

# Salinidad y vegetación

Dr. Francisco José Alcaraz Ariza  
Universidad de Murcia  
España

(versión de 11 de marzo de 2012)

Copyright: © 2012 Francisco José Alcaraz Ariza. Esta obra está bajo una licencia de Reconocimiento-No Comercial de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/deed.es\\_CL](http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/deed.es_CL) o envíe una carta a Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA

---

## Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Origen de la salinidad.....	1
1.2. Procesos de formación suelos salinos.....	1
<b>2. Las plantas en los saladares.....</b>	<b>1</b>
2.1. Problemas para las plantas.....	1
2.2. Adaptaciones de las plantas.....	2
2.3. Clasificaciones de las plantas de ambientes salinos.....	3
<b>3. Zonación en saladares.....</b>	<b>3</b>
3.1. Saladares subtropicales.....	3
3.2. Manglares.....	4
<b>4. Mapa conceptual.....</b>	<b>6</b>
<b>5. Actividades de aplicación de los conocimientos.....</b>	<b>7</b>
<b>6. Actividades prácticas del tema.....</b>	<b>7</b>
6.1. Zonación en saladares mediterráneos.....	7
6.1.1. Introducción, objetivos y tiempo de realización.....	7
6.1.2. Trabajo de campo.....	7
6.1.3. Trabajo de laboratorio y microaula.....	7
6.1.4. Análisis.....	8
6.1.5. Discusión.....	8
6.1.6. Informe final.....	8
<b>7. Fuentes de consulta.....</b>	<b>9</b>
7.1. Bibliografía básica.....	9
7.2. Bibliografía complementaria.....	9
7.3. Direcciones de Internet.....	9

## Índice de cuadros

Cuadro 1: Origen de la salinidad.....	1
Cuadro 2: Procesos de formación de suelos salinos.....	1
Cuadro 3: Problemas para las plantas en suelos salinos.....	2
Cuadro 4: Clasificación de las plantas de ambientes salinos.....	3

## Índice de figuras

Figura 1: Esquema de una glándula salina en Limonium.....	3
Figura 2: Zonación típica en un saladar del levante español.....	4
Figura 3: Zonación en un manglar mesoamericano (Mulegé, Baja California Sur, Méjico).....	5
Figura 4: Zonación en un manglar costero de Kenia.....	5

# Salinidad y vegetación

## Interrogantes centrales

- ¿Cuál es el origen de la salinidad y cuáles son los procesos de formación de suelos salinos?
- ¿Qué problemas suponen los suelos salinos para las plantas?
- ¿Cuáles son las principales adaptaciones de los halófitos a su hábitat?
- ¿Cuáles son las clasificaciones más extendidas de los tipos de plantas de ambientes salinos?
- ¿Cuáles son los rasgos generales de la zonación de la vegetación en los saladares del Sureste de España?
- ¿Cuáles son las adaptaciones, zonación y distribución de los manglares en el mundo?

## 1. Introducción

### 1.1. Origen de la salinidad

Se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1: Origen de la salinidad

Ciclos de salinización	Características
Continental	Movilización, redistribución y acumulación de cloruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonato sódico en áreas con clima árido o semiárido.
Marinos	Zonas de costa, NaCl de capas freáticas salinas poco profundas, inundaciones o transporte por el viento (maresía)
Deltaicos	Ciclos de salinización complejos por la mezcla de aguas de múltiples orígenes
Artesianos	Surgencias de aguas freáticas profundas
Antrópicos	Uso inadecuado de las aguas de riego

### 1.2. Procesos de formación suelos salinos

Se resumen en el cuadro 2.

Cuadro 2: Procesos de formación de suelos salinos

Proceso	Características
Salinización	Acumulación de sales en el suelo
Alcalinización	Aparición concentraciones elevadas de $\text{NaCO}$ o incluso $\text{NaCOH}$ ; $\text{pH} > 9$
Solodización	Por lavado el Na de cambio es arrastrado y sustituido por H y Al, disminuye pH, ilimerización de arcillas y pérdida estructura
Sulfato-reducción	Zonas costeras con fangos marinos (polders y manglares), con capa de agua salada poco profunda reductora

## 2. Las plantas en los saladares

### 2.1. Problemas para las plantas

La salinidad afecta cada aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo. La alta concentración de sales le ocasiona un desequilibrio iónico y estrés osmótico. Un fuerte estrés salino rompe la homeostasis del potencial hídrico y la distribución de iones.

La respuesta adaptativa para lograr tolerar la salinidad afecta a tres aspectos en la actividad de la planta:

- Prevenir o reparar el daño o detoxificación.
- Control de la homeostasis iónica y osmótica.
- Control del crecimiento, que debe reanudarse pero con una tasa reducida (Zhu, 2001).

En lo que respecta a la **detoxificación**, las formas reactivas de oxígeno son la causa del daño generado por

## Geobotánica Tema 18

estrés salino. Estas disparan la señal de detoxificación, complejas respuestas moleculares como la expresión de proteínas y producción de osmolitos, eliminando las formas reactivas de oxígeno o previniendo el daño de las estructuras celulares. Osmolitos como manitol, glicinbetaína, fructanos y prolina trabajan a través de la detoxificación oxidativa.

El estrés salino rompe la **homeostasis** iónica de las plantas al provocar un exceso tóxico de sodio ( $\text{Na}^+$ ) en el citoplasma y una deficiencia de iones como el potasio ( $\text{K}^+$ ). El sodio inhibe muchas enzimas y por eso es importante prevenir la entrada del mismo al citoplasma. Las plantas emplean varias estrategias para combatir el estrés iónico que les impone la salinidad. La compartimentación del sodio es una respuesta económica para la prevención de la toxicidad por este ion en el citosol, porque el ion sodio puede ser usado como osmolito en la vacuola para ayudar a conseguir la homeostasis iónica. Muchas plantas tolerantes a la salinidad (halófitas) cuentan con esta estrategia.

La entrada de  $\text{Na}^+$  debe ser prevenida o reducida. Canales no selectivos de cationes son mediadores de la entrada de  $\text{Na}^+$  a las células de la planta, ya que su identidad molecular no es reconocida.

El estrés salino, como otros tipos de estrés, inhibe el **crecimiento de la planta**, de hecho el bajo crecimiento de vegetales en zonas salinas es una característica adaptativa de las plantas para sobrevivir a este tipo de estrés. En la naturaleza la capacidad de tolerar la salinidad o la sequía parece estar inversamente relacionada a la tasa de crecimiento. Una causa de la reducción del crecimiento es la inadecuada fotosíntesis debida al cierre estomático y en consecuencia la limitación de la entrada de  $\text{CO}_2$ . Más importante es, sin embargo, que el estrés inhibe la división celular y la expansión directamente.

De forma resumida los efectos de la salinidad en las plantas se sintetizan en el cuadro 3.

Cuadro 3: Problemas para las plantas en suelos salinos

Efecto	Produce
Osmótico	<i>Desciende potencial hídrico del suelo, sequía fisiológica</i>
Ion específico	<i>La excesiva concentración de Na y Cl altera germinación y crecimiento; se alteran los balances iónicos; el suelo desarrolla una estructura asfixiante</i>

## 2.2. Adaptaciones de las plantas

### ● Fisiológicas

- ✓ Retraso germinación y/o maduración ante condiciones desfavorables.
- ✓ Acortamiento estación crecimiento (anuales).
- ✓ Engrosamiento cutículas para hacer descender transpiración.
- ✓ Selectividad a iones específicos para compensar desequilibrios.

### ● Morfológicas

- ✓ Disminución tamaño foliar para hacer descender la transpiración.
- ✓ Suculencia en tallos y/u hojas (acumula y aísla sales para evitar toxicidad, compensar diferencias presión osmótica con suelo), con presencia de un parénquima acuífero.
- ✓ Reducción número nervios y estomas.
- ✓ Tricomas y glándulas excretoras de sal (figura 1).

### ● Fenológicas

- ✓ Retraso de la floración.

## 2.3. Clasificaciones de las plantas de ambientes salinos

Los principales tipos se recogen en el cuadro 4.

Cuadro 4: Clasificación de las plantas de ambientes salinos

Denominación	Características	Ejemplos
Euhalófitos	Acumulan sales en tejidos	<i>Arthrocnemum</i> , <i>Salicornia</i> , <i>Sarcocornia</i>
Crinohalófitos	Glándulas o pelos excretorios (figura 1)	<i>Atriplex spongiosa</i> , <i>Limonium</i> , <i>Tamarix</i>
Glicohalófitos	Absorción selectiva de sales	<i>Hordeum</i> , <i>Rhizophora</i>
Locahalófitos	Confinan sal en estructuras especiales	<i>Atriplex halimus</i> , <i>Salsola oppositifolia</i>

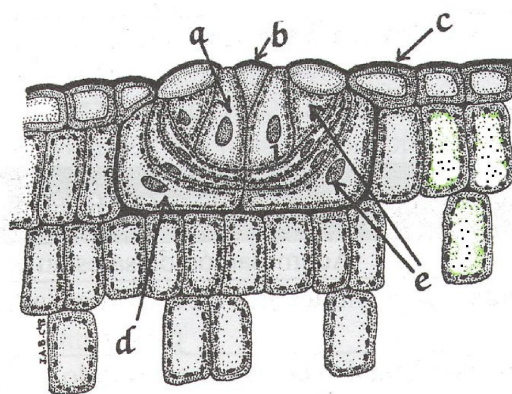


Figura 1: Esquema de una glándula salina en *Limonium*: a. célula secretora; b. poro; c. cutícula; d. célula colectora; e. células accesorias

## 3. Zonación en saladares

### 3.1. Saladares subtropicales

- Flora pobre en especies.
- En los periodos de lluvia disminuye la salinidad en los horizontes superficiales del suelo.
- Las inundaciones determinan el descenso en la salinidad en el entorno de las raíces.
- En los periodos secos el agua sube por capilaridad y se evapora en superficie, depositando las sales que lleva en solución.
- El rango de variación de la salinidad parece ser más importante que los máximos o los tipos concretos de sales.
- Zonación típica:
  - ✓ En las áreas de inundación permanente predominan *Juncus maritimus* y *Phragmites australis* (figura 2).
  - ✓ Las zonas con inundaciones temporales son el óptimo de plantas suculentas (*Arthrocnemum*, *Salicornia*, *Sarcocornia*, *Halocnemum*).
  - ✓ Las zonas sin inundaciones son de predominio de diversas especies de *Limonium* y de *Lygeum spartum*.

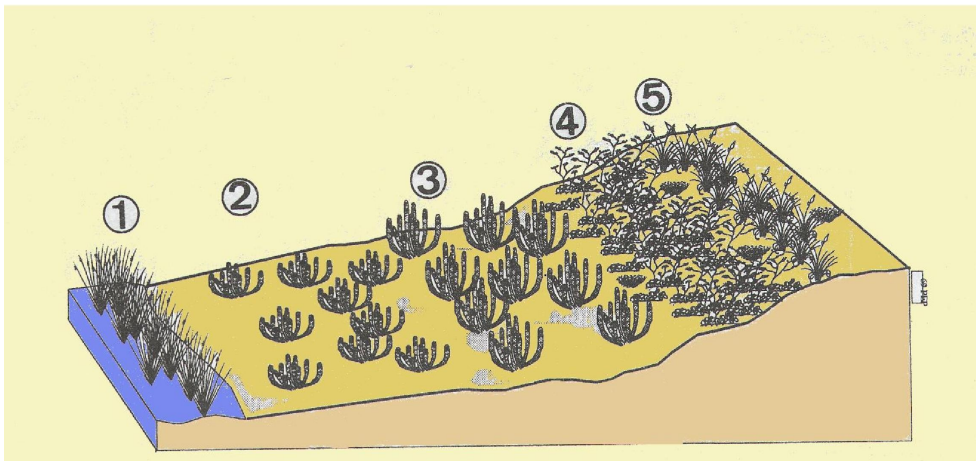


Figura 2: Zonación típica en un saladar del levante español: 1. *Juncus maritimus* (*Elymo elongati-Juncetum maritimi*), 2. *Arthrocnemum macrostachyum* (*Frankenio corymbosae-Arthrocnemetum macrostachyi*), 3. *Sarcocornia fruticosa* (*Cistancho phelypaeae-Arthrocnemetum fruticosi*), 4. *Limonium cossonianum* (*Limonietum angustebracteato-delicatuli*), 5. *Lygeum spartum* (*Senecio auriculae-Limonietum furfuracei*)

### 3.2. Manglares

- Vegetación azonal tropical cálida, que alcanza empobrecida algunas zonas templadas cálidas; siempre con aguas cálidas, en general con temperaturas que nunca descienden de los 20 °C.
- Representa una de las fronteras entre el medio terrestre y el acuático.
- Arbolillos y árboles de 5-20 m de altura, con nivel de las copas por encima de las mareas.
- Están arraigados en el limo intermareal, en suelos salinos con sulfato reducción (acidez).
- Presentan raíces respiratorias o neumatóforos, de carácter hidrófobo, para soportar los periodos de marea alta, o zancos (*Rhizophora*).
- En algunos periodos del año la salinidad puede ser mayor del 45‰, oscilando entre 0 y 46‰ en unas pocas horas; las plantas eliminan la sal a través de glándulas especializadas (*Avicennia*) o gracias a que sus raíces filtran el agua.
- Algunas son vivíparas (baricoria).
- Una gran diferencia entre los manglares de África Oriental, el Índico y Australia, de una gran riqueza florística y zonación diversa, y los de África Occidental y América, mucho más pobres.
- La zonación es muy marcada (figuras 3 y 4).

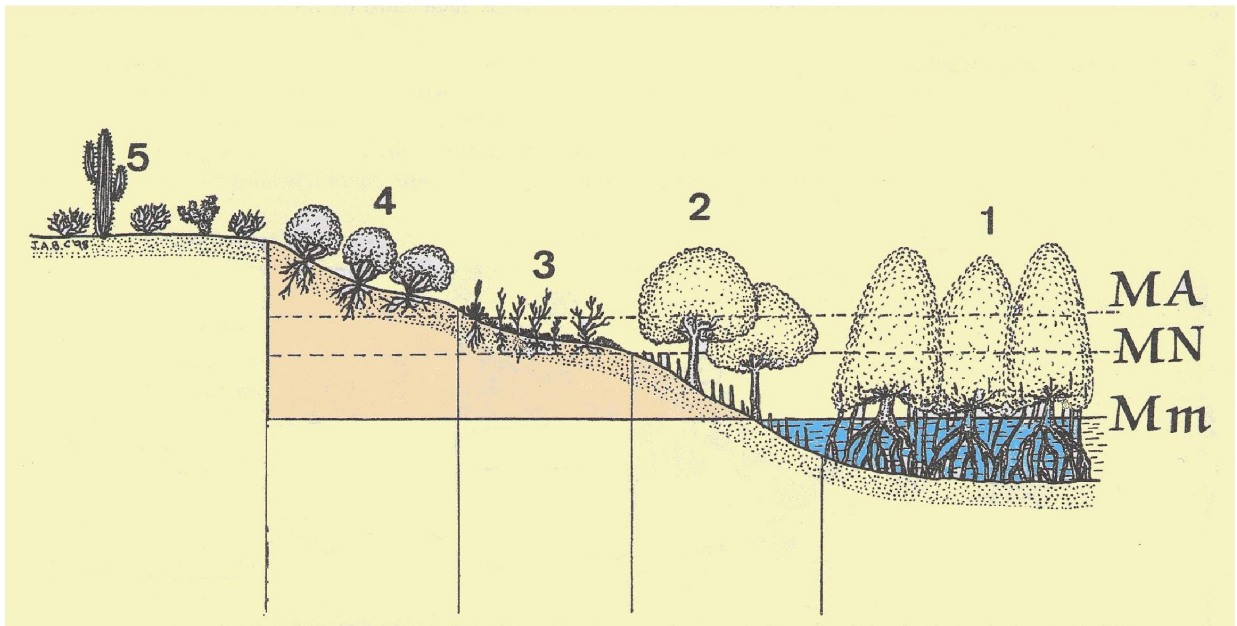


Figura 3: Zonación en un manglar mesoamericano (Mulegé, Baja California Sur, Méjico): 1. *Rhizophora mangle*, 2. *Avicennia germinans*, 3. *Allenrolfea occidentalis* y *Sarcocornia pacifica*, 4. *Maytenus phyllantoides*, 5. Vegetación climática. MA: marea alta máxima; MN: marea alta normal; Mm: marea mínima.

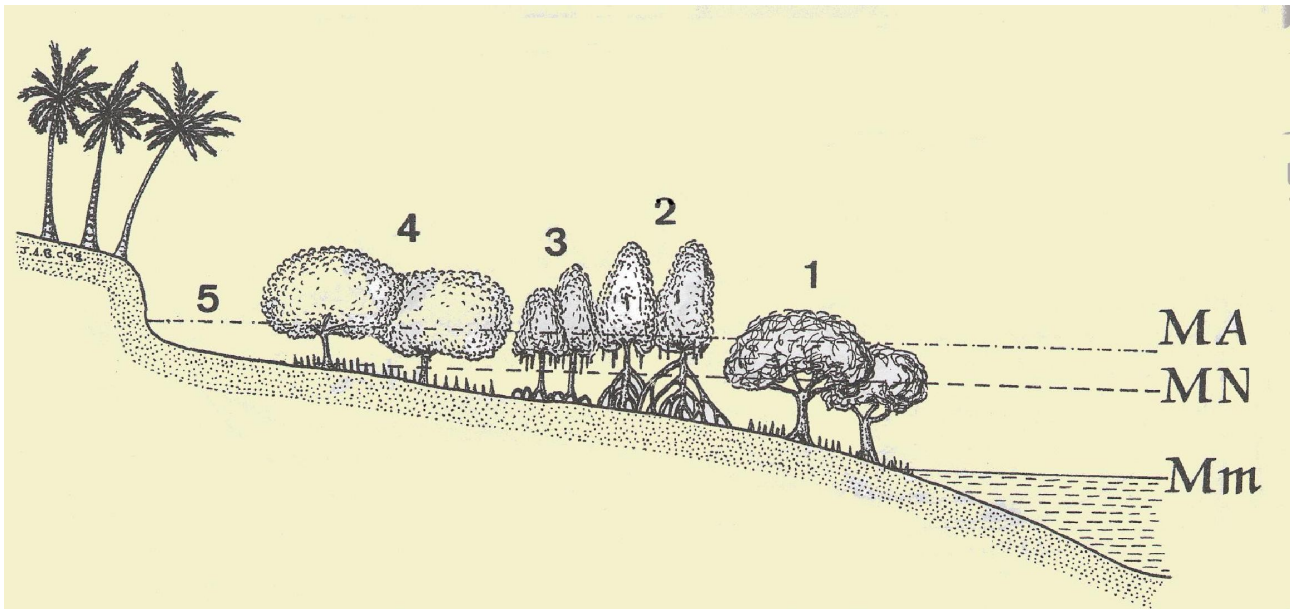
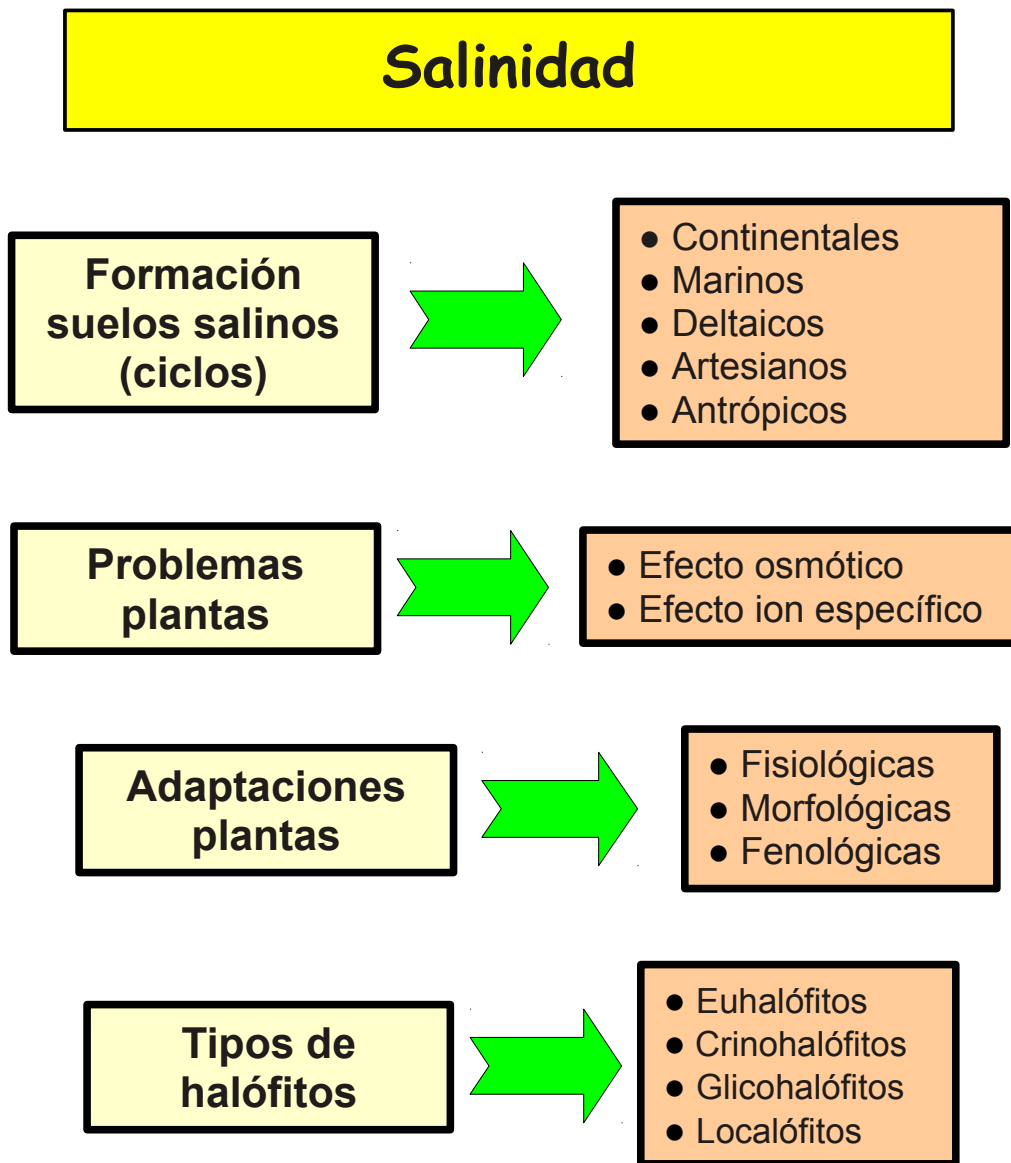


Figura 4: Zonación en un manglar costero de Kenia: 1. *Sonneratia*, 2. *Rhizophora*, 3. *Ceriops*, 4. *Avicennia*, 5. Laguna sin vegetación (Walter, 1994, modificado). MA: marea alta máxima; MN: marea alta normal; Mm: marea mínima

#### 4. Mapa conceptual





### 5. Actividades de aplicación de los conocimientos

1. Estudie las proporciones de especies suculentas y no suculentas en las distintas zonas de un saladar. Realice hipótesis sobre las diferencias observadas de acuerdo con la información obtenida en el presente tema.
2. Estudie las plantas de un saladar intentando reconocer las adaptaciones más aparentes que presentan a la salinidad.
3. Intente cultivar plantas de saladares en condiciones estándar (agua dulce, suelo de jardín). ¿Crecen bien? ¿Qué problemas presentan? ¿Si alguna se desarrolla mejor que en sus saladares de origen, a qué atribuye su ausencia fuera de las áreas salinas?

### 6. Actividades prácticas del tema

#### 6.1. Zonación en saladares mediterráneos

##### 6.1.1. Introducción, objetivos y tiempo de realización

La zonación de la vegetación en saladares está relacionada con un gradiente de salinidad y de humedad edáfica (ver prácticas del tema 11). Sin embargo esta zonación puede presentar ciertas variaciones entre zonas costeras, afectadas por las mareas, aunque estas sean pequeñas como en el Mediterráneo, respecto a las interiores, donde las oscilaciones de humedad edáfica y salinidad dependen de forma exclusiva de la estacionalidad de las lluvias. Por otra parte, la flora puede oscilar de un área salina a otra, siendo, por tanto, algo diferentes los resultados de la competencia y, por tanto, la zonación.

En esta práctica se estudiará la vegetación de varias zonas salinas, unas costeras y otras interiores, comparando los datos obtenidos en unas y otras a través de análisis multivariantes. Los objetivos perseguidos son los siguientes:

1. Realizar muestreos sistemáticos de la vegetación en diversas áreas salinas costeras e interiores del Sureste de España.
2. Comparar los resultados obtenidos a través de análisis multivariantes.
3. Representar los resultados en forma de tablas y diversas gráficas.
4. Presentar los resultados según las dos perspectivas de estudio de la vegetación: fitocenosis y continuum.

El tiempo requerido para su desarrollo será de unas 3 horas en cada transecto seleccionado (en algunos casos es conveniente tomar más de un transecto en una misma área salina, a fin de recoger toda la variabilidad de zonaciones posibles). Los análisis multivariantes y la preparación de los diversos gráficos y esquemas llevarán unas 10 horas de trabajo. Por último, la preparación del informe supondrá entre tres y cinco horas.

##### 6.1.2. Trabajo de campo

1. Seleccione algunas zonas salinas para su estudio, ya sean costeras (por ejemplo: El Altet, Torre Vieja, Los Urrutias, Cabo de Palos, Cala Reona de Águilas, Terreros, Vera, etc.) o interiores (por ejemplo: Pantano de Elche, Villena, Ajauque, Lorquí, Totana, Agramón, Cordovilla, etc.).
2. En el área salina realice un recorrido previo y seleccione los puntos más adecuados para realizar el muestreo. Tenga en cuenta en esta selección que el transecto deberá, en la medida de lo posible, recoger la máxima variación de la vegetación debida exclusivamente al gradiente de salinidad y humedad edáfica; ¡evite las áreas alteradas cercanas a caminos o con escombros u otro tipo de alteración!
3. Realice transectos como los de la práctica del tema 11 (cuadrados de 2 x 2 metros). En cada cuadrado anote las especies presentes y una estima de su cobertura (ver anexo con porcentajes de cobertura al final de este texto guía).

##### 6.1.3. Trabajo de laboratorio y microaula

1. Para cada zona realice una ordenación simple.
2. Con los datos de todas las áreas estudiadas prepare un fichero informático adecuado para su tratamiento por Syntax 5.1. Aplique a los datos diversos tipos de ordenación y clasificación y obtenga los gráficos

correspondientes.

### 6.1.4. Análisis

1. ¿Hay muchas diferencias florísticas entre unas zonas y otras? ¿A qué podrían ser debidas?
2. ¿Observa continuidad o límites claros entre comunidades en los datos observados?
3. ¿Los análisis de clasificación no jerárquicos le dan pistas que pudieran ser útiles para seleccionar criterios de delimitación de clases en la realización de mapas de vegetación en saladares?
4. ¿En las clasificaciones jerárquicas hay grupos que resultan más sólidos que otros? ¿Cuál puede ser la causa?
5. ¿Cuáles son las tendencias en las ordenaciones? ¿Es el PCA más apropiado para una zonación aislada que el CA? ¿Y para el conjunto de las zonaciones estudiadas?

### 6.1.5. Discusión

La clasificación no jerárquica nos puede ser de gran utilidad para obtener criterios relativamente objetivos de segmentación del continuum en la vegetación de zonas salinas, otros métodos multivariantes son menos apropiados.

El PCA es más adecuado para gradientes ambientales complejos que el CA, este último muy eficaz en gradientes ambientales simples.

### 6.1.6. Informe final

1. Deberá incluir los apartados típicos de un artículo científico: resumen, introducción y objetivos, material y métodos, resultados, discusión y bibliografía. El informe deberá presentarlo escrito a máquina o en impresora de calidad.
2. Adjunte, como anexo, fotocopias de las anotaciones originales en el campo.
3. Deberá incluir, bien presentados, gráficos y esquemas de la situación geográfica y/o topográfica de las parcelas analizadas y los distintos territorios de estudio.
4. Adjunte sus sinceras consideraciones sobre la experiencia de campo. ¿Se consiguieron los objetivos perseguidos? ¿Aprendió algo de su experiencia? ¿Cuánto tiempo le llevo realmente realizarla? ¿Cómo podría mejorarse el ejercicio?

## 7. Fuentes de consulta

### 7.1. Bibliografía básica

- Alcaraz, F.; Clemente, M.; Barreña, J.A. y Álvarez Rogel, J. 1999. *Manual de teoría y práctica de Geobotánica*. ICE Universidad de Murcia y Diego Marín. Murcia.
- Folch, R. 1997. *Biosfera, 10. Litorals i oceans*. Enciclopedia Catalana, Barcelona, pp: 371-381, 402-409.
- Gil Martínez, F. 1995. *Elementos de fisiología vegetal*. Mundi Prensa, Madrid, pp: 216-217.
- Maestre, T. 1998. Adaptaciones de las plantas ibéricas a los suelos salinos. *Quercus* 143: 19-22.
- Walter, H. (1994). *Zonas de vegetación y clima*. Omega. Barcelona.

### 7.2. Bibliografía complementaria

- Álvarez Rogel, J. 1997. *Relaciones suelo - vegetación en saladares del Sureste de España*. Tesis Doctoral, Univ. de Murcia, Murcia, pp: 18-23, 31-43.
- Levitt, J. 1980. *Responses of plants to environmental stresses*. New York Academic. 2ª ed.
- Porta, J.; López-Acevedo, M. y Royero, C. 1994. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. Madrid. pp: 662-663.
- Zhu, J. 2001. Plant salt tolerance. *Trends Plant Science*, 6: 66-71.

### 7.3. Direcciones de Internet

- <http://www.botgard.ucla.edu/html/botanytextbooks/lifeforms/halophytes/fulltextonly.html>
- <http://escenarios.com/natura/manglares.htm>
- <http://www.greenpeace.es/espana>
- <http://www.ideal.es/waste/pentinas3.htm>
- <http://www.salve.it/uk/eco/destra/faunave/vegebarene.htm>