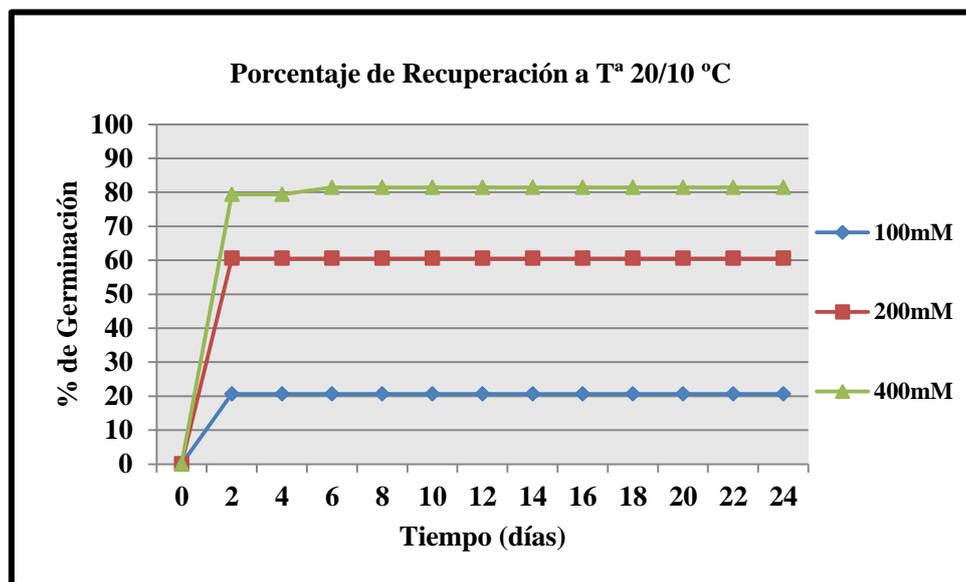
Las siguientes tablas y gráficas muestran la evolución de la germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo de 25 días después de transferir a agua destilada aquellas semillas que no habían germinado en el transcurso de los ensayos de germinación durante 25 días expuestas a las concentraciones salinas ya señaladas.

Se muestra el porcentaje medio de germinación de semillas cada 2 días para cada uno de los ensayos de recuperación realizados a diferentes termoperiodos (20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C de temperatura) y para cada concentración salina (100, 200 y 400 mM de NaCl) a la que habían estado expuestas las semillas previamente durante los ensayos de germinación.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

Tª 20/10 °C	Tiempo (días)												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
100 mM NaCl	0	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
200 mM NaCl	0	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5
400 mM NaCl	0	79,4	79,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4

Tabla n° 27. Evolución del porcentaje de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de *Limonium tabernense* cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo de recuperación en laboratorio a temperatura 20/10 °C y a las distintas concentraciones salinas.



Gráfica n° 13. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de recuperación de la capacidad germinativa tras su incubación en condiciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) y a 20/10 °C de temperatura.

En el primer ensayo de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de *Limonium tabernense*, en el que utilizamos para el experimento una temperatura de 20/10 °C (Gráfica n° 13), se puede observar que existe una gran diferencia en la evolución del porcentaje de germinación entre la solución salina baja (100 mM de NaCl) y las altas (200 y 400 mM de NaCl) a lo largo de los veinticinco días de duración del experimento.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

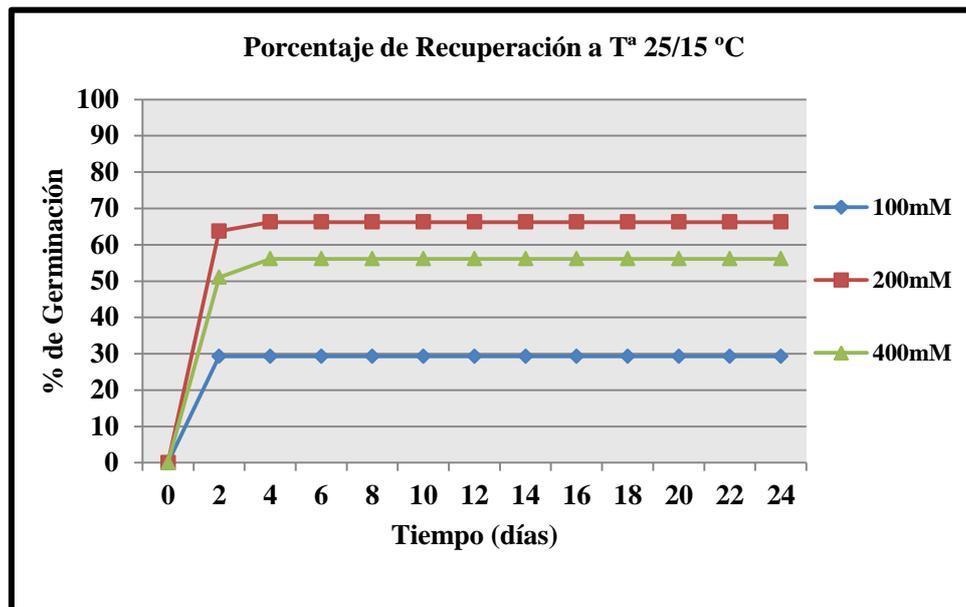
El 20,6 % de las semillas de *Limonium tabernense* han germinado a los 2 días de comenzar el ensayo en una solución de baja salinidad (100 mM de NaCl), seguida de valores del 60,5 % a alta salinidad (200 mM de NaCl). Mientras que a una concentración salina extrema de 400 mM de NaCl, al segundo día del ensayo, se alcanza el 79,4 % de semillas germinadas.

Es interesante destacar que a lo largo de los siguientes días, el porcentaje de germinación en las soluciones salinas de 100 y 200 mM de NaCl se mantiene constante hasta el final del ensayo, mientras que en 400 mM de NaCl se experimenta un ligero aumento hasta alcanzar finalmente el 81,4 % de germinación final.

T <sup>a</sup> 25/15 °C	Tiempo (días)												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
100 mM NaCl	0	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
200 mM NaCl	0	63,8	66,3	66,3	66,3	66,3	66,3	66,3	66,3	66,3	66,3	66,3	66,3
400 mM NaCl	0	51	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1

Tabla n° 28. Evolución del porcentaje de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de *Limonium tabernense* cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo de recuperación en laboratorio a temperatura 25/15 °C y a las distintas concentraciones salinas.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Gráfica n° 14. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de recuperación de la capacidad germinativa tras su incubación en condiciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) y a 25/15 °C de temperatura.

En el segundo ensayo de recuperación, en el que utilizamos para el experimento una temperatura de 25/15 °C (Gráfica n° 14), se puede observar que, al igual que ocurre en el ensayo anterior, se produce una evolución diferente del porcentaje de germinación entre la solución salina baja (100 mM de NaCl) y las altas (200 y 400 mM de NaCl) a lo largo de los veinticinco días de duración del experimento.

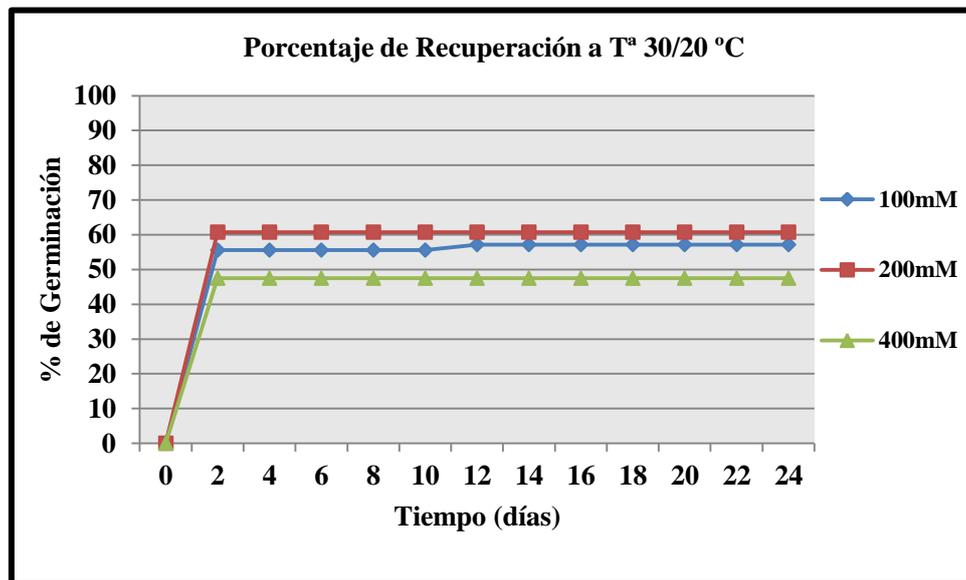
El 29,3 % de las semillas de *Limonium tabernense* han germinado a los 2 días de comenzar el ensayo en una solución de baja salinidad (100 mM de NaCl), seguida de valores del 63,8 % a alta salinidad (200 mM de NaCl). Mientras que a una concentración salina extrema de 400 mM de NaCl, al segundo día del ensayo, se alcanza el 51 % de semillas germinadas. Como vemos, a diferencia del ensayo anterior, en este caso el máximo porcentaje de germinación se produce a 200 mM de NaCl y no a 400 mM de NaCl.

A lo largo de los siguientes días, el porcentaje de germinación en la solución salina de 100 mM de NaCl se mantiene constante hasta el final del ensayo. Sin embargo, el porcentaje de germinación de semillas de las concentraciones salinas altas de 200 y 400 mM de NaCl experimenta un ligero aumento hasta alcanzar el 66,3 % y 56,1 % respectivamente de germinación final.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Tª 30/20 °C	Tiempo (días)												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
100 mM NaCl	0	55,6	55,6	55,6	55,6	55,6	57,1	57,1	57,1	57,1	57,1	57,1	57,1
200 mM NaCl	0	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7
400 mM NaCl	0	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5

Tabla n° 29. Evolución del porcentaje de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de *Limonium tabernense* cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo de recuperación en laboratorio a temperatura 30/20 °C y a las distintas concentraciones salinas.



Gráfica n° 15. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de recuperación de la capacidad germinativa tras su incubación en condiciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) y a 30/20 °C de temperatura.

En el tercer ensayo de recuperación, en el que utilizamos para el experimento una temperatura de 30/20 °C (Gráfica n° 15), se puede observar que se produce una evolución conjunta de los diferentes tratamientos de salinidad (100, 200 y 400 mM de NaCl) entorno al 55 % de germinación a lo largo de los veinticinco días de duración del experimento.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

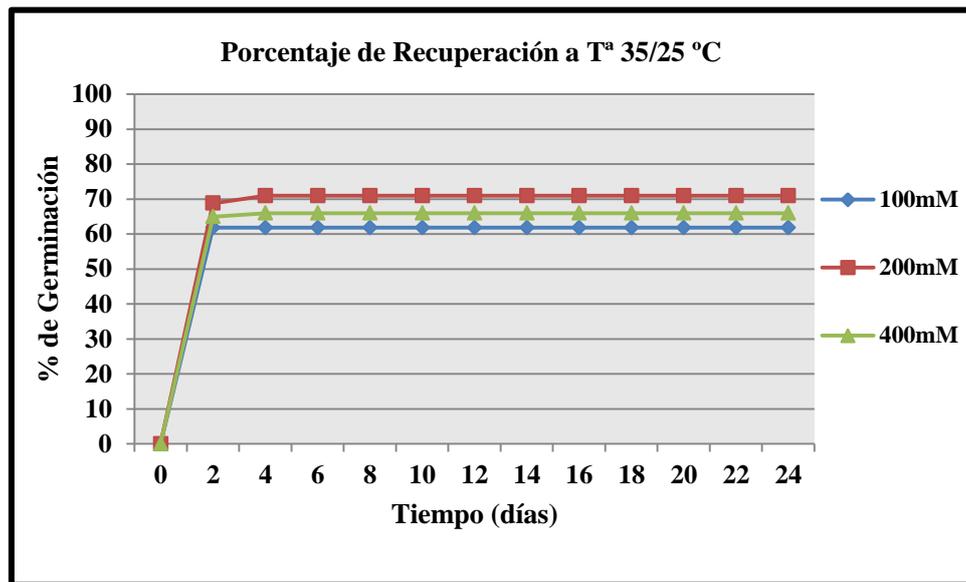
El 55,6 % de las semillas de *Limonium tabernense* han germinado a los 2 días de comenzar el ensayo en una solución de baja salinidad (100 mM de NaCl), seguida de valores del 60,7 % a alta salinidad (200 mM de NaCl). Mientras que a una concentración salina extrema de 400 mM de NaCl, al segundo día del ensayo, se alcanza el 47,5 % de semillas germinadas. Como vemos, al igual que el ensayo anterior, en este caso el máximo porcentaje de germinación se produce a 200 mM de NaCl y no a 400 mM de NaCl como en el primer ensayo de recuperación.

A lo largo de los siguientes días del ensayo, el porcentaje de germinación se mantiene constante hasta el final del experimento, salvo para el tratamiento de 100 mM de NaCl que pasa de un porcentaje de germinación de 55,6 % el 10° día a 57,1 % el 12° día, manteniéndose constante hasta el final del ensayo.

Tª 35/25 °C	Tiempo (días)												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
100 mM NaCl	0	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8
200 mM NaCl	0	68,8	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
400 mM NaCl	0	65	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66

Tabla n° 30. Evolución del porcentaje de recuperación de la capacidad germinativa de semillas de *Limonium tabernense* cada 2 días, a lo largo del tiempo del ensayo de recuperación en laboratorio a temperatura 35/25 °C y a las distintas concentraciones salinas.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben



Gráfica n° 16. Evolución del porcentaje medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* a lo largo del tiempo durante el ensayo de recuperación de la capacidad germinativa tras su incubación en condiciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) y a 35/25 °C de temperatura.

En el cuarto y último ensayo de recuperación, en el que utilizamos para el experimento una temperatura de 35/25 °C (Gráfica n° 16), podemos observar que se produce una evolución muy próxima de los diferentes tratamientos de salinidad (100, 200 y 400 mM de NaCl) entorno al 60-70 % de germinación a lo largo de los veinticinco días de duración del experimento.

El 61,8 % de las semillas de *Limonium tabernense* han germinado a los 2 días de comenzar el ensayo en una solución de baja salinidad (100 mM de NaCl), seguida de valores del 68,8 % a alta salinidad (200 mM de NaCl). Mientras que a una concentración salina extrema de 400 mM de NaCl, al segundo día del ensayo, se alcanza el 65 % de semillas germinadas.

El máximo porcentaje de recuperación se vuelve a producir a una concentración salina alta de 200 mM de NaCl.

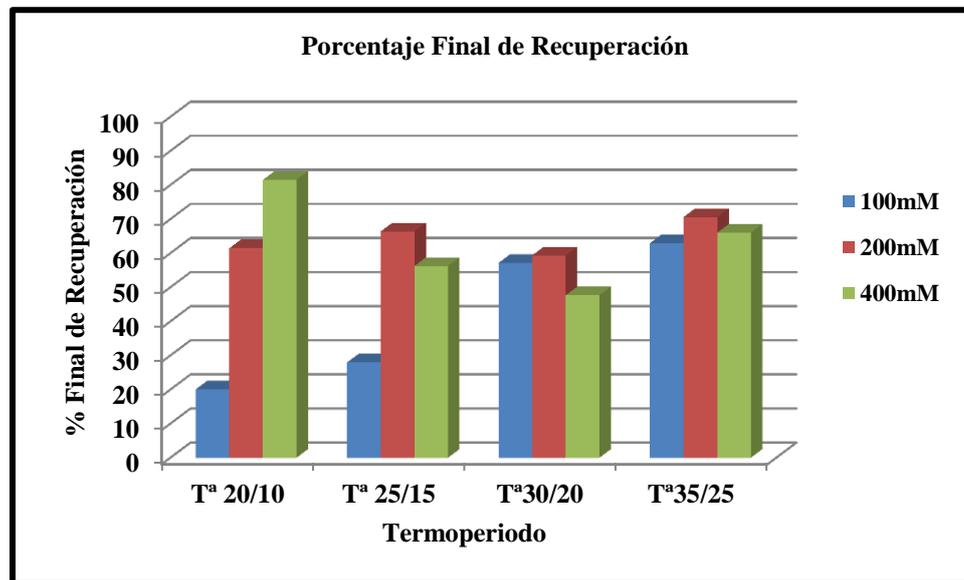
A lo largo de los siguientes días del ensayo, el porcentaje de germinación en una concentración salina baja de 100 mM de NaCl se mantiene constante hasta el final del ensayo. Mientras que en las concentraciones salinas altas de 200 y 400 mM de NaCl entre el 2° y 4° día aumenta de 68,8 % a 71 % para 200 mM de NaCl y de 65 % a 66 % para 400 mM de NaCl.

A la vista de los resultados obtenidos, podemos observar como aquellas semillas que habían estado expuestas previamente a altas concentraciones salinas (200 y 400 mM de NaCl), alcanzan mayores porcentajes de germinación cuando son incubadas en ausencia de salinidad (alcanzando porcentajes de entre el 47,5 % a temperatura 30/20 °C y el 81,4 % a temperatura 20/10 °C); que aquellas semillas que habían permanecido

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

expuestas a bajas salinidades (100 mM de NaCl) que presentan menores porcentajes de germinación (entre 20,6 % a temperatura 20/10 °C y 61,8 % a temperatura 35/25 °C) cuando desaparecen las condiciones adversas del medio que les impedían germinar.

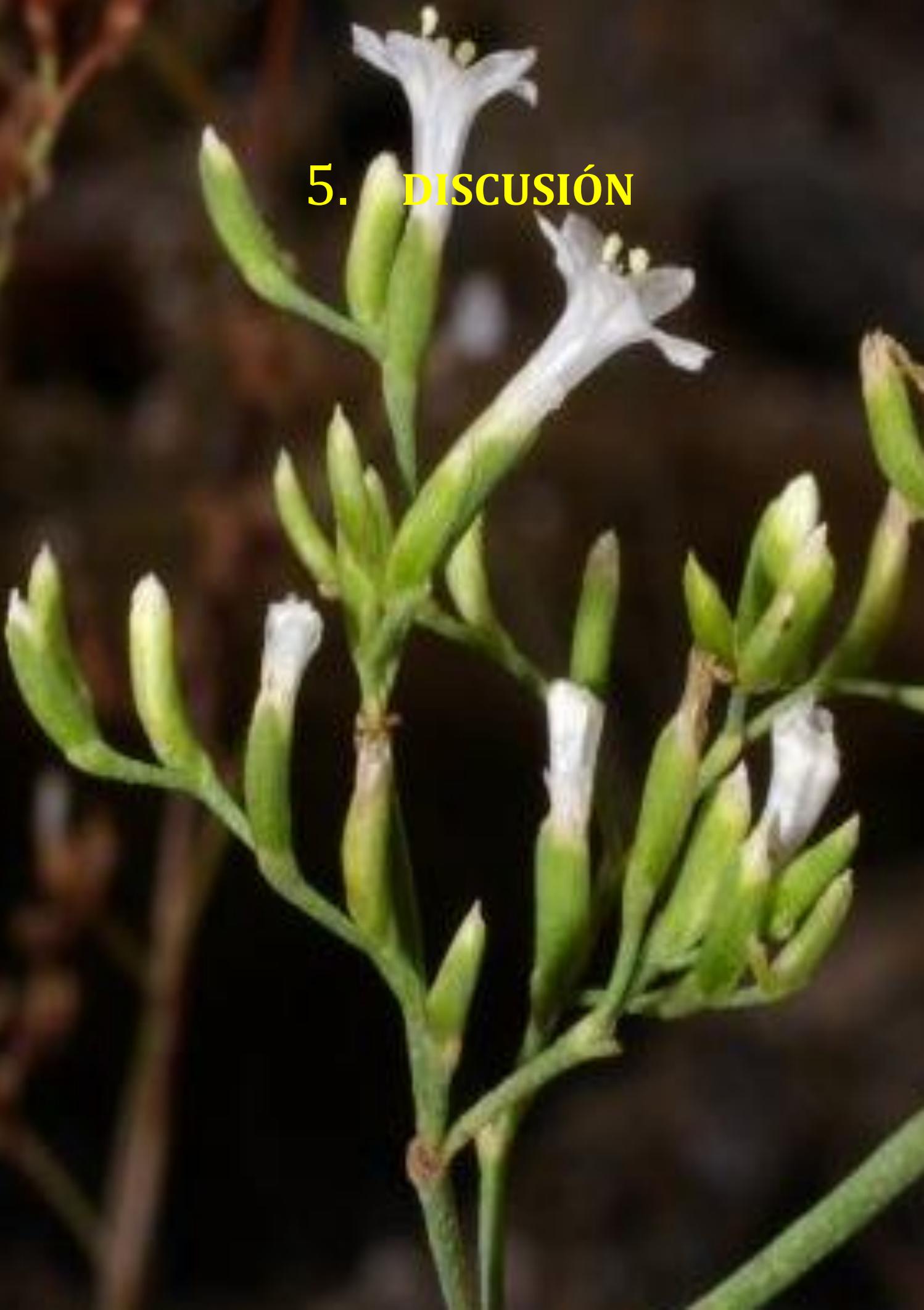
Estos datos podemos verlos plasmados en la siguiente gráfica (Gráfica nº 17).



Gráfica nº 17. Porcentaje final de recuperación de la germinación de semillas de *Limonium tabernense* en 100, 200 y 400 mM de NaCl y a temperatura 20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## 5. DISCUSIÓN



**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

## 5. DISCUSIÓN

El estudio y conocimiento de las condiciones más favorables para la germinación de especies como *Limonium tabernense*, un raro endemismo xerohalófito localizado en el Paraje Natural del Desierto de Tabernas de Almería (España), sometiénolas a distintas concentraciones salinas y diferentes regímenes de temperatura, aportan luz e información muy valiosa para asegurar, en caso necesario, el refuerzo y conservación de sus poblaciones naturales de forma rápida y efectiva, así como su aprovechamiento como ornamental.

La germinación y los períodos de establecimiento son estados cruciales en el ciclo de vida de las plantas bajo condiciones salinas (Khan y Gulzar, 2003; Pérez *et al.*, 1998; Waisel, 1972).

La germinación de semillas del desierto es regulada por factores tales como el agua, la temperatura, la luz, la salinidad del suelo y su interacción; sin embargo cada especie responde a los factores abióticos de una manera única (Noe y Zedler, 2000; Khan, 2003; Khan y Gulzar, 2003; El-Keblawy *et al.*, 2011). Sin embargo, el efecto de la salinidad del suelo parece ser dominante sobre todos los otros factores (Keiffer y Ungar, 1997a; Baskin y Baskin, 1998).

Numerosos estudios ponen de manifiesto que, durante la germinación de las semillas de diferentes especies vegetales, la salinidad produce un descenso y un retraso en la germinación mientras algunas semillas permanecen latentes. Esto ha sido observado por Pujol *et al.* (2001) para *Halocnemum strobilaceum*, Khan y Zia (2004 y 2008) para *Limonium stocksii*, o Redondo-Gómez *et al.* (2008) para *Limonium emarginatum*, y nosotros lo hemos constatado en *Limonium tabernense*.

La mayoría de halófitas indican que su óptima germinación se produce en agua dulce y es inhibida por incrementos en la salinidad (Ungar, 2001) aunque las condiciones de almacenamiento pueden influir en la respuesta de la germinación a la sal (Wetson *et al.*, 2008). Similares resultados fueron obtenidos para los táxones *Limonium stocksii* por Khan y Zia (2004), para *Halocnemum strobilaceum* por Pujol *et al.* (2001) y para *Sarcocornia* sp. por Redondo *et al.* (2004). Generalmente, las semillas de halófitas germinan mejor en ausencia de salinidad o en bajas salinidades, pero las respuestas a la germinación de semillas en altas salinidades son variables entre las especies de halófitas (Ungar, 1978; Woodell, 1985), por lo que resulta interesante someter a estudio las semillas de diferentes especies halófitas de interés para conocer sus límites de tolerancia a la salinidad durante la germinación. En nuestro caso, y en consonancia con los estudios mencionados anteriormente, *Limonium tabernense* mostró un mayor porcentaje de germinación bajo condiciones en ausencia de salinidad en los cuatro ensayos dirigidos a diferentes regímenes de temperatura.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

En todos los trabajos revisados, el aumento de la temperatura produce descensos en la germinación de semillas y este descenso se ve más acentuado en condiciones salinas. Sin embargo, nosotros hemos observado que la germinación de semillas de *Limonium tabernense* en ausencia de salinidad (0 mM de NaCl) era controlada por la temperatura a la que eran expuestas las semillas durante los 25 días de duración de cada ensayo de laboratorio para cada régimen de temperatura. Hemos podido observar como a medida que aumenta la temperatura aumenta también el porcentaje final de germinación de semillas alcanzando valores del 73 % y 71 % para el primer y segundo ensayo a temperatura 20/10 °C y 25/15 °C y del 74 % y 84 % para el tercer y cuarto ensayo a temperatura 30/20 °C y 35/25 °C respectivamente. El aumento de temperatura es beneficioso para la germinación de *Limonium tabernense*, siempre y cuando no exista salinidad alguna en el medio.

Para la mayoría de autores (Ungar, 1977; Khan y Ungar, 1997b y Khan y Gulzar, 2003) el aumento de las temperaturas en ambientes hipersalinos afecta a la germinación y al normal desarrollo de las plántulas al igual que ocurre en nuestro ensayo, donde el porcentaje final de germinación de *Limonium tabernense* mostró una disminución significativa con un incremento de la salinidad. Además, hemos podido constatar como a medida que aumenta la temperatura para una misma concentración salina disminuye también el porcentaje final de germinación. Así, observamos como para una concentración salina baja de 100 mM de NaCl, el porcentaje final de germinación pasa del 66 % en el primer ensayo a una temperatura de 20/10 °C, al 24 % en el cuarto ensayo a una temperatura de 35/25 °C. De la misma forma ocurre para una solución salina alta de 200 mM de NaCl que pasa del 20 % al 7 % entre el primer y cuarto ensayo o para una concentración salina extrema de 400 mM de NaCl que pasa del 3 % al 0 %. De todo ello podemos deducir que, cuanto mayor es la temperatura y la salinidad del medio, menor es la capacidad germinativa de *Limonium tabernense*.

El tiempo medio de germinación de semillas de *Limonium tabernense* aumentó conforme lo hizo la salinidad del medio al que se encontraban expuestas las semillas, retrasando así la germinación de las mismas como ponen de manifiesto los estudios realizados por Pujol *et al.* (2001) para *Halocnemum strobilaceum*, Khan y Zia (2004 y 2008) para *Limonium stocksii*, o Redondo-Gómez *et al.* (2008) para *Limonium emarginatum*.

Por otra parte, la velocidad de germinación de las semillas de *L. tabernense*, fue mayor en todas las soluciones en ausencia de salinidad y aumentos en la concentración de cloruro sódico disminuyeron la velocidad de germinación. Varios estudios llevados a cabo por autores como West y Taylor (1981), Dudeck y Peacock (1985) o Marcar (1987), han indicado que la velocidad de germinación es más sensible a la salinidad que el porcentaje de germinación en general. La germinación muy rápida fue constatada por Sharma y Sen (1989) para *Haloxylon recurvum* y *Haloxylon salicornicum* y por Mahmoud *et al.* (1983) para *Limonium axillare*, y éstos consideraron que era una estrategia para utilizar el breve periodo de disponibilidad de agua después

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

de la lluvia. Rogers *et al.* (1995), sugirió que una rápida germinación asegura un rápido establecimiento de las plántulas, minimizando así la competencia.

Según Khan (2003), la temperatura es otro de los factores críticos involucrados en la modulación de las respuestas de la germinación de semillas bajo condiciones salinas. Para El-Keblawy *et al.* (2011) la capacidad de las semillas para germinar en niveles crecientes de salinidad es particularmente dependiente de la temperatura de incubación por lo que el porcentaje de germinación de las semillas cultivadas a altos niveles de salinidad puede ser alto a una temperatura óptima y disminuye cuando la temperatura se sale de éstos rangos. Las reservas de semillas se enfrentan a la alta salinidad y estrés térmico durante su almacenamiento en el banco de semillas del suelo. Las semillas de las especies exitosas deben ser capaces de tolerar altas condiciones térmicas e hipersalinas y mantener su viabilidad. La variación diurna en la temperatura juega un papel muy significativo en la germinación de semillas de halófitas de hábitats templados secos (Gul y Khan, 2006; Ahmed y Khan, 2010). Las especies de halófitas de hábitats costeros muestran una respuesta significativa a un cambio en la temperatura y temperaturas cálidas resultan en una mejora en la germinación (Khan y Weber, 1986; Khan *et al.*, 1987; Gul y Weber, 1999; Khan *et al.*, 2001abc; Khan y Gul, 2006) y la óptima germinación observada por diversos autores fue obtenida a un régimen de temperatura de 25/35 °C (12 h noche/12 h día) (Khan y Weber, 1986; Gul y Weber, 1999; Khan, 1999; Khan *et al.*, 2000, 2001abc). Sin embargo, las semillas de halófitas de regiones templado húmedas normalmente germinan óptimamente con un régimen de temperatura frío (5-15 °C) (Ungar y Capiluppo, 1969; Ungar, 1977; Okusanya y Ungar, 1983; Khan y Ungar, 1984; Badger y Ungar, 1989; Khan y Ungar, 1998a). Para las halófitas subtropicales, el óptimo es 20-30 °C (Gul *et al.*, 2012). Las semillas de *Limonium tabernense* germinan en distintos rangos de temperatura (20/10, 25/15, 30/20 y 35/25 °C) con un óptimo de germinación a una temperatura de 20/10 °C, al igual que observaron Ebrahimi y Eslami (2011) en semillas de *Ceratocarpus arenarius*. Dicho rango de temperatura tiene lugar dos veces al año en el hábitat natural de la especie, una en primavera y otra en otoño. Sin embargo, la germinación de *L. tabernense* tiene lugar en primavera porque es cuando concurren las condiciones óptimas para que esto suceda, ya que además de una adecuada temperatura, tiene lugar un mayor lavado de sales del suelo gracias a las lluvias entre otoño y primavera; a diferencia del otoño en el que aunque concurren las temperaturas adecuadas, existe una gran acumulación de sales superficiales y subsuperficiales en el suelo después de la época estival. Además, el ascenso térmico paulatino que se produce en primavera, favorece la germinación de las semillas de *L. tabernense* frente al brusco descenso térmico que tiene lugar de forma general en otoño.

Para diversos autores (Khan y Rizvi 1994; Khan y Ungar 1997a, 1998; Khan y Gul 1998), la salinidad y la temperatura interactúan para afectar a la germinación de las plantas halófitas. Los efectos adversos de la alta salinidad son además agravados por

## **INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben**

cualquier incremento o descenso de temperatura (Khan y Rizvi 1994; Khan 2002). La germinación de algunas halófitas se produce a veces cuando hay una combinación óptima de la duración del día, régimen de temperatura, y salinidad (Naidoo y Naicker 1992; Gutterman *et al.* 1995; Khan 2002, Gul *et al.*, 2012).

Las semillas de halófitas de zonas templado frías son conocidas por la tolerancia a la alta salinidad durante su latencia en el suelo (Ungar, 1995). La latencia de las semillas (inducida de forma innata o adquirida) es un medio importante para iniciar el crecimiento en condiciones apropiadas. Los ambientes salinos a menudo son inundados y las semillas de halófitas pueden permanecer sin germinar durante largos períodos, incluso después de la imbibición si el entorno externo no favorece la germinación y supervivencia de las plántulas (Gul *et al.*, 2012). Las halófitas anuales, siendo semélparas (un único evento reproductivo en la vida) producen semillas una vez en su vida y desarrollan complejos mecanismos de latencia que generalmente mantienen la viabilidad de la semilla cuando se exponen a condiciones desfavorables para la germinación. La latencia de la semilla como una estrategia para el éxito en la escala evolutiva próxima tiene sentido para plantas anuales porque solamente tienen una oportunidad para producir semillas y, con el fin de perpetuarse, es necesario que dejen al menos un descendiente (Harper, 1977). Para lograr este objetivo, las semillas de halófitas anuales han desarrollado un gran número de tácticas para sobrevivir a la sequía, las inundaciones, la alta salinidad y temperaturas extremas (Ungar, 1995). Por ejemplo, tienen latencia innata, forzada o inducida para evitar germinar cuando las condiciones no son propicias para la supervivencia de las plántulas (Khan y Ungar, 1996).

Las especies de regiones templadas suelen mantener un gran banco de semillas permanente y germinan fácilmente durante la primavera (Khan y Ungar, 1986) cuando la salinidad del suelo se reduce y la temperatura es más cálida. Para satisfacer cualquier exigencia, las semillas de estos hábitats salinos templados pueden poseer las características siguientes, solas o en cualquier combinación: 1, la capacidad de germinar en agua de mar o mayor salinidad; 2, la inducción y la ejecución de la latencia bajo condiciones salinas; y 3, la capacidad de las semillas de permanecer viables después de estar expuestas a condiciones de hipersalinidad (Ungar, 2001).

Varios investigadores han informado de que cuando las semillas de halófitas han impuesto latencia bajo condiciones hipersalinas, ésta es aliviada cuando son sometidas a condiciones no salinas, mientras que semillas de glicófitas intolerantes sobrevivieron solamente durante un corto período de tiempo en niveles de salinidad del agua del mar (Ungar, 1978; Woodell, 1985; Ungar, 1995; Keiffer y Ungar, 1997; Khan y Ungar, 1997a; Jutila, 1998). Las condiciones salinas a menudo inhiben la germinación de semillas de halófitas, pero en contraste a especies intolerantes, las semillas de halófitas mantienen la viabilidad y son capaces de germinar cuando la salinidad es reducida (Darwin, 1857; Keiffer y Ungar, 1997; Khan y Ungar, 1997c; Jutila, 1998).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Las semillas de halófitas de ambientes templados normalmente maduran durante el final del otoño y sufren un período de latencia (innata, inducida o ejecutada) (Harper, 1977). Estas semillas comienzan la germinación durante la primavera temprana que continua hasta julio (Khan y Ungar, 1996). La mayoría de semillas están localizadas cerca de la superficie del suelo, donde la concentración salina cambia por la continua oscilación del balance hídrico del perfil del suelo (Ungar, 1991). La germinación temprana en presencia de suficiente agua confiere una ventaja ecológica a éstas plántulas. Su tamaño incrementa rápidamente y producen un sistema radical largo y profundo que las protege al final de la primavera y principios del verano cuando la frecuencia de precipitaciones disminuye y puede haber sequía (Khan y Ungar, 1986). Esto normalmente causa una sustancial subida en la salinidad de la capa superior del suelo y las plántulas más jóvenes y pequeñas tienen pocas posibilidades de supervivencia. La estimulación de la elongación de la raíz por la presencia de sales probablemente juega un papel importante en evitar el estrés salino de los suelos a nivel superficial, dentro de las concentraciones salinas donde aún se produce la germinación.

La capacidad para evitar la germinación en hipersalinidad nos invita a pensar que podría tratarse de una estrategia usada por estas plantas para evitar la sequía estival. Dicha respuesta a la hipersalinidad puede relacionarse con la necesidad de establecimiento en períodos con condiciones ideales para el reclutamiento (*i.e.*, “ventanas de oportunidad”, Eriksson y Fröborg, 1996; o “ventanas de germinación”, Noe y Zedler, 2001). En un clima mediterráneo, las semillas mantienen la latencia durante el verano, y descensos de la salinidad del suelo después de las primeras lluvias, permite la germinación entre el otoño y la primavera (Chapman, 1974).

La lluvia puede lixiviar rápidamente las sales de la superficie del suelo y suministrar agua a las semillas. Por tanto, para el éxito del establecimiento de plantas en ambientes salinos, las semillas deben permanecer viables en alta salinidad y germinar cuando la salinidad desciende (Khan y Ungar, 1997a).

Después de cada ensayo de germinación de semillas de *Limonium tabernense*, las semillas no germinadas de las placas de Petri con soluciones salinas (100, 200 y 400 mM de NaCl) fueron transferidas a agua destilada, recuperando la germinación. Se sabe que las semillas de halófitas mantienen la viabilidad por extensos periodos de tiempo durante exposiciones a alta salinidad, e inician la germinación cuando la salinidad se reduce (Keiffer y Ungar, 1995; Khan y Ungar, 1998, 1999; Khan, 2002). El término “recuperación” de la germinación es utilizado para evaluar la capacidad de las semillas que están expuestas a alta salinidad a germinar cuando son transferidas a agua dulce (Ungar, 1991). Los experimentos de recuperación han demostrado que la exposición de semillas a varias salinidades y regímenes de temperatura tienen un gran efecto en la viabilidad de las semillas. Los tratamientos de salinidad previos a la inmersión de las semillas en agua destilada tuvieron un efecto estimulador de la germinación, y la velocidad de germinación fue mayor para el experimento de recuperación que para el

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

experimento de germinación de semillas. Según Khan y Ungar (1997a), la habilidad de las semillas de halófitas para sobrevivir a condiciones hipersalinas y germinar cuando la salinidad se reduce, les proporciona múltiples oportunidades para el establecimiento en ambientes salinos impredecibles. La tolerancia de las semillas a la salinidad durante su almacenamiento en el banco de semillas del suelo, confiere una exitosa estrategia reproductiva en condiciones hipersalinas. La supervivencia de las semillas en el banco de semillas del suelo bajo condiciones extremas ofrece a estas especies una estrategia para el reclutamiento con éxito en un duro ambiente.

Las especies halofíticas muestran un amplio rango de respuesta a la recuperación de la germinación cuando el estrés salino es aliviado (Khan, 2002). La recuperación de la germinación de halófitas subtropicales ha demostrado alguna variabilidad en su tolerancia a la sal cuando fueron expuestas a alta salinidad y estrés térmico en el suelo (Khan y Gul, 2002). *Arthrocnemum macrostachyum* mostró una sustancial recuperación en 1000 mmol/L de NaCl (Khan y Gul, 1998) y otras como *Aeluropus lagopoides* (Gulzar y Khan, 2001), *Atriplex stocksii* (Khan, 1999), *Limonium stocksii* (Zia y Khan, dato inédito) y *Urochondra setulosa* (Gulzar *et al.*, 2001) mostraron una alta recuperación en 600 mmol/L de NaCl. Mientras *Cressa cretica* (Khan, 1999), *Haloxylon stocksii* (Khan y Ungar, 1996), *Salsola imbricata* (Khan, dato inédito), *Suaeda fruticosa* (Khan y Ungar, 1998) y *Sporobolus ioclados* (Khan y Gulzar, 2003) mostraron una pobre respuesta a la recuperación.

Las semillas de *Limonium tabernense* demostraron una buena recuperación (81,4 %) en el primer ensayo a temperatura 20/10 °C cuando fueron traspasadas a agua destilada, después del tratamiento con salinidades altas de 400 mM de NaCl, observándose que la latencia de las semillas se debe principalmente a un efecto osmótico más que a una toxicidad debida al efecto iónico. Durante el periodo en el que las semillas están sometidas a un ambiente hipersalino se produce una inhibición de la germinación permaneciendo las semillas en un estado de latencia que abandonan cuando los factores adversos son aliviados.

Las semillas de halófitas de regiones templadas húmedas normalmente mantienen la viabilidad al menos por una temporada. Ellas se dispersan a finales de octubre, pasan el invierno en el suelo encharcado con agua salina a temperaturas bajo 0 hasta -15 °C y comienzan a germinar durante principios de primavera. Varios investigadores han demostrado que las semillas de halófitas expuestas a condiciones de hipersalinidad mantienen una latencia forzada que es aliviada con la disponibilidad de agua dulce (Ungar, 1978; Woodell, 1985; Keiffer y Ungar, 1997; Khan y Ungar, 1986a). La latencia forzada para las semillas de halófitas en respuesta a condiciones salinas es una ventaja selectiva para el crecimiento de las plantas en hábitats altamente salinos porque las semillas podrían resistir altos estreses de salinidad y proporcionar una alternativa viable al banco de semillas para el reclutamiento de nuevos individuos, pero la germinación de semillas podría estar limitada a períodos cuando los niveles de

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

salinidad del suelo están dentro de los límites de tolerancia de las especies (Ungar, 1982). Sin embargo, las semillas de halófitas difieren en su habilidad para recuperarse del estrés salino y germinar después de estar expuestas a condiciones hipersalinas. El incremento de la duración de la latencia de las semillas fue previamente observado en estudios de otras especies de hábitats salinos (Ungar, 1978; Marañón *et al.*, 1989; Espinar *et al.*, 2004; Ebrahimi y Eslami, 2011). La recuperación de la germinación de semillas de condiciones hipersalinas también está afectada por el régimen de temperaturas al que las semillas están expuestas (Khan y Ungar, 1997a).

Las semillas de *Limonium tabernense* muestran un descenso en su porcentaje de recuperación al aumentar la temperatura del medio de cultivo, este efecto perjudicial provocado por la salinidad del cloruro sódico y la alta temperatura puede ser atribuido a la toxicidad de Na<sup>+</sup> que generalmente causa daños irreversibles en las semillas como asegura Khan y Ungar (1996) y Rejili *et al.* (2009).

Por último, en relación a la utilidad práctica de éste estudio sobre la influencia de la salinidad y la temperatura en la germinación de semillas de *Limonium tabernense*, y sus implicaciones para el diseño de jardines y restauración ecológica de áreas salinas en ambientes áridos y semiáridos, los resultados obtenidos señalan que la máxima germinación de semillas se produce en ausencia de salinidad o en bajas salinidades (de hasta 100 mM de NaCl) y a una temperatura de 20/10 °C. Por ello, recomendamos que se tengan en cuenta éstas condiciones de salinidad y temperatura para favorecer la máxima germinación de semillas de *Limonium tabernense* en el menor tiempo posible y con las máximas garantías de éxito, tanto en viveros comerciales y/o viveros públicos de ornamentales o con fines de restauración, como mediante su siembra directa en jardines o su hábitat natural, así como su utilización en futuros planes de recuperación de especies vegetales autóctonas amenazadas.

En los suelos salinos de Almería, se desarrollan comunidades vegetales compuestas por especies como *Anabasis spss.*, *Arthrocnemum spss.*, *Atriplex spss.*, *Limonium spss.*, *Salsola spss.*, *Sarcocornia spss.*, *Tamarix spss.*, etc. Estas especies autóctonas adaptadas al medio, en su mayoría halófitas, podrían emplearse en la restauración de zonas con suelos salinos y en el diseño de jardines en aquellos lugares en los que la presencia de sales en el suelo limita el desarrollo de otras especies. Además, mediante la utilización de plantas autóctonas con fines ornamentales, paisajísticos o de restauración se puede contribuir a su conservación y aumentar el conocimiento sobre su biología, pudiendo servir de apoyo para futuros planes de conservación de hábitats naturales y recuperación de especies vegetales (Peña *et al.*, 2006).

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## 6. CONCLUSIONES



**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## **6. CONCLUSIONES**

Realizado el estudio de laboratorio sobre la influencia de la salinidad y la temperatura en la germinación de semillas de *Limonium tabernense* en el Laboratorio de Biología 1.05 del Edificio Científico Técnico II-B de la Universidad de Almería, a partir del material vegetal recolectado en campo, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 1<sup>a</sup>. La germinación de semillas de *Limonium tabernense* se ve afectada de forma conjunta por la salinidad y la temperatura, debido a que al aumentar la temperatura el efecto negativo de la salinidad sobre la germinación se acentúa. Estas condiciones de salinidad y temperatura se presentan durante los meses de verano, por tanto, esta es la época más desfavorable para realizar una siembra directa en casos de restauración y/o refuerzo de poblaciones con esta planta.
- 2<sup>a</sup>. En presencia de salinidad el aumento de la temperatura hace disminuir, de forma generalizada, el porcentaje final de germinación de semillas de *Limonium tabernense*. Sin embargo, no ocurre lo mismo en el control de agua destilada, en cuyo caso, un aumento de la temperatura hace aumentar el porcentaje final de germinación. Así, las condiciones más exitosas para la obtención de plántulas en vivero serán por tanto, ausencia de salinidad y temperaturas de 35/25 °C.
- 3<sup>a</sup>. Las semillas de *Limonium tabernense* expuestas a diferentes concentraciones salinas mantienen la capacidad germinativa después de ser transferidas a agua destilada. Esta capacidad permite la supervivencia de las semillas en el banco de semillas del suelo hasta que las condiciones ambientales sean más favorables para su germinación y establecimiento.
- 4<sup>a</sup>. La incubación de semillas en un medio salino disminuye, retrasa o incluso impide su germinación pero no altera su capacidad germinativa una vez han desaparecido las condiciones adversas que impedían su germinación.
- 5<sup>a</sup>. En bajas salinidades (100 mM de NaCl) y a una temperatura de 20/10 °C, las semillas de *Limonium tabernense* presentan los máximos porcentajes de germinación y un tiempo medio de germinación menor. Dichas condiciones tienen lugar en primavera, por lo que se recomienda la siembra directa de semillas en los procesos de restauración ecológica durante ésta época del año.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

## 7. BIBLIOGRAFÍA



**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

# INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aceves, E., 1979. *El ensalitramiento de los suelos bajo riego*. Colegio de Postgraduados de Chapingo (Méjico).
- Adam, P., 1990. *Saltmarsh ecology*. Cambridge University Press, New York.
- AGE, 2012. Asociación de Geógrafos Españoles. Recurso electrónico en: <http://age.ieg.csic.es/temas/04-04-desertificacion.htm>.
- Agenda 21, 1992. *Earth Summit. United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro. Brazil, 3-14 June (Press Summary)*. Rio 92. Programa 21. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Serie Normativa, 1993.
- Agrasot, P., 1995. La desertification: quelques données de base. En: Agrasot, P. (ed. et coord.) *Mise en oeuvre de la Convention sur la Desertification*. Bureau Européen de l'Environnement. Bruxelles: 16-22.
- Agua-Dulce, 2012. *Ahorro de agua en zonas verdes*. Recurso electrónico en: [http://www.agua-dulce.org/hm/consejosdeahorro/zon\\_verdes.html](http://www.agua-dulce.org/hm/consejosdeahorro/zon_verdes.html).
- Ahmed, M.Z. y Khan, M.A., 2010. Tolerance and recovery responses of playa halophytes to light, salinity and temperature stresses during seed germination. *Flora*, 205: 764-771.
- Alcaraz, F., 1984. *Flora y Vegetación del NE de Murcia*. Secret. Publ. Univ. Murcia.
- Alcaraz, F., 2011. Material didáctico de la asignatura de Geobotánica. Universidad de Murcia. Recurso electrónico: <http://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/Presentaciones/PTema33.pdf>.
- Alcaraz, F. y Peinado, M., 1987. España semiárida. En: Peinado, M. y Rivas-Martínez, S. (eds.), *La vegetación de España*. Serv. Publ. Univ. Alcalá. Madrid, 257-281.
- Alcaraz, F., Díaz, T., Rivas Martínez, S. y Sánchez Gómez, P., 1989. Datos sobre la vegetación del sureste de España: provincia biogeográfica Murciano-Almeriense. *Itin. Geobot*, 2:5-133.
- Alcaraz, F., Sánchez Gómez, P. y De La Torre, A., 1991. Biogeografía de la provincia Murciano-Almeriense hasta el nivel de subsector. *Rivasgodaya*, 6: 77-100.
- Alfonso Martí, L., 2010. *Efecto de la salinidad y de la temperatura en la germinación de semillas de Limonium mansenetianum*. Trabajo Final de Carrera de Licenciado

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

en Ciencias Ambientales. Escuela Politécnica Superior de Gandía, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 70 p.

Al-Khateed, S.A., 2006. Effect of salinity and temperatura on germination, growth and ion relations of *Panicum turgidum* Forssk. *Bioresource Technology*, 97: 292-298.

Allue, J.L., 1990. *Atlas fitoclimático de España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Almerinatura, 2012. Recurso electrónico en: <http://www.almerinatura.com>.

Andrews, T.S., 1997. Factors affecting the germination of giant Parramatta grass. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37:439-446.

Anthos, 2012. *Sistema de Información sobre las Plantas de España*. Real Jardín Botánico, CSIC-Fundación Biodiversidad. Recurso electrónico en: <http://www.anthos.es>.

Bacchetta, G., Bueno Sánchez, A., Fenu, G., Jiménez-Alfaro, B., Mattana, E., Piotto, B. y Virevaire, M. (eds.), 2008. *Conservación ex situ de plantas silvestres*. Principado de Asturias. La Caixa.

Bächler, G., 1994. *Desertification and conflict. The marginalization of poverty and of environmental conflicts. Paper presented at the Almería Symposium on Desertification and Migration*. Swiss Peace Foundation. Center for Security Studies and Conflict Research. ENCOP. Berne/Zurich.

Baena Pérez, J. y Voermans, F., 1977. *Mapa Geológico de España 1:50.000: Almería (1.045)*. IGME. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.

Barberá, G.G., López, F. y Romero, A., 1997. Cambios de uso del suelo y desertificación en el Mediterráneo: el caso del Sureste Ibérico. En: García, J.M. y López, P. (eds.) *Acción humana y desertificación en ambientes semiáridos*. Zaragoza: CSIC, Instituto Pirenaico de Ecología, 9-39.

Baskin, J.M. y Baskin, C.C., 1998. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: a continuum. *Bioscience*, 35:492-498.

Bernstein, L., 1961. Osmotic adjustment of plant to saline media. *I. Steady State*. *Amer. J. Botany*. 48, 10:909-918.

Bie, S.W. y Imevbore, A.M.A., 1994. Executive Summary. En: *Biological Diversity in the Drylands of the World*. International Panel of the Experts Subgroup on Biodiversity. Paris: INCD. United Nations, UNESCO, 5-19.

Blanca, G., Cabezudo, B., Hernández-Bermejo, J.E., Herrera, C.M., Muñoz, J. y Valdés,

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- B., 2000. *Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía: Tomo II: Especies Vulnerables*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Fernández López, C., y Morales Torres, C. (eds.) 2009. *Flora Vascular de Andalucía Oriental*, 4 vols. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- Blondel, J., 1979. *Biogeographie et ecologie*. Masson, editeur.
- Boardman, J., Foster, I.D.L. y Dearing, J.A., 1990. *Soil Erosion on Agricultural Land*. Chichester: J. Wiley & Son.
- Boer, M., 1999. *Assessment of dryland degradation*. Estación Experimental de Zonas Áridas/CSIC. Utrech Centre for Environment and Landscape Dynamics, Utrech University.
- Bolós, O., 1957. De vegetation valentine. *I. Collect. Bot.*, 4 (2): 527-596.
- Bolós, O., 1962. *El paisaje vegetal barcelonés*. Univ. de Barcelona.
- Bolós, O., 1963. Botánica y Geografía. *Mem. Real Acad. de las Ciencias y las Artes de Barcelona*, 34:443-480.
- Box, E.O., 1978. *Ecoclimatic determination of terrestrial vegetation physionomy*. University of North Carolina.
- Bozcuk, S., 1981. Effect of kinetin and salinity on germination of tomato, barley and cotton seeds. *Ann Bot* 48:81-84.
- Brandt, J. y Thornes, J., 1996. *Mediterranean Desertification and Land Use*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Braun-Blanquet, J., 1964. *Pflanzensoziologie*. 3ª edición, Springer, Berlín.
- Breckle, S.W., 1990. Salinity tolerance of different halophyte types. In: Bassan, N. (ed.). *Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition*. Kluwer Ac. Drordrecht. 167-175.
- Breckle, S.-W., Wucherer, W., Agachanzanz, O. y Geldyev, B., 2001. The Aral Sea Crisis Region. In: Breckle, S.-W., Veste, M. y Wucherer, W. (eds.). *Sustainable Land Use in Deserts*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 27-37.
- Bresler, E., McNeal, B.L. y Carter, D.L., 1982. *Saline and Sodic Soils*. Springer-Verlag. Berlin.
- Burés, Silvia, 1991. El Xeriscape, un nuevo concepto de jardinería. *Horticultura*, 67:6-12.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Burés, Silvia, 1993. Xerojardinería. Colección Compendios de Horticultura. Ediciones de Horticultura, S.L. Reus.
- Capel Molina, J.J., 1981. *Los climas de España*. Colección Ciencias Geográficas. Ediciones Oikos-Tau. Barcelona.
- Capel Molina, J.J., 1990. *Climatología de Almería*. Cuadernos Monográficos Nº 7. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Instituto de Estudios Almerienses. Diputación Provincial de Almería. Murcia.
- Capel Molina, J.J., 2000. *El clima de la península Ibérica*. Colección Ariel Geografía. Editorial Ariel. Barcelona.
- Castroviejo, S., Aedo, C., Cirujano, S., Laínz, M., Monserrat, P., Morales, R., Muñoz Garmendia, F., Navarro, C., Paiva, J. y Soriano, C., 1995. *Flora Ibérica: Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Volumen III: Plumbaginaceae (partium)-Capparaceae*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Cavaliere, A.J. y Huang, H.C., 1981. Accumulation of proline and glycinebetaine in *Spartina alterniflora* Loisel. in response to NaCl and nitrogen in the marsh. *Oecologia*, 49:224-228.
- CCD (Convención de Lucha Contra la Desertificación), 1994. *Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación en los países afectados por Sequía grave y/o Desertificación, en particular África*. Suiza: Geneve Executive Center.
- Chapman, V.J., 1974. *Salt Marshes and Salt Deserts of the World*. Lehre: Verlag Von J. Cramer.
- Charney, J.C., 1975. Dynamics of deserts and drought in the Sahel. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, 101: 193-202.
- Chong, C. y Bible, B.B., 1995. Germination and emergence. In: Pessaraki, M. (ed). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. New York: Marcel Dekker Inc., 85-146.
- Cifuentes, P., 2001. Agua y jardín. Aproximación a la Xerojardinería. *Revista de Obras Públicas*, 3.414:63-72.
- CORINE, 1992. *CORINE soil erosion risk and important land resources*. Commission of the European Communities, DG-XII, EUR 13233 EN, Brussels.
- Crespo, M.B. y Lledó, M.D., 1998. *Libro del género Limonium Mill*. Generalitat Valenciana, Consellería de Medio Ambiente. Alicante.
- Darwin, C., 1857. On the action of sea-water on the germination of seeds. *J. Linn. Soc.*,

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

1: 130-140.

De Candolle, A.P., 1820. Géographie botanique. In: *Dictionnaire des Sciences Naturelles*, 18: 359-422. Strasbourg. FG Levault.

De Paz Sánchez, M.C., 2011. Influencia de distintos factores ambientales sobre la germinación de *L. cossonianum* y *L. delicatulum*. Implicaciones ambientales para la restauración y ajardinamiento de áreas salinas. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería-Escuela Politécnica Superior.

DESERTLINKS, 2004. Recurso electrónico en:  
<http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks>.

Devesa Alcaraz, J.A., 2006. La protección de la flora vascular España peninsular y Baleares. *Ecosistemas*, 15 (2): 42-49.

DeVilliers, A.J., Van Rooyen, M.W., Theron, G.K., y Van De Venter, H.A., 1994. Germination of three Namaqualand pioneer species, as influenced by salinity, temperatura, and light. *Seed Science and Technology*, 22:427-433.

Dregne, H.E., 1983. *Desertification of the Arid Lands: Advances in desert and Arid Land, Technology and Development*. Vol.3. New York: Harwood Academic Publisher.

Dregne, H., Kassas, M. y Razanov, B., 1991. A new Assessment of World Status of Desertification. *Desertification Control Bulletin*. (United Nations Environment Programme), 20:6-16.

Dudeck, A.E. y Peacock, C.H., 1985. Salinity effect on perennial ryegrass germination. *Hortscience*, 20:268-269.

Earth Action, 1994. *Désertification: Una menace à la fertilité de la Terre*. Réseau de 900 organisations civiles réparties dans 119 pays. Fondé au Sommet de la Terre de Rio de Janeiro, juin 1992.

Ebrahimi, E. y Eslami, S.V., 2011. Effect of environmental factors on seed germination and seedling emergence of invasive *Ceratocarpus arenarius*. *Weed Research* 52: 50-59.

Elfuturoesnuestro, 2012. Recurso electrónico en:  
<http://www.elfuturoesnuestro.com/maza/?p=2843>

El-Keblawy, A., Al-Ansari, F. y Al-Shamsi, N., 2011. Effects of temperatura and light on salinity tolerance during germination in two desert glycophytic grasses, *Lasiurus scindicus* and *Panicum turgidum*. *Grass and Forage Science* 66(2): 173-182.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Elsey-Quirk, T., Middleton, B.A. y Proffit, C.E., 2009. Seed flotation and germination of salt marsh plants. The effects of stratification, salinity and/or inundation regime. *Aquatic Botany* 91:40-46.
- Eriksson, O. y Fröberg, H., 1996. "Windows of opportunity" for recruitment in long-lived clonal plants: experimental studies of seedling establishment in *Vaccinium* shrubs. *Canadian Journal of Botany*, 74:1369-1374.
- Espinar, J.L., García, L.V., Figueroa, J., Green, A. J. y Clemente, L., 2004. Halophyte germination in Mediterranean wetlands: gut-passage by ducks changes seed response to salinity. *Journal of Vegetation Science*, 15:313-320.
- Espinar, J.L., García, L.V. y Clemente, L., 2005. Seed storage conditions change the germination pattern of clonal growth plants in Mediterranean salt marshes. *American Journal of Botany*, 92, 1094-1101.
- Estrucplan, 2005. *Desertificación. Portal de Salud, Seguridad y Medio Ambiente*. Recurso electrónico en: <http://www.estrucplan.com.ar>
- Fantechi, R. y Margaris, N.S., 1986. *Desertification in Europe*. Commission of the European Communities. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- FAO, 1984. *Metodología provisional para la evaluación y representación cartográfica de la desertización*. Roma.
- FAO, 1993. *Sustainable development of dryland and combating desertification*. Roma. Recurso electrónico en: <http://www.fao.org/docrep/v0265e/vo26e00.htm>.
- FAO, 2002. *The State of Food Insecurity in the World 2002*. Recurso electrónico en: <http://www.fao.org>.
- Fernández Soler, J.M., 1996. *El volcanismo calco-alcalino en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería). Estudio volcanológico y petrológico*. Monografías Medio Natural nº 2. Sociedad Almeriense de Historia Natural-Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Ferreras, C. y Fidalgo, C. E., 1991. *Biogeografía y edafogeografía*. Editorial Síntesis. Madrid.
- Florasilvestre, 2012. Recurso electrónico en: <http://www.florasilvestre.es>.
- García, F.P., Pita, J.M., Benito, M.E. y Iriando, G., 1995. Effect of light, temperatura and seed priming on germination of celeary seeds (*Apium graveolens* L.). *Seed Science & Technology*, 23:377-383.
- García Monzón, G., Kampschurr, W., Vissers, R., Verburg, J. y Wolf, R., 1973. *Mapa*

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

*Geológico de España 1:50.000: Tabernas (1.030)*. IGME. Servicio de publicaciones del Ministerio de Industria.

García Monzón, G., Kampschurr, W. y Verburg, J., 1974. *Mapa Geológico de España 1:50.000: Sorbas (1.031)*. IGME. Servicio de publicaciones del Ministerio de Industria.

García-Ruiz, J.M., González Rebollos, J.L., Ibáñez Martí, J.J., López García, P., Martín Lou, M.A., Puigdefábregas, J., de la Rosa, D. y Rubio Delgado, J.L., 1996. *Programa Interáreas del CSIC sobre Desertificación en ambientes mediterráneos: Aspectos físicos, culturales, sociales y económicos*. Zaragoza: Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC.

García-Ruiz, J.M. y López García, P., 1997. *Acción humana y desertificación en ambientes mediterráneos*. Zaragoza: Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC.

Ghaly, F.M., 2002. Role of natural vegetation in improving salt affected soil in northern Egypt. *Soil & Tillage Research* 64:173-178.

Ghassemi, F., Jakeman, A.J. y Nix H.A., 1995. *Salinization of land and water resources: human causes, extent, management and case studies*. Australian National University, Canberra.

Guerrero, J., 1998. *Respuesta de la vegetación y de la morfología de las plantas a la erosión del suelo*. Zaragoza: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación.

Guerrier, G., 1986. Tolerance for NaCl during germination of seeds, capacity to accumulating and transporting  $K^+$  and  $Ca^{2+}$  in a salt sensitive species (tomato) and a tolerant one (cabbage). *Seed Sci Technol* 14:15-31.

Gul, B., Ansari, R., Flowers, T.J. y Khan, M.A., 2012. Germination strategies of halophyte seeds under salinity. *Environmental and Experimental Botany*, doi:10.1016/j.envexpbot.2012.11.006.

Gul, B., y Khan, M.A., 2006. Role of calcium in alleviating salinity effects in subtropical halophytes. In: Khan, M.A., Weber, D.J. (Eds.), *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*. Springer, Netherlands, pp. 107-114.

Gul, B. y Weber, D.J., 1999. Effect of salinity, light, and thermoperiod on the seed germination of *Allenrolfea occidentalis*. *Can. J. Bot.*, 77: 1-7.

Gulzar, S. y Khan, M.A., 2001. Seed germination of a halophytic grass *Aeluropus lagopoides*. *Annals of Botany*, 87:319-324.

Gulzar, S., Khan, M.A. y Ungar, I.A., 2001. Effect of salinity and temperatura on

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

germination of *Urochondra setulosa*. *Seed Science & Technology*, 29:21-29.

Gulzar, S. y Khan, M.A., 2002. Alleviation of salinity induced dormancy in perennial grasses. *Biologia plantarum*, 45:617-619.

Gutterman, Y., Kamenetsky, R. y Van Rooyen, M., 1995. A comparative study of seed germination of two *Allium* species from different habitats in the Negev desert highlands. *J. Arid Environ.*, 29:305-315.

Harper, J.L., 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press New York, USA.

Heras Hernández, F., 2003. Jardinería con menos agua. *Ambienta*, 50-52.

Holdridge, L.R., 1947. Determination of world plant formation from simple climate data. *Science*, 105: 367-368.

Holtz, U., 2003. *La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD) y su dimensión política*. Recurso electrónico en: [http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Parliament/2003/PDUNCCD\(sp a\).pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Parliament/2003/PDUNCCD(sp a).pdf)

Houle, G., More, L., Reynolds, C.E. y Siége, J., 2001. The effect of salinity on different developmental stages of an endemic annual plant *Aster laurentianus* (Asteraceae). *American Journal of Botany*, 88:62-67.

Ibáñez, J.J.; González Rebollar, J.L.; García Álvarez, A. y Saldaña, A., 1997. Los geosistemas mediterráneos en el espacio y en el tiempo. En: Ibáñez, J.J., Valero Garcés, B.L. y Machado, C. (eds.) *La evolución del paisaje mediterráneo en el espacio y en el tiempo: Implicaciones en la desertificación*. Logroño: Geoforma Ediciones, 27-130.

IGME, 1980. *Mapa Geológico de España 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente. Almería-Garrucha (84-85)*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.

INCD, 1994a. *Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification*. Draft final negotiating text of the Convention. Paris, June 1994: United Nations. A/ac.241/15/Rev.6; PAR 94-132.

INCD, 1994b. *Simposio Internacional sobre Desertificación y Migraciones*. Ministerio de Asuntos Exteriores. CSIC. Almería, 9-11 febrero.

IPED, 1994. *Biological Diversity in the Drylands of the World*. International Panel of Experts Subgroup on Biodiversity. Paris: INCD, United Nations, UNESCO.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

- Jackson, L.L.N., Lopukine, N. y Hillyard, D., 1995. Ecological restoration: a definition and coments. *Restoration Ecology* 3:71-75.
- Joshi, A.J. y Iyengar, E.R.R., 1982. Effect of salinity on the germination of *Salicornia brachiata* Roxb. *Indian Journal of Plant Physiology*, 25:65-70.
- Joshi, A.J. y Iyengar, E.R.R., 1985. Salinity effect on seed germination of *Suaeda nudiflora* Moq. J. *Indian Botanical Society*, 64:362-364.
- Joshi, A.J., Mali, B.S. y Hingalajia, H., 1995. Halophytes – A good source of forage production under salt stress conditions 1. *Salvadora persica*. In: Khan M.A. and Ungar I.A. (eds.) *Biology of Salt Tolerant Plants*. Department of Botany, University of Karachi, 353-360.
- Jurinak, J.J., 1988. *Salt-Affected Soils*. Utah State University. Logan, U.
- Jutila, H.M.E., 1998. Effect of diferent treatments on the seed bank of grazed and ungrazed Baltic seashore meadows. *Can. J. Bot.*, 76: 1188-1197.
- Keiffer, C.W. y Ungar, I.A., 1995. Germination responses of halophyte seeds exposed to prolonged hypersaline conditions. In: Khan, M.A. and Ungar, I.A. (eds.) *Biology of salt tolerant plants*. Department of Botany, University of Karachi, Pakistan, 43-50.
- Keiffer, C.W. y Ungar, I.A., 1997a. The effect of extended exposure to hypersaline conditions on the germination of five inland halophyte species. *American Journal of Botany*, 84:104-111.
- Keiffer, C.H. y Ungar, I.A., 1997b. The effects of density and salinity on shoot biomass and ion accumulation in five inland halophytic species. *Canadian Journal of Botany* 75:96-107.
- Khan, A., 1960. An analysis of “dark-osmotic inhibition” of germination of lettuce seeds. *Plant Physiol* 35:1-7.
- Khan, M.A., 1991. Studies on germination of *Cressa cretica*. *Pakistan Journal of Weed Science and Research*, 4:89-98.
- Khan, M.A., 1999. Comparative influence of salinity and temperature on the germination of subtropical halophytes. In: Lieth, H., Moschenko, M., Lohman, M., Koyro, H.W., and Hamdy, A. (eds.) *Halophyte Uses in different climates I: Ecological and Ecophysiological Studies 13. Progress in Biometeriology*. Leiden: Backhuys Publishers, 77-88.
- Khan, M.A., 2002. Halophyte seed germination: success and pitfalls. In: Hegazi, A.M., El-Shaer, H.M., El-Demerdashe, S., Guirgis, R.A., Metwally, A.A., Hassan, F.A.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- and Khashaba, H.E. (eds.) *Proceedings of the International Symposium on Optimum Resources Utilization in salt-Affected Ecosystems in Arid and Semi-arid Regions*, Cairo, 8-11 April 2002. Desert Research Institute, Cairo (Egypt), 346-358.
- Khan, M.A., 2003. Halophyte seed germination: Success and Pitfalls. In: Hegazi, A.M., El-Shaer, H.M., El-Demerdashe, Guirgis, R.A., Abdel Salam Metwally, A., Hasan, F.A. and Khashaba H.E. (eds.) *International symposium on optimum resource utilization in salt affected ecosystems in arid and semi arid regions*. 346-358. Desert Research Centre, Cairo (Egypt).
- Khan, M.A. y Gul, B., 1998. High salt tolerance in the germinating dimorphic seeds of *Arthrocnemum macrostachyum*. *International Journal of Plant Science*, 159:826-832.
- Khan, M.A. y Gul, B., 2002. Salt tolerant plants of coastal sabkhas of Pakistan. In: Barth, H. and Boer, B. (eds.) *Sabkha Ecosystems Vol.1*. Amsterdam: Kluwer Academic Press.
- Khan, M.A. y Gul, B., 2006. Halophyte seed germination. In: Khan, M.A., Weber, D.J. (Eds.), *Eco-physiology of High Salinity Tolerant Plants*. Springer, Netherlands, pp. 11-30.
- Khan, M.A., Gul, B. y Weber, D.J., 2000. Germination responses of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. *J. Arid Environ.*, 45: 207-214.
- Khan, M.A., Gul, B. y Weber, D.J., 2001a. Germination of dimorphic seeds of *Suaeda moquinii* under high salinity stress. *Aust. J.Bot.*, 49: 185-192.
- Khan, M.A., Gul, B. y Weber, D.J., 2001b. Effect of salinity and temperature on the germination of *Kochia scoparia*. *Wetl. Ecol. Manag.*, 9: 483-489.
- Khan, M.A., Gul, B. y Weber, D.J., 2001c. Seed germination characteristic of *Halogeton glomeratus*. *Can. J. Bot.*, 79: 1189-1194.
- Khan, M.A. y Gulzar, S., 2003. Germination responses of *Sporobolus ioclados*: a saline desert grass. *Journal of Arid Environments*, 55:453-464.
- Khan, M.A. y Rizvi, Y., 1994. Effect of salinity, temperature, and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Canadian Journal of Botany*, 72:475-479.
- Khan, M.A., Sankhla, N., Weber, D.J. y McArthur, E.D., 1987. Seed germination characteristics of *Chrysothamnus nauseosus* (Pallas) Britt. spp. *viridulus* (Astereae, Asteraceae). *Great Basin Nat.*, 47: 220-226.

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE  
*Limonium tabernense* Erben**

- Khan, M.A. y Ungar, I.A., 1986. Inhibition of germination in *Atriplex triangularis* seeds by application of phenols reversal of inhibition by growth regulators. *Bot. Gaz.*, 147:148-151.
- Khan, M.A. y Ungar, I.A., 1996. Influence of salinity and temperature on the germination of *Haloxylon recurvum*. *Annals of Botany*, 78:547-551.
- Khan, M.A. y Ungar, I.A., 1997a. Effect of thermoperiod on recovery of seed germination of halophytes from saline conditions. *Am. J. Bot.* 84: 279-283.
- Khan, M.A. y Ungar, I.A., 1997b. Effects of light, salinity, and thermoperiod on the seed germination of halophytes. *Canadian Journal of Botany*, 75:835-841.
- Khan, M.A. y Ungar, I.A., 1997c. Germination responses of the subtropical annual halophyte *Zygophyllum simplex*. *Seed Sci. Technol.*, 25: 83-91.
- Khan, M.A. y Ungar, I.A., 1998. Germination of salt tolerant shrub *Suaeda fruticosa* from Pakistan: Salinity and temperature responses. *Seed Science and Technology*, 26:657-667.
- Khan, M.A. y Ungar, I.A., 1999. Seed germination and recovery of *Triglochin maritima* from salt stress under different thermoperiods. *Great Basin Nat.*, 59:144-150.
- Khan, M.A. y Weber, D.J., 1986. Factors influencing seed germination in *Salicornia pacifica* var. *utahensis*. *Am. J. Bot.*, 73: 1163-1167.
- Khan, M.A. y Zia, S., 2004. Effect of light, salinity, and temperatura on seed germination of *Limonium stocksii*. *Can. J. Bot.* 82: 151-157.
- Khan, M.A. y Zia, S., 2008. Seed germination of *Limonium stocksii* under saline conditions. *Pak. J. Bot.*, 40(2):683-695.
- Kovda, V.A., 1983. Loss of Productive Land due to Salinization. *Ambio*. 12(2):91-93.
- Lázaro é Ibiza, B., 1895. Regiones botánicas de la Península Ibérica. *Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.* (2ª serie), 4: 161-208.
- Lin, C.C. y Kao, C.H., 1995. Levels of endogenous polyamines and NaCl inhibited growth of rice seedlings. *Plant Growth Reg* 17:15-20.
- Llorens, L., Tébar, F.J. y Gil, L., 1992. Sobre la corología del género *Limonium* Miller en las Islas Baleares. *Itinera Geobot.* 6:237-245.
- López Bermúdez, F., 1994. Désertification et migration. *Sécheresse*, vol. 5, 4: 276-277.
- López Bermúdez, F., 1995. Desertificación: una amenaza para las tierras mediterráneas. *El Boletín*, 20: 28-48. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- López Bermúdez, F., 1996. La degradación de tierras en ambientes áridos y semiáridos: Causas y consecuencias. En: Lasanta, T. y García-Ruiz, J.M. (eds.) *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*. Instituto de Estudios Riojanos, Sociedad española de Geomorfología. Logroño: Geofoma Ediciones, 51-72.
- López Bermúdez, F., 1997. Gli indicatori della desertificazione nei Paesi Mediterranei dell'Europa. *Genio Rurale*, 6: 36-39.
- López Bermúdez, F. y Barberá, G.G., 2000. Indicators of Desertification in Semiarid Mediterranean Agroecosystems of Southeastern Spain. In: Enne, G., D'Angelo, M. and Zanolla, C. (eds.) *Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean*. Osservatorio Nazionale sulla Desertificazione. European Commission, DG-XII, Porto Torres, Cerdeña, Italia.
- López Bermúdez, F., 2001. El riesgo de desertificación. En: Martín de Santa Olalla, F. (dir. y coord.) *Agricultura y desertificación*. Departamento de Producción vegetal y Tecnología Agraria de la Universidad de Castilla-La Mancha. Instituto de Desarrollo Regional. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 15-38.
- López Bermúdez, F., 2002. *Erosión y desertificación: heridas de la Tierra*. Tres Cantos (Madrid): Nivola libros y ediciones, S.L.
- López Bermúdez, F., 2006. La desertificación, un riesgo ambiental global de graves consecuencias. *Revista C & G*, 20 (3-4): 61-71.
- López Cadenas, F., 1994. *Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión*. Tragsatec. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- López-González, G., 2004. *Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares: Especies silvestres y las cultivadas más comunes*. 2ª Edición. Madrid: CSIC. Ediciones Mundi-Prensa.
- Mac Arthur, R. y Wilson, E.O., 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton Univ. Press, Princeton, N.J.
- Mahmoud, A., El Sheikh, A.M. y Abdul Baset, S., 1983. Germination of two halophytes: *Halopeplis perfoliata* and *Limonium axillare* from Saudi Arabia. *J. Arid Environ.*, 6:87-98.
- Mainguet, M., 1990. La désertification: une crise autant socio-économique que climatique. *Sécheresse*, 1-3: 187-195.
- Mairota, P., Thornes, J.B. y Geeson, N., 1998. *Atlas of Mediterranean Environments in Europe*. Chichester: Wiley & Sons.
- Marañón, T., García, L.V. y Troncoso, A., 1989. Salinity and germination of annual

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Melilotus* from the Guadalquivir delta. *Plant and Soil*, 119:223-228.
- Marcar, N., 1987. Salt tolerance in the genus *Lolium* (ryegrass) during germination and growth. *Aust. J. Agri. Res.*, 38:297-307.
- Mariko, S., Kachi, N., Ishikawa, S., y Furukawa, A., 1992. Germination ecology of coastal plants in relation to salt environment. *Ecological Research*, 7:225-233.
- Marrero Martínez-Carlón, J.M., 2011. Estudio de la influencia de la salinidad y temperatura en la germinación y crecimiento de *Limonium insigne*: implicaciones para la restauración y ajardinamiento de áreas salinas. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería-Escuela Politécnica Superior.
- Martín, A.J.W. y Balling, R.C., 1994. *Interactions of Desertification and Climate*. UNEP, WMO. Génève.
- Martínez-Sánchez, J.J., Conesa, E., Vicente, M.J., Jiménez, A. y Franco, J.A., 2006. Germination responses of *Juncus acutus* (Juncaceae) and *Schoenus nigricans* (Cyperaceae) to light and temperature. *Journal of Arid Environments* 66(1):187-191.
- Martínez-Sánchez, J.J., Franco, J.A., Vicente, M.J., Muñoz, M., Bañón, S., Conesa, E., Fernández, J.A., Valdés, R., Miralles, J., Ochoa, J., Aguado, M., Esteva, J., López, J. y Aznar, L., 2008. Especies silvestres mediterráneas con valor ornamental: selección, producción viverística y utilización en jardinería. Dirección General del Patrimonio Natural y Biodiversidad. Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia.
- Masvidal, L. y Ruiz, J., 1992. Selección de nuevos *Limonium*: selección de especies silvestres de *Limonium* con posibilidades de cultivo ornamental. *Horticultura*, 82: 13-22.
- Mather, J.R. y Yoshioka, G.A., 1966. The role of climate in the distribution of vegetation. In: Carter, D.B. y Mather, J.R. (eds.), *Climate classification for environmental biology*, Publ. in *Climatol*, 19(4): 372-384. Elmer. New Jersey.
- McMillan, C., 1988. Seed germination and seedling development of *Halophila decipiens ostenfeld* from Panama. *Aquatic Botany*, 31:169-176.
- MEDALUS, 2000. Recurso electrónico en: <http://www.kcl.ac.uk/projects/medalus>.
- Mehrum-Nisa, Khan, M.A. y Weber, D.J., 2007. Dormancy, germination and viability of *Salsola imbricata* seeds in relation to light, temperature and salinity. *Seed Science & Technology*, 35:595-606.
- Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM), 1998. *Libro Blanco del Agua en España*.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Madrid.

- Molina García, B., 2010. Influencia de la salinidad y temperatura en la germinación de *Arthrocnemum macrostachyum*, *Juncus acutus* y *Phragmites australis*: implicaciones para la restauración y ajardinamiento de áreas salinas. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería-Escuela Politécnica Superior.
- Moreno, J.C. (coord.), 2008. *Lista Roja 2008 de la Flora Vasculare Española*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. Madrid.
- Morgan, R.P.C., 1986. *Soil Erosion and Conservation*. Essex (England): Logman Scientific & Technical.
- Mota Poveda, J.F., Cabello Piñar, J., Cueto Romero, M., Gómez Mercado, F., Giménez Luque, E. y Peñas de Giles, J., 1997. *Datos sobre la Vegetación del Sureste de Almería: Desierto de Tabernas, Karst en Yesos de Sorbas y Cabo de Gata*. Departamento de Biología Vegetal, Producción Vegetal y Ecología. Universidad de Almería. Almería.
- Mota, J., Cabello, J., Cerrillo, M.I. y Rodríguez-Tamayo, M.L. (eds.), 2004. *Los Subdesiertos de Almería: naturaleza de cine*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Naidoo, G. y Naicker, K., 1992. Seed germination in the coastal halophytes *Triglochin bulbosa* and *Triglochin striata*. *Aquat. Bot.* 42:217-229.
- Nieto Berenguel, Á. del M., 2011. Efecto de distintos factores ambientales sobre la germinación y crecimiento de dos especies halófitas: Propuestas para la restauración y ajardinamiento de áreas salinas. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería-Escuela Politécnica Superior.
- Noe, G.B. y Zedler, J.B., 2000. Differential effects of four abiotic factors on the germination of salt marsh annuals. *American Journal of Botany*, 87:1679-1692.
- Noe, G.B. y Zedler, J.B., 2001. Variable rainfall limits the germination of upper intertidal marsh plants in south California. *Estuaries*, 24:30-40.
- Noor, M. y Khan, M.A., 1995. Factors affecting the germination of summer and winter sedes of *Halopyrum mucronatum* under salt stress. In: Khan, M.A. y Ungar, I.A. (eds.). *Biology of Salt Tolerant Plants*. Department of Botany, University of Karachi, Pakistán. 99-106.

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Okusanya, O.T., 1977. The effect of seawater and temperature on the germination behavior of *Crithmum maritimum*. *Physiologia Plantarum*, 41:265-267.
- Oldeman, L.R., Van Engelen, V.W.P. y Pulles, J.H.M., 1991. The Extent of Human-Induced Soil Degradation. In: Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A. y Sombroek, W.G. *World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation: And Explanatory Note*. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). 23-27.
- Osmond, C.B., Bjorkman, O., y Anderson, D.J., 1980. *Physiological Processes in Plants Ecology: Toward a Synthesis with Atriplex*. New York: Springer-Verlag.
- PAND (Plan de Acción Nacional Contra la Desertificación), 2008. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España.
- Paniza Cabrera, A., 2002. *Geografía de la Desertificación: Procesos de Abandono de Tierras por Salinización en el Oasis Norte de Mendoza (Argentina)*. Colección Monográfica Tierras del Sur. Universidad de Granada e Instituto de Desarrollo Regional. Ed. Universidad de Granada.
- Pascual Molina, A., del Río Jiménez, M<sup>a</sup> T., Miralles García, J. M., Castro Nogueira, H. y Capel Molina, J. J., 1995. *Guía de los espacios naturales de Almería*. 2<sup>a</sup> ed. Instituto de Estudios Almerienses. Granada.
- Peinado, M., Alcaraz, F. y Martínez Parras, J.M., 1992. *Vegetation of Southeastern Spain*. Flora & Vegetatio Mundi, X.J. Cramer.
- Peinado, M., Monje, L. y Martínez parras, J.M., 2008. *El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha: Manual de Geobotánica*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural. Fundación General de Medio Ambiente-CIF. Editorial Cuarto Centenario.
- Peña Pareja, D.J., Bañón, S., Balenzategui, L., Sánchez-Gómez, P. y Fernández, J.A., 2006. Potencial ornamental de varias especies autóctonas de Murcia. *Horticultura Internacional*, 53:22-28.
- Pérez, T., Moreno, C., Seffino, G.L., Grunber, A., Bravo, J., y Zenoff, A., 1998. Salinity effects on the early development stages of *Panicum coloratum*: cultivar differences. *Grass and Forage Science*, 53:270-278.
- Petruzzelli, L., Melillo, M.T., Zache, T.B., y Taranto, G., 1991. Physiological and ultrastructural changes in isolated wheat embryos during salt and osmotic shock. *Ann Bot* 69:25-31.
- Pickup, G., Griffin, G. F. y Morton, S. R., 1994. Desertification and Biodiversity in the

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Drylands: Australia. En: *Biological Diversity in the Drylands of the World*. IPED. Paris: United Nations. UNESCO, 56-76.

PNUE, 1991. *Situation en ce qui concerne la désertification et la mise en oeuvre du plan d'action des UN pour lutter contre la désertification*. Rapágor du Directeur Exécutif. Nairobi, Kenya.

PNUE, 1995. *Thematic Report on Desertification*. Agenda, draft report prepared by UNEP as Task Manager for Chapter 12, submitted to the Secretariat of the CSD. Nairobi, Kenya.

PNUMA, 1991. A New Assessment of the World Status of Desertification. Nairobi (Kenya): United Nations.

Porta, J., López-Acevedo, M., y Roquero, C., 1994. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Porta, J., López-Acevedo, M., y Roquero, C., 2003. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. 3ª Edición. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Postel, S., 1990. Saving Water for Agriculture. In: *State of the World 1989: A World Wach Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society*. Washington DC: World Wach Institute. 39-58.

Prieto Celi, M., 1995. Recuperación de Tierras Salinizadas. En: *IV Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe*. Montecillo (Méjico). Del 21 de agosto al 15 de septiembre de 1995.

Puigdefábregas, J., 1995a. Erosión y desertificación. *El Campo*, 132: 63-83.

Puigdefábregas, J., 1995b. Desertification: Stress Beyond Resilience, Exploring a Unifying Process Structure. *Ambio*, Vol.25, 4: 311-313.

Pujol, J.A., Calvo, J.F. y Ramírez-Díaz, L., 2001. Seed germination, growth, and osmotic adjustment in response to NaCl in a rare succulent halophyte from southeastern Spain. *Wetlands*, Vol, 21, 2:256-264.

Qadir, M., Qureshti, R.H. y Ahmad, N., 2002. Ameliorations of calcareous saline sodic soils through phytoremediation and chemical strategies. *Soil Use and Management*, 18:381-385.

Ramagopal, S., 1990. Inhibition of seed germination by salt and its subsequent effect on embryonic protein synthesis in barley. *J Plant Physiol*, 136:621-625.

Redondo, S., Rubio-Casal, A.E., Castillo, J.M., Luque, C.J., Álvarez, A.A., Luque, T. y Figueroa, M.E., 2004. Influences of salinity and light on germination of three

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

*Sarcocornia* taxa with contrasted habitats. *Aquatic Botany*, 78, 255-264.

- Redondo-Gómez, S., Mateos Naranjo, E., Garzón, O., Castillo, J.M., Luque, T. y Figueroa, M.E., 2008. Effects of salinity on germination and seedling establishment of endangered *Limonium emarginatum* (Willd.) O. Kuntze. *Journal of Coastal Research*, 24(1A): 201-205. West Palm Beach (Florida).
- Rejili, M., Vadel, A.M., Guetet, A., Mahdhi, M., Lachiheb, B., Ferchichi, A. y Mars, M., 2009. Influence of temperature and salinity on the germination of *Lotus creticus* (L.) from the arid land of Tunisia. *African Journal of Ecology*, 48: 329-337.
- Rivas Martínez, S., 1973. Avance sobre una síntesis corológica de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. *Anal. Inst. Bot. A.J. Cavanilles*, 30: 69-87.
- Rivas Martínez, S., 1987a. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. ICONA. Serie Técnica. 268pp. Madrid.
- Rivas Martínez, S., 1987b. Nociones sobre fitosociología, biogeografía y bioclimatología. En: Peinado y Rivas Martínez (eds.), *La vegetación de España*, 19-45. Serv. Public. Universidad de Alcalá. Madrid.
- Rivas Martínez, S., 1993. Nueva clasificación bioclimática de la Tierra. *Folia Botanica Matritensis*, 10: 1-23.
- Rivas Martínez, S., 1994. Clasificación Bioclimática de la Tierra. *Folia Botanica Matritensis*, 11.
- Rivas Martínez, S., 1996. *Geobotánica y Bioclimatología*. Discurso del Acto de Investidura de Doctor *Honoris Causa*. Serv. Publ. Univ. de Granada.
- Rivas Martínez, S., 2004. Bioclimatic Map of Europe: Bioclimates, scale 1:16 mill. Cartographic Service, University of León (27.04.2001).
- Rivas Martínez, S., 2008. Globalbioclimatics. Recurso Electrónico en: <http://www.globalbioclimatics.org>.
- Rivas Martínez, S., 2010. *Sinopsis Bioclimática de la Tierra y Mapas Bioclimáticos de Suramérica*. Instituto de España. Real Academia Nacional de Farmacia. *Lecturas Singulares*, 10. Madrid, 2010. 107 pp.
- Rivas-Martínez, S. y Rivas-Sáenz, S., 1996-2009. Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial. Centro de Investigaciones Fitosociológicas, España. Recurso electrónico en: <http://www.ucm.es/info/cif>.
- Rivas Martínez, S., Arnaiz, C., Barreno, E., y Crespo, A., 1977. Apuntes sobre las

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

provincias corológicas de la Península Ibérica e Islas Canarias. *Opus. Bot. Pharm. Complutensis*, 1: 1-48.

- Rivas Martínez, S., Asensi, A., Molero-Mesa, J., y Valle, F., 1991. Endemismos vasculares de Andalucía. *Rivasgodaya*, 6: 5-76.
- Rivas Martínez, S., Asensi, A., Costa, M., Fernández-González, F., Llorens, L., Masalles, R., Molero, J., Penas, A., y Pérez de Paz, P.L., 1993. El proyecto de cartografía e inventariación de los tipos de hábitats de la Directiva 92/43/CEE en España. *Colloques Phytosociologiques*, 22: 611-661.
- Rivers, W.G. y Weber, D.J., 1971. The influence of salinity and temperature on seed germination in *Salicornia bigelovii*. *Physiologia Plantarum*, 24:73-75.
- Rogers, M.E., Noble, C.L., Halloran, G.M. y Nicolas, M.E., 1995. The effect of NaCl on germination and early seedling growth of white clover (*Trifolium repens* L.) population selected for high and low salinity tolerance. *Seed Sci. Technol.*, 23:277-287.
- Rozema, J., 1991. Growth, water and ion relationships of halophytic monocotyledonae and dicotyledonae; a unified concept. *Aquatic Botany*, 39:17-33.
- Rübel, E.F., 1930. *Pflanzengesellschaften der Erde*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Rubio-Casal, A.E., Castillo, J.M., Luque, C.J. y Figueroa, M.E., 2003. Influence of salinity on germination and seed viability of two primary colonizers of Mediterranean salt pans. *Journal of Arid Environments*, 53, 145-154.
- Rueda Casinello, 1979. El Campo de Tabernas: Un posible parque nacional a 30 km de Almería. *Agricultura*, 48: 832-838.
- Sáinz, H., Moreno, J.C., Domínguez, F., Galicia, D. y Moreno, L., 1994. Conservación de la flora española amenazada. *Ecosistemas*, 9-10: 58-65.
- Sanroque, P., Rubio, J.L. y Sánchez, J., 1983. Evaluación de la erosión hídrica de los suelos. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 42:855-875.
- Schimper, A.F.W., 1898. *Pflanzengeographie auf physiologischer Grunlandge*. Jena.
- Scoging, H., 1991. Desertification and its management. En: Benet, R., and Estall, R. (eds.) *Global Change and Challenge: Geography for the 1990s*. London: Routledge, 57-79.
- Sen, D.N. y K. Rajpurohit, 1982. *Contributions to the Ecology of Halophytes*. Dr. W. Junk Publishers. The Hague, The Netherlands.
- SER, 2004. Society of Ecological Restoration. Principios de SER Internacional sobre la

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Restauración Ecológica. Recurso electrónico en:  
<http://www.ser.org/content/spanishprimer.asp>.

Sharma, T.P. y Sen, D.N., 1989. A new report on abnormally fast germinating seeds of *Haloxylon* spp.: an ecological adaptation to saline habitat. *Current Sci.*, 58:382-385.

Smith, S.E. y Dobrenz, A.K., 1987. Seed age and salt tolerance at germination in alfalfa. *Crop Sci* 27:1053-1056.

Sokal, R.R. y Rohlf, F.J., 1986. *Introducción a la bioestadística*. Ed. Reverté. Barcelona.

Szabocs, I., 1992. Salinization of soil and Water and its relation to Desertification. PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). *Boletín de Control de la Desertification*. 26:31-39.

Thanos, C.A., Georghiou, K., Douma, D.J. y Marangaki, C.J., 1991. Photoinhibition of seed germination in Mediterranean maritime plants. *Annals of Botany*, 68:469-475.

Thomas, D.S.G. y Middleton, N.J., 1994. *Desertification Exploding the Myth*. Chichester: J. Wiley & Son. Chichester.

Tirmizi, S.A.S., Khan K.M. y Qadir, S.A., 1993. Study on salt tolerance of *Hippophae rhamnoides* L. during germination. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 36:252-257.

Troll, U. y Paffen, H., 1964. Karte der jahreszeiten-klimare der erde. *Erdkunde. Arch. Wiss. Geogr.*, 18: 5-28.

Tukey, J.W., 1949. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5: 99-114.

UNCED, 1992. *Report of the United Nations Conference on Environment and Development at Rio de Janeiro*. Managing Fragile Ecosystems. Combating Desertification and Drought, Chapter 12, UN, New York.

UNCOD, 1977. *Desertification its Causes and Consequences*. U.N. Conference on Desertification. Nairobi (Kenya). New York: Pergamon Press.

UNDP, 2003. *Human Development Report 2003*. A World of Development Experience. United Nations Development Programme. New York. Recurso electrónico en: <http://www.undp.org>.

UNEP, 1992a. *United Nations Environmental Programs*. Report of the Executive

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

Director. Status of Desertification and Implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification. Nairobi (Kenya): UNEP/GCSS III/3, Governing Council, Third Special Session.

UNEP, 1992b. *World Atlas of Desertification*. United Nations Environmental Programme. Londres.

UNEP, 1996. *Status of Desertification and Implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification*. Part. IV. Financing the Plan of Action to Combat Desertification. Desertification Costs, UNEP/GRID Sioux Falls.

Ungar, I.A., 1977. Salinity, temperature and growth regulators effects on seed germination of *Salsola europaea* L. *Aquat. Bot.*, 3: 329-335.

Ungar, I.A., 1978. Halophyte seed germination. *Botanical Review*, 44, 233-264.

Ungar, I.A., 1982. Germination ecology of halophytes. In: Sen, D.N. and Rajpurohit, K.S. (eds.) *Contribution to the ecology of halophytes*. Hague: Junk Publishers. 143-154.

Ungar, I.A., 1991. *Ecophysiology of Vascular Halophytes*. CRC Press, Boca Raton, Florida (USA).

Ungar, I.A., 1995. Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. In: Kigel, J. and Galili, G. (eds.), *Seed development and germination*. Marcel Dekker, New York, 529-544.

Ungar, I.A., 1996. Effect of salinity on seed germination, growth, and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). *American Journal of Botany*, 83:604-607.

Ungar, I.A., 2001. Seed banks and seed population dynamics of halophytes. *Wetl. Ecol. Manag.* 9, 499-510.

USDA-NCRS, 2012. Soil map and soil climate map. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Division. World Soil Resources. Washington D.C. Recurso electrónico en: <http://soils.usda.gov/use/worldsoils/mapindex/desert-map.zip>.

Vicente, O., Boscaiu, M., Naranjo, M.A., Estrelles, E., Bellés, J.M. y Soriano, P., 2004. Responses to salt stress in the halophyte *Plantago crassifolia* (Plantaginaceae). *Journal of Arid Environments*, 58, 463-481.

Wahid, A., Javed, I.-ul-H., Ali, I., Baig, A. y Rasul, E., 1998. Short term incubation of sorghum caryopses in sodium chloride levels: changes in some pre and post germination physiological parameters. *Plant Sci* (in press).

## INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Limonium tabernense* Erben

- Wahid, A., Rasul, E., y Rao, A. R., 1999. Germination of Seeds and Propagules Under Salt Stress. En: Pessaraki, M. (ed). *Handbook of Plant and Crop Stress*. Second Edition, Revised and Expanded. University of Arizona. Tucson (Arizona). New York: Marcel Dekker, Inc., 153-163.
- Waisel, Y., 1972. *Biology of halophytes*. New York: Academic Press.
- Waisel, Y., 1989. Screening for salt resistance. In: *Proceedings of the 21st Colloquium of the International Potash Institute* (Bern, Switzerland), 143-155.
- Walter, H. y Lieth, H., 1960-67. *Klimadiagramm-weltatlas*. Gustav-Fischer-Verlag. Stuttgart.
- Watad, A.E.A., Reuveni, M. y Bressan, R.A., 1991. Enhanced net K<sup>+</sup> uptake and NaCl-adapted cells. *Plant Physiology*, 95:1265-1269.
- Weber, E. y D'Antonio, 1999. Germination and growth responses of hybridizing *Carpobrotus* species (Aizoaceae) from coastal California to soil salinity. *American Journal of Botany*, 86:1257-1263.
- West, D.W. y Taylor, J.A., 1981. Germination and growth of cultivars of *Trifolium subterraneum* L. in the presence of sodium chloride salinity. *Plant Soil*, 62:221-230.
- Wetson, A.M., Cassaniti, C. y Flowers, T.J., 2008. Do conditions during dormancy influence germination of *Suaeda maritima*? *Ann. Bot.*, 101: 1319-1327.
- Wikipedia, 2012. Wikipedia: la enciclopedia libre. Recurso electrónico en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Desertificación>
- Woodell, S.R.J., 1985. Salinity and seed germination patterns in coastal halophytes. *Vegetatio*, 61, 223-229.
- Zia, S. y Khan, M.A., 2004. Effect of light, salinity and temperatura on seed germination of *Limonium stocksii*. *NRC Research Press*, 82: 151-157.